



**Önceki Adı / Formerly**  
**Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**  
**Journal of the Faculty of Agriculture**



# Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

Harran Journal of Agricultural and Food Science

## Yayınlayan (Publisher)

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi

## Sahibi (Owner)

Prof. Dr. Cengiz KAYA

## Dekan (Dean)

## Baş Editör (Editor in Chief)

Prof. Dr. İbrahim BOLAT

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

## Yayın Sekreteri (Publication Secretary)

Doç. Dr. Mehmet MAMAY

## Editörler Kurulu (Editorial Board)

Prof. Dr. İbrahim BOLAT

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

Prof. Dr. David HIGGS

University of Hertfordshire, Hatfield, UK

Prof. Dr. Muhammad ASHRAF

University of Agriculture Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Bernardo Murillo AMADOR

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mexican

Prof. Dr. Levent SON

Mersin Üniversitesi, Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin

Prof. Dr. Levent ÜNLÜ

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Konya

Prof. Dr. Mustafa BAYRAM

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

Prof. Dr. Saliha KIRICI

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Sabri YURTSEVEN  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Önder KAMILOĞLU  
Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay

Doç. Dr. Ali YILDIRIM  
Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Mehmet MAMAY  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Gökhan İsmail TUYLU  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Ayşe Gülgün ÖKTEM  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

Dr. Öğr. Üyesi Remziye ÖZEL  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Şanlıurfa

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat KÜP  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü, Şanlıurfa

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SÖYLEMEZ  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

**Yabancı Dil Editörleri**  
**(Foreign Language Editors)**

Dr. Öğr. Üyesi Shahid FAROOQ  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Mizanpaj Editörü**  
**(Typesetting Editor)**

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SÖYLEMEZ

Cilt (Volume): 26

Sayı (Issue): 1

Yıl (Year): 2022

**Danışma Kurulu**  
(Advisory Board)

**Prof. Dr. Hsin CHI**

National Chung Hsing University, Taiwan, Republic of China

**Assoc. Prof. Dr. Oleksiy Derkach**

Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic Univ., Faculty of Engineering and Tech., Ukraine

**Assoc. Prof. Dr. Roman Rolbiecki**

University of Tech. and Life Sciences in Bydgoszcz, Faculty of Agriculture and Biotech., Poland

**Prof. Dr. Abdalbaki BİLGİÇ**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

**Prof. Dr. Ayten NAMLI**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

**Prof. Dr. Erhan AKKUZU**

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

**Prof. Dr. Geza HRAZDINA**

Cornell Univ., Collage of Agriculture and Life Sciences, Department of Food Science, USA

**Prof. Dr. Ladine BAYKAL ÇELİK**

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

**Dr. Jens D. BERGER**

The University of Western Australia, Ecophysiological, Australia

**Dr. Muhammed Nasir ROFIQ**

Agency for The Assessment and Application of Technology (BPPT), Jakarta, Indonesia

**Mizanpaj Editörü:** Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SÖYLEMEZ

**Yazışma Adresi**

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 63040 Şanlıurfa

**Tel:** +90 (414) 318 3474 **Fax:** +90 (414) 318 3682

**e-posta:** ziraatdergi@harran.edu.tr

**Yayın Tarihi:** 25.03.2022

**Yılda dört kez yayınlanır**

Yayınlara erişim adresi: <http://dergipark.org.tr/harranziraat>

Yıl/year: 2022

Cilt/volume: 26

Sayı/number: 1

**Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**  
Hakemli Olarak Yayınlanmaktadır

**Bu Sayıya Katkıda Bulunan Hakemler**  
(Alfabetik Sıraya Göre Yazılmıştır)

**Prof. Dr. Ahmet DODOLOĞLU**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü

**Prof. Dr. Canan CAN**

Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

**Prof. Dr. Cuma AKBAY**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

**Prof. Dr. Ertan YILDIRIM**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Prof. Dr. Hüseyin KARLIDAĞ**

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Prof. Dr. İbrahim YILMAZ**

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

**Prof. Dr. İnanç ÖZGEN**

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü

**Prof. Dr. Mukaddes KAYIM**

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Prof. Dr. Mustafa BAYRAM**

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Rüstem CANGİ**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Prof. Dr. Serra HEPAKSOY**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Prof. Dr. Sibel DERVİŞ**

Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim

**Doç. Dr. Behçet Kemal ÇAĞLAR**

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Doç. Dr. Derya KOÇAK YANIK**

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Hatice BİLİR**

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Doç. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU**

Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Doç. Dr. Muharrem Arap KAMBEROĞLU**

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Doç. Dr. Nuray ÇÖMLEKÇİOĞLU**

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Doç. Dr. Nurhan KESKİN**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

**Doç. Dr. Özkan KAYA**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Erzincan Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü  
Müdürlüğü

**Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÖCAL KARA**

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Gonca ÖZMEN**

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin TENKEKİ**

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Sabriye BELGÜZAR**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Sümer HORUZ**

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Tarkan AYZ**

Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

<p><b>First application of two distinguishment techniques: Using Linear Discriminate Function method and Artificial Neural Networks Approach according to the ovary types for some plant parasitic nematodes</b></p> <p><i>İki ayırt etme tekniğinin ilk kez uygulanması: Bazı bitki paraziti nematodların ovary tiplerine göre Doğrusal Ayırt Etme Fonksiyonu Yönteminin ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımının kullanımı</i></p> <p>Ayşe Nur TAN, Aylin TAN, Hilal SUSURLUK</p>	<p>1-14</p>
<p><b>Biochemical alterations in lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) infected with ‘<i>Candidatus Phytoplasma asteris</i>’ related strain (16SrI-B subgroup)</b></p> <p><i>Biochemical alterations in lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) infected with ‘<i>Candidatus Phytoplasma asteris</i>’ related strain (16SrI-B subgroup)</i></p> <p>Havva AKKURAK, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR, Murat DİKİLİTAŞ</p>	<p>15-24</p>
<p><b>Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (<i>Pistacia vera</i> L.) ağaçlarında <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i>’nın bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu</b></p> <p><i>Determination of infestation rate, morphological and genetic characterization of <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i> in Pistachio (<i>Pistacia vera</i> L.) trees in Şanlıurfa province.</i></p> <p>Berfin KILINÇ, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR, Murat DİKİLİTAŞ</p>	<p>25-39</p>
<p><b>Yozgat ili buğday alanlarındaki ekin saparısı (Hymenoptera: Cephidae) türleri ile yaygınlığı ve yoğunluğu</b></p> <p><i>Distribution and density of wheat stem sawflies (Hymenoptera: Cephidae) at wheat fields in Yozgat province, Turkey</i></p> <p>Hasan Utku İNCE, Ramazan CANHİLAL, Çetin MUTLU</p>	<p>40-49</p>
<p><b>Domateste <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>’in ikincil enfeksiyonuna karşı endofitik bakterilerin biyokontrol kapasitesinin belirlenmesi</b></p> <p><i>Determination of biocontrol capacity of endophytic bacteria to the secondary spread of <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> in tomato</i></p> <p>Ceylan Pınar UÇAR, Ahmet AKKÖPRÜ</p>	<p>50-59</p>
<p><b>Effect of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i> L.)</b></p> <p><i>Biyogübre, deniz yosunu ve inorganik gübrelerin marulda (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i> L.) bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisi</i></p> <p>Azad Abdullah MOHAMMED, Selçuk SÖYLEMEZ, Taha Zubair SARHAN</p>	<p>60-71</p>

<p><b>Kuraklık ve tuz stresinin <i>V. vinifera</i> x <i>V. rupestris</i> melezlerinin toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasiteleri üzerine etkileri</b>  <i>Effects of drought and salt stress on total phenolic compound and antioxidant capacities of <i>V. vinifera</i> x <i>V. rupestris</i> hybrids</i>            Damla Yüksel KÜSKÜ, Gökhan SÖYLEMEZOĞLU</p>	72-81
<p><b>Merlot üzüm çeşidinde yaprak su potansiyeli ile yaprak alma uygulamalarının sürgün özellikleri üzerine etkileri</b>  <i>The effects of leaf water potential and leaf removal treatments on shoot characteristics in cv. Merlot</i>            Elman BAHAR, İlknur KORKUTAL, Fatma Betül AKTAŞ</p>	82-91
<p><b>Bazı anaçların Hafif Çukurgöbek yenidoğruya çeşidinin makro ve mikro besin elementleri alımına etkileri</b>  <i>Effects of some rootstocks on uptake of macro and micro nutrient elements of Hafif Çukurgöbek loquat cultivar</i>            A. Aytekin POLAT</p>	92-100
<p><b>Süt üretimini etkileyen faktörlerin path analizi ile belirlenmesi: Tokat ili örneği</b>  <i>Determination of factors affecting milk production by path analysis: The case of Tokat province</i>            Kaan KAPLAN, Adnan ÇİÇEK</p>	101-108
<p><b>Determination of total protein, trans- 10-Hydroxy-2-Decenoic Acid (10-HDA) and major royal jelly proteins in royal jelly produced at different harvest times in queenless and queenright colonies</b>  <i>Farklı hasat zamanlarında ana arısız ve ana arılı kolonilerde üretilen arı sütlerinde toplam protein, trans 10-HDA ve arı sütü majör proteinlerinin tayini</i>            Aytul Ucak KOC, Mete KARACAOGLU, Zehra Burcu BAKIR, Kadir KIZILKAYA</p>	109-117
<p><b>Change in some physical characteristics of ultrasound pre-treated corn during hot-air convection and vacuum drying</b>  <i>Ultrason ön işlem görmüş mısırın sıcak hava konveksiyonu ve vakum kurutma sırasındaki bazı fiziksel özelliklerinin değışimi</i>            Zana KARABOĞA, Ali YILDIRIM</p>	118-132





# First application of two distinguishment techniques: Using Linear Discriminate Function method and Artificial Neural Networks approach according to the ovary types for some plant parasitic nematodes

## *İki ayırt etme tekniğinin ilk kez uygulanması: Bazı bitki paraziti nematodların ovary tiplerine göre Doğrusal Ayırt Etme Fonksiyonu Yönteminin ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımının kullanımı*

Ayşe Nur TAN<sup>1</sup> , Aylin TAN<sup>2\*</sup> , Hilal SUSURLUK<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Vocational School of Sapanca, Program of Landscape and Ornamental Plants, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya, Turkey

<sup>2\*</sup>Natural Sciences Institute, Dept. of Geophysical Engineering, Sakarya University, Sakarya, Turkey

<sup>3</sup>Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Bursa Quarantine Service, Adalet District, 1. Hürriyet Street, 16170, Hürriyet, Osmangazi, Bursa, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9092-5768>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-0174-5146>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-8329-8855>

### ABSTRACT

#### To cite this article:

Tan, A.N., Tan, A. & Susurluk, H. (2022). First application of two distinguishment techniques: Using Linear Discriminate Function method and Artificial Neural Networks approach according to the ovary types for some plant parasitic nematodes. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 1-14.

DOI:10.29050/harranziraat.1025087

#### \*Address for Correspondence:

Aylin TAN

e-mail:

aylin.tan@ogr.sakarya.edu.tr

#### Received Date:

17.11.2021

#### Accepted Date:

18.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

In this study mono and dual ovaries, which belonged to female individuals of different plant parasitic nematode species that were obtained from the quince (*Cydonia oblonga* Mill.) (Rosales: Rosaceae) cultivated areas in Sakarya Province (Turkey), were classified. The total number of 109 and 121 female nematodes, which were taken from the soil, were used in 2016, July and 2017, July, respectively. Overall body length (L), spear length (Stylet) and tail/distance from vulva to anus (T/VA) parameters belonged to these nematodes were measured and examined. The mono and dual ovary groups were distinguished by using the Linear Discriminate Function (LDF) method (Fisher's method) and Artificial Neural Networks (ANNs) approach taking correlation between those parameters into consideration. The pair of parameters L and (T/VA) had higher accuracy percentage (as 97% for LDF method and 100% for ANNs approach) than the pair of parameters L and Stylet (as 91% for LDF method and 97% for ANNs approach) for the classification using 2017, July data set. The second approach was more successful than the first method. This research is the first study that was used these method and approach together at the nematology study area in Turkey and the World. The taxonomical studies may be improved using different statistical methods and artificial neural networks approaches together at the nematology.

**Key Words:** Artificial Neural Networks, Linear Discriminate Function, Nematode, Ovary, Quince

### ÖZ

Bu çalışmada Sakarya ilindeki (Türkiye) ayva (*Cydonia oblonga* Mill.) (Rosales: Rosaceae) ekiliş alanlarından elde edilen farklı bitki paraziti nematod türlerinin dişi bireylerine ait olan tek ve çift ovarileri sınıflandırılmıştır. Sırasıyla, 2016 Temmuz ve 2017 Temmuz' da topraktan alınan toplam 109 ve 121 adet dişi nematod kullanılmıştır. Bu nematodlara ait olan tüm vücut uzunluğu (L), stylet uzunluğu (Stylet) ve kuyruk/vulvadan anüse olan mesafe (T/VA) parametreleri ölçülmüş ve incelenmiştir. Tek ve çift ovary grupları, bu parametreler arasındaki ilişki dikkate alınarak Doğrusal Ayırt Etme Fonksiyonu Yöntemi (Fisher Yöntemi) ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı kullanılarak ayırt edilmiştir. Temmuz 2017 veri seti kullanılarak yapılan sınıflandırmada L ve (T/VA) parametre ikilisi (LDF yöntemi için %97 ve YSA yaklaşımı için %100 olarak), L ve Stylet parametre ikilisinden (LDF yöntemi için %91 ve YSA yaklaşımı için %97 olarak) daha yüksek doğruluk yüzdesine sahiptir. İkinci yaklaşım, birinci yöntemden daha başarılıdır. Bu araştırma Türkiye'de ve Dünya'daki nematoloji çalışma alanında bu

yöntemin ve yaklaşımın birlikte kullanıldığı ilk çalışmadır. Taksonomi çalışmaları nematolojide farklı istatistiksel yöntemler ve yapay sinir ağları yaklaşımları birlikte kullanılarak geliştirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Doğrusal Ayırt Etme Fonksiyonu, Nematod, Ovary, Ayva

## Introduction

The nematodes, which need to the water in a film layer for the survival, are alive individuals belonging to the Phylum Nematoda. The plant parasitic nematodes (PPNs) are the microscopic individuals that have important species among the plant pests which caused to the yield loss in the agricultural production. Further they are one of the Metazoan groups that are the richest in terms of species diversity in the Earth (Kareem et al., 2017).

The PPNs are available in the most of the agricultural areas in different climatic zones of the world widely. As Turkey has different climate types, it contains various plant and animal species. For this reason, many nematologists in our country have detected plant parasitic nematode species in host plants on different locations (Erdal et al., 2001; Yıldız and Mamay 2012; Kepenekçi, 2014). Further PPNs were determined on stone and pome fruits nurseries in Ödemiş (İzmir, Turkey) (Yıldız and Gözel, 2015).

In Turkey, fertile soils, favorable rainfall and climatic conditions allow the cultivation of all kinds of crops (Muminjanov and Karagöz, 2019). Since Turkey is the homeland of the quince is the leader with 174,038 tons and 6,568 ha of production area in the world and meets about 20% of world production (FAOSTAT, 2021). Sakarya province takes the first place in quince production with 102,476 tons and constitutes 59% of our country's quince production (TUIK, 2021). In this region Sakarya has a production potential that will be considered as the quince store in Turkey even the world (Aygün, 2018). As "Limon quince" kind got its name from the district of Geyve and it is a variety as a high table value known in the world market with the name as "Geyve Quince" (Gençer, 2011). Besides, "Eşme quince" is a kind of quince and is cultivated in Eşme District, Kocaeli Province, too (Bolat and İkinci, 2015). The Marmara

Geographic Region is the first cultivated area at the quince cultivation in our country (Bolat and İkinci, 2015). Geyve Quince symbolized by Geyve on June 17, 2020 has been registered by the Turkish Patent and Trademark Office with geographical indication (Akal et al., 2020). The quince has a very important position used as the main material in the study and its sampling locations both in our country and in the world. So, we were collected the soil samples from quince cultivated areas in Sakarya (Turkey) and were examined.

PPNs have some taxonomic characteristic properties that can be distinguished by using the dimension and morphological similarity. Some morphometric measurement values are used in studies conducted for this purpose. Researchers should be aware of the importance of this issue in order to be able to diagnose nematode species using classical classification methods (De Oliveira et al., 2011). For this reason accurate identification has a great importance in understanding the diversity of nematodes, evaluating potential threats to plant health and deciding on efficient control methods. There are the body length, the morphology of genitals, the mouth and tail parts, and other some physical characters among important morphological identification characters at nematodes (Karssen and Van Aelst, 2001; Eisenback and Hunt, 2009; Bogale et al., 2020).

For example the morphology and the morphometric of the sexual organs are used for identification of nematode species in the classical taxonomic studies importantly. Generally the female nematodes are determined according to the mono ovary and dual ovary in a population together. For that reason it can cause some probable errors at the classification studies. In order to determine the number of real individuals in the study area, population catalogs should be classified truly. Parameters, that are present the nematode unaccompanied, are not enough to achieve. Many different methods exist in the

literature on the subject of discrimination of the population. Therefore the discrimination of the different groups should be examined carefully (Horasan et al., 2006). Linear Discriminate Function method and Artificial Neural Networks approach are two of discrimination techniques at the multidisciplinary scientific studies in the World (Dowla et al., 1990; Horasan et al., 2006, 2009; Küyük, et al., 2009; Kartal, 2010; Deniz, 2010; Kekovalı et al., 2010; Öğütçü et al., 2010; Kekovalı et al., 2012; Badawy et al., 2019; Ceydilek and Horasan, 2019; Tan et al., 2021a, b; Tan, 2021). But LDF method has not been used in the classification of the PPNs in the World, yet. We should point out that the LDF method firstly was applied by a biologist whom used flower morphometrics between two different species of *Iris* spp. (*Iris setosa* Pallas and Link and *Iris versicolor* L.) (*Iris*) for the group classification at the botanical studies in the literature (Fisher, 1936). Moreover it is determined as “The Fisher’s method” in the statistics, too.

Besides, ANNs approach studies have been available and have showed that the artificial intelligence may be important in the detection, quantification as well as classification of nematodes (Ferrè et al., 1996; Sundararaju et al., 2002; Li et al., 2016; Monteiro et al., 2016; Akintayo et al., 2018; Golhani et al., 2018; Aragon et al., 2019; Saberi et al., 2020; Uhleman et al., 2020).

In this study we used LDF method and ANNs approach together for discrimination of mono and dual ovary groups of the females PPNs population in quince which has had the most plantation area in Geyve and Pamukova in Sakarya Province during July, 2016 and July, 2017. The soil samples were collected from this study area and were examined.

The location of the sampling area was shown in Figure 1. The values of accuracy percentage were calculated using these method and approach. Obtained data, that belonged to 2016 and 2017 years, was compared to determine the real number of the female ovaries. This may improve the quality of the population and help to better determination with less errors in nematode taxonomy studies by using some multidisciplinary scientific main brands together.

## Material and Method

In this study, a total of 50 soil samples were taken from quince cultivation areas in Geyve and Pamukova in Sakarya in 2016, July and 2017, July in the region bounded by 39.48-40.00°N and 30.03-30.21°E. A total of identified 230 female of plant parasitic nematodes were diagnosed as And then they were diagnosed as *Helicotylenchus tunisiensis* Siddiqi 1963 (Tylenchida: Hoplolaimidae), *Merlinius brevidens* (Allen, 1955) Siddiqi, 1970 (Tylenchida: Belonolaimidae), *Pratylenchoides alkani* Yüksel, 1977 (Tylenchida: Pratylenchidae), *Rotylenchulus borealis* Loof and Oostenbrink, 1962 (Tylenchida: Hoplolaimidae) and *Scutylenechus quettensis* Maqbool, Ghazala and Fatima, 1984 (Tylenchida: Belonolaimidae) for the plant parasitic nematode species with dual ovary and *Boleodorus (B.) thyllactus* Thorne, 1941 (Tylenchida: Tylenchidae), *Irantylenchus clavidorus* Kheiri, 1972 (Tylenchida: Tylenchidae) and *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 (Tylenchida: Anguinidae) for the plant parasitic nematode species with mono ovary from these soil samples (Figure 1.). (Yakut et al., 2013).



Figure 1. The location map of the study area as shown inside of the black rectangle (Modified from Yakut et al., 2013).

In this study, we used the parameters as overall body length, spear length, tail/distance from vulva to anus parameters (De Man, 1880) and compared the results of LDF method and ANNs approach for the classification of mono and dual ovaries. L versus Stylet, L versus (T/VA) were allowed the determination of LDF method using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Analysis Program to discriminate mono and dual ovaries of this PPNs population (SPSS, 2005). Before we applied LDF method the data set, we have to recognize used some parameters as L, stylet and (T/VA). So we examined these parameters. We applied the normalization process to data after we calculated of these parameters. We used these parameters for discrimination of mono and dual ovary using LDF method and ANNs approach respectively.

### LDF method

LDF method was used to discriminate different data groups from each other (Fisher, 1936). Generally Linear Discriminate Functions were shown as again simplified in “Equation 1”:

$$F_{LDF} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m \quad (1)$$

Here, a is constant number,  $b_1, \dots, b_m$  are regression coefficients and  $X_m$  is the value of independent variable m.

$X_1$ : Normalized value of  $X_m$  discriminate parameters

L versus Stylet for the data set was drawn and we discriminated mono and dual ovary using LDF method. The functions were drawn and the accuracy percentages were calculated by using SPSS Analysis Program (SPSS, 2005). In this study we applied LDF method to the data set (Tables 1. and 2. and Figures 2. and 3.).

Table 1. The results of the discriminant analysis using LDF method for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters for data set in 2016, July. The original grouped cases were correctly classified for two criteria as 92% and 96%, respectively.

Criterion	Type	Predicted Group Membership		Total	
		Dual Ovary (DO)	Mono Ovary (MO)		
1	Original Number	DO	59	5	64
		MO	4	41	45
	%	DO	92.2	7.8	100
		MO	8.9	91.1	100
2	Original Number	DO	64	0	64
		MO	4	41	45
	%	DO	100	0	100
		MO	8.9	91.1	100

Table 2. The results of the discriminant analysis using LDF method for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters for data set in 2017, July. The original grouped cases were correctly classified for two criteria as 91% and 97%, respectively.

Criterion	Type	Predicted Group Membership		Total	
		Dual Ovary (DO)	Mono Ovary (MO)		
1	Original Number	DO	67	7	74
		MO	4	43	47
	%	DO	90.5	9.5	100
		MO	8.5	91.5	100
2	Original Number	DO	74	0	74
		MO	4	43	47
	%	DO	100	0	100
		MO	8.5	91.5	100

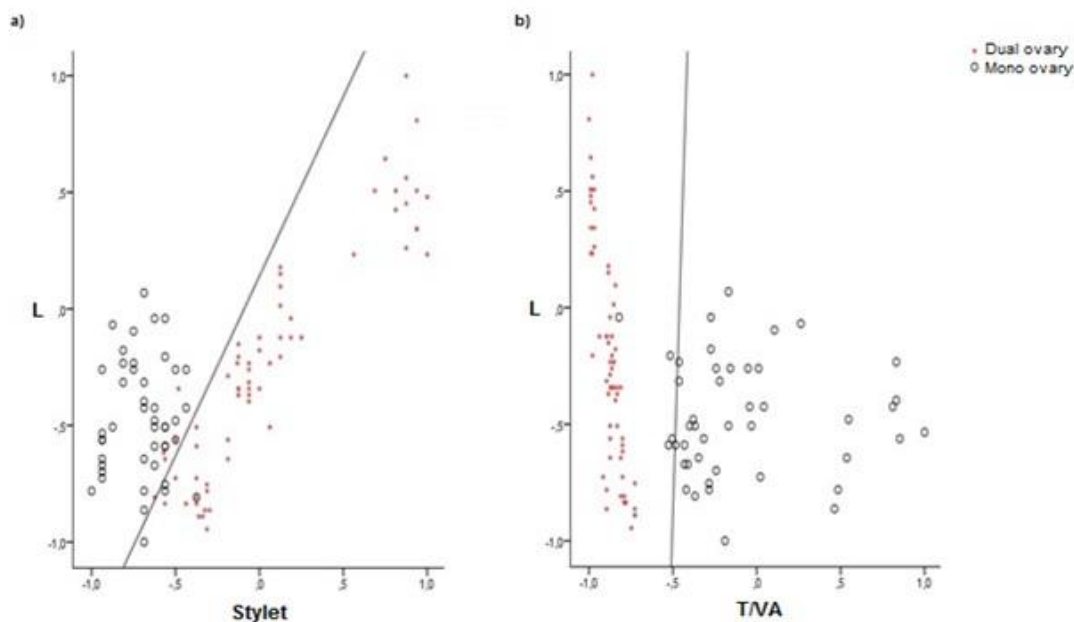


Figure 2. Plots showed distribution of a) L versus Stylet and b) L versus (T/VA) for data set using LDF method in 2016, July. The accuracy percentages were obtained as 92% for pairs of L versus Stylet parameters and as 96% for pairs of L versus (T/VA) parameters, respectively.

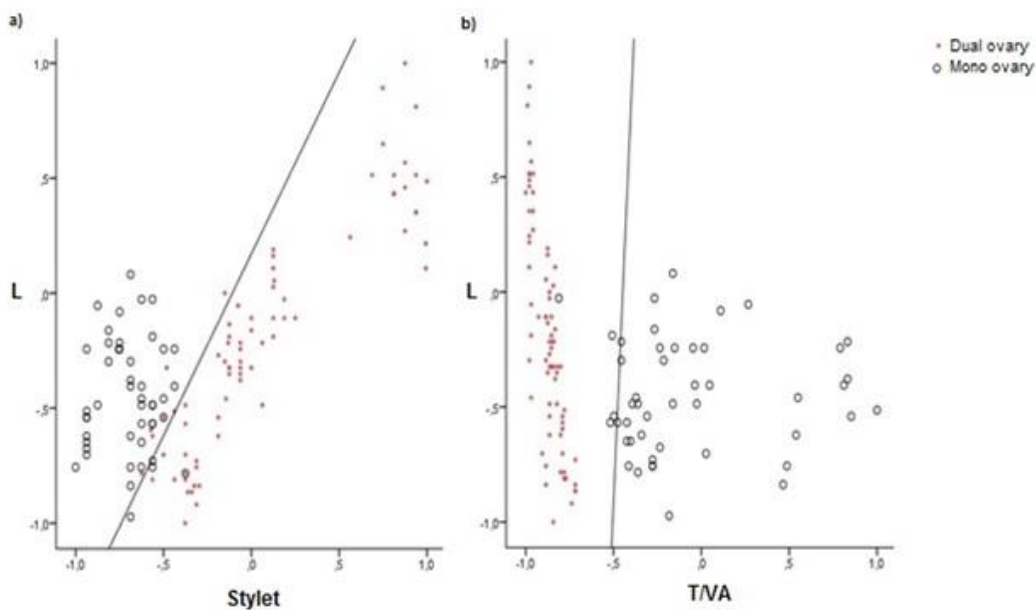


Figure 3. Plots showed distribution of a) L versus Stylet and b) L versus (T/VA) for data set using LDF method in 2017, July. The accuracy percentages were obtained as 91% for pairs of L versus Stylet parameters and as 97% for pairs of L versus (T/VA) parameters, respectively.

### ANNs approach

We used the ANNs approach to compare the results of accuracy percentage of other method. This technique was applied to the data set. In this study we used Back Propagation Feed Forward Neural Networks (BPNNs) learning algorithm for the classification the morphometric measurements of PPNs. This algorithm had some

advantages such as reducing error from backward namely output to input (Çetin et al., 2006). Further it had a simple neural network topology (Çayakan, 2012). And then, we decided to use weights according to the quantity of error (Yıldırım, 2013). Generally members of the network architecture were shown as in Figure 4 (Rumelhart et al., 1986; Gülbağ, 2006).

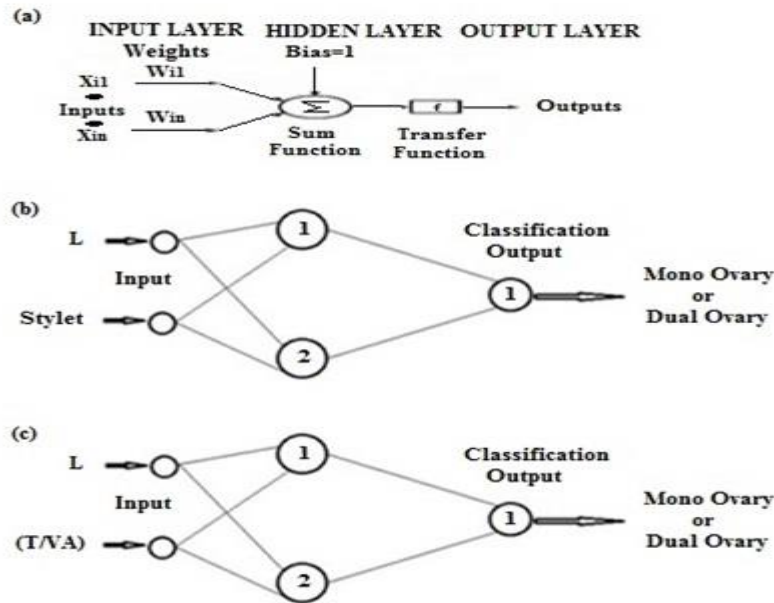


Figure 4. (a) Members of the network architecture, a neural network structure for types of the ovary (b) L versus Stylet and (c) L versus (T/VA) (Modified from Gülbağ, 2006).

Pairs of parameters were used in this study. Because one of them was the input parameter for testing and other was the output parameter as the type. These pairs of parameters were determined as L versus Stylet and L versus (T/VA), respectively (Figure 4.). We decided to use these pairs of parameters because of their high accuracy percentage according to the ANNs approach.

After we chose the learning algorithm, we started to prepare the data set as “the training data” and “the testing data” for ANNs approach. Different researchers prepared their data using values of different percentages for separating of training data and test data namely there is not a special rule for separating the data set (Ursino et al., 2001; Gülbağ, 2006; Yıldırım et al., 2011; Kundu

et al., 2012; Yıldırım, 2013; Kaftan et al., 2017; Tan et al., 2021a, b; Tan, 2021). In this study we arranged the data set by using the 2016, July data and the 2017, July data. And then we have decided to use 70% of all data as training data and 30% of all data as testing data. The 2016, July data set had 109 and the 2017, July data set had 121 numbers for types of the ovary. We separated this data set to two parts as training data (Number of 76 data for the 2016, July data and Number of 85 data for the 2017, July data, respectively) and as testing data (Number of 33 data for the 2016, July data and Number of 36 data for the 2017, July data, respectively). Namely number of training data was of 70% using ANNs approach in this study (Tables 3. and 4.).

Table 3. Number of events in training set, testing set, misclassified testing set and misclassified quarry blast for all data set by using ANNs approach in 2016, July (For pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) for data set).

Criterion	The Number of All Data Set	The Number of Training Set	The Number of Testing Set	The Number of Misclassified Testing Set	The Accuracy Percentage (ANNs approach) (%)
1	109	76	33	2	94
2	109	76	33	0	100

Table 4. Number of events in training set, testing set, misclassified testing set and misclassified quarry blast for all data set by using ANNs approach in 2017, July (For pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) for data set).

Criterion	The Number of All Data Set	The Number of Training Set	The Number of Testing Set	The Number of Misclassified Testing Set	The Accuracy Percentage (ANNs approach) (%)
1	121	85	36	1	97
2	121	85	36	0	100

All results were obtained using ANNs approach on MATLAB (MATLAB, 2011). We obtained suitable results of accuracy percentage that had high values between 88% and 100% were obtained. Namely the results of ANNs approach were very successful. For obtaining the network architecture of the artificial neural network, the selection of the number of neurons (Nn) was an important criterion in the ANNs approach (Kermani et al., 2005; Gülbağ, 2006). Because it was one of the significant factors for the discrimination of different data groups (Çetin et al., 2006; Gülbağ

and Temurtaş, 2007). Further Nn was decided by trial and error method (Yıldırım, 2013; Kaftan et al., 2017). And then Nn which had the highest accuracy percentage was selected for the defined ANNs model (Gülbağ, 2006). In the literature, researchers applied different intervals using different increments for Nn (Gülbağ, 2006; Küyük et al., 2009; Yıldırım, 2013; Kaftan et al., 2017; Tan et al., 2021a, b; Tan, 2021). In this study it was increased by 5 between 1 and 25 and then results were compared each other for every pair of parameters separately (Tables 5. and 6.).

Table 5. The number of neurons (Nn) according to the Accuracy Percentage results according to ANNs for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2016, July.

Criterion	Accuracy (%) for Nn:5	Accuracy (%) for Nn:10	Accuracy (%) for Nn:15	Accuracy (%) for Nn:20	Accuracy (%) for Nn:25
1	88	94	94	94	94
2	100	100	94	100	100

Table 6. The number of neurons (Nn) according to the Accuracy Percentage results according to ANNs for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2017, July.

Criterion	Accuracy (%) for Nn:5	Accuracy (%) for Nn:10	Accuracy (%) for Nn:15	Accuracy (%) for Nn:20	Accuracy (%) for Nn:25
1	94	94	97	92	94
2	100	92	97	100	97

The training was continued until the determination coefficient ( $R^2$ ) has approximated to 1. When the suitable value was obtained, the

network model was stopped and was started to the test (Tables 7. and 8.).

Table 7. The variation of  $R^2$  according to Nn that were obtained using ANNs approach for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2016, July.

Criterion	$R^2$ (Nn:5)	$R^2$ (Nn:10)	$R^2$ (Nn:15)	$R^2$ (Nn:20)	$R^2$ (Nn:25)
1	0.83	0.83	0.85	0.85	0.85
2	1	0.97	1	0.96	0.97

Table 8. The variation of R<sup>2</sup> according to Nn that were obtained using ANNs approach for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2017, July.

Criterion	R <sup>2</sup> (Nn:5)	R <sup>2</sup> (Nn:10)	R <sup>2</sup> (Nn:15)	R <sup>2</sup> (Nn:20)	R <sup>2</sup> (Nn:25)
1	0.85	0.86	0.86	0.85	0.85
2	0.97	1	0.97	0.97	0.97

For the 2016, July data set we selected Nn as 10 for the pair of L versus Stylet and 5 for the pair of L versus (T/VA) parameters, respectively. Further for the 2017, July data set we selected Nn as 15 for the pair of L versus Stylet and 5 for the pair of L versus (T/VA) parameters, respectively. Because Nn was less for a pair of a parameter. Namely the architecture of the network was not complex and was close to 1 as R<sup>2</sup> (Tables 9. and 10.).

Table 9. The selected Nn according to the Accuracy Percentage results for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2016, July.

Criterion	The Selected Nn	Accuracy (ANNs) (%)
1	10	94
2	5	100

Table 10. The selected Nn according to the Accuracy Percentage results for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2017, July.

Criterion	The Selected Nn	Accuracy (ANNs) (%)
1	15	97
2	5	100

Further we used the Levenberg-Marquardt training algorithm and Hyperbolic Tangent-

Sigmoid activation function in this study (Kermani et al., 2005; Küyük et al., 2009). This algorithm had an important application in MATLAB software (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963; Charrier et al., 2007; MATLAB, 2011; James et al., 2017). The equations of the standard back propagation and the Levenberg-Marquardt (LM) algorithms were showed as selected activation function, denoted by  $\varphi(x)$ , defined the output of a neuron in terms of the induced local field (Gülbağ and Temurtaş, 2007). We might use the hyperbolic tangent sigmoid function, defined by using "Equation 2"

$$\varphi(x) = \frac{2}{1+e^{(-2x)}} - 1 \tag{2}$$

Here,  $\varphi(x)$  : Hyperbolic Tangent Sigmoid activation function (Gradshteyn and Ryzhik, 2007).

Further the normalization process was applied to every data and a significant percentage of the data randomly had been selected as the training data. Hence remaining part was taken as the testing data, randomly (Kermani et al., 2005). After obtained outputs were compared with tested outputs, the accuracy percentage was calculated (Figures 5. and 6.).

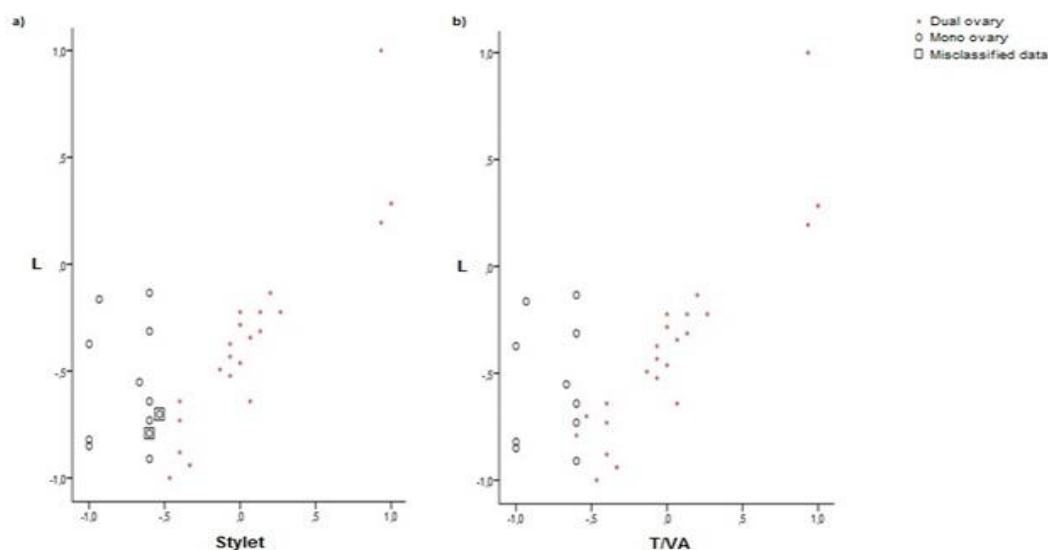


Figure 5. Plots show distribution of a) L versus Stylet (Selected Nn:10) and b) L versus (T/VA) (Selected Nn:5) for data set using ANNs approach in 2016, July. The accuracy percentages were obtained as 94% for pairs of L versus Stylet and as 100% for pairs of L versus (T/VA) parameters, respectively.



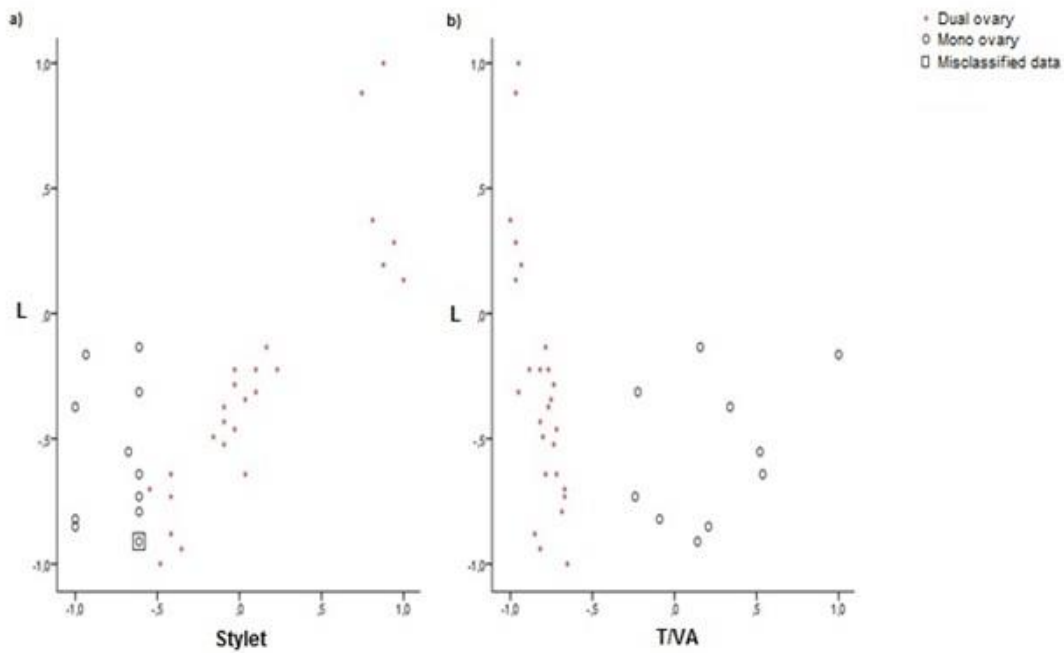


Figure 6. Plots show distribution of a) L versus Stylet (Selected Nn:15) and b) L versus (T/VA) (Selected Nn:5) for data set using ANNs approach in 2017, July. The accuracy percentages were obtained as 97% for pairs of L versus Stylet and as 100% for pairs of L versus (T/VA) parameters, respectively.

The comparison of ANNs approach results with the results of the LDF method can be seen in the Tables 11. and 12.

Table 11. Comparison of the accuracy percentage values for data set according to LDF method and ANNs approach. criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2016, July.

Criterion	Method and approach	Accuracy (%)
1	LDF	92
	ANNs	94
2	LDF	96
	ANNs	100

Table 12. Comparison of the accuracy percentage values for data set according to LDF method and ANNs approach. criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2017, July.

Criterion	Method and approach	Accuracy (%)
1	LDF	91
	ANNs	97
2	LDF	97
	ANNs	100

## Results and Discussion

The identification of the type of ovaries was carried out using LDF method and ANNs approach. In this study sixty-four (59%) of studied total 109

individuals were described as dual ovaries and 45 (41%) of them were described as mono ovaries for 2016, July. Further seventy-four (61%) of studied total 121 individuals were described as dual ovaries and 47 (39%) of them were described as mono ovaries for 2017, July, too. Ovary types of female PPNs obtained from quince cultivation areas in Sakarya Province were determined and then, some morphometric parameters of them were distinguished from each other. The results of the classification method between the types of the ovaries using LDF method for pairs of criteria: 1- L versus Stylet and 2- L versus (T/VA) were shown for 2016, July and 2017, July data sets in Table 1. and Table 2., respectively.

In the first criterion in Table 1., 59 dual ovaries were classified correctly and 5 dual ovaries were misclassified as mono ovaries. 41 mono ovaries were classified correctly and 4 mono ovaries were misclassified as dual ovaries. So we obtained that the accuracy percentage of the classification is as 92% for 2016, July data set by using LDF method. In the second criterion in Table 1., 64 dual ovaries were classified correctly. 41 mono ovaries were classified correctly and 4 mono ovaries were

misclassified as dual ovaries. So we obtained that the accuracy percentage of the classification is as 96% for 2016, July data set by using LDF method.

Further in the first criterion in Table 2., 67 dual ovaries were classified correctly and 7 dual ovaries were misclassified as mono ovaries. 43 mono ovaries were classified correctly and 4 mono ovaries were misclassified as dual ovaries. So we obtained that the accuracy percentage of the classification is as 91% for 2017, July data set by using LDF method. In the second criterion in Table 2., 74 dual ovaries were classified correctly. 43 mono ovaries were classified correctly and 4 mono ovaries were misclassified as dual ovaries. So we obtained that the accuracy percentage of the classification is as 97% for 2017, July data set by using LDF method.

So Figure 2. and Figure 3. were drawn as graphics using these numerical values for July, 2016 and July, 2017, respectively.

After we discriminated mono and dual ovary using LDF method, we applied ANNs approach for the same pairs of parameters. Firstly we had to decide for  $N_n$ , and then we created test and training data set for the two criteria in Table 3. and Table 4., respectively. The values of the accuracy percentage for ANNs approach were also given in Table 5. and Table 6., respectively. The accuracy percentage values changed between 88% and %100. We increased the values of the number of neurons by 5 between 5 and 25 as shown in Table 5. and Table 6., respectively. And then  $N_n$  versus the determination coefficient ( $R^2$ ) per data sets for L versus Stylet and L versus (T/VA) were given in Table 7. and Table 8., respectively.  $R^2$  values changed between 0.83 and 1 in that table. This situation indicated that BPNNs learning algorithm was successful for those parameters on that structure of the network topology. The comparison of  $R^2$  values that were obtained using ANNs approach for pairs of parameters in this study area and the comparison of  $R^2$  versus the number of neurons were not enough for deciding unaccompanied. Table 7. and Table 8. showed that this relationship was only a stopping criterion for

stopping the training stage of the network topology.  $N_n$  was decided as 10 and 5 at the network architectures for pair of criteria: 1 (L versus Stylet) and 2 (L versus (T/VA)) for July, 2016, respectively. Further they were decided as 15 and 5 at the network architectures for pair of criteria: 1 (L versus Stylet), 2 (L versus (T/VA)) for July, 2017, respectively. Because the average accuracy percentage were the highest as 94% and 100% for the July, 2016 data, as 97% and 100% for the July, 2017 data for pair of criteria: 1 (L versus Stylet) and 2 (L versus (T/VA)) respectively (See Table 9. and Table 10.). Further L versus Stylet values of the accuracy percentage for LDF method and ANNs approach were shown for 2016, July data set and for 2017, July data set in Table 11. and Table 12., respectively. According to L versus Stylet the accuracy percentage values were obtained using LDF method and ANNs approach as 92% and 94% for July, 2016 data set, respectively. And then according to L versus (T/VA) the accuracy percentage values were obtained as 96% and 100% for July, 2016 data set. Further L versus Stylet the accuracy percentage values were obtained using LDF method and ANNs approach as 91% and 97% for July, 2017 data set, respectively. And then according to L versus (T/VA) the accuracy percentage values were obtained as 97% and 100% for July, 2017 data set. Values of pairs of the L versus Stylet and the L versus (T/VA) for ANNs approach were plotted in Figure 5. and Figure 6. for 2016, July and 2017, July, respectively, too.

LDF method was one of the most popular and successful techniques for classification different groups among the multidisciplinary sciences in the world. For example the accuracy percentage values were obtained for pairs of parameters for the earth sciences (the pair of Ratio versus logS parameters) as 98.6%, 93.8%, 97.7% and 95.8% for Gaziosmanpaşa, Çatalca, Gebze-Hereke, and Ömerli, respectively (Horasan et al., 2009). The accuracy percentages were obtained as 96.3 %, 89.3%, 100%, 100%, 96.5%, and 100 % for the earthquake stations KTUT, ESPY, BAYT, PZAR, GUMT, and BCA, respectively (Yılmaz et al., 2013).

Further lower accuracy percentage values (91.7%, 83.7% and 83.2%) were obtained using Secorder/Primer wave amplitude peak ratio, complexity and spectral ratio in Egypt than the other country values (Badawy et al., 2019). Further in this study the values of the number of neurons which were increased by 5 between 5 and 25 was given in Tables 5., 6., 7., 8., 9. and 10. Nn versus R<sup>2</sup> values per data sets were shown in Table 4a. and Table 4b. for pairs of criteria 1: L versus Stylet and criteria 2: L versus (T/VA) parameters in 2016, July and July, 2017, respectively. R<sup>2</sup> values changed between 0.83 and 1 in these tables, too. It means that BPNNs learning algorithm was successful for these parameters on that structure of the network topology in the area considered in this study.

When we compared the accuracy percentage values for two criteria (L versus Stylet and L versus (T/VA)), the pair of L versus (T/VA) had higher classification percentage values for both of July, 2016 data set and July, 2017 data set (94% and 97%, respectively and 100% for ANNs approach) than the pair of L versus Stylet in Table 9. and Table 10. And then when we compared the accuracy percentage values for two criteria (L versus Stylet and L versus (T/VA)), the pair of L versus (T/VA) had higher classification percentage values for both of July, 2016 data set and July, 2017 data set (92% and 96%, respectively and 91% and 97% for LDF method) than the pair of L versus Stylet in Table 11. and Table 12. Further when we compared the accuracy percentage values for two criteria (L versus Stylet and L versus (T/VA)), the pair of L versus (T/VA) had higher classification percentage values for ANNs approach for both of July, 2016 data set and July, 2017 data set (94% and 100%, respectively and 97% and 100% for ANNs approach) than the pair of L versus Stylet for LDF method in Table 11. and Table 12. Further misclassified data was near the function line of the discrimination area according to LDF method (Figures 2. and 3.) and the limit of the discrimination area according to ANNs approach (Figures 5. and 6.) between two different areas called as “the mono ovary” and “the dual ovary”.

This is a new finding in this study according to these discrimination method and approach, too.

Further ANNs approach was one of the most popular and successful techniques for classification different groups at the multidisciplinary sciences in the world, too. Similar three methods of the ANNs approach were used to distinguish the natural and artificial seismic events in Istanbul and its vicinity (Yıldırım et al., 2011). They obtained the success of the models as 99% for feed forward back propagation neural networks (FFBPNN). Some researchers investigated data sets for Edirne and Manisa using BPNN Learning algorithm successful between absolutely 80-100%, too (Tan et al., 2021a, b; Tan, 2021). Suitable ANNs models were studied to determine using performance criterion such as mean determination coefficient (R<sup>2</sup>) as above 99% and used the BPNN learning algorithm at the forest industry (Akyüz, 2019; Tan, 2021). For that reason the ANNs approach can be used as a good tool in industrial wood sales forecasts. Further three of the ANNs approaches are that Multi-layer perceptron (MLP) and evolutionary-based, genetic algorithm with neural network (GANN) and evolutionary product unit-based neural network (EPUNN) approaches were applied to predict LD<sub>50</sub> value using *Tribolium confusum* Jacquelin du val (Coleoptera: Tenebrionidae) in the entomological research area, too (Altay and Özgen, 2021).

ANNs approach studies were emphasized that classification of nematodes very importantly. Nematological studies that were generally researched about the non-linear solutions or manipulation of the images of the *C. elegans* using the neural networks in the World, too (Ferrée et al., 1996; Sundararaju et. al., 2002; Li et al., 2016; Monteiro et al., 2016; Akintayo et al 2018; Golhani et al., 2018; Aragon et al., 2019; Saberi et al., 2020).

## Conclusions

In this study the human intelligence, the computer intelligence and the artificial intelligence

were compared with each other. In fact we compared the human intelligence, the computer intelligence and the artificial intelligence with each other using measured values, statistical program and the neural networks, respectively. The accuracy percentage values of the LDF method were as successful as results using ANNs approach. But ANNs approach was more successful than LDF method for the classification of mono and dual ovaries of females of PPNs. Hence, we concluded that the mono and dual ovaries were discriminated from each other very well in this study and it may be developed the taxonomical studies using LDF method and ANNs approach together at the nematology. Further this is the first study by using LDF method and ANNs approach together at the nematological studies in both of Turkey and the World. Further we suggest that different training algorithms could be investigated by using different pairs of parameters in ANNs approach in the nematology.

### Acknowledgements

The authors would like to thank Prof. Dr. Gündüz Horasan, Academical Staff, Sakarya University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering Department, Sakarya, Turkey, for her encouraging motivation during the preparation of this study.

**Funding:** This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

**Conflict of interest disclosure:** All authors declare that there is no conflict of interest among them in this study.

**Author contributions:** Ayşe Nur TAN, Ph.D. obtained the taxonomical results from the study fields, collecting soil samples, isolating, fixing, preparing, counting, calculating and measuring of some physical parameters of the nematodes and then diagnosing in the laboratory and then

researching some scientific journals and writing of some captions of the manuscript on the computer. And then Aylin TAN, Ph.D. arranged the data sets normalizing all data set for the statistical analysis and the artificial neural networks and then researching some scientific journals and writing of some captions of the manuscript on the computer. Hilal SUSURLUK, Ph.D. controlled the foreign language and then arranged the design of this manuscript.

### References

- Akal, M., Gökçe, B., & Çelik, Ş. (2020). A survey study of quince producers in Geyve country. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 41-49.
- Akintayo, A., Tylka, G. L., Singh, A. K., Ganapathysubramanian, B., Singh, A., & Sarkar, S. (2018). A deep learning framework to discern and count microscopic nematode eggs. *Nature Scientific Reports*, 8, 9145.
- Akyüz, İ. (2019). Future projection and the sales of industrial wood in Turkey: artificial neural networks. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43, 368-377.
- Altay, O., & Özgen, I. (2021). Predicting the LD50 values of two different vinegars whose insecticidal effect was determined by the spraying method against *Tribolium confusum* Jacquelin du val (Coleoptera: Tenebrionidae) using different artificial neural networks models. *Zoological and Entomological Letters*, 1(2), 39-47.
- Aragon, D., Landa, R., Saire, L. (2019). Neural-network based algorithm oriented to identifying the damage degree caused by the *Meloidogyne incognita* nematode in digital Images of Vegetable Roots. *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, (pp. 1-6). Bogota, Colombia.
- Aygün, A. (2018). Türkiye Ayva üretim potansiyeli. *Bahçe*, 47, 45-49.
- Badawy, A., Gamal, M., Farid, W., & Soliman, M. S. (2019). Decontamination of earthquake catalog from quarry blast events in northern Egypt. *Journal of Seismology*, 23, 1357-1372.
- Bogale, M., Baniya, A., & Di Gennaro, P. (2020). Nematode identification techniques and recent advances. *Plants*, 9, 1260.
- Bolat, İ., & İkinci, A. (2015). Eşme Ayva (*Cydonia oblonga* Miller) Çeşidinin GAP Bölgesindeki Performansı. *J.Agric. Fac. HR.U.*, 19(1): 16-23.
- Ceydilek, N., & Horasan, G. (2019). Manisa ve çevresinde deprem ve patlatma verilerinin ayırt edilmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(1), 26-47.
- Charrier, C., Lebru, G., Lezoray, O. (2007). Selection of features by a machine learning expert to design a color image quality metrics. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Workshop on Video Processing and*

- Quality Metrics for Consumer Electronics (VPQM), (pp. 113-119), Scottsdale, Arizona, USA.
- Çayakan, Ç. (2012). Yapay sinir ağları yöntemiyle sıvılaşma iyileştirmesi için kumlarda uygulanacak kısmi doygunluk tahmini (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetin, M., Uğur, A., Bayzan, Ş. (2006). İleri beslemeli yapay sinir ağlarında Backpropagation algoritmasının sezgisel yaklaşımı. Proceedings of the IV. Bilgelik ve Akademik Bilişim Sempozyumu, (pp. 190-197), 25-29 Nisan 2006, Denizli, Turkey.
- De Man, J. G. Die. (1880). Die einheimischen, frei in der reinen Erde und im süßen Wasser lebenden Nematoden. Vorläufiger Bericht und deskriptiv-systematischer Theil. Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging, 5, 1-104. DOI:
- Deniz, P. (2010). Deprem ve patlatma verilerinin birbirinden ayırt edilmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- De Oliveira, C. M. G., Monteiro, A. R., Blok, V. C. (2011). Morphological and molecular diagnostics for plant-parasitic nematodes: working together to get the identification done. *Tropical Plant Pathology*, 36(2), 065-073.
- Dowla, F., Taylor, S. R., & Anderson, R. W. (1990). Seismic discrimination with artificial neural networks: Preliminary results with regional spectral data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 80(5), 1346-1373.
- Eisenback, J. D., & Hunt, D. J. (2009). General Morphology. In R. N. Perry, M. Moens, J. L. Starr (Eds.), *Root Knot Nematodes: (18–54 pages)*. Wallingford: CABI.
- Erdal, F., Durmuş, F., Kepenekçi, İ., & Ökten, M. E. (2001). Türkiye’de tahıl baklagil endüstri bitkileri sebze meyve bağ ve turuncgil alanlarında saptanan Tylenchida (Nematoda) türlerinin ilk listesi. *Turkish Journal of Entomology*, 25, 49-64.
- FAOSTAT, (2021). Production data of FAOSTAT. Retrieved from: <http://faostat3.fao.org/home/en/>
- Ferrè TC, Marcotte BA, Lockery SR. (1996). Neural network models of chemotaxis in the nematode *Caenorhabditis elegans*. Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems 9 NIPS, (pp. 55-61), (December, 3<sup>rd</sup> 1996), Denver, USA.
- Fisher, R. A. (1936). The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Human Genetics*, 7(2), 179-188.
- Gençer, S. (2011). Tokat ekolojisinde yetiştirilen “Eşme” ve “Limon” ayva [*Cydonia vulgaris* L.] çeşitlerinin fenolojik, morfolojik ve pomolojik özellikleri (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Tokat.
- Golhani, K., Balasundram, S. K., Vadamalai, G., Pradhan, B. (2018). A review of neural networks in plant disease detection using hyperspectral data. *Information Processing in Agriculture*, 5, 354–371.
- Gradshteyn, I. S., Ryzhik, I. M. (2007). Table of integrals, series, and products. Amsterdam: Academic Press.
- Gülbağ, A. (2006). Yapay sinir ağı ve bulanık mantık tabanlı algoritmalar ile uçucu organik bileşiklerin miktarsal tayini (Yayımlanmamış doktora tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Gülbağ, A., & Temurtaş, F. (2007). A study on transient and steady state sensor data for identification of individual gas concentrations in their gas mixtures, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 121(20), 590-599.
- Horasan, G., Boztepe-Güney, A., Küsmezer, A., Bekler, F., Öğütçü, Z. (2006). İstanbul ve civarındaki deprem ve patlatma verilerinin birbirinden ayırt edilmesi ve kataloglanması. Proje Sonuç Raporu, Proje No: 05T202, Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Fonu, İstanbul.
- Horasan, G., Boztepe-Güney, A., Küsmezer, A., Bekler, F., Öğütçü, Z., & Musaoğlu, N. (2009). Contamination of seismicity catalog S by quarry blasts: An example from İstanbul and its vicinity, northwestern Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 90–99.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2017). An introduction to statistical learning with application. New York: Printing Edition, Springer Publication.
- Kaftan, I., Şalk, M., & Şenol, Y. (2017). Processing of earthquake catalog data of Western Turkey with artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Arabian Geophysical Geosciences*, 10, 243.
- Kareem, K.H., Ahmed, N. H., Gürkan, T., Akbay, N. G., Salai, S. A. F., & Çetintaş, R. (2017). Diagnosis of Nematode Populations Found in Chard, Barley and Onion Grown in North of Iraq and South of Turkey. *KSU J. Nat. Sci.*, 20(1), 28-34.
- Karssen, G., & van Aelst, A. C. (2001). Root-knot nematode perineal pattern development: A reconsideration. *Nematology*, 3, 95–111.
- Kartal, Ö. F. (2010). Trabzon ve çevresindeki deprem ve patlatma verilerinin birbirinden ayırt edilmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kekovalı, K., Kalafat, D., Deniz, P., Kara, M., Yılmaz, M., Küsmezer, A., Altuncu, S., Çomoğlu, M., Kılıç, K. (2010). Detection of potential mining and quarry areas in Turkey using seismic catalog. 19<sup>th</sup> International Geophysics Congress and Exhibition, 23-26 November 2010, Ankara, Turkey.
- Kekovalı, K., Kalafat, D., Deniz, P. (2012). Spectral discrimination between mining blasts and natural earthquakes: Application to the vicinity of Tunçbilek mining area, Western Turkey. *International Journal Physical Sciences*, 7(35), 5339-5352.
- Kepenekçi, İ. (2014). Plant parasitic nematodes (Tylenchida: Nematoda) in Turkey. *Pakistan Journal of Nematology*, 32(1), 11-31.
- Kermani, B. G., Schiffman, S. S., & Nagle, H. G. (2005). Performance of the Levenberg–Marquardt neural network training method in electronic nose applications. *Science Direct, Sensors and Actuators B: Chemical*, 110(1), 13-22.
- Kundu, A., Bhadauria, Y. S., Roy, F. (2012). Discrimination between earthquakes and chemical explosions using artificial neural networks. Scientific Information Resource Division, BHABHA Atomic Research Centre Technical Report BARC/2012/E/004, Mumbai.

- Küyük, H. S., Yıldırım, E., Horasan, G. & Doğan E. (2009). Deprem ve taş ocağı patlatma verilerinin tepki yüzeyi, çok değişkenli regresyon ve öğrenmeli vektör nicelme yöntemleri ile incelenmesi. *International Earthquake Symposium Sakarya*, (pp. 1-10), 3-5 October 2009, Kocaeli, Turkey.
- Levenberg, K. (1944). A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. *Quartet Applied Mathematics*, 2, 164-168.
- Li, M., Deng, X., Wang, J., Chen, Q., & Tang, Y. (2016). Modeling the thermotaxis behavior of *C. elegans* based on the artificial neural network. *Bioengineered*, 7(4), 53-260.
- MATLAB, (2011). Release, The Neural Network toolbox The MathWorks, Increments, Natick Massachusetts, United States.
- Marquardt, D. W. (1963). An algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 11(2), 431-441.
- Monteiro, R. L. S., Carneiro, T. K. G., Fontoura, J. R. A., Silva, V., Moret, M. A., & De Barros, P. H. B. (2016). A model for improving the learning curves of artificial neural networks. *PLOS One*, 11(2), e0149874.
- Muminjanov, H., & Karagöz, A. (2019). Türkiye'nin Biyoçeşitliliği: Genetik Kaynakların Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemlerine Katkısı. 1<sup>st</sup> ed. Ankara: FAO press.
- Öğütçü, Z., Horasan, G., & Kalafat, D. (2010). Investigation of microseismic activity sources in Konya and its vicinity, central Turkey. *Natural Hazards*, 58(1), 497-509.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning Internal Representations by Error Propagation. In D. E. Rumelhart, J. L. Mc Clelland (Eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition* (318-362 pages). Cambridge, Massachusetts: 1. MIT Press.
- Saberi-Bosari, S., Flores, K. B., San-Miguel, A. (2020). Deep learning-enabled phenotyping reveals distinct patterns of neurodegeneration induced by aging and cold-shock. *BMC Biology*, 1-25.
- SPSS (2005). SPSS V.17.0, SPSS for Windows. SPSS Increments (Statistical Package for the Social Sciences).
- Sundararaju, R., Devi, R. L., & Manikemalai, M. (2002). Analysis of best treatment and variety based on nematode population on banana using artificial neural networks. *Indian J. Nematology*, 32(1), 78-101.
- Tan, A. (2021). Türkiye'nin farklı bölgelerinde deprem ve patlatma verilerinin ayırt edilmesi (Yayımlanmamış doktora tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Tan, A., Horasan, G., Kalafat, D., & Gülbağ, A. (2021a). Discrimination of earthquakes and quarries in Kula District Manisa, Turkey) and its vicinity by using linear discriminate function method and artificial neural networks. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 164, 75-92.
- Tan, A., Horasan, G., Kalafat, D., & Gülbağ, A. (2021b). Discrimination of earthquakes and quarries in the Edirne district (Turkey) and its vicinity by using a linear discriminate function method and artificial neural networks. *Acta Geophysica*, 69(1), 27-17.
- TUIK, (2021). Production data of TUIK. Retrieved from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr/>
- Uhlemann, J., Cawley, O., Kakouli-Duarte, T. (2020). Nematode identification using artificial neural networks. 1<sup>st</sup> International Conference on Deep Learning Theory and Applications, (pp. 13-22), Portugal.
- Ursino, A., Langer, H., Scarfi, L., Grazia, G. D., & Gresta, S. (2001). Discrimination of quarry blasts from tectonic earthquakes in the Iblean platform (Southeastern Sicily). *Annali di Geofisica*, 44(4), 703-722.
- Yakut, H., Tabar, E., Zenginler, Z., Demirci, N., & Ertuğral, F. (2013). Measurement of <sup>222</sup>Rn concentration in drinking water in Sakarya, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*, 157(3), 397-406.
- Yıldırım, E. (2013). Sismik dalgaların sönüm karakterinden zemin özelliklerinin belirlenerek sınıflandırılması (Yayımlanmamış doktora tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yıldırım, E., Gülbağ, A., Horasan, G., & Doğan, E. (2011). Discrimination of quarry blasts and earthquakes in the vicinity of Istanbul using soft computing techniques. *Computers and Geosciences*, 37, 1209-1217. DOI:
- Yıldız, V., & Gözel, U. (2015). Ödemiş (İzmir) ilçesi sert ve yumuşak çekirdekli meyve fidanlıklarında bulunan bitki paraziti nematod faunası. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(4), 185-194.
- Yıldız, Ş., & Mamay, M. (2012). Şanlıurfa ili nar bahçelerinde bitki paraziti nematodların belirlenmesi. *J.Agric. Fac. HR.U.*, 16(2): 19-23.
- Yılmaz, Ş., Bayrak, Y., & Çınar, H. (2013). Discrimination of earthquakes and quarry blasts in the eastern Black Sea Region of Turkey. *Journal of Seismology*, 17(2), 721-734.



# Biochemical alterations in lettuce (*Lactuca sativa* L.) infected with '*Candidatus Phytoplasma asteris*' related strain (16Srl-B subgroup)

## '*Candidatus Phytoplasma asteris*' (16Srl-B alt grup) ile infekteli marul (*Lactuca sativa* L.)'da biyokimyasal değişimler"

Havva AKKURAK<sup>1\*</sup> , Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR<sup>2</sup> , Murat DİKİLİTAŞ<sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup>Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Harran University, Sanliurfa 63300, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-1196-5230>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3374-5602>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-7399-4750>

### ABSTRACT

Phytoplasma infections are able to limit the lettuce growth around the world. The alterations of biochemical contents in the host physiology following phytoplasma infection in lettuce remain to be elucidated. In this study, changes in total protein and chlorophyll content, proline, malondialdehyde (MDA) accumulation, peroxidase (POD) and catalase (CAT) enzyme levels were investigated in leaves of lettuce plant after *Candidatus* Phytoplasma asteris infection. Symptoms observed in plants infected with phytoplasma were yellowing, little leaf, stunting, and a general decline. Phytoplasma agent detected in all infected lettuce by PCR-RFLP studies. Total protein and chlorophyll contents of phytoplasma-infected plants were lower than those of healthy control. Proline, MDA accumulation, POX and CAT enzyme activities were increased in infected plants as compared to those of control. The results show that phytoplasma infection can modify the host physiology of lettuce. In conclusion, this study indicated that the previously identified *Ca. P. asteris* was still pathogen with no changes in its DNA sequence and it was able to reduce the quality parameters of the lettuce plant and possess potential danger to the lettuce growing areas.

**Key Words:** Biochemical alterations, Phytoplasma, Lettuce, PCR,

### ÖZ

Dünya genelinde marulda verimi sınırlayan fitoplazma enfeksiyonları görülmektedir. Marul bitkisinde fitoplazma etmeninin konukçu fizyolojisinde meydana getirdiği biyokimyasal bileşenlerdeki değişimler anlaşılmalıya devam etmektedir. Bu çalışmada *Candidatus* Phytoplasma asteris tarafından etkilenen marul bitkisinin yapraklarındaki total protein ve klorofil içeriği, prolin, malondialdehid (MDA) birikimi, peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) enzimlerindeki değişimler incelenmiştir. Fitoplazma ile infekteli bitkilerde gözlenen belirtiler sararma, küçük yaprak, bodurlaşma ve genel olarak bitkinin ölümü biçiminde olmuştur. PCR-RFLP çalışmalarıyla tüm infekteli marul bitkilerinde fitoplazmanın varlığı doğrulanmıştır. Fitoplazma ile infekteli bitkilerde toplam protein ve klorofil içeriği sağlıklı kontrol bitkilerine kıyasla azalmıştır. Prolin, MDA birikimi, POX ve CAT enzim aktivitesi infekteli bitkilerde artış gösterirken; sağlıklı kontrol bitkilerinde önemli düzeyde azalmıştır. Sonuçlar, fitoplazma enfeksiyonunun konukçu fizyolojisini modifiye edebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak bu çalışma, *Ca. P. asteris*'in marulu infekteleyen DNA dizisi değişmeyen bir patojen olduğu, etmenin marul bitkisinde kalite parametrelerini düşürdüğü ve marul yetiştirilen alanlarda potansiyel tehlike olabileceğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokimyasal değişimler, Fitoplazma, Marul, PCR,

### To cite this article:

Akkurak, H., Güldür, M.E. & Dikilitaş, M. (2022). Biochemical alterations in lettuce (*Lactuca sativa* L.) infected with '*Candidatus* Phytoplasma asteris' related strain (16Srl-B subgroup). Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 15-24.  
DOI:10.29050/harranziraat.1036313

**\*Address for Correspondence:**  
Havva AKKURAK  
e-mail:  
gumush199@gmail.com

**Received Date:**  
14.12.2021  
**Accepted Date:**  
15.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a broadleaf herbaceous cold climate vegetable belonging to the *Lactuca* genus in the Asteraceae family that plays a significant role in human nutrition. It is very rich in vitamins A, C, E, and K and contains high amounts of fiber, sugar, Ca, Fe, Mg, and K minerals (Kim et al., 2016). The most important place among the morphological features of lettuce is its leaves which are the consuming part. Flat or curly leaves and leaf colour are the important distinguishing factors. In addition to leaf shape and color, features such as core and head formation, leaf fleshiness, friability and earliness can be counted among the distinguishing factors (Křístková et al., 2008). Considering these features, salads and lettuces; curly-leaf salads, oily salads and lettuce are grouped under three main groups (Vural et al., 2000; Lebeda et al., 2007). Lettuce and salad group, which can be found in markets throughout the year, is one of the most consumed vegetables (Aybak, 2002; Shatilov et al., 2019). Due to these features, lettuce is grown in open, greenhouse and low plastic tunnels in almost every region of Turkey depending on the climate. The production of lettuce, which has a very short production period (2-3 months), is usually the second or third product culture in our country before or after the main vegetable production (Akinci et al., 2003).

However, lettuce production is adversely affected by some abiotic and biotic factors. According to Soylu et al. (2017), *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Golovinomyces cichoracearum* and *Bremia lactucae* are the most important fungal agents observed in lettuce cultivated areas. Among the bacterial agents, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, and *Enterobacter cloacae*, *Xanthomonas campestris* pv. *vitians* could be counted as significant pathogens. In addition, *Beet western yellows*, *Lettuce mosaic*, *Lettuce dieback*, *Lettuce big vein*, *Tomato spotted wilt*, *Turnip mosaic* virus agents were also detected in lettuce (Koike et al., 2007; Sertkaya, 2015).

In addition to these factors, phytoplasmas, could also be counted as bacterial agents, leading to symptoms such as yellowing, wilting, chlorotic local lesion, deformity, witches' broom formation and stunting in lettuce plants (Akkurak et al., 2021). Phytoplasmas are located in the Mollicute class of the Prokaryotae kingdom. They are limited to the phloem, they do not possess cell walls, therefore, they are very sensitive to tetracycline group of antibiotics. Phytoplasmas infect over 1000 plant species worldwide, including vegetables, fruits, and weeds, and are spread from infected plant to healthy plant by insects feeding on phloem tissues. (Bertaccini et al., 2014; Namba, 2019). Small leaves, phyllody, virescence, large buds and witches' broom are among the most common symptoms observed in vegetables infected by phytoplasma agents (Kumari et al., 2019).

Phytoplasmas affect plant species which mostly belong to Apiaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae, Fabaceae and Solanaceae families from those 16 different ribosomal groups have been reported worldwide in 16SrI-A, 16SrI-B, 16SrIII-J, 16SrIX and 16SrXII-A (Kumari et al., 2019). For example, Lin et al. (2014) reported that *Ca. P. asteris* (16SrI) was associated with the most common symptoms such as chlorosis and wilting on infected lettuce plants were. It has been reported that the transfer from diseased lettuce plants to healthy plants could be via phloem-feeding leafhopper (*Macrostelus striifrons*) (Lin et al., 2020). *Ca. P. trifolii* in cabbage and pepper, *Ca. P. solani* and *Ca. P. trifolii* in tomatoes and potatoes, *Ca. P. asteris* in lettuce are the important phytoplasmas that have been transferred via insects (Çağlar et al., 2010; Yılmaz et al., 2019; Ulubaş Serçe and Yılmaz, 2019; Güller and Usta, 2020; Akkurak et al., 2021).

Phytoplasmas live in the phloem tissue of infected plants and accordingly initiate physiological deterioration in the host plant leading to the production of defense proteins (Musetti et al., 2005; Huseynova et al., 2017). Rasool et al. (2020) found that the activity of peroxidase (POD), superoxide dismutase and catalase (CAT) enzymes responsible for defense



responses increased while Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b* and total Chlorophyll levels reduced in phytoplasma-infected plants in sweet orange (*Citrus sinenses* L.). Decreased chlorophyll content in plants infected with phytoplasma is thought to be a possible reason for the leaf color turning from green to yellow. In another study, malondialdehyde (MDA) and hydrogen peroxide levels were found higher in *Sesamum indicum* plants infected with phytoplasma than those of healthy plants (Ahmad et al., 2019). Zafari et al. (2012) also stated that a decrease in total protein content was evident in the leaves of the lime plant infected with *Ca. Phytoplasma aurantifoliae*.

We had previously performed DNA isolation and PCR-RFLP on lettuce plants that showed signs such as yellowing, tiny leaves, and stunting. We then stated that the component producing these symptoms was discovered to be associated to the *Candidatus* *Phytoplasma asteris* (16Srl-B) subgroup as a consequence of the analysis. (Akkurak et al., 2021). In this study, we aimed to examine the biochemical changes in antioxidant enzymes (POD and CAT) along with chlorophyll, protein, malondialdehyde (MDA) and proline contents in lettuce plant infected by *Ca. P. asteris*. These possible changes in terms of physiological and biochemical patterns are not explored in lettuce plants to the best of our knowledge.

## Material and Methods

### *Plant material*

Previously reported causal agent including symptoms such as yellowing, small leaf, necrosis, stunting, and a general decline in lettuce plants had been related to *Ca. Phytoplasma asteris* through PCR tests (Akkurak et al., 2021). In this study, healthy control (n=6) and symptomatic (n=8) leaves of *L. sativa* were collected for DNA extraction to confirm our previous findings if the symptomatic lettuce plants still possess the confirmed phytoplasma agent. The samples were tested again via two-step polymerase chain reaction (PCR) assays.

### *DNA isolation and PCR analysis*

Total DNA isolation was made from symptomatic and healthy lettuce plants as described by Ahrens and Seemüller (1992). Tissue leaf midrib (0.5 g) was homogenized in 2 ml of CTAB buffer and 2 ml aliquots of the extract were incubated at 65°C for 35 min. Afterward, DNA purification was made through chloroform-isoamyl alcohol (24:1) extraction method and precipitated. Total DNA was melted in 50 µl of TE buffer and maintained at -20 °C until use. Total DNAs obtained here was used as template in our PCR studies for phytoplasma diagnosis.

Template DNA was tested with two-step PCR using R16F1/RO primers in the first round PCR followed by R16F2n/R2 primers in the second round to amplify the 1.250 bp DNA fragment from the 16S rRNA gene (Gundersen and Lee, 1996; Duduk et al., 2013).

The following conditions were used for PCR: denaturation at 94°C for 3 minutes, annealing at 54°C (F1/RO) or 55°C (F2n/R2) for 2 minutes, and primer extension at 72°C for 3 minutes. Both PCRs were subjected to a 10-minute extension cycle at 72 °C. Ten µl of F2n/R2 amplified products were electrophoresed in a 1% agarose gel and visualized on a UV transilluminator.

### *Protein contents*

Bradford's method was used to determine total protein content (1976). Approximately, 0.5 g healthy and symptomatic lettuce leaf samples were taken and homogenized with 5 ml of sodium phosphate buffer, pH 7. Afterwards, 5 ml of Coomassie Brilliant Blue G-250 was mixed with 100 µl of plant extract and read at 595 nm in a spectrophotometer (Shimadzu, UV-1280). Bovine Serum Albumin Fraction V (Sigma), at different concentrations (10-100 µg ml<sup>-1</sup>) was used for the protein standard curve.

### *Chlorophyll measurement*

Chlorophyll *a* and chlorophyll *b* analyses in healthy and infected lettuce leaves were made according to the method of Arnon (1949). Approximately 0.5 g leaf was homogenized in 5 ml

acetone/water (80% v/v) mix, then filtered and placed in Eppendorf tubes. Readings were made against 80% acetone control at 663.5 nm for chl *a* and 645 nm for chl *b*. Chlorophyll calculation was made on the basis of mg L<sup>-1</sup> on a fresh weight (FW) basis.

Total chlorophyll (mg L<sup>-1</sup>) = 20.2 A<sub>645</sub> + 8.02 A<sub>663.5</sub>

Chlorophyll *a* (mg L<sup>-1</sup>) = 12.7 A<sub>663.5</sub> - 2.69 A<sub>645</sub>

Chlorophyll *b* (mg L<sup>-1</sup>) = 22.9 A<sub>645</sub> - 4.68 A<sub>663.5</sub>

#### *Proline analysis*

Proline activity was employed with minor modifications according to Bates et al. (1973) (Karakas et al. 2013). The compound consisting of an acid-ninhydrin mixture was used as a color agent in the analysis. Nearly 0.5 g leaf sample was taken from healthy and infected the fresh leaf, grinding in liquid nitrogen, and solubilized by adding 10 ml of 3% sulfosalicylic acid. The extract was passed through filter paper Whatman No:1 and 2 ml of the mixture was added to 2 ml of acid ninhydrin solution, and the mix was boiled for 1 hour at 100 °C. The reaction was then stopped in ice cold water. Afterwards, toluene (5 ml) was added to the reaction mix and vortexed for 30 seconds. Then, the upper phase was taken, and the absorbance reading was evaluated at 520 nm in a spectrophotometer (Shimadzu, UV-1280).

#### *Malondialdehyde (MDA) analysis*

MDA was measured according to Heath and Packer (1968) with some modifications (Karakas et al. 2013). A fresh leaf sample of about 0.5 g was taken from healthy and infected plants, homogenized with 10 ml of 0.1 percent trichloroacetic acid (TCA), and centrifuged for 5 minutes at 10,000 *g*. After centrifugation, 4 ml of 20% TCA [containing 5% thiobarbituric acid (TBA)] was added to 1 ml of extract. The resulting mixture was incubated for 30 minutes at 95 °C for 30 minutes. It was then rapidly cooled with the aid of an ice bath and then centrifugation at 10.000 *g* for 10 minutes, 300 µl of supernatant was taken, the absorbance readings at 532 and 600 nm in a spectrophotometer were used for the MDA

calculation using the following formula.

$$\text{MDA (nmol g}^{-1} \text{ fresh g.)} = [\text{Extraction volume (ml)} \times [(A_{532} - A_{600}) / (155 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1})] / \text{Sample quantity (g)}] \times 10^3$$

#### *Catalase (CAT) activity (E.C. 1.11.1.6)*

The protocol prepared by Milosevic and Slusarenko (1996) was used to measure catalase (CAT) activity. A 0.5 g of fresh leaf sample was collected from the plants and homogenized with Na-phosphate buffer, pH 7.0. Then, 50 µl of the obtained supernatant was added to 2.95 ml of the reaction mix, then it was read in the spectrophotometer at 240 nm for 30 seconds. One unit of catalase enzyme activity expressed as the amount of enzyme that breaks down 1 µmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in 1 minute was used to express the enzyme in terms of unit mg<sup>-1</sup> protein (Wang and Han, 2009).

#### *Peroxidase (POD) activity (E.C. 1.11.1.7)*

Peroxidase measurement was performed following protocol prepared by Cvikorova et al. (1994) with some modifications (Karakas et al., 2013). Approximately 0.5 leaf samples were taken from the healthy and infected plants, homogenized in phosphate buffer, pH 7.0. Then, 100 µl of the obtained leaf extract was taken and 3 ml of reaction mix (13 mmol L<sup>-1</sup> guaiacol, 5 mmol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and 50 mmol L<sup>-1</sup> Na-phosphate, pH 6.5) was added. The reaction was started with the addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and read 3 times at 25 °C at 470 nm within 1 minute intervals. One unit of peroxidase enzyme was defined as 0.1 absorbance min<sup>-1</sup> at AA470 nm. Results are expressed in units mg<sup>-1</sup> protein.

#### *Statistical analysis*

The data obtained as a result of the analyses were analyzed using Tukey's Test Method using one-way analysis of variance (ANOVA) in Minitab Statistical Software-20. Variations between groups were significant at *p* < 0.05. The error bars in the graphs show the mean ± error.

## Results and Discussion

### *Morphological observations in infected lettuce plants*

We observed remarkable symptoms in lettuce plants infected with *Ca. P. asteris* such as

yellowing, small leaf, stunting and decline (Fig. 1).

We confirmed that the symptoms in lettuce plants were associated with *Ca. Phytoplasma asteris* through PCR-RFLP studies. No DNA bands associated with *Ca. Phytoplasma asteris* in the healthy lettuce plants were detected (Fig. 2).



Fig. 1. Symptoms of lettuce plants infected with phytoplasma yellowing and small leaf (a), stunting (b) and decline (c).

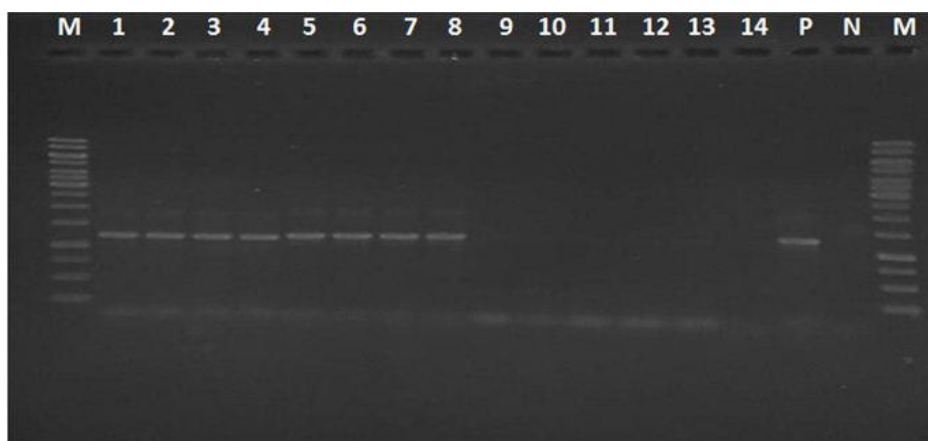


Fig. 2. Gel electrophoresis of DNA amplified by PCR. Lane 1-8 phytoplasma-infected lettuce leaves, lane 9-14 non-infected lettuce leaves, N; negative control or no DNA, P; positive control, M; 1 kb DNA size markers.

### *Effect of phytoplasma infection on total protein and chlorophyll contents*

Soluble protein content was significantly lower in infected leaves when compared to those of healthy plants (Fig. 3). Similar conclusions were observed by Nasir et al. (2017), who indicate that chickpea plants are infected with *Ca. P. australasia*

reduced the soluble contents of leaves.

Decreased in protein content in most diseased plants are commonly observed. In this study, we detected soluble protein decline in infected lettuce plants following phytoplasma infection in which the lettuce plants exhibited defensive responses throughout the growing season.

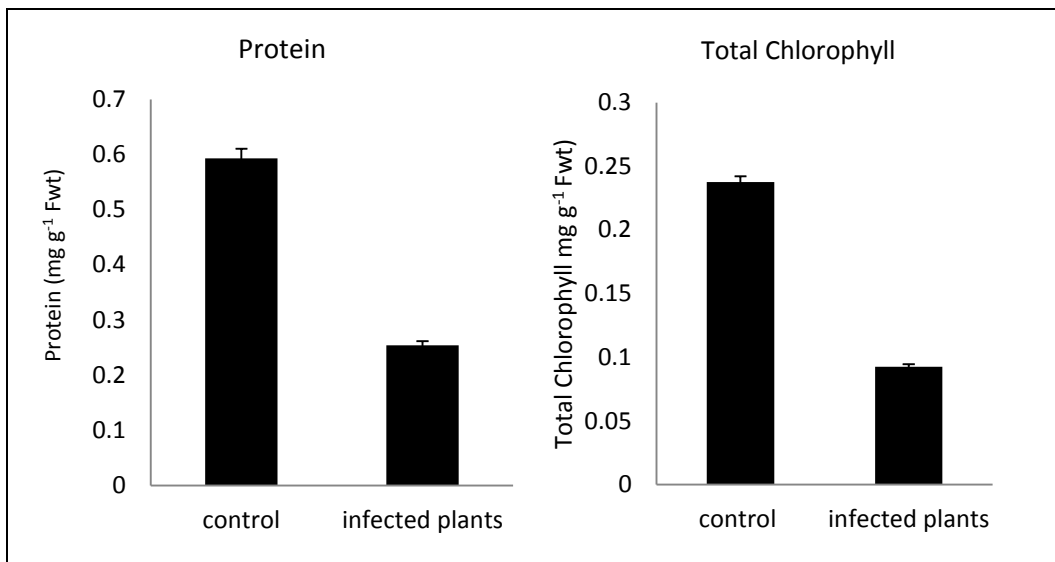


Fig. 3. Total protein and chlorophyll levels in control and phytoplasma-infected lettuce leaves.

The significant decline was also observed with that of total chlorophyll content (Fig. 3,  $p \leq 0.05$ ). Previous reports were in line with our findings in which the phytoplasma infection decreased the chlorophyll content of Chinese jujube (Liu et al., 2016), corn beans (Hameed et al., 2017) and lime (Zafari et al., 2012) crops. In the present study, the low chlorophyll content is thought to be related to the yellowing and chlorosis symptoms. Although the detailed mechanism for the chlorophyll degradation following phytoplasmas is not revealed yet, we assume that phytoplasmic agents interfere with  $Mg^{2+}/Fe^{2+}$  molecules through the production of reactive oxygen species (ROS) and other stress metabolites.

#### Effect of phytoplasma infection on proline and MDA content

When we examined proline and MDA levels,

both metabolites exhibited remarkable differences from those of control plants,  $p \leq 0.05$ . Proline has significant roles widely of biological mechanism, stress, signaling, energy production. Its role in the pathogenicity of microorganisms has been subject to be elucidated (Christgen and Becker, 2019). The amount of proline in lettuce leaves infected with phytoplasma increased as compared to the healthy ones (Fig. 4). Similar findings were also obtained in *Citrus aurantifolia* by Abdolahi et al. (2012) who reported that phytoplasma infection resulted in high accumulation of proline in the leaf. For instance, Dikilitas et al. (2020) indicated that the determination of the proline content in plants infected with phytoplasma agent is a good marker for measuring the effects of the disease as well as resistance levels of the host plants.

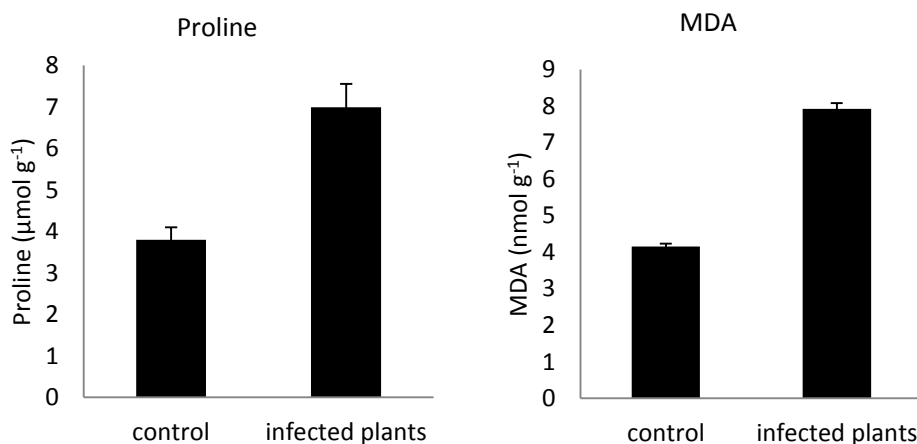


Fig. 4. Proline and MDA levels in control and phytoplasma-infected lettuce leaves.

One of the most important effects of free radicals formed under abiotic and biotic stress conditions is the peroxidation of lipids. With the reaction of polyunsaturated fatty acids and oxidants, lipids in the cell membrane are oxidized and malondialdehyde (MDA) is composed as the end product of lipid peroxidation (Morales and Munné-Bosch, 2019). Weber et al. (2004) reported a remarkable increase in MDA level in *Arabidopsis* spp. under oxidative stress conditions. In this study, the MDA content of the plants infected with *Ca. P. asteris* was found higher than the healthy plants (Fig. 4). Similarly, Ahmad et al. (2019) stated that increased MDA levels in *Sesamum indicum* following phytoplasmas infection. However, Rasool et al. (2020) also reported that MDA level in *Citrus sinensis* L. increased following phytoplasma infection. It could be possible that MDA level may not increase upon infection. The host plant could tolerate the stress or suppress MDA activity depending on its capacity in terms of genetic background and the infection period of the phytoplasmic agent. However, in general, MDA

content appear to elicit different responses in the plant depending on the plant or the phytoplasma species. Therefore, increases in MDA are a widely used marker for the determination of biotic and abiotic stress levels and it serves as a sign of the extent of damage under stress.

#### *Effect of phytoplasma infection on enzyme activities (POD and CAT)*

When the level of antioxidant enzymes was the elucidated, level of both enzymes increased following *Ca. Phytoplasma asteris* infection.

Peroxidases are one of the antioxidant enzymes that play an important role in cell wall formation, lignification, removal of ROS, and inducing plant defense system (Passardi et al., 2005; Prasannath, 2017). In this study, we determined that POD and CAT activities increased significantly in lettuce leaves infected with phytoplasma (Fig. 5,  $p \leq 0.05$ ). Similarly, Junqueira et al. (2011) reported that phytoplasma infection in the maize plants resulted in a significant increase in POD and CAT enzymes.

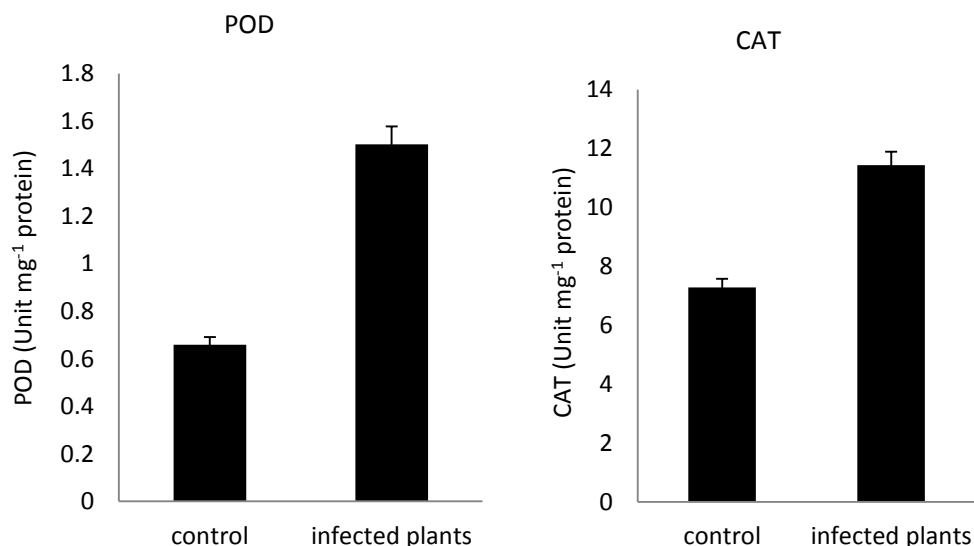


Fig. 5. POD and CAT enzyme levels in control and phytoplasma-infected lettuce leaves.

Catalase is also one of the essential enzymes capable of protecting biological systems against free radical attack (Ighodaro and Akinloye, 2018) and is the most effective enzyme, which reduces  $H_2O_2$  into  $H_2O$  and  $O_2$  (Mhamdi et al., 2010; Alam et al., 2014; Veronica et al., 2017). Catalase activity

is mostly elevated against plant pathogen attack (Magbanua et al., 2007). Hameed et al. (2017) in mungbean (*Vigna radiata*), Zafari et al. (2012) in lime (*Citrus aurantifolia*) also reported that increased CAT activity in plants following phytoplasma infection.

## Conclusions

This study indicated that phytoplasma could damage the infected lettuce plant via deteriorating the physiological and biochemical processes. Compared to uninfected plants, chlorophyll and protein contents decreased in diseased plants. The morphological changes (yellowing, small leaf, stunting and decline) observed in the infected-plant indicated that the phytoplasma has the potential to reduce photosynthesis rate and protein synthesis.

The increase in proline, MDA, CAT and POD enzyme activities with phytoplasmic infection showed that the lettuce plant became defensive against the agent. Knowing the biochemical changes that occur in the host plant provides an understanding of the responses of the phytoplasma infection and can provide information about the recovery that activates the resistance mechanism. These results provide important clues for developing control strategies against phytoplasma diseases.

**Conflict of interest:** All the authors declare that there is no conflict of interest in this study.

**Author contributions:** HA was responsible for designing the Nested-PCR and characterization and biochemical analyses. All authors contributed sections to the manuscript and approved the final version of the text.

**Acknowledgements:** This study is a part of the Ph.D. thesis of Havva AKKURAK. The first author would like to thank the Higher Education Council (YÖK) of Turkey for supporting Ph.D. studies throughout 100/2000 Ph.D. program.

## References

Abdollahi, F., Niknam, V., Ghanati, F., Masroor, F., & Noorbakhsh SN. (2012). Biological effects of weak electromagnetic field on healthy and infected lime (*Citrus aurantifolia*) trees with phytoplasma. The scientific World Journal, vol.2012, Article ID 716929, 6 pages.

Ahmad, S.J.N., Naila, F., & Ahmad, J.N. (2019). Metabolic and

physiological changes induced in *Sesamum indicum* infected by phytoplasmas. *Phytopathogenic Mollicutes* Vol. 9:1, 137-138.

Ahrens, U., & Seemuller, E. (1992). Detection of DNA of plant pathogenic mycoplasma-like organisms by a polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. *Phytopathology*, 82: 828-832.

Akinci, S., Akinci, İ.E., Karatas, A., & Abak, K. (2003). Requirements of the Temperature Sum of Head and Cos Lettuce (*Lactuca Sativa* L.), Grown at Different Periods in Open Field and Tunnels, and Relations with Yield. *KSU J. Science and Engineering*, 6:(1), 97-105.

Akkurak, H., Guldur, M.E., Simsek, E., & Dikilitas, M. (2021) First report of lettuce yellowing disease caused by a 'Candidatus Phytoplasma asteris'-related strain in *Lactuca sativa* in Turkey. *New Disease Reports*, 44, e12033.

Alam, M.M., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2014). Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different *Brassica* species. *Plant Biotechnol Rep* 8:279-293.

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant physiology*, 24(1), 1-15.

Aybak, H.Ç. (2002). *Salata/Marul Yetiştiriciliği*. Hasad Yayıncılık, İstanbul.

Bates, L.S., Waldren, R.P. & Ve Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1): 205-207.

Bertaccini, A., Duduk, B., Paltrinieri, S., & Contaldo, N. (2014). Phytoplasmas and phytoplasma diseases: a severe threat to agriculture. *Am. J. Plant Sci.* 5, 1763-1788.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2): 248-254.

Cağlar, B. K., Elbeaino, T., Kusek, M., Pehlivan, D., Fidan, H., & Portakaldali, M. (2010). Stolbur phytoplasma infections in potato and tomato plants from different locations in Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*, 39(1-3): 1-8.

Christgen, S.L., & Becker, D.F. (2019). Role of Proline in Pathogen and Host Interactions. *Antioxidants & Redox Signaling* Vol. 30, No. 4, 683-709.

Cvikrova, M., Hrubcova, M., Vagner, M., Machackova, I., & Eder, J. (1994). Phenolic acids and peroxidase activity in alfalfa (*Medicago sativa*) embryogenic cultures after ethephon treatment. *Physiologia Plantarum*, 91(2): 226-233.

Dikilitaş, M., Şimşek, E., & Roychoudhury, A. (2020). Role of Proline and Glycine Betaine in Overcoming Abiotic Stresses. In: A. Roychoudhury & D. K. Tripathi (Ed.), *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress* (first edition, pp. 1-23).

Duduk, B., Paltrinieri, S., Lee, I.-M., & Bertaccini, A. (2013). Nested PCR and RFLP Analysis Based on the 16S rRNA Gene. In: M. Dickinson & J. Hodgetts (Ed.), *Phytoplasma Methods and Protocols* (ss. 159-171). Humana Press, Totowa, NJ.

Guller, A., & Usta, M. (2020). Stolbur and Clover Proliferation Phytoplasma Infections in Tomato from Bingöl

- Province, Turkey. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 7(4): 855–866.
- Gundersen, D., & Lee, I. (1996). Ultrasensitive detection of phytoplasmas by nested-PCR assays using two universal primer pairs. *Phytopathologia Mediterranea*, 35: 144–151.
- Hameed, S., Akhtar, K.P., Hameed, A., Gulzar, T., Kiran, S., Yousaf, S., Abbas, G., Asghar, M.J., & Sarwar, N. (2017). Biochemical changes in the leaves of mungbean (*Vigna radiata*) plants infected by phytoplasma. *Turkish Journal of Biochemistry*, 42(6): 591–599.
- Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys* 125: 180-198.
- Huseynova, I., Balakishiyeva, G., Aliyeva, D., Gurbanova, U., Bayramova, J., & Mustafayev, N., (2017). Changes in the activities of metabolic enzymes and antioxidant defense system in '*Candidatus phytoplasma solani*' infected pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Net J Agri Sci.*, 5(2):58-65.
- Junqueira, A.C.B., Bedendo, I.P., & Pascholati, S.F. (2011). Effect of phytoplasma infection on activity of peroxidase,  $\beta$ -1,3 glucanase and chitinase in corn plants. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.4, p.194-198.
- Karakaş, S. (2013). Development of tomato growing in soils differing in salt levels and effects of companion plants on some physiological parameters and soil remediation [Harran University], Doktora tezi. <http://acikerisim.harran.edu.tr:8080/jspui/handle/11513/175>.
- Kim, M.J., Moon Y., Tou J.C., Mou B., & Waterland N.L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.), *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 49:19-34.
- Koike, S.T., Gladders, P., & Paulus, A.O., (2007). *Vegetable Diseases. A Colour Handbook*, UK, Manson Publishing Ltd, pp. 296-324.,
- Křístková, E., Doležalová, I., Lebeda A., Vinter, V., & Novotná, A. (2008). Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. *Hort. Sci. (Prague)*, 35(3), 113–129.
- Kumari, S., Nagendran, K., Rai, B.A., Singh, B., Rao, G.P., & Bertaccini, A. (2019). Global Status of Phytoplasma Diseases in Vegetable Crops. *Front. Microbiol.* 10:1349. doi: 10.3389/fmicb.2019.01349.
- Lebeda, A., Ryder E.J., Grube R., Doležalova I., & Křístková, E. (2007). Lettuce (Asteraceae; *Lactuca* spp.). In: SINGH R.J. (ed.), *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*, Vol. 3, *Vegetable Crops*. Boca Raton, CRC Press, Taylor and Francis Group: 377–472.
- Lin, J., Yang, C., Liu, J., Yu, S., Xing, J., Huang, P., Chen, W., Bao, Y., Hu, Q., Chen, C., & Zhang, M. (2020). Identification and characterization of the phytoplasma associated with lettuce chlorotic leaf rot disease together with its natural reservoirs and leafhopper vectors in China. *Crop Protection*, 138, 105318.
- Lin, J.-X., Mou, H.-Q., Liu, J.-M., Chen, J., Ji, C.-H., & Chen, H.-Y. (2014). First report of lettuce chlorotic leaf rot disease caused by phytoplasma in China. *Plant Disease*, 98, 1425.
- Liu, Z., Zhao, J., & Liu, M. (2016). Photosynthetic responses to phytoplasma infection in Chinese jujube. *Plant Physiol Biochem*, 105:12–20.
- Magbanua, Z.V., De Moraes, C.M., Brooks, T.D., Williams, W.P., & Luthe, D.S. (2007). Is catalase activity one of the factors associated with maize resistance to *Aspergillus flavus*? *Mol Plant-Micro Int*, 20:697–706.
- Mhamdi, A., Queval, G., Chaouch, S., Vanderauwera, S., Breusegem, F.V., & Noctor, G. (2010). Catalase function in plants: a focus on Arabidopsis mutants as stress-mimic models. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 15, pp. 4197–4220.
- Milosevic, N., & Slusarenko, A.J. (1996). Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 49(3): 143–158.
- Morales, M., & Munné-Bosch, S. (2019). Malondialdehyde: Facts and artifacts. *Plant Physiol.* 180, 1246–1250.
- Musetti, R., Di-Toppi, L.S., Martini, M., Ferrini, F., Loschi, A., & Favali, M.A. (2005). Hydrogen peroxide localization and antioxidant status in the recovery of apricot plants from European Stone Fruit Yellows. *Eur J Plant Pathol.*, 112(1):53-61.
- Namba, S. (2019). Molecular and biological properties of phytoplasmas. *Proc. Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci.* 95, 401–418.
- Nasir, F., Akhtar, K.P., Hameed, A., Yousaf, S., Gulzar, T., Sarwar, N., Shah, T.M., & Kiran, S. (2017). Biochemical alterations in the leaves of different Desi and Kabuli type chickpea genotypes infected by phytoplasma. *Turkish Journal of Biochemistry*, 42(4): 409–417.
- Ighodaro, O.M., & Akinloye, O.A. (2018). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid, *Alexandria Journal of Medicine*, 54:4, 287-293.
- Passardi, F., Cosio, C., Penel C., & Dunand C. (2005). Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. *Plant Cell Reports*, Vol: 24:5, 255-265.
- Prasannath, K. (2017). Plant defense-related enzymes against pathogens: A Review. *AGRIEAST Journal of Agricultural Sciences*, 11(1):38.
- Rasool, A., Jahan, M.S., Shazad, U., Tariq, A., & Calica, P.N. (2020). Effect of Phytoplasma Infection on Primary and Secondary Metabolites and Antioxidative Enzyme Activities of Sweet Orange (*Citrus sinensis* L.). *J Plant Pathol Microbiol* 11:519. doi: 10.35248/2157-7471.20.11.519.
- Sertkaya, G., (2015). Hatay ili marul ve ıspanak alanlarında bazı virüslerin araştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20:7-12.
- Shatilov, M.V., Razin, M.F., & Ivanova, M.I., (2019). Analysis of the world lettuce market. *International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions, Earth and Environmental Science* 395, 1-5.
- Soylu, S., Sertkaya E., Türemiş İ., Bozkurt İ.A., & Kurt Ş. (2017). Prevalence and incidence of important disease agents, insects and weed species in lettuce (*Lactuca sativa* L.) growing fields in Hatay Province. *Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University*, 22(1):23-33.
- Ulubaş Serçe, Ç., & Yılmaz, S. (2019). First report of

- '*Candidatus Phytoplasma trifolii*' (16SrVI group) infecting cabbage (*Brassica oleracea*) in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102:553.
- Veronica, N., Subrahmanyam, D., Kiran, T. V., Yugandhar, P., Bhadana, V. P., & Padma, V. (2017). Influence of low phosphorus concentration on leaf photosynthetic characteristics and antioxidant response of rice genotypes. *Photosynthetica* 55, 285–293.
- Vural, H., Eşiyok, D. & Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bornova/İzmir
- Wang, X.S., & Han, J.G. (2009). Changes of proline content, activity, and active isoforms of antioxidative enzymes in two alfalfa cultivars under salt stress. *Agric. Sci. China*. 8(4): 431-440.
- Weber, H., Chételat, A., Reymond, P., & Farmer, E.E. (2004). Selective and powerful stress gene expression in *Arabidopsis* in response to malondialdehyde, *Plant J.* 37, 877–889.
- Yılmaz S., Caglar B.K. & Djelouah, K. (2019). Molecular characterization of phytoplasma diseases of pepper in Turkey. *Journal of Phytopathology*, 167:479–483.
- Zafari, S., Niknam, V., Musetti, R., & Noorbakhsh, S.N. (2012). Effect of phytoplasma infection on metabolite content and antioxidant enzyme activity in lime (*Citrus aurantifolia*). *Acta Physiol Plant*, 34:561–568.





# Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu

## Determination of infestation rate, morphological and genetic characterization of *Neoscytalidium novaehollandiae* in *Pistachio* (*Pistacia vera* L.) trees in Şanlıurfa province.

Berfin KILINÇ<sup>1\*</sup>, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR<sup>2</sup>, Murat DİKİLİTAŞ<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa 63300, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-7086-0255>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3374-5602>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-7399-4750>

### öz

#### To cite this article:

Kılınç, B., Güldür, M.E. & Dikilitaş, M. (2022). Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1):25-39.  
DOI:10.29050/harranziraat.1028027

\*Address for Correspondence:  
Berfin KILINÇ  
e-mail:  
berfinkilinc13@gmail.com

Received Date:  
24.11.2021  
Accepted Date:  
14.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Ekonomik olarak önemli bir paya sahip olan Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaç gövdelerinde çatlamalara ve ani kurumalara yol açan ve yeni bir fungal hastalık etmeni olan *Neoscytalidium novaehollandiae*, Türkiye'de ilk kez Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde rapor edilmiştir. Bu çalışmada, Şanlıurfa ili Karaköprü, Bozova, Birecik, Halfeti ve Ceylanpınar ilçelerinin Antepfıstığı yetiştiriciliği yapılan alanlarında 25 köy ve 75 bahçede survey yapılarak bölgede bulaşıklık oranı tespit edilmiştir. Survey yapılan beş ilçenin ortalama bulaşıklık oranı % 35.88 olarak bulunmuştur. Bulaşıklık oranı sırası ile Bozova % 43.68, Birecik % 39.34, Ceylanpınar % 36.07, Karaköprü % 32.25 ve Halfeti % 28.07 olarak belirlenmiştir. Survey sırasında infekteli olan ağaçların gövde ve dallarından örnekler alınmış ve PDA ortamında izolasyonlar yapılmıştır. İzolasyon sonucunda gelişen fungal etmen saflaştırılmış, mikroskopik olarak incelenmiş, moleküler olarak ITS (Internal Transcribed Spacer), ACT (Actin gene), LSU (Long Sub Unit) ve SSU (Small Sub Unit) gen bölgesi primerleri kullanılarak PZR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) ile genetik karakterizasyonu ortaya konmuş ve sekans analizine gönderilmiştir. Elde edilen nükleotid dizileri GenBank'ta (ITS için erişim numarası: OL455801 ve LSU için erişim numarası: OL589617) kaydedilmiştir. Sekans ve filogenetik analizler sonucunda ITS ve LSU gen bölgesi dizi verilerine göre hastalığın *Neoscytalidium novaehollandiae* etmenine % 99 ila % 99.9 benzer olduğu tespit edilmiştir. ACT ve SSU gen bölgesi için benzerlik oranına bakılmış fakat gen bankasında bu gen bölgeleri için herhangi bir kayıt bulunmadığından ACT ve SSU gen bölgeleri ile herhangi bir değerlendirme yapılamamıştır. Hastalık etmeninin daha çok yaşlı ağaçlarda ciddi enfeksiyonlara yol açtığı belirlenmiş ancak yeni gelişen ağaçların da tehlike altında olacağı değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Pistacia vera* L., *Neoscytalidium novaehollandiae*, Gövde çürüklüğü, PCR.

### ABSTRACT

*Neoscytalidium novaehollandiae*, a new fungal disease causing cracking and sudden drying out in trunks of Pistachio (*Pistacia vera* L.), which is economic importance, was reported for the first time in the Southeastern Anatolia Region of Turkey. In this study, infestation rate was determined in 25 villages and 75 orchards in the Pistachio growing areas of Şanlıurfa province Karaköprü, Bozova, Birecik, Halfeti and Ceylanpınar districts. The average infestation rate of the five districts surveyed was found to be 35.88%. The rate of infestation was determined as Bozova 43.68%, Birecik 39.34%, Ceylanpınar 36.07%, Karaköprü 32.25% and Halfeti 28.07%, respectively. During the survey, samples were taken from the trunk and branches of the infected trees and isolated in PDA medium. The fungal agent was then purified, examined microscopically, and molecularly determined by PCR (Polymerase Chain Reaction) using the gene region primers of ITS (Internal Transcribed Spacer), ACT (Actin gene), LSU (Long Sub Unit) and SSU (Small Sub Unit). The genetic characterization was

demonstrated and sent for sequence analysis. The resulting nucleotide sequences were registered in GenBank (accession number OL455801 for ITS and accession number OL589617 for LSU). As a result of the sequence and phylogenetic analysis, the fungal agent was verified and found to be as close to *Neoscytalidium novaehollandiae* with 99% to 99.9% similarity according to ITS and LSU gene region sequence data. The similarity ratio was checked for the ACT and SSU gene regions, however, since there were no records for ACT and SSU genes regions in the gene bank, therefore, no evolution was made. It has been determined that the disease agent causes serious infections mostly in old trees, however, newly developing trees could be under threat.

**Key Words:** *Pistacia vera* L., *Neoscytalidium novaehollandiae*, Stem rot, PCR

## Giriş

Anacardiaceae familyasına mensup olan Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ekonomik öneme haiz bir bitkidir (Yavuz, 2016). Antepfıstığının meyvesi içerdiği proteinler, antioksidantlar, aroma, vitamin ve minerallerce zengin olduğundan gıda sektöründe önemli bir yere sahiptir (Arpacı, 2010). Güney ve kuzey yarım kürelerin 30-45° paralelleri arasında yetişebilen *Pistacia* türlerinin Anadolu'da ilk kültüre alındığı yer Etiler olarak bilinir (Açar, 1997; Hashim ve ark., 2018). Ülkemizin de Gen Merkezini oluşturduğu *P. vera* türlerinin istatistiklere yansıyan rakamlara göre Dünyada yaklaşık olarak 21 ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır (Yavuz ve ark., 2016). Dünyada toplam Antepfıstığı üretimi 1.375.770 tondur. Bu üretimin % 96'lık payını sırasıyla 551.307 ton ile % 40 oranında İran, 447.761 ton ile % 33 oranında ABD, 240.000 ton ile % 18 oranında Türkiye, 74.000 ton ile % 5'lik bir paya sahip olan Çin almaktadır (TÜİK, 2018; FAO, 2018). Ülkemizde Antepfıstığı üretim miktarı 2019 verilerine göre 85.000 tondur. (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Türkiye'de Antepfıstığı yetiştiriciliği yoğun olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmektedir (Anonim, 2017). TÜİK istatistiklerine göre 2019 yılı Türkiye Antepfıstığı üretiminde toplam payın % 37.6'sını karşılayan Şanlıurfa ili birinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2019).

Antepfıstığında gözlemlenen fizyolojik problemlerin yanı sıra, biyotik faktörler de önemli sorunlara sebebiyet vermektedir (Eskalen ve ark., 2001; Kaplan ve ark., 2018; Kaplan, 2019; Aydın, 2019). Örneğin, Botryosphaeriae, genellikle geriye doğru ölüme ve odunsu bitkilerde

kanserlere yol açan, kozmopolit dağılıma sahip olan zengin bir familyadır (Barr, 1987; Crous ve ark., 2006; Slippers ve Wingfield, 2007). Botryosphaeriae familyasına mensup ve *Neoscytalidium* cinsine ait olan *Neoscytalidium dimidiatum* türü ilk olarak 2006 yılında Crous ve Slippers tarafından tanımlanmış ve bu cinse ait türler septalı havai misel varlığı ile karakterize edilmiştir (Crous ve ark., 2006). Daha sonra Pavlic ve ark. (2008) *Neoscytalidium novaehollandiae* türünü baobab bitkisi ile ilişkili fungusları ve Avusturalya'nın kuzeybatısındaki endemik ağaç türlerini araştırırken keşfetmişlerdir. *Neoscytalidium novaehollandiae* son zamanlarda *Adansonia gibbosa*, *Acacia synchronica*, *Crotalaria medicaginea* ve *Grevillia agrifolia*'nın bir endofiti olarak Kuzey-Batı Avustralya'da tespit edilmiştir (Pavlic ve ark., 2008). *Neoscytalidium* cinsleri ve bu cinse mensup olan *N. novaehollandiae* (Pavlic) türü çok sayıda konukçuda hastalıklara neden olan çoğunlukla aseksüel üreyen, yavaş gelişen bir fungustur (Crous ve ark., 2006). *Neoscytalidium*'a ait olan türler tropikal ve subtropikal iklim bölgelerinde endemiktir (Dunn ve ark., 2003).

Kültür ortamında, *N. dimidiatum* türüne morfolojik ve mikroskopik olarak çok benzeyen *N. novaehollandiae*, ilk başta hiyalin oluşturabilir fakat kısa sürede koyu kahverengi ile siyahımsı hale gelen pamuksu, hızlı büyüyen koloniler geliştirir. Genelde elipsoid silindirik olarak hem hiyalin hem de koyu renk pigmentli artrokonidia üretilir (Singler ve ark., 1997; Crous ve ark., 2006; Pavlic ve ark., 2008).

*Neoscytalidium* cinsi daha önce tüm dünyada geniş coğrafi bölgelerde, çeşitli bitki konukçularında rapor edilmiştir (Von Arx, 1987;

Farr ve Rossman, 2018). Örneğin, Avustralya'da mango ölümü ile ilişkili olan *N. novaehollandiae* rapor edilmiş, hastalığın ciddi ekonomik kayıplara yol açtığı belirlenmiştir (Ray ve ark., 2010).

Botryosphaeria familyasından *Neoscytalidium* cinslerine ait bölgemizde ve Türkiyede yeni görülen *N. dimidiatum* (Derviş ve ark., 2019) ve *N. novaehollandiae* (Kurt ve ark., 2020) adında iki fungus türünün Antepfıstığı ağaçlarında problemlere yol açtığı tespit edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde *N. dimidiatum*'un domates bitkisinde yeşil aksamda yanmalar ve özellikle kök içi nekrozları gibi belirtilere yol açtığı rapor edilmiştir (Türkölmez ve ark., 2019). Benzer şekilde, Manisa ve Gaziantep illerinde asma bitkisinde, dal kanseri ve geriye doğru ölüm (Akgül ve ark., 2020), ve 2019 yılında, Diyarbakır ili badem ağaçlarında yaprak sararması, dal kuruması gibi gövde hastalıkları (Ören ve ark., 2020), ve yine 2019 yılında Trabzon hurmasında dal kuruması gibi belirtilerin *N. novaehollandiae* etmeni tarafından oluşturulduğu rapor edilmiştir (Ören ve ark., 2020).

Antepfıstığında hastalık oluşturan *N. novaehollandiae* ile ilgili olarak ilk rapor Kurt ve ark. (2020) tarafından bildirilmiştir. Söz konusu hastalığın mücadele olanakları henüz araştırılmamış hem ülkemizde hem de bölgemizde bu hastalık etmeni ile ilgili kapsamlı çalışmalar yapılmamıştır. Ayrıca hastalığın epidemiyolojisi ve mücadele olanakları da öncelikle çalışılması gereken konular olup etmenin yıl içindeki popülasyon gelişimi, hastalık indeksinin hangi dönemlerde arttığı, hangi belirtilerle kendini belli ettiği, ilk inokulum kaynaklarının neler olduğu tam olarak bilinmemektedir. Hastalığın seyri konusunda yeterli bilginin olmayışı nedeni ile, mücadele metodunun oluşturulmasında sıkıntılar yaşanacağı öngörülmüş, bu nedenle henüz Şanlıurfa ili Antepfıstığı üretim alanlarında *N. novaehollandiae* etmeni önemli problem teşkil etmeden hastalık etmeni ile ilgili bilgi birikiminin sağlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Şanlıurfa ili Antepfıstığı alanlarında *N. novaehollandiae*'nin bulaşıklık

oranının belirlenmesi, etmenin morfolojik ve moleküler tanılanması, sekans ve filogenetik analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin izolasyonu ve morfolojik karakterizasyonu

Şanlıurfa ilinin Karaköprü, Bozova, Birecik, Halfeti ve Ceylanpınar ilçelerinin yoğun olarak Antepfıstığı yetiştiriciliğinin yapıldığı bahçelerde ağaçların gövde ve dalları gözle kontrol edilerek (ağaç sayısı/dekar) incelenmiştir (Çizelge 1). Örnekleme, ilçeleri temsil edecek biçimde etmenin belirtilerine bakılarak yapılmıştır. Survey çalışmasında her 5 km'de bir durularak yol üzerindeki bahçelerden gözlem yapılmıştır. İnfekteli ağaçlar sayılarak bahçe için % bulaşıklık oranı belirlenmiştir (Aksoy, 2002). Antepfıstığı gövdesinde veya dallarında çatlama ve siyahı renk alan ağaçlar pozitif olarak değerlendirilmiştir. İzolasyon için her bahçenin sınırındaki ilk sıra ağaçlar atlanarak, bahçenin farklı istikametlerinde bulunan tesadüfi olarak seçilen ağaçların kabuk altı nekrozu, kabuk çatlama ve kanserli yaralarından örnekler alınmıştır. Örnekler etiketlenerek buz kapları içinde (+4-6 °C) laboratuvara getirilmiştir. Örneklerdeki belirtiler birbirine çok benzediği için Karaköprü ilçesinden 5, Bozova ilçesinden 10, Birecik ilçesinden 10, Halfeti ilçesinden 7, ve Ceylanpınar ilçesinden 5 örnek seçilmiştir.

İzolasyon için alınan örnekler küçük parçacıklar (2-4 mm) halinde kesilmiştir. Daha sonra % 1'lik NaOCl solüsyonu içinde 1 dakika yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Sterilize edilen dokular steril saf suda 3 kez durulandıktan sonra %70'lik etanol içinde de birkaç kez daldırılıp 3 kez saf sudan geçirilerek steril kurutma kağıtları üzerinde kurutulmak üzere 25-30 dakika bekletilmiştir. Kuruyan dokular, antibiyotik (tetracycline 12 mg L<sup>-1</sup>) eklenmiş olan Patates Dextroz Agar (PDA) besi ortamı içeren Petri kaplarına alınmıştır (Michaillides ve ark., 1992). Daha sonra Petri kapları 25 °C sıcaklıkta 5-7 gün karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda

gelişen çok sayıda fungal izolat saflaştırılmıştır. Saf kültür elde edebilmek için kolonilerden tek hifli uçlar ve sporlar yeni PDA besi ortamına aktarılmıştır. Tüm izolatlar daha sonra +4 °C'de 3-4 ay alt kültürde muhafaza edilmiştir. Uzun süreli patojen kültürlerini saklamak için % 15'lik gliserol solusyonundan 500 µL alınıp Eppendorf tüplere aktarılmıştır ve etmeden bir parça hif veya bir miktar spor alınıp tüplere konulmuştur. Tüpler etiketlenerek -20 °C'de saklanmıştır.

Saf olarak gelişen koloninin rengi, gelişme şekli, pigment oluşumu ve gelişme hızı gibi makroskobik özellikler incelenmiştir. Mikroskobik incelemelerde ise hif özellikleri, eşeysiz spor oluşumu, eşeyli spor yapılarının varlığı, konidi oluşum şekli, rengi, septa ve misel varlığı incelenmiş ve konidi ve misel boyutları OLYMPUS BX5 araştırma mikroskobu yardımı ile hesaplanmıştır. *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin iki hücreli konidia ve arthrokonidiası Pavlic ve ark. (2008)'nin tanımlarına göre kaydedilmiş, ilgili bitki parçalarının alındığı doku çeşidi kaydedilmiştir.

#### *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin moleküler karakterizasyonu

Elde edilen saf fungus kültürlerinden total DNA izolasyonu Ahrens ve Seemüller (1992)'in izolasyon yönteminde bazı küçük modifikasyonlar yapılarak total nükleik asit izolasyon protokolüne göre yapılmıştır. *Neoscytalidium novaehollandiae* izolatları ITS (Internal Transcribed Spacer) gen bölgesi için ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') - ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') primerleri (White ve ark., 1990), ACTIN gen bölgesi için ACT512 (5'-ATGTGCAAGGCCGTTTCGC-3') - ACT783 (5'-TACGAGTCCTTCTGGCCCAT-3') (Carbone ve Kohn, 1999), LSU (Long Sub Unit) gen bölgesi için LR0R (5'-ACCCGCTGAACTTAAGC-3') - LR5 (5'-TCCTGAGGGAACTTCG-3') (Vilgalys ve Hester, 1990) ve SSU (Small Sub Unit) gen bölgesi için NS1 (5'-GTAGTCATATGCTTGTCTC-3') - NS4 (5'-CTCCGTCAATTCCTTAAG-3') (White ve ark., 1990) primerleri kullanılarak PCR analizleri yapılmıştır. Adları geçen primerler için PCR

koşulları ve programı, Camele ve ark. (2005)'na göre gerçekleştirilmiştir. DNA amplifikasyonunda, her bir reaksiyon için 5µL 10X enzim buffer, 1 µL 10 mmol L<sup>-1</sup> dNTP (di nükleotid trifosfat), 50 mmol L<sup>-1</sup> MgCl<sub>2</sub>, 1 µL primer, 0.25 µL Taq DNA polimeraz ve 1 µL (ng) DNA ve üzerine 35.75 µL steril saf su ilave edilerek toplam karışım hacmi 50 µL olacak şekilde hazırlanmıştır. PCR amplifikasyon koşulları için, 95°C'de 3 dakika başlangıç denatürasyonu, 95 °C'de 1 dakika denatürasyon, annealing sıcaklığı ITS için 55 °C'de 1 dakika, LR0R-LR5 ve NS1-NS4 için 52 °C'de 1 dakika, ACT512F-ACT78R primerler çifti için 60 °C'de 1 dakika, 72 °C'de 1 dakika uzama ve final adımı olarak 72 °C'de 10 dakika son uzama olarak belirlenmiştir. Agaroz Jel elektroforezi çalışması Galitelli ve Minafra (1994)'ya göre gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar transilluminatör ile kontrol edilip ITS, ACT, LSU ve SSU gen bölgelerine ait bant boyutları ve görüntüleri sırasıyla elde edilmiştir. PCR ve elektroforez çalışmalarından sonra fungus türü açısından pozitif olarak saptanan örneklerinden birer adet ITS1/ITS4, LR0R/LR5, ACT512F/ACT783R, NS1/NS4 primerleri ile çoğaltılan ürünler sekans analizi için MEDSANTEK firmasına gönderilmiştir. Diziden gelen örneklerin forward ve reverse dizileri Bioedit programı (Hall, 1999) yardımı ile birleştirilmiş ve tek bir dizi elde edilmiştir. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra MEGAX (Kumar ve ark., 2016) programı kullanılarak dizi hizalaması (Clustal W) yapılmıştır (Thompson ve ark., 1994). Elde edilen diziler gen bankasında kayıtlı olan diziler ile BLAST yapılmıştır. Daha sonra elde edilen dizilerin gen bankasındaki izolatlarla benzerlik karşılaştırılması yapılmıştır. Son olarak elde edilen diziler ile filogenik ağaç oluşturularak dünyadaki diğer *N. novaehollandiae* türleri ile olan benzerlikler ve farklılıklar ortaya konmuştur.

### Patojenisite testi ve reizolasyon

Patojenisite testleri için Antepfıstığı bitkisinin gövde aksamlarından izole edilen ve saflaştırılan izolatlardan birer tanesi patojenisite çalışmaları için kullanılmıştır. Bunun için 2 yaşında 3 adet aşılı sağlıklı Antepfıstığı fidanı kullanılmıştır. İki fidanın gövdesi % 70'lik etanol ile dezenfekte edilerek gövde merkezinin kabuğu steril bir mantar delici (0.5 cm) ile kaldırılmış ve saf fungus kültüründen bir disk alınıp oluşan kuyucuğa konulmuş ve üzeri bantla sarılmıştır. Fungus aşılması için aşı noktasının alt ve üst kısımları da yaralanarak iki noktadan inokulasyon yapılmıştır. Kontrol için kullanılan iki yaşındaki bir adet aşılı Antepfıstığı fidanı ise steril PDA'dan alınan diskler ile aynı şekilde inokule edilmiştir. Fidanlar daha sonra 24 °C'de % 80 nem içeren iklimlendirme odasında simptom belirtileri görülünceye kadar bekletilmiş gerekli bakım ve sulama işlemleri yapılmıştır. İnkubasyon sonucu ortaya çıkan lezyonlardan tekrar izolasyonlar yapılarak (Koch postulatı) etmenin varlığı kontrol edilmiştir. Ayrıca

gövdelerden elde edilen izolatlar  $10^6$  spor  $mL^{-1}$  yoğunluğunda hazırlanarak sera koşullarında seçilmiş olan 3 adet Antepfıstığı ağacının gövdelerindeki lentisellere de püskürtülmüştür. Kontrol olarak ise 1 ağaca sadece steril su püskürtülmüştür. Bu gövdelerden yıl boyu örnekler alınarak periyodik aralıklarla hastalığın seyri takip edilmiştir.

### Araştırma Bulguları ve Tartışma

#### Fungus izolasyonu ve morfolojik karakterizasyonu

Survey çalışmaları sırasında incelenen Antepfıstığı üretim alanlarında 5-35 yaş aralığındaki ağaçlarda, gövde ve dal nekrozları, zamk akıntısı ve gövdede meydana gelen derin çatlamlar, gövde ve dallarda kabuk altı nekrozları, dal kurumaları, dallarda yanıklık ve kanserli dalların iletim demetlerinde kararmalar ve geriye doğru ölüm şeklindeki belirtiler gözlemlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Survey sırasında tespit edilen hastalık belirtileri, a: geriye doğru ölüm, b: gövde yüzeyinde çatlamlar, c: kabuk altı nekrozu, d: iletim demeti kararmaları

Figure 1. Disease symptoms detected during the survey, a: retrograde death, b: cracks on the stem surface, c: subshell necrosis, d: darkening of the vascular bundle

Şanlıurfa ilinin Karaköprü, Halfeti, Bozova, Birecik, Ceylanpınar ilçelerinde toplam 4.444 da alanda survey yapılmıştır. Hastalık etmeninin bu

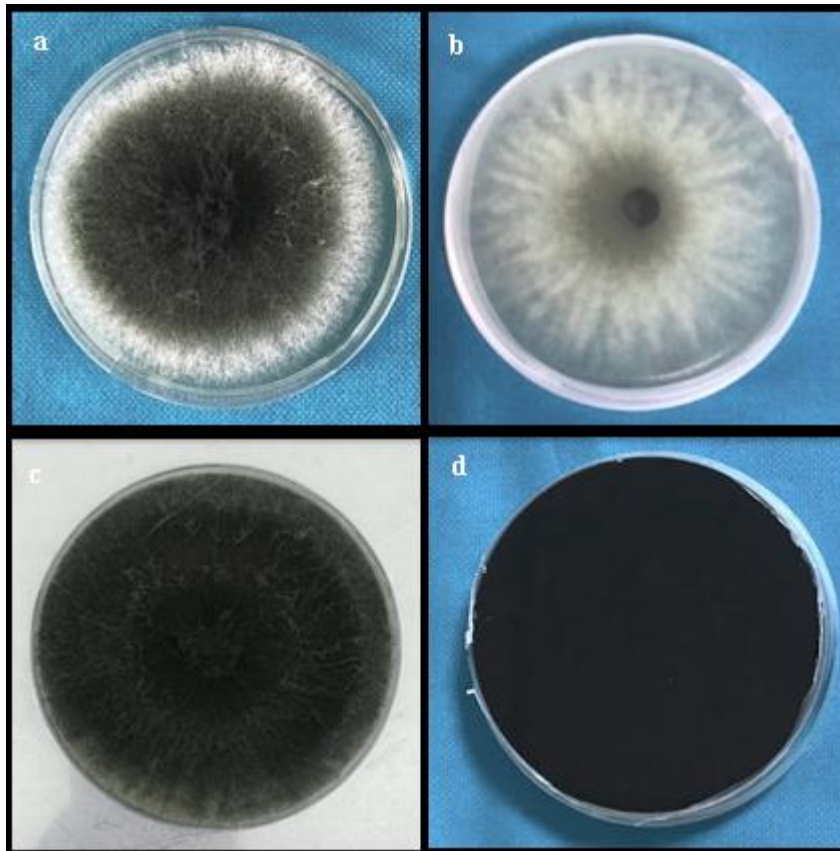
ilçelerdeki toplam bulaşıklık oranı % 35.88 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Şanlıurfa Antepfıstığı üretim alanlarında *Neoscytalidium novaehollandiae* hastalığının bulaşıklık oranı (%)  
 Table 2. infestation rate of *Neoscytalidium novaehollandiae* disease in Şanlıurfa pistachio production areas (%)

İlçe District	Toplam Arazi Alanı (dekar) Total Land Area (acres)	Toplam İncelenen Bahçe Total Surveyed Orchards	Toplam İncelenen Arazi alanı (dekar) Total Surveyed Land area (acres)	Toplam İncelenen Ağaç Sayısı Total Number of Examined Trees	İnfekteli Ağaç Sayısı Number of Infected Trees	Bulaşıklık Oranı (%) Infestation Rate (%)
Karaköprü	5401	19	228	5244	1691	32.25
Bozova	309862	23	315	7245	3165	43.68
Birecik	390271	17	206	4738	1864	39.34
Halfeti	190500	11	195	4485	1259	28.07
Ceylanpınar	41857	15	3500	80500	29036	36.07
Toplam Total	937891	75	4444	102212	37015	35.88

Hastalık belirtisi gösteren Antepfıstığı ağaçlarının gövde ve dallarından hastalığa neden olan *N. novaehollandiae* etmeni izole edilmiştir. İzolasyon sonucu kültür ortamında fungal etmenin misel yapısı havai, beyaz ve yoğun tüylü olup daha sonra fungusun gelişimine göre zaman içinde griden siyaha dönen kültürler haline gelmiştir. Şekil 2’de de görüldüğü gibi fungus 3

günde tamamen Petri kaplarını kaplamış ve ilk başta beyaz gelişen hifler 5. gün ve sonrasında koyu griden tamamen siyaha dönmüştür. Miselyal yapıların görüntüleri ve gelişimleri, Kurt ve ark. (2019)’nın Antepfıstığında rapor ettikleri *N. novaehollandiae* etmeni ile uyum içinde olup etmen morfolojik olarak benzer gelişim göstermiştir.



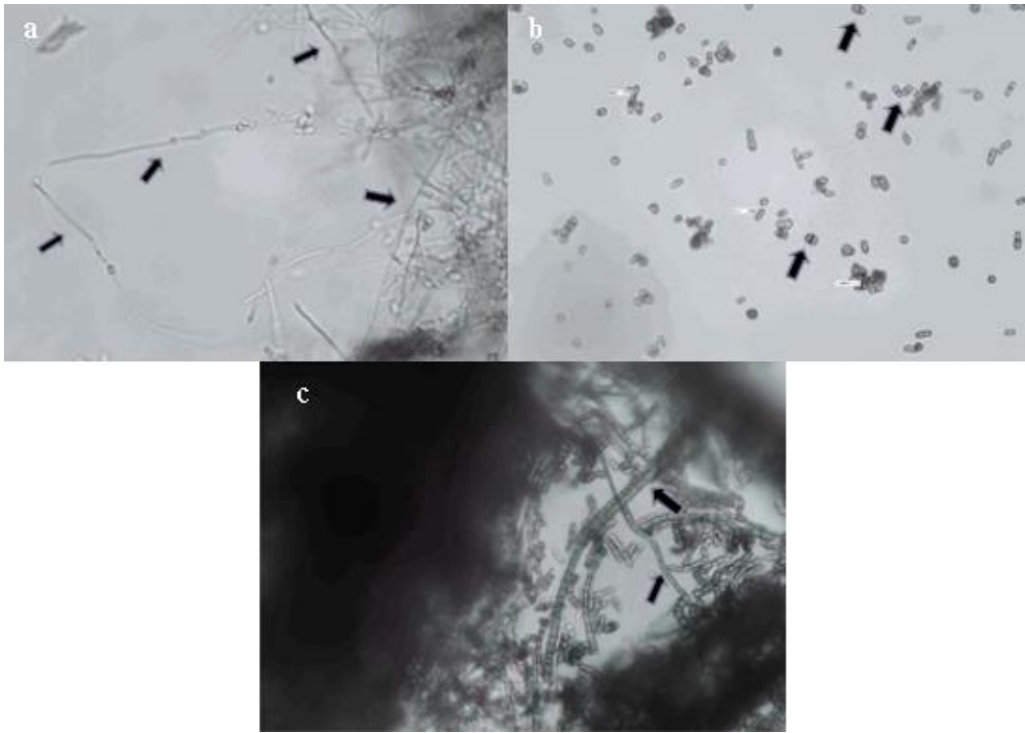
Şekil 2. *Neoscytalidium novaehollandiae* hastalık etmeninin PDA ortamında 3 günlük gelişimi a: ön yüzü, b: ters yüzü, c: 5 günlük gelişimin ön yüzü, d: ters yüzü  
 Figure 2. 3-day development of the disease agent *Neoscytalidium novaehollandiae* in PDA medium a: front, b: back, c: front side after 5-day development, d: back side after 5-day development

Yapılan survey çalışmasında tüm bahçeler bulaşık olarak saptanmıştır. Hastalık en fazla % 43.68 ve % 39.34 oranında Bozova ve Birecik ilçelerinde saptanmıştır. En düşük bulaşıklık oranı ise Halfeti ilçesinde kaydedilmiştir. Bu kadar yüksek oranda bulaşıklık ve yaygınlık oranlarının sıcaklık ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Örneğin, *Neoscytalidium dimidiatum* fungal etmeni en fazla yarı kurak ve tropikal bölgelerde özellikle elma, kayısı, turunçgil, erik, incir, pithaya ve kavak bitkilerinin yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda görülmektedir (Ören ve ark., 2001; Sadowsky ve ark., 2007; Polizzi ve ark., 2009; Ray ve ark., 2010; Chuang ve ark., 2012;). Yine *N. dimidiatum* Kaliforniya'da *Ficus* sp., *Juglans regia* ve *Prunus amygdalus* gibi odunsu bitkilerde rapor edilmiştir (English ve ark., 1974; Inderbitzin ve ark., 2010; Chen ve ark., 2013). Bu bölgenin de sıcaklık ile karakterize edildiği düşünülürse, hastalık etmeninin virülensliği ve yayılmasında sıcaklığın etkisi ortaya çıkmaktadır.

Şanlıurfa ilinde 30 °C'nin üzerinde yüksek sıcaklığın bulunması hastalığın bulunma sıklığını arttırdığı düşünülmektedir. Nitekim Sadowsky ve ark. (2007) 34 °C'nin üzerindeki sıcaklığın *Scytaalidium* solgunluğunun turunçgillerde arttığını rapor etmişlerdir. Bununla birlikte bölgemizde Antepfıstığına hastalığın gelişimine sadece sıcaklığın değil aynı zamanda konukçu duyarlılığının da etki edebileceği bu bilgiler ışığında düşünülmektedir. Bu nedenle hastalık etmeninin diğer abiyotik stres faktörleri ile bulunması durumunda Antepfıstığına *N. novaehollandiae* etmeninin sebep olduğu belirtilerin daha etkin olarak görülmeye başlanacağı öngörülmektedir. Benzer biçimde yüksek sıcaklık ve konukçu duyarlılığının turunçgillerde de Bortyosphaeriaceae familyasına ait hastalıkları arttırdığı Kaliforniya turunçgil bahçelerinde rapor edilmiştir (Leavitt 1990; Urbez-Torres 2011; Adesemoye ve ark., 2014). Örneğin, Rolshausen ve ark. (2013) Güney Kaliforniya bölgesinde yarı kurak

alanlarda yetiştirilen *N. dimidiatum* etmeninin % 15 oranında bulaşıklık göstermesine rağmen, sıcaklığın hastalık etmenini üzerine etkisinin olabileceği düşünülerek, hastalık epidemiyolojisinin periyodik olarak belirlenmesi üzerine durmuşlardır. Benzer şekilde, bölgemizde tespit edilen *N. novaehollandiae* hastalık etmeni de Bortyosphaeriaceae familyasına ait olan bir diğer tür olup abiyotik stres faktörleri ile etkinliğinin artacağı düşünülmekte, % 28-43 oranında değişen bulaşıklık oranlarının daha da artacağı ve hastalık şiddetinin daha belirgin olarak hissedileceği öngörülmektedir.

*Neoscytalidium novaehollandiae* etmenine ait mikroskop incelemeleri sonucunda misellerin septalı veya septasız halde gelişerek melaninsiz bir yapı gösterdiği ve aynı zamanda melaninsiz genç misellerin de septasız bir yapı oluşturduğu belirlenmiştir. Melaninsiz yapıdaki konidia boyutu 7.89–4.68 × 3.58–1.92 µm (ortalama 6.63–2.81 µm) olarak ölçülmüştür. Etmene ait konidilerin olgunlaşması ile birlikte enine bölünmüş bir çizgi şeklinde septalı kalın duvarlı ve hiyalinli yapılar oluşmuştur. Yeterince olgunlaşmış olan konidia ve atrik zincirler de, melanin sentezi ile birlikte koyu kahverengi bir renk almış ve Şekil 3'teki gibi konidia, elipsoidal veya çubuk yapısında olup 0-1 septalı oluşum göstermiştir. Bu olgun konidilere ait ölçümler ise 7.9–3.49 × 6.20–1.51 µm (ortalama 5.56–2.52 µm) boyutlarında hesaplanmıştır. Aynı zamanda genç miseller de ilk başta septasız granüllü yapıda iken, misel yaşlanması ile birlikte çok sayıda enine yapılar oluşturarak septalı hale bürünmüştür. Kurt ve ark. (2019)'nın Antepfıstığına rapor ettikleri *N. novaehollandiae* etmenine ait konidi boyutları ve mikroskop görüntüleri ile bizim çalışmamız uyum içinde bulunmakta olup genç yapıdaki konidia 4.5–10.4 × 2.6–3.6 µm boyutlarında iken olgun konidia yapıları 7.2–11.3 × 2.9–3.5 µm boyutlarında ölçülmüşlerdir.



Şekil 3. *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin a) melaninsiz genç miselleri; b) melaninli, kalın duvarlı, septalı olgun artrokonidia varlığı; c) artrik misel oluşumları  
Figure 3. a) young melanin-free mycelium of the agent *Neoscytalidium novaehollandiae*; b) the presence of thick-walled, septate mature arthroconidia with melanin; c) arctic mycelial formations

Fungus, piknidial ve miselyal anamorflarının tanımına dayanarak *N. novaehollandiae* Pavlic, T. J. Burgess, & M. J. Wingf (Philips ve ark., 2013) olarak tanımlanmıştır. Survey çalışmaları sonucunda elde edilen ve birbirlerine benzeyen izolatların morfolojik incelenmesi sonucunda etmenin *N. novaehollandiae* ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. *N. novaehollandiae* izolatları morfolojik olarak *N. dimidiatum* türüne de benzerdir ancak *N. novaehollandiae* muriform, dichomera benzeri konidi üretimi ile farklılık göstermektedir (Crous ve ark., 2006).

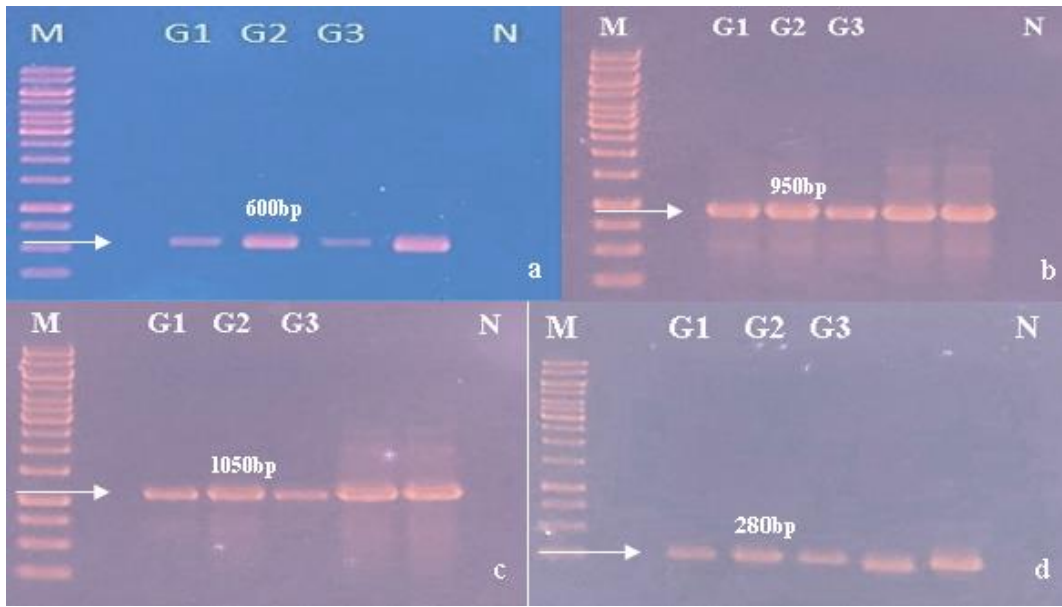
#### Moleküler karakterizasyon

PCR çalışmaları sonucunda, ITS gen bölgesi için 600 bp, LSU gen bölgesi için 950 bp, SSU gen

bölgesi için 1050 bp, Actin geni bölgesi için 280 bp civarında bantlar gözlemlenmiştir (Şekil 4: a, b, c, d). Moleküler analizler sonucunda izolatların *Neoscytalidium novaehollandiae* olduğu belirlenmiştir.

Antepfistiği alanlarından izole edilen *N. novaehollandiae* etmenlerinin Birecik, Halfeti, Bozova, Ceylanpınar ve Karaköprü ilçelerinden ikişer izolat, çift yönlü DNA dizilemesi için MEDSANTEK firmasına gönderilmiş ve bu 10 izolatın tamamı *N. novaehollandiae* hastalık etmenine %99.9 benzer bulunmuştur. Bu nedenle bu izolatlardan temsili olarak BKNova63 adlı bir izolat seçilmiş ve çalışmalar bu izolatla yürütülmüştür.



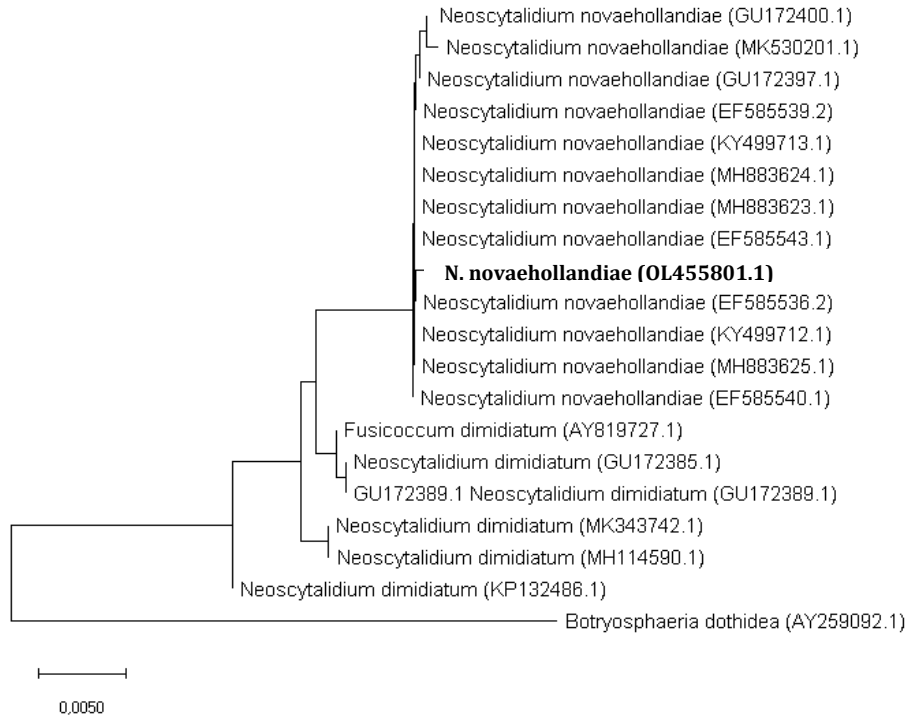


Şekil 4. *Neoscytalidium novaehollandiae* için farklı gen bölgelerinin DNA profilleri: a) ITS; b) LSU; c) SSU; d) ACT. M: 1 kb DNA marker, G2: BKNova63 izolatu, N: Kontrol

Figure 4 DNA profiles of different gene regions for *Neoscytalidium novaehollandiae*: a) ITS; b) LSU; c) SSU; d) ACT. M: 1 kb DNA marker, G2: BKNova63 isolate, N: Control

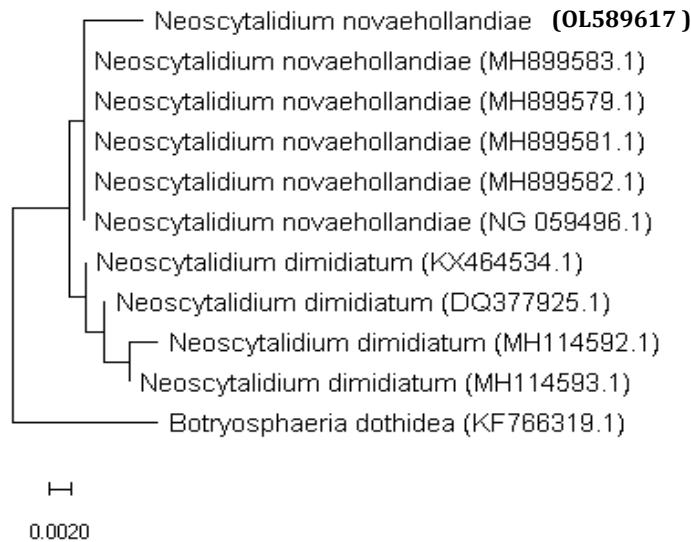
ITS (Internal Transcribed Spacer), LSU (Long Sub Unit), SSU (Small Sub Unit) ve ACTIN (Actin gene), gen bölgelerine ait primerler ile amplifiye edilen PCR ürünleri DNA sekans analizi sonrası, örneklerin forward ve reverse dizileri Bioedit programı (Hall, 1999) kullanılarak birleştirilmiş ve tek dizi haline getirilmiştir. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra MEGAX (Kumar ve ark., 2016) yazılım paketi ve 1000 ön yükleme kopyasına dayalı "Komşu Birleştirme Yöntemi (Neighbor-Joining Method)" ile filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Daha sonra dizi hizalaması (Clustal W) yapılmıştır. Dış grup olarak

*Botryosphaeria dothidea* dizisi seçilmiştir. Dizilerin gen bankasında kayıtlı olan diziler ile BLAST analizi yapılmıştır. Daha sonra elde edilen dizilerin gen bankasındaki izolatlarla karşılaştırılması yapılmıştır. Son olarak elde edilen diziler ile filogenetik ağaç oluşturulmuş ve dünyadaki diğer *N. novaehollandiae* türleri ile olan benzerlikler ve farklılıklar, analiz edilmiştir (Şekil 5, 6, 7, 8). Filogenetik analizler için kullanılan izolatlar ile bu çalışmada tanısı yapılan BKNova63 izolatının bir araya gelmesinden elde edilen dendrogram Şekil 5'te verilmiştir.



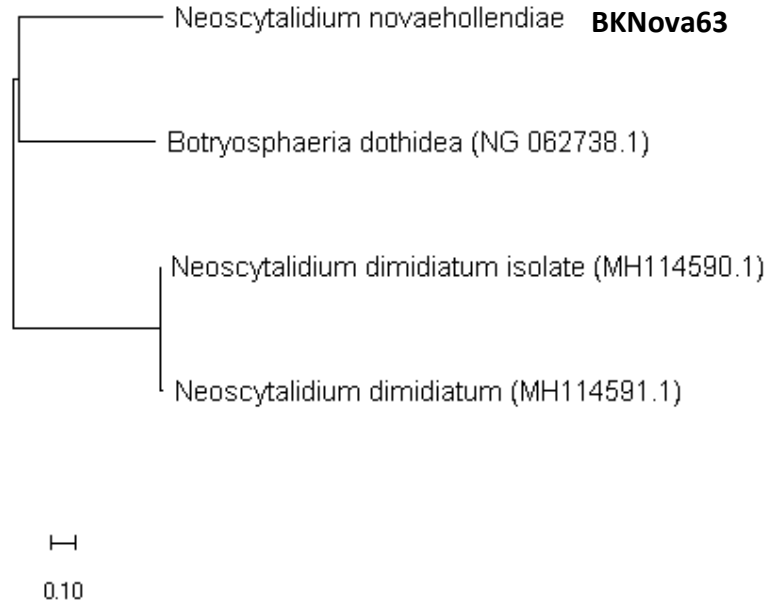
Şekil 5. Botryosphaeriaceae familyasına ait tanısı yapılan *Neoscytalidium* türlerinin Neighbor-Joining Method ile Antepfıstığı ağaçlarından elde edilen *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 (OL455801.1) izolatının ITS gen bölgesine göre MEGA X program ile ortaya çıkarılan filogenetik yapısı. Dünyadaki diğer izolatların Genbankası erişim numaraları tür isimlerinin önünde parantez içinde verilmiştir

Figure 5. Phylogenetic structure of *Neoscytalidium* species of *Botryosphaeriaceae* family, identified by Neighbor-Joining Method and *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 (OL455801.1) isolate obtained from Pistachio trees, according to ITS gene region, revealed by MEGA X program. Genbank accession numbers of other isolates in the world are given in parentheses before the species names



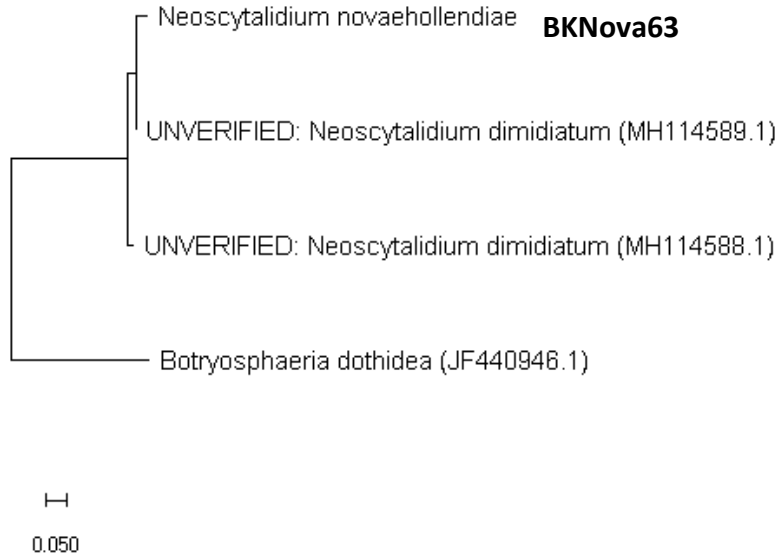
Şekil 6. Botryosphaeriaceae familyasına ait tanısı yapılan *Neoscytalidium* türlerinin Neighbor-Joining Method ile Antepfıstığı ağaçlarından elde edilen *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 (OL589617) izolatının LSU gen bölgesine göre MEGA X program ile ortaya çıkarılan filogenetik yapısı. Dünyadaki diğer izolatların Genbankası erişim numaraları tür isimlerinin önünde parantez içinde verilmiştir

Figure 6. The phylogenetic structure of *Neoscytalidium* species of *Botryosphaeriaceae* family, identified by Neighbor-Joining Method and *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 (OL589617) isolate obtained from Pistachio trees, according to LSU gene region, revealed by MEGA X program. Genbank accession numbers of other isolates in the world are given in parentheses before the species names



Şekil 7. Botryosphaeriaceae familyasına ait tanısı yapılan *Neoscytalidium* türlerinin Neighbor-Joining Method ile Antepfıstığı ağaçlarından elde edilen *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 izolatının SSU gen bölgesine göre MEGA X program ile ortaya çıkarılan filogenetik yapısı. Dünyadaki diğer izolatların Genbankası erişim numaraları tür isimlerinin önünde parantez içinde verilmiştir.

Figure 7. Phylogenetic structure of *Neoscytalidium* species of Botryosphaeriaceae family, identified by Neighbor-Joining Method and *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 isolate obtained from Pistachio trees, according to SSU gene region, revealed by MEGA X



Şekil 8. Botryosphaeriaceae familyasına ait tanısı yapılan *Neoscytalidium* türlerinin Neighbor-Joining Method ile Antepfıstığı ağaçlarından elde edilen *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 izolatının ACT gen bölgesine göre MEGA X program ile ortaya çıkarılan filogenetik yapısı. Dünyadaki diğer izolatların Genbankası erişim numaraları tür isimlerinin önünde parantez içinde verilmiştir.

Figure 8. Phylogenetic structure of *Neoscytalidium* species of Botryosphaeriaceae family, identified by Neighbor-Joining Method and *Neoscytalidium novaehollandiae* BKNova63 isolate obtained from Pistachio trees according to ACT gene region, revealed by MEGA X program. Genbank accession numbers of other isolates in the world are given in parentheses before the species names.

### Patojenisite testi ve reizolasyon

Patojenisite testinden 3 hafta sonra aşı noktalarında koyu kahverengi lezyonlar ve zamk akıntısı gözlemlenmiştir. Oluşan belirtiler, arazide gözlenen belirtilere benzer bulunmuş

olup, kontrol bitkisinde herhangi bir semptom gözlemlenmemiştir. Patojenisite sonucu gövdelerde gözlenen ilk belirtiler ve bu noktalardan alınan zamktan elde edilen hastalık etmeni Şekil 9.'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Patojenisite sonucu lezyon oluşumu (kontrol fidanında herhangi bir lezyon gözlemlenmemiştir) ve geri kazanılmış olan etmenin Petri ve mikroskop görüntüleri  
Figure 9. Lesion formation as a result of pathogenicity (no lesion was observed in the control sapling) and Petri and microscope images of the reisolated pathogenic agent

Sera koşullarında 2 yaşında aşılı Antepfıstıklarının gövde ve dallarındaki lentisellere püskürtülerek tatbik edilen  $10^6$  spor  $mL^{-1}$  spor yoğunluğunun yıl boyu herhangi bir patojenik etkisi gözlemlenmemiş, herhangi bir semptom tespit edilememiştir. Yaptığımız çalışmada ve gözlemlerde hastalık etmeninin gövde içine penetre etmedikçe veya ana dallarda kanser yaralarına neden olmadıkça ağacı öldürmediği, ancak fungal etmenin yaralarda kolonize olduğu ve hastalığın seyrinde bu yaraların önemli rol oynadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle ağaçların budanması sırasında yapılan mekanik zararların hastalığın yayılmasında etkili olacağı öngörülmüştür. Benzer biçimde turuncgillerde dal ve gövde hastalıklarının budama ve yaralanmalar sonucunda arttığı rapor edilmiştir (Graham ve Menge, 2000). Yaralanmalara abiyotik stres faktörleri (dolu, don,

yıldırım düşmesi, sıcaklıktan dolayı gövde çatlama) yanında böceklerin de yol açacağı düşünüldüğünde penetrasyon kabiliyetine sahip vektörel böceklerin penetrasyon yapabilecek fungal etmenleri nakletmeleri göz önüne alındığında, bu etmenler ve faktörler ile mücadele edilmesi hastalığın kontrolünde etkin rol oynayacaktır.

Bu patojenin veya Botryosphaeriaceae familyasına giren diğer patojenlerin de benzer etkileri yaptığı göz önüne alınırsa, *Neoscytalidium dimidiatum* olarak bilinen ve son yıllarda yıkıcı etkisi tespit edilmiş olan bu patojenin de aynı gruptan olduğu tespit edilmiş olup, mücadelenin veya karantina tedbirlerinin *Neoscytalidium* kapsamında değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Zhang ve ark., 2020).

## Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde yetiştiriciliği yapılan Antepfıstığı ağaçlarının gövdelerinde görülen hastalık etmeninin bu bölge için yeni bir hastalık etmeni olan *Neoscytalidium novaehollandiae* olduğu tespit edilmiştir. DNA dizileri NCBI veri tabanında dünyadaki diğer etmenlerle kıyaslandığında ve filogenetik analiz sonucunda *N. novaehollandiae* etmeni LSU ve ITS gen bölgelerine göre % 99.9 benzerlik gösterirken, ACT ve SSU ile ilgili daha önce herhangi bir kayıt bulunmadığı için benzerlik oranı net olarak tespit edilmemiştir.

Antepfıstığında gövde ve sürgün yanıklığı, ana dallarda meydana gelen derin kabuk çatlakları ve kanser gibi belirtilerden sorumlu olan *N. novaehollandiae* etmeninin patojenisite çalışması yapılmış ve hastalık etmeni, oluşturduğu lezyon bölgesinden tekrar izole edilmiştir.

Etmene ait mikroskopik incelemeler yapılmış, ortalama konidi çapı 5.56–2.52 µm olarak hesaplanmıştır.

Arazi çıkışları sırasında bahçeler kontrol edilmiş ve hastalık belirtisi gösteren ağaçlardan % bulaşıklık oranı belirlenmiştir. Buna göre bölgede % 35.88'lik bir bulaşma oranı tespit edilmiştir.

Bu araştırma ile hastalık etmeninin genel karakteri fizyolojik, morfolojik ve moleküler olarak ortaya konmuş olup hastalık etmeninin virülenslik ve patojenisiteye temel teşkil eden enzim ve toksin gibi metabolitlerin ele alınacağı biyokimyasal çalışmalar gelecek çalışmalar arasında değerlendirilecektir. Hastalık etmeninin yayılması ve etkinliğinde sıcaklığın önemli rolü olduğu değerlendirildiğinden *in vitro* olarak hastalık etmeninin alt ve üst sıcaklık sınırları tespit edilmeli ve hastalık etmeninin bu koşullarda biyokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmalıdır. Daha sonra hastalık etmeninin diğer abiyotik ve biyotik etmenler ile etkileşimi de test edilerek virülenslik durumu daha önce belirlenen (Dikilitaş ve ark., 2018) yöntemler ile tespit edilerek virülenslikte rol oynayan genlerin ekspresyonu ortaya çıkarılmalıdır. Bu durumun hastalık etmenine dayanıklılık mekanizmasının ortaya çıkarılmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

## Ekler

Bu çalışmadaki sonuçların bir kısmı Berfin KILINÇ'ın Yüksek Lisans Tezinden alınmıştır.

**Çıkar Çatışması:** Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazar Katkısı:** Berfin KILINÇ ve Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR çalışmayı tasarlamış ve yürütmüştür, Berfin KILINÇ makaleyi yazmış olup, Murat DİKİLİTAŞ makaleyi okumuş, gerekli inceleme ve düzenlemeler yapmıştır.

## Kaynaklar

- Açar, İ. (1997). *Ceylanpınar tarım işletmesinde seçilmiş bazı erkek Antepfıstığı tiplerinin morfolojik ve biyolojik özellikleri üzerine bir araştırma*. Harran Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye.
- Adesemoye, A. M. (2014). Identification of species of Botryosphaeriaceae Causing Bot Gummosis in Citrus in California. *Plant Disease*, 98:54-61.
- Akgül, D. S. Savaş, İ. G. & Özarslan, M. (2020). First Report of Wood Canker Caused by *Lasiodiplodia exigua* and *Neoscytalidium novaehollandiae* on Grapevine in Turkey. *APS publication*, 1-2sf.
- Aksoy, H. (2002). *Samsun ilinde domates bakteriyel hastalıkları ve yaygınlıkları*. Ph.D. A.Ü. Ziraat Fakültesi. Anonim, (2017). Antepfıstığı Sektör raporları. Türkiye Cumhuriyeti-Ekonomi Bakanlığı, İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı, Ankara. <https://ticaret.gov.tr/ihracat/sectorler/tarim-ve-gida>
- Arpacı, S. (2010). Antepfıstığı ve Geleceği. *TMMOB Kent Sempozyumu*. 17 - 18 Nisan 2015, G. Antep, Türkiye.
- Aydın, M. H. (2019). Siirt ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) bahçelerinde hastalıkların tespiti. I. *Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, (s. 85-86), 8-10 Mart, Şanlıurfa, Türkiye.
- Barr, M. E. (1987). *Prodromus to Class Loculoascomycetes*. Hamilton I. Newell, Inc., Amherst, MA.
- Camele, I., Marcone, C. & Cristinzio, G. (2005). Detection and identification of Phytophthora species in Southern Italy by RFLP and sequence analysis of PCR amplified nuclear ribosomal DNA. *Eur J Plant Pathol*, 11:1–14.
- Carbone, I. & Kohn, L. M. (1999). A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycologia*, 91: 553–556.
- Chen, S. F., Fichtner, E., Morgan, D. P. & Michailides, T. J. (2013). First report of *Lasiodiplodia citricola* and *Neoscytalidium dimidiatum* causing death of graft union of English walnut in California. *Plant Disease*, 97:993.
- Chuang, M. N. (2012). First Report of Stem Canker Disease of Pitaya (*Hylocereus undatus* and (*H. polyhizus*) Caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Taiwan. *Plant Disease*, 906-907.

- Crous, P., Slippers, B., Michael, J., Wingfield, M. J., Walter, M. F., Phillips, A. & Johannes, Z. G. (2006). Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies in Mycology*, 55:235-253.
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çifçi, O., Ulubaş Serçe, Ç., & Dikilitaş, M. (2019). First Report of *Neoscytalidium dimidiatum* Causing Canker, Shoot Blight and Root Rot of Pistachio in Turkey, *Plant Disease*, 1-2.
- Dikilitaş, M., Oğuz, A.Ç. & Karakaya, A. (2018). Extracellular Protease Activity And Glucose Production In Isolates Of Net Blotch Pathogens Differing In Virulence. *Zemdir By Site-Agriculture*, 105(1): 89-94.
- Dunn, J., Wolfe, M., Trachtenberg, J., Kriesel, J., Orlandi, R., & Carroll, K., (2003). Invasive fungal sinusitis caused by *Scytalidium dimidiatum* in a lung transplant recipient. *J Clin Microbiol.*, 41:5817-9.
- English, H., Davis, J. R. & Devay, J. E. (1974). Relationship of Botryosphaeria dothidea and Hendersonula toruloidea to a canker disease of almond. *Phytopathology*, 65:114-122.
- Eskalen, A., Küsek, M., Dnisti, L. & Karadağ, S. (2001). Fungal Diseases In Pistachio Trees In East Mediterranean and Southeast Anatolian Regions. In : Ak B.E. (ed.). *XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds*. Zaragoza: CIHEAM, 2001. p. 261-264. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 56). 11. GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, 1999/09/01-04, Sanliurfa (Turkey). <http://om.ciheam.org/om/pdf/c56/01600187.pdf>
- FAO, (2020). FAO 'nun istatistiksel verileri. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> 'internet adresinden alındı, Erişim Tarihi: 20. 05. 2020.
- Farr, D. F. & Rossman, A. Y. (2018). Fungal Databases. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory. <http://nt.ars-grin.gov/fungaldbases/> adresinden alındı
- Graham, J. H., & Menge, J. A. (2000). Phytophthora-induced diseases. In: Timmer LW, Garnsey SM, Graham JH, editors. *Compendium of citrus diseases*, St. Paul (MN): APS Press., p. 12-1.
- Hall TA. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 1999, 41:95-8.
- Hashim, I. F., Aşkın, M. A. & Yıldırım, A. N. (2018). Bazı Uygulamaların Menengiç (*Pistacia terebinthus* L.) Tohumlarının Çimlenmesi ve Çıkışı Üzerine Etkileri. *Süleyman Demirel Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 13(1): 27-39.
- Inderbitzin, P., Bostock, R. M., Trouillas, F. P., & Michailides, T. J. (2010). A six-locus phylogeny reveals high species diversity in Botryosphaeriaceae from California almond. *Mycologia*, 102:1350-1368.
- Kaplan, C., Çiftçi, M.C. & Çakmak, S. (2018). Insect pests in pistachio producing areas of Turkey. *Ejns 4. International Congress on Mathematics, Engineering, Natural and Health Sciences*, pp. 10-16, 11-13 August 2018, Kiev,
- Kaplan, C. (2019). Antepfistiği göz kurdu, *Thaumetopoea solitaria* Frey. üzerinde bazı gözlemler. *Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi*, s. 118-123, 10-12 Haziran 2019, Siirt, Türkiye.
- Kumar, S., Stecher, G. & Tamura, K. (2016). MEGAX: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 10.0 for Bigger Datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33(7):1870-1874.
- Kurt, S., Uysal, A., Soylu, E. M., Kara, M. & Soylu, S. (2019). First record of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with pistachio dieback in the Southeastern Anatolia region of Turkey. *Mycologia Iranica*, 6(1): 5–57.
- Leavitt, G. M. (1990). *The occurrence, distribution, effect and control of Botryodiplodia theobromae on Vitis vinifera in California, Arizona, and northern Mexico*. Ph. D. dissertation, University of California, Riverside.
- Michailides, T. J. & Morgan, D. P. (1992). Control of *Alternaria* Late Blight of Pistachio By Skipping One ' 'Critical ' ' Irrigation and by Applying Organic Fungicides. *California Pistachio Industry Annual Report*, Crop Year 1992-1993, 80-92.
- Ören, E., Koca, G. & Bayraktar, H. (2020). First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with branch dieback on Japanese persimmon in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00595-2>
- Ören, E., Koca, G., Gencer, R. & Bayraktar, H. (2020). First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with stem canker and branch dieback of almond trees. *Australasian Plant Disease Notes*, 15:17 <https://doi.org/10.1007/s13314-020-00386-9>
- Ören, Y., Sadowsky, A., Gefen, D., Solel, Z. & Kimchy, M. (2001). *Scytalidium* wilt of citrus. *Eur. J. Plant Pathol.*, 107:467-470.
- Pavlic, D., Wingfield, M. J., Barber, P., Slippers, B., Hardy, G. E. ST. J. & Burgess, T. I. (2008). Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. *Mycologia*, 100(6):851–856.
- Phillips, A., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M., Groenewald, J. & Crous, P. W. (2013). The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Study. Mycol.*, 76:51-167.
- Polizzi, G. A. (2009). First Report of Shot Blight, Canker, and gummosis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on Citrus in Italy. *Plant Dis.*, 1215p.
- Ray, J. D., Burgess, T. & Lanoiselet, V. M. (2010). First record of *Neoscytalidium dimidiatum* and *N. novaehollandiae* on *Mangifera indica* and *N. dimidiatum* on *Ficus carica* in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 5:48–50.
- Rolshausen, P. A. (2013). First Report of Wood canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on Grapevine in California. *Plant Disease*, 97:1511.
- Sadowsky, A., Solel, Z. & Szejnberg, A. (2007). Effect of heat-stress predisposition on the development of *Scytalidium* wilt of 'Star Ruby' grapefruit, caused by *Scytalidium lignicola*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 117:123-127.
- Singler, L., Summerbell, R., Poole, L., Wieden, M., Sutton, D. & Rinaldi, M. (1997). Invasive Nattrassia Mangifera Infections: Literature Review, and Therapeutic and Taxonomic Appraisal. *Journal of Clinical Microbiology*, 35:433-40.
- Slippers B, & Wingfield M. J. (2007) Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fung. Biol. Rev.*, 21: 90-106.

- Thompson, J.D., Higgins, D.G. & Gibson, T. J. (1994). Clustal W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22(22), 4673-4680.
- TÜİK, (2018). İstatistiksel veriler <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> den alındı. Erişim tarihi: 16.06.2020.
- TÜİK, (2019). İstatistiksel veriler, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> den alındı. Erişim tarihi: 16.06.2020.
- TÜİK, (2020). İstatistiksel veriler, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> 'den alındı. Erişim Tarihi: 30. 05. 2020.
- Türkölmez, Ş., Derviş, S., Çiftçi, O., Serçe, Ç. U. ve Dikilitaş, M. (2019). New disease caused by *Neoscytalidium dimidiatum* devastates tomatoes (*Solanum lycopersicum*) in Turkey. *Crop Protection*, 11p.
- Urbez-Torres, J. R. (2011). The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. *Phytopathol., Mediterr.*,50:5-45.
- Von Arx, J. A. (1987). *Plant Pathogenic Fungi*. J. Cramer, Berlin.
- Vilgalys, R. Hester, M. (1990). Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology*, 172:4238–4246.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. & Taylor, J. (1990). *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*. In *PCR Protocols: A guide to Methods and Applications*, pp. 315±322. Academic Press: San Diego, U.S.A.
- Yavuz, M. A., Yıldırım, H. ve Onay, A. (2016). Antep fıstığı yetiştiriciliğinde son 10 yılın değerlendirilmesi. *Yaşam bilimleri dergisi*, cilt 6 (Sayı 2/2):22-31.
- Zhang, W., Groenewald, JZ., Lombard, L., Schumacher, RK., Phillips, AJL., Crous, PW. (2020) Evaluating species in Botryosphaeriales. *Persoonia* 46:63–115. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.03>

# Yozgat ili buğday alanlarındaki ekin saparısı (Hymenoptera: Cephidae) türleri ile yaygınlığı ve yoğunluğu

## *Distribution and density of wheat stem sawflies (Hymenoptera: Cephidae) at wheat fields in Yozgat province, Turkey*

Hasan Utku İNCE<sup>1</sup> , Ramazan CANHİLAL<sup>2</sup> , Çetin MUTLU<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Aydıncık İlçe Tarım Müdürlüğü, YOZGAT

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, KAYSERİ

<sup>3</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, ŞANLIURFA

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6126-0282>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5567-1894>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-4962-5506>

### To cite this article:

İnce, H.U., Canhilal, R. & Mutlu, Ç. (2022). Yozgat ili buğday alanlarındaki ekin saparısı (Hymenoptera: Cephidae) türleri ile yaygınlığı ve yoğunluğu. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 40-49.

DOI:10.29050/harranziraat.1026052

### \*Address for Correspondence:

Çetin MUTLU

e-mail:

cetinmutlu21@hotmail.com

### Received Date:

19.11.2021

### Accepted Date:

14.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### ÖZ

Bu çalışma, Yozgat ili ve ilçelerinde (Akdağmadeni, Aydıncık, Boğazlıyan, Çandır, Çayıralan, Çekerek, Kadişehri, Saraykent, Sarıkaya, Sorgun, Şefaati, Yenifakılı ve Yerköy) hububat alanlarında ekin saparısı (Hymenoptera: Cephidae) türleri, yaygınlıkları yoğunlukları ve doğadaki yaşam döngüsünü belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Ekin saparısı türlerinin yaygınlık ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla, Yozgat il ve ilçelerinde tesadüfi olarak seçilen 84 buğday tarlasında zararlıların ergin uçuş dönemi boyunca (nisan başı-mayıs sonu) 100'er atrap sallanarak türler elde edilmiştir. Ekin saparılarının yaşam döngüsünü belirleme çalışmaları ise Boğazlıyan ilçesinde yürütülmüş, zararlıların doğaya ilk çıkış zamanı, üzerinde beslendiği yabancı otlar ve buğday üzerindeki yaşam döngüsü belirlenmiştir. Çalışmada *Cephus pygmeus* (Linnaeus, 1767), *Trachelus tabidus* (Fabricius, 1775), *Calameuta idolon* (Rossi, 1794) olmak üzere toplam üç tür belirlenmiştir. Sürvey yapılan alanlarda Cephidae familyasına ait ekin saparısı türlerine 65 tarlada (%77.4 oranında) rastlanmış olup, 19 tarla ise (%22.6'sında) rastlanamamıştır. Belirlenen türler içinde en yaygın türün ise *C. pygmeus* olduğu (%98.1) belirlenmiştir. Doğadaki ilk saparısı erginleri, nisan ayı sonunda Boğazlıyan ilçesinde belirlenmiştir. Zararlıya ait ilk dönem larvalar mayıs ayı sonunda ve olgun larvalar ise buğday kök boğazı içinde diyapozaya girmiş halde temmuz ayı ortasında tespit edilmiştir. Yozgat ili hububat alanlarında ekin saparısı ergin yoğunluğunun sayısal olarak düşük yoğunlukta olduğu ve önemli bir sorun olarak görülmediği sonucuna varılmakla birlikte, zararlı yoğunluğu ile larva bulaşıklığı arasındaki ilişkiye bakılarak ergin yoğunluğu yüksek olan yerlerde hasat döneminde örneklemeler yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekin saparısı, Sürvey, Buğday, Popülasyon, Yozgat

### ABSTRACT

This study revealed densities and distribution of different wheat stem sawflies (Hymenoptera: Cephidae) and their life cycle in cereal fields cultivated in different districts (Akdağmadeni, Aydıncık, Boğazlıyan, Çandır, Çayıralan, Çekerek, Kadişehri, Saraykent, Sarıkaya, Sorgun, Şefaati, Yenifakılı ve Yerköy) of Yozgat province. A total 100 sweep net sample were taken during the adult flight period (early april and may) of sawfly species in randomly selected 84 wheat fields. The study relating to determine the life cycle was conducted in Boğazlıyan district and data relating to time to first emergence in nature, weed species being fed by sawflies and life cycle on the host plant species were recorded. Total 3 wheat stem sawfly species, i.e., *Cephus pygmeus* (Linnaeus, 1767), *Trachelus tabidus* (Fabricius, 1775) and *Calameuta idolon* (Rossi, 1794) belonging to Hymenoptera order and Cephidae family. The most abundant and commonly observed species was *C. pygmeus* (98.1%). Wheat stem sawflies were recorded in 77.4% (65 fields) of the surveyed fields, whereas 22.6% (19 fields) of



the field had no sawfly species. The first adults emerged at the end of April in Boğazlıyan district and a newly emerged first stage larvae appeared at the end of May. Mature larvae diapausing in wheat root crown were found during the middle of July. It can be concluded that density of wheat stem sawflies is low in wheat fields of Yozgat province and the pest did not cause significant problem. However, considering correlation between adult density and larval infestation, the larval samplings should be done close to the harvest period at the fields where the high adult densities of the sawflies are determined.

**Key Words:** Wheat stem sawfly, Monitoring, Wheat, Population, Yozgat

## Giriş

Türkiye’de insanların temel gıdası olan buğday, hububat ürünleri arasında üretim bakımından %62’lik bir payla ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2021a). Ülkemiz buğday üretimi, ortalama 20 milyon ton civarındadır. Orta Anadolu Bölgesi, 2.655.000 ton üretim ve %15.5 ekiliş alanı ile %12.9’ luk üretimdeki payı ile önemli bir yer tutmaktadır. Orta Anadolu Bölgesi’nde yer alan Yozgat ili de bu üretimde önemli bir orana sahip olup 2.629.558 dekar ekim alanı ve 600 bin ton civarındaki üretim ile öne çıkmaktadır (Anonim, 2020).

Hem dünyada hem de ülkemizde temel besin kaynakları arasında yer alan buğdayın bitki koruma sorunları ve bunların mücadele yöntemleri büyük önem arz etmektedir (Mutlu ve ark. 2018). Gerek Orta Anadolu bölgesi ve gerekse diğer bölgelerde buğdayın önemli birçok zararlısı bulunmaktadır. Bunların içerisinde, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yıllardan beri mücadele edilen Süne (*Eurygaster* spp. Hemiptera: Scutelleridae) başta olmak üzere, Hububat hortumluböceği (*Pachytychius hordei* Brulle, Coleoptera: Curculionidae), Buğday tripsi (*Haplothrips tritici* Kurdj. Thysanoptera: Phloeothripidae), Ekin güvesi (*Syringopais temperatella* Led., Lepidoptera: Scythridae), Ekin kamburböceği (*Zabrus* spp., Coleoptera: Carabidae) gibi zararlılar bulunmaktadır (Mutlu ve ark., 2021). Orta Anadolu bölgesinde ise Kimil (*Aelia* spp., Hemiptera: Pentatomidae), Ekin saparısı (*Cephus pygmeus* L., Hymenoptera: Cephidae), Ekin bambulböceği (*Anisoplia* spp., Coleoptera: Scarabaeidae) ve Ekin kamburböceği (*Zabrus* spp., Coleoptera: Carabidae) gibi önemli zararlılar bulunmaktadır (Anonim, 2008).

Ekin saparıları başta Kuzey Amerika olmak üzere Avrupa, Akdeniz, Orta Doğu ve Kuzey Afrika

ülkelerinde serin iklim tahıl üretim alanlarında görülen en önemli zararlı türler arasındadır (Shanower, 2004). Avrupa ekin saparısı olarak bilinen (*Cephus pygmeus* L. Hymenoptera: Cephidae); Irak, İran, Türkiye, Kıbrıs, Suriye, Lübnan, Cezayir, Mısır, Fas ve Filistin’de tespit edilmiştir (Rashwani, 1981). Ekin saparıları Türkiye’de ilk defa 1906 yılında kaydedilmiş ve bazı yıllarda hububatta önemli ürün kayıplarına yol açtıkları bildirilmiştir (Altınayar, 1975). Saparıları (Sawflies) isimlerini testere benzeri ovipozitor’e sahip olmalarından almışlardır. Saparılarının zararını sap içinde beslenen larva yapmaktadır. Larvanın sapta beslenmesi sonucu iletim dokuları tahrip olmakta ve bitkideki karbonhidrat ile su iletim sistemi bozulmaktadır. Bunun sonucunda başaktaki taneler az gelişmekte ve tane kaybına neden olmaktadır. Öte yandan bulaşık saptardaki başaklardan elde edilen tanelerin sağlamlara oranla hafif olmaktadır. Ayrıca larvalar tarafından kesilen saptar, hasattan önce kırılarak düşmekte ve ürün kayıplarına neden olmaktadır (Altınayar, 1975; Shanower ve Holmer, 2004). Zararının buğday saptarı içinde bulunmasından dolayı kimyasal mücadelesi mümkün olmadığından zararlıya karşı kayıtlı bir insektisit bulunmamaktadır (Anonim, 2008).

Son yıllarda Güneydoğu Anadolu bölgesinde ekin saparıları üzerine yapılan çalışmalarda, ekmecli ve makarnalık çeşitlerde zarar oranının % 6-12 arasında değiştiği belirlenmiştir. (Özberk ve ark., 2005; Kılıç ve ark. 2017; Mutlu ve ark., 2019). Zararlı larvaların buğday sapı içinde bulunması ve beslenmeden kaynaklı oluşan doğrudan ve dolaylı zararı üreticiler tarafından kolayca görülememekte ve bundan dolayı Güneydoğu Anadolu bölgesi hububat alanlarında ekin saparısı zararının oldukça yüksek olduğu bildirilmektedir (Mutlu, 2019; Mutlu ve ark., 2019). Bu nedenle önemli bir buğday üretim alanına sahip Yozgat ili

buğday alanlarında ekin saparaları ilgili detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışma Orta Anadolu Bölgesi'nde yoğun hububat ekimi yapılan Yozgat ili ve ilçelerindeki buğday alanlarında zararlı ekin saparısı türleri, yayılış ve yoğunlukları ile doğadaki kısa biyo-ekolojisinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışmanın ana materyalini Yozgat ili buğday ekim alanları, buğday bitkisi, ekin saparısı türleri, standart atrap, ¼ m<sup>2</sup>'lik demir çerçeve, el orağı, bez çuvallar (100x150 cm) ve diğer laboratuvar araç ve gereçleri oluşturmuştur.

### Yöntem

#### *Ekin saparısı türleri, yayılış ve yoğunluklarının belirlenmesi*

Bu çalışma Yozgat ili ve ilçelerinde (Merkez, Akdağmadeni, Aydıncık, Boğazlıyan, Çandır, Çayıralan, Çekerek, Kadışehri, Saraykent, Sarıkaya, Sorgun, Şefaati, Yenifakılı ve Yerköy olmak üzere) toplam 14 lokasyondaki buğday alanlarından örneklemeler yapılarak yürütülmüştür. Çalışmalara ilk olarak 25.04.2020 tarihinde Boğazlıyan ilçesinde buğdayın kardeşlenme ve sapa kalkma döneminde başlanmış, 10.06.2020 tarihinde buğdayın başaklanma (süt olum) evresinde son bulmuştur. Örneklemeler, çalışma yapılan ilçeler arasındaki karayolları ve köy yolları izlenerek yolun iki tarafındaki buğday alanlarında yapılmıştır. Belirlenen her bir tarlanın 20 farklı noktasında toplam 100 atrap sallanmış ve örnek alınan yer, tarih, buğday cinsi ve fenolojisi kaydedilmiştir. Atrap ile yakalanan bütün böcekler 5 litrelik polietilen şeffaf plastik torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Böceklerin ölmesi için örnekler derin dondurucuya konulmuş daha sonra morfolojik olarak farklı olan ekin saparısı türleri büyüteç altında dişi ve erkek olarak ayırt edilerek etiketlenmiştir (Şekil 1). Ayrıca her bir tarladan toplanan bütün ekin saparısı ergin tür ve sayıları ayrı ayrı kaydedilerek yayılış ve

yoğunlukları belirlenmiştir (Mutlu, 2019). Tür teşhisleri Doç. Dr. Ertan Mahir KORKMAZ (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü) tarafından yapılmıştır.

#### *Ekin saparılarının doğadaki kısa biyo-Ekolojisi*

Bu çalışma ekin saparılarının mücadelesine esas doğadaki biyo-ekolojik kriterlerinin belirlenmesi amacıyla 2020 yılında Boğazlıyan ilçesinde zararlı ile bulaşık olduğu belirlenen buğday alanlarında yürütülmüştür. Zararlı erginlerin doğaya ilk çıkış tarihini belirlemek için çalışmalara nisan ayı başında başlanmıştır. Bu amaçla öncelikle buğday ve arpa tarlası kenarlarındaki yabancı otlar olmak üzere tarla içlerinde atrap ile örneklemeler yapılmıştır. Doğada ilk ergin çıkışı görüldükten sonra, erginlerin beslendiği yabancı otlar ve diğer biyolojik dönemlerinin belirlenmesi amacıyla yeterli sayıda buğday sapı alınmıştır (en az 1 m<sup>2</sup>'lik alan içinden). Laboratuvarda buğday sapları bisturi yardımıyla yukarıdan aşağıya doğru ikiye kesilerek sap içinde ekin saparalarına ait yumurta ve larvaları aranmıştır (Şekil 4).

Hasat döneminde buğday sapları, sonrasında ise anızda kalan sap kısımları kökleri ile beraber alınarak laboratuvara getirilmiştir. Buğday anızından alınan saplara ait kök boğazı içinde bisturi yardımıyla olgun larvalar belirlenmiştir (Şekil 5). Zararlının biyolojik dönemleri ile buğday fenolojisi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla da buğdayın fenolojik dönemleri örnekleme tarihlerinde kayıt edilmiştir.

Çalışmada belirlenen yabancı ot tür teşhisleri (Diyarbakır Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü İlaç, Alet ve Yabancıot Bölüm Başkanlığında görevli Doktorant İslam Emrah SÜER tarafından yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

#### *Ekin saparısı türleri, yayılış ve yoğunluklarının belirlenmesi*

Yozgat ili hububat alanlarında örnekleme yapılan ilçeler ve bu ilçelerde belirlenen ekin saparısı türleri tablo 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Yozgat ili hububat alanlarında belirlenen ekin saparısı türleri ve yayılış alanları

Table 1. The species and distribution of wheat stem sawflies in the cereal fields of Yozgat province

İl Province	İlçe Districts	Sürvey Tarihi Surveyed date	Türler Species		
			<i>Cephus pygmeus</i>	<i>Trachelus tabidus</i>	<i>Calameuta idolon</i>
YOZGAT	Akdağmadeni	30.5.2020	X		
	Aydıncık	14.5.2020	X		
	Boğazlıyan	27.4.2020	X	X	
	Çandır	10.5.2020	X		
	Çayıralan	10.5.2020	X		
	Çekerek	14.5.2020	X		X
	Kadışehri	30.5.2020	X	X	
	Merkez	17.5.2020	X		
	Saraykent	10.05.2020	X		
	Sarıkaya	10.5.2020	X		
	Sorgun	10.5.2020	X		
	Şefaati	9.5.2020	X		
	Yenifakılı	6.5.2020	X		
Yerköy	9.5.2020	X			

Yozgat ili merkezi ve bağlı 13 ilçeden toplam 84 tarladan yapılan örneklemelemlerde elde edilen türlerin teşhisi sonucunda Cephidae familyasına bağlı 3 tür belirlenmiştir. Bu türlerin *Cephus pygmeus* L. (Şekil 1a), *Trachelus tabidus* (F.) (Şekil 1b) ve *Calameuta idolon* (Rossi, 1794) (Şekil 1c) olduğu kayıt edilmiştir. *Cephus pygmeus* çalışma yapılan bütün alanlarda, *T. tabidus* ise Boğazlıyan ve Kadışehri ilçelerinde belirlenmiştir. *Calameuta idolon* ise nadir görülen bir tür olarak sadece Çekerek ilçesinde (Kavakalan Köyü, 1 birey ♂ ) bulunduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1. Ekin saparısı erginleri; *Cephus pygmeus* ergini (♀) (a), *Trachelus tabidus* ergini (♀) (b), *Calameuta idolon* ergini (♂) (c)

Figure 1. Wheat stem sawflies adults *Cephus pygmeus* adult (♀) (a), *Trachelus tabidus* adult (♀) (b), *Calameuta idolon* adult (♂) (c)

Ekin saparısı türlerinin Yozgat ilindeki ergin yoğunlukları ve türlerin bulunma oranlarına ait veriler çizelge 2’de verilmiştir.

Sürveylerde belirlenen türlerden *C. Pygmeus*, Yozgat merkez dâhil olmak üzere 13 ilçenin tamamında kayıt edilmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen türler içinde en yaygın olan türün %98.

1 ile *C. pygmeus* olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). *Trachelus tabidus*’ un Boğazlıyan ilçesinde bulunma oranı % 1.1 iken bu oran Kadışehri ilçesinde % 32.1 olarak tespit edilmiştir. Cinsiyet oranları bakımından elde edilen *C. pygmeus* erginlerinin %57.7’sinin dişi olduğu % 42.3’nün ise erkek ergin bireyi olduğu tespit edilmiştir. Çok az

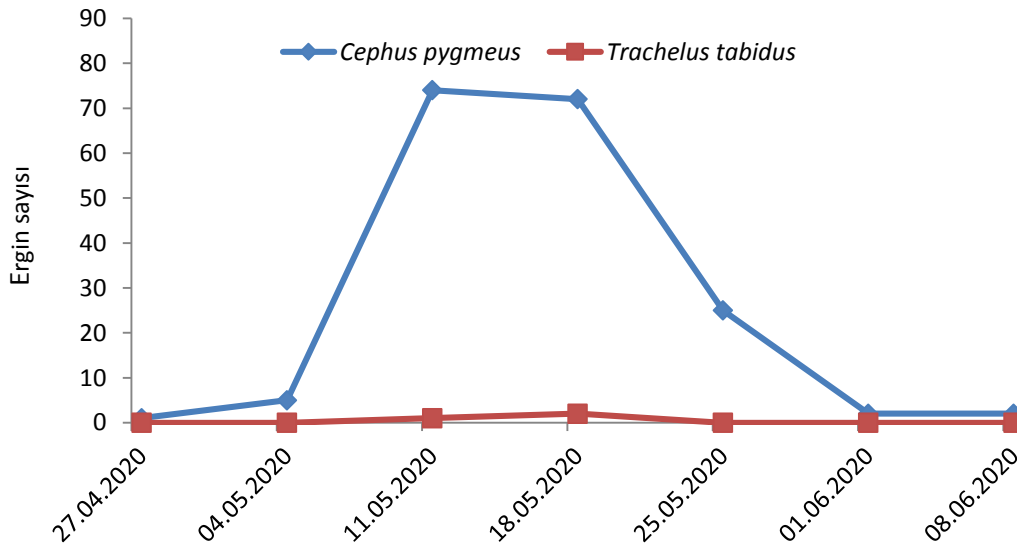
sayıda elde edilen *Trachelus tabidus* türü için cinsiyet oranlarının 1:1 oranında olduğu tespit edilmiştir. Her iki türün toplam birey sayıları içinde bulunma oranları ise *C. pygmeus* için %98.1, *T. tabidus* için %1.9 olarak belirlenmiştir. Sürvey yapılan bütün tarlalarda Cephidae

familyasına ait ekin saparısı türlerine %77.4 oranında (65 tarla) rastlanmış olup, %22.6'sında ise (19 tarla) ekin saparıları bulunamamıştır. Bazı tarlalarda sadece bir türe ait ergin bireyler görülürken, diğer tarlalarda ise iki tür birden belirlenmiştir.

Çizelge 2. Yozgat ili hububat alanlarında 2020 yılındaki ekin saparısı ergin yoğunlukları ve ilçelere göre bulunma oranları

Table 2. The rate occurrence of wheat stem sawflies species in Yozgat province in 2020, according to density and districts

İlçeler Districts	Sürvey yapılan tarla sayısı No of surveyed fields	<i>Cephus pygmeus</i> ergin sayısı toplamı Total number of <i>Cephus pygmeus</i>	<i>Trachelus tabidus</i> ergin sayısı toplamı Total number of <i>Trachelus tabidus</i>	Toplam ergin sayısı Total number of adults	Türlerin bulunma oranları The rate occurrence of species
Akdağmadeni	7	42	0	42	100.0 / 0.0
Aydıncık	4	47	0	47	100.0 / 0.0
Boğazlıyan	30	462	5	467	98.9 / 1.1
Çandır	2	3	0	3	100.0 / 0.0
Çayıralan	4	2	0	2	100.0 / 0.0
Çekerek	2	33	0	33	100.0 / 0.0
Kadışehri	3	19	9	28	67.9 / 32.1
Merkez	6	49	0	49	100.0 / 0.0
Saraykent	2	3	0	3	100.0 / 0.0
Sarıkaya	5	5	0	5	100.0 / 0.0
Sorgun	5	22	0	22	100.0 / 0.0
Şefaati	6	24	0	25	100.0 / 0.0
Yenifakılı	5	11	0	11	100.0 / 0.0
Yerköy	3	10	0	10	100.0 / 0.0
<b>Toplam</b>	<b>84</b>	<b>732</b>	<b>14</b>	<b>747</b>	<b>98.1 / 1.9</b>



Şekil 2. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde ekin saparılarının ergin uçuş dönemi boyunca buğdaydaki popülasyon seyri  
Figure 2. Population dynamic of wheat stem sawflies during adult flight period in wheat fields in Bogazliyan district of Yozgat province

Ekin saparısı erginlerinin Yozgat ilinde buğdayın kardeşlenme döneminden itibaren görülmeye başladığı ve bu dönemden sonra popülasyonun arttığı belirlenmiştir. Saparısı erginlerinin uçuş aktivitesinin en yüksek olduğu hafta 11.05.2020

ile 18.05.2020 tarihleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Buğday bitkisinin bu tarihler arasında başaklanma döneminde olduğu ve bazı başaklarda ise kılçıkların çıktığı kayıt edilmiştir.

Ekin saparısı türleri ile ilgili geçmiş yıllarda

yapılan çalışmalarda Alkan (1948), Türkiye’de ekin saparilarından *C. pygmeus*, *T. tabidus* ve *P. smyrnensis*’in bulunduğunu, Bodenheimer (1958), ise *C. pygmeus*’un Batı Anadolu ve Marmara Bölgesinde yaygın olduğunu ve doğuda Konya’ya kadar yayıldığını, Akdeniz Bölgesinde ise *T. tabidus*’un bulunduğunu bildirmiştir. Altınayar (1975), Konya ilinde, çalışmamızda tespit edilen üç ekin saparısı türüne ek olarak *T. libanensis* ve *P. smyrnensis*’i belirlemiş ve bu türlerden en yaygın olan türün *C. pygmeus* ve bunu takiben *T. tabidus* olduğunu bildirmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda Orta Anadolu Bölgesinde Cephidae familyasına bağlı 16 tür bulunmuş ve bunlar içinde en yoğun olan türün *C. pygmeus* ile *T. tabidus* olduğu bildirilmiştir (Korkmaz ve ark. 2010). Diğer bölgelerde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiş ve gerek Trakya bölgesi ve gerekse Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde en yaygın ve yoğun türün *C. pygmeus* olduğu kayıt edilmiştir (Sayan, 2010; Tülek ve ark., 2013; Mutlu, 2019). Yozgat ilinde yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar yukarıda bildirilen çalışmalar ile tam bir uyum göstermiş ve hububat alanlarında en yaygın olan zararlı saparısı türünün ülkemizde *C. pygmeus* olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur. *C. pygmeus* ve *T. tabidus*’un Avrupa, Rusya’nın Avrupa kesimi, Fas, İsrail, İran ve Suriye’de yaygın olduğunu (Baniță ve ark., 1992; Ghadiri, 1994; El Boushssini ve ark., 1998) yaygın olduğu, buna karşın *C. idolon*’nun Batı Palearktik (Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika’yı içine alan bölge), Arnavutluk, Cezayir, Ermenistan, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Fransa, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Ürdün, Portekiz, İspanya ve Ukrayna’da bulunduğu bildirilmiştir (Taeger ve ark., 2010).

Yozgat ilinde ekin saparısı ergin yoğunluklarına bakıldığında; %90 üzerinde *C. pygmeus* olduğu ve *T. tabidus*’un ise Kadışehri ilçesi hariç çok az oranda olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun aksine Güneydoğu Anadolu bölgesinde *T. tabidus*’un diğer türler arasında bulunma oranının %36.1

olduğu (Mutlu, 2019), Konya ilinde ise survey yapılan alanların %55.3’ünde *C. pygmeus*, %5.9’unda *T. tabidus* ve tarlaların %27.1’inde ise her iki türün (*C. pygmeus* ve *T. tabidus*) olduğu bildirilmiştir (Altınayar, 1975). Bu durumun sebebinin abiyotik faktörler, yörede ekilen buğday çeşitleri ile farklı yabancı otların *T. tabidus*’un ekolojisine uygun olmadığı düşünülmektedir.

#### *Ekin saparılarının doğadaki kısa biyo-ekolojisi*

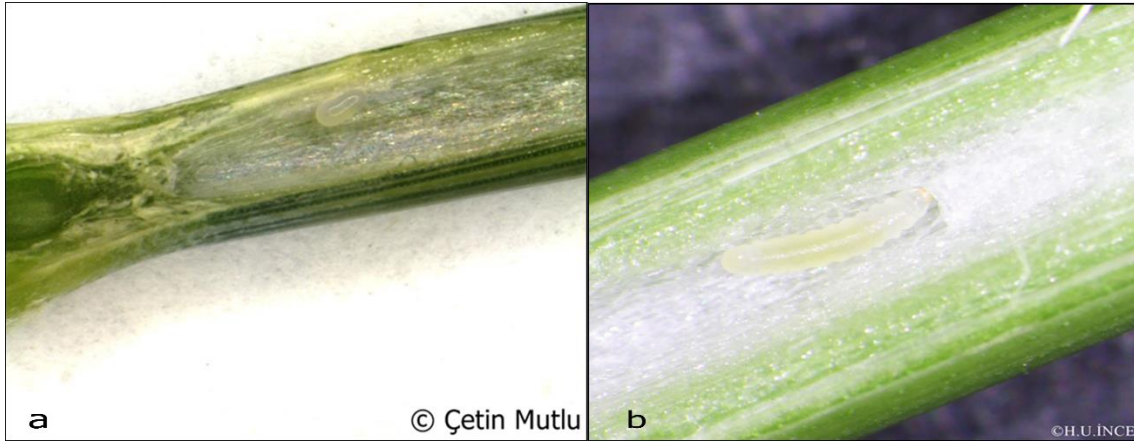
Boğazlıyan ilçesinde yapılan günlük örneklemeler neticesinde gerek *C. pygmeus* gerekse *T. tabidus*’un doğaya çıkış zamanlarındaki süreler arasında farklılıklar bulunmuştur. *C. pygmeus* ergini doğada ilk olarak 27.04.2020 tarihinde, *T. tabidus*’un erginleri ise 15.05.2020 tarihinde belirlenmiştir. *Cephus pygmeus*’un doğaya çıktığı tarihlerde sıcaklığın ortalama 9 °C, nispi nemin ise %61,1 olduğu kayıt edilmiştir. Zararlıların doğaya çıktığı tarihlerde buğdayın sapa kalkma döneminde, arparın ise başaklanma aşamasında olduğu görülmüştür. Örneklemeye yapılan buğday ve arpa tarlaları kenarlarında bulunan yabancı otlar içinde en fazla *Sinapis arvensis* L. (Yabani hardal), *Bifora radians* Bieb. (Kokar Ot), *Cardaria draba* (L.) (Yabani Tere), *Avena sterilis* L. (Kısır yabancı yulaf), *Hordeum murinum* L. (Duvar Arpası) olduğu belirlenmiştir. Erginlerin doğaya çıktıktan sonra belirlenen yabancı otlar içinde özellikle yabancı hardalın çiçek polenleri ve kokar otu üzerinde yoğun olarak bulunduğu görülmüştür (Şekil 3). Ekin saparısı erginlerinin çoğunlukla mayıs ayının ikinci yarısı ile haziran ayı başı arasında (18.05.2020- 01.06.2020) çiftleştikleri, ancak en yoğun ergin uçuş aktivitesinin ve çiftleşmenin 18.05.2020 tarihinde yine tarla kenarlarındaki yabancı hardal, yabancı tere ve kokar ot bitkileri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma yapılan buğday alanında ilk ekin saparısı ergini 27.04.2020 tarihinde, son ergin uçuşu ise 14.06.2020 tarihinde belirlenmiş ve ergin aktivitesinin Yozgat ilinde yaklaşık 49 gün olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Yabani hardal ve kokar ot üzerinde bulunan ekin saparısı erginleri  
Figure 3. Wheat stem sawflies on wild mustard and *Bifora radians*

Erginlerinin çiftleşmesinden sonra tarladan getirilen buğday sapsarı başağın hemen altındaki ilk boğumdan kesilerek zararlılara ait yumurta (Şekil 4a) belirlenmeye çalışılmış ancak yumurta tespit edilememiştir. Buna karşın buğday sapsarı içinde yumurtadan yeni çıkmış erken dönem ekin

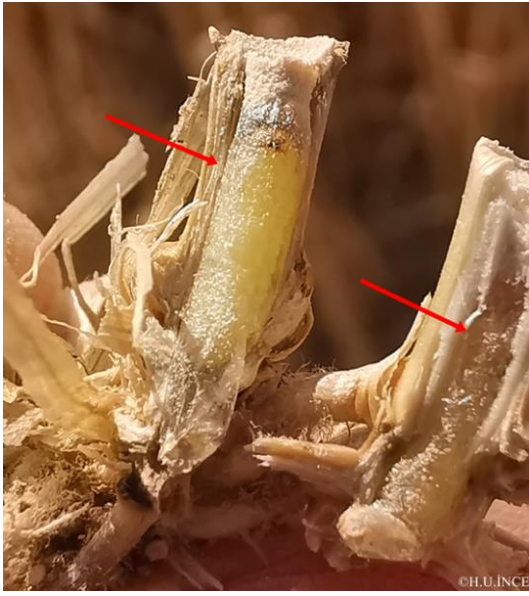
sapsarı larvası (Şekil 4b) ilk erginlerin belirlendiği tarihten 32 gün sonra 29.05.2020 tarihinde belirlenmiştir. Bu tarihte buğday fenolojisinin başaklanma ve çiçeklenme evresinde olduğu kayıt edilmiştir.



Şekil 4. Ekin saparısı yumurtası (a), yumurtadan yeni çıkmış larvası (b)  
Figure 4. Wheat stem sawflies egg (a), newly hatched larvae from the egg (b)

Buğdayın fenolojik olarak çiçeklenme döneminin sonunda olduğu haziran ayının ortasından sonuna kadar, buğday sapsarı içerisinde beslenen son dönem larvalar görülmüştür. Temmuz ayının ikinci haftasında

(10.07.2020) buğday sapsarının toprak içinde kalan kök boğazı içinde diyapozaya girmek amacıyla şeffaf bir kokon ördükleri ve diyapozaya girdikleri belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Buğday sapı kök boğazı içinde şeffaf kokon içinde bulunan ekin saparısı olgun larvası  
Figure 5. Mature larvae of wheat stem sawfly that is located in a silken cocoon in the wheat root crown

Yozgat ilinde ekin saparılarının doğaya en erken nisan ayı sonu mayıs ayı başında çıktıkları belirlenmiştir. Bu zararlıların doğaya çıkış zamanlarında iklimsel faktörlerin oldukça önemli olduğu bir gerçektir (Altınayar, 1975; Mendoza ve Weaver, 2006; Delaney ve ark., 2008; Mutlu, 2019). Ayrıca, karasal iklimin hâkim olduğu İç Anadolu bölgesinde ekin saparılarında *C. pygmeus*'un nisan ayı sonunda ve mayıs ayı başında 2 hafta kadar sonra ise *T. tabidus*'un doğaya çıktığı bildirilmiştir (Altınayar, 1975). Buna karşın Güneydoğu Anadolu Bölgesinde *C. pygmeus* erginlerinin Mardin'de mart ayı sonunda, nisan ayı başında ise Diyarbakır, Adıyaman ve Şanlıurfa illerinde doğaya çıktığını bildirilmiştir (Mutlu, 2019). Ekin saparılarının doğaya çıkış zamanı açısından bölgeler arası bu farklılıkların iklimsel koşullardan olduğu sonucuna varılmıştır. Yurt dışındaki çalışmalarda; Fransa'da Mayıs sonu ile Haziran ayı başlarında (Bonnemaison, 1962), ABD'de ise *C. pygmeus* 'un haziran ayı başında *T. tabidus*'un ise bir hafta sonra çıktığı bildirilmiştir (Udine, 1941). Wilcocks (1925) iklimsel olarak daha sıcak olan Mısır'da *T. tabidus*'un Mart ayı ortalarında, İsrail'de ise şubat sonu ve mart ayı başında *C. pygmeus* ve *T. tabidus*'un çıktıklarını bildirilmiştir (Gol'berg, 1986).

Ekin saparıları doğaya çıktıktan sonra buğday ve arpa tarlalarının kenarlarında bulunan yabancı otlardan; yabancı hardal, yabancı tere ve kokar ot üzerinde belirlenmiştir. Altınayar (1975) erginlerin doğaya çıktıktan sonra buğday, arpa ve çavdar ile yabancı Gramineae'den yabancı arpa (*Hordeum* sp.) ve Brom otu başaklarında bulunduğunu, Mutlu (2019) ise erginlerin doğaya çıkmasından sonra dişilerin çoğunlukla yabancı hardal bitkilerinin (*S. arvensis* L.) çiçeklerinin nektarları ile beslendiklerini bildirmiştir. Bu konuda Udine (1941) saparısı erginlerin sarıçiçekli yabancı otlar ile beslendiğini, (Ries, 1926; Gol'berg, 1986) ise *C. pygmeus* ve *T. tabidus*'un Cruciferae familyasına ait bitkilerin sarı renkli çiçekleri üzerinde beslendiklerini kayıt etmiştir. İran'da saparısı erginlerinin yabancı otların polenleri ile beslendiklerini ve bu yabancı otların *Descurainia sophia*, *Cardaria draba*, *Euphorbia cf. heteradena* ve *Lisaea heterocarpa* olduğu bildirilmiştir Ghadiri (1994). Chen ve ark. (2005) Çin'de *C. fumipennis* 'in yabancı hardalın nektarı ile beslendiğini bildirmişlerdir. İncelenen tüm çalışmalarda görüldüğü üzere ekin saparısı erginlerinin yabancı otlar üzerinde görülmesi ve beslenmeleri çalışma sonucunu destekler niteliktedir.

Buğday sapları içinde erken dönem larva 2020 yılı mayıs ayı sonunda belirlenmiştir. *Cephus pygmeus*'un yumurta açılma sürelerinin 8-10 gün arasında değişebildiği (Bonnemaison, 1962; Altınayar, 1975), *T. tabidus*'un ise 4-7 gün arasında alabileceği bildirilmiştir (Udine, 1941). Bu çalışma sonucundan farklı olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesinde *C.pygmeus*'un yumurtaları ve ilk dönem larvaları mayıs ayının ikinci haftasında belirlenmiştir (Mutlu, 2019). Zararlı larvaların diyapozaya girmeden önce aktif larva döneminin yaklaşık olarak 6 hafta olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara benzer olarak Konya ilinde *C. pygmeus*'un aktif larva döneminin 36-53 gün arasında değişebildiği kayıt edilmiştir (Altınayar, 1975). Orta Anadolu'da larva gelişimi için belirlenen bu sürenin, yüksek sıcaklıkların larva gelişimine olumlu yönde etki göstermesi (Gol'berg 1986) ve sap içindeki nem miktarının sapların erken gelişimine olan etkilerinin larvaların

olgunlaşma süresini kısalttığı (Luginbill ve McNeal, 1958) düşünülmektedir.

Diyapoz dönemine giren larvalara temmuz ayı ortasında rastlanmıştır. Ancak Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise diyapoz dönemine giren larvaların haziran ortasında görüldüğü bildirilmiştir (Mutlu, 2019). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Altınayar (1975) ile uyumluluk göstermiştir. Çünkü Konya ilinde diyapoz dönemine geçen olgun larvalar yıllara göre değişmekle beraber haziran ayı ortası ile temmuz ayı başında tespit edilmiştir. Ülkemizden daha sıcak iklime sahip İsrail'de *C. pygmeus* ve *T. tabidus*'un diyapoz başlangıcı nisan sonu ve mayıs başı olduğu kayıt edilmiştir (Gol'berg, 1986). Sıcaklığın böceklerin gelişme dönemleri üzerine etkileri temel bir faktör olduğundan (Taylor, 1981), bu sonuçlar bölgeler arasındaki bu farklılığın sıcaklığın artmasıyla diyapoza girme süresinin kısaldığını göstermektedir.

## Sonuçlar

Bu çalışma sonucunda Yozgat ili hububat alanlarında Cephidae familyasına bağlı toplam 3 tür belirlenmiştir. Bu türlerin *Cephus pygmeus*, *Trachelus tabidus* ve *Calameuta idolon* olduğu kayıt edilmiştir. *Cephus pygmeus* çalışma yapılan tüm ilçelerde, *T. tabidus* Boğazlıyan ve Kadışehri ilçelerinde ve *C. idolon* ise sadece Çekerek ilçesinde tespit edilmiştir. Belirlenen türler içerisinde en yaygın türün *C. pygmeus* (%98.1) olduğu belirlenmiştir. İlçelerden Cephidae familyasına ait toplam 931 adet ait saparısı ergini toplanmış olup 508 adet dişi (♀) ve 423 adet erkek (♂) olduğu belirlenmiştir. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesi buğday alanlarında doğadaki ilk saparısı erginleri nisan ayı sonunda, larvaları mayıs ayı sonunda ve diyapoza girmiş olgun larva ise temmuz ayı ortasında tespit edilmiştir. Ekin saparıları erginlerinin en yoğun olduğu dönemin mayıs ayının ikinci haftasından sonuna kadar olan dönemde olduğu kayıt edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen ergin yoğunluğu göz önüne alındığında Yozgat ili hububat alanlarında ekin saparısı ergin yoğunluğunun sayısal olarak düşük yoğunlukta

olduğu ve önemli bir sorun olarak görülmediği sonucuna varılabilir. Ancak zararlı ergin yoğunluğu ile tarlada oluşacak larva bulaşıklığı arasındaki ilişkiye bakılması gerektiği ve buna göre bulaşıklığın yüksek olduğu ilçelerde larva bulaşıklığı ve buğday çeşitlerinde meydana getirebileceği zarar oranını belirlemek amacıyla hasat döneminde örneklemeler yapılmasının daha doğru bir sonuç vereceği kanaatine varılmıştır

## Ekler

Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasının bir parçasını içermektedir. Yazarlar tür teşhislerini yapan Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümünden Doç. Dr. Ertan Mahir KORKMAZ'a teşekkür ederler.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar çalışma konusunda bir çıkar çatışmasının olmadığı beyan ederler.

**Yazar Katkısı:** Ramazan Canhilal ve Çetin Mutlu denemeyi tasarlamış, Hasan Utku İnce denemeyi kurmuş ve yürütmüştür. Çalışmada elde edilen verileri Ramazan Canhilal ve Çetin Mutlu incelemiş, Çetin Mutlu makaleyi yazmıştır.

## Kaynaklar

- Alkan, B. (1948). *Orta Anadolu Hububat Zararlıları (Zararlı Hayvan ve Böcekler)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 132 s.
- Altınayar, G. (1975). *Ekin Sap Arıları [Cephus pygmaeus (L.) ve Trachelus tabidus (F.) Hymenoptera: Cephidae]'nın Konya İlinde Biyo-Ekolojileri, Sebep Oldukları Ürün Kayıpları ve Savaş Yolları Üzerinde Araştırmalar*. Ankara Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Araştırma eserleri Serisi No: 36, 135 s.
- Anonymous (2008). Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 1. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anonymous (2020). Türkiye istatistik kurumu (TÜİK) (Web sayfası: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>), (Erişim Tarihi: 11.05.2020).
- Anonymous (2021). 2020 yılı hububat sektör raporu (Web



- sayfası:  
<https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/2020.pdf>, (Erişim Tarihi: 10.08.2021)
- Baniță, E., Popov, C., Luca, E., Cojocaru, D., Păunescu & G., Vilău, F. (1992). Elements of integrated control of wheat stem sawflies (*Cephus pygmaeus* Latr. and *Trachelus tabidus* L.). *Probleme de Protectia Plantelor*, 20 (3-4), 169-185.
- Bodenheimer, F.S. (1958). Türkiye'de Ziraate ve Ağaçlara Zararlı Olan Böcekler ve Bunlarla Savaş Hakkında Bir Etüd. Ankara: Bayur Matbaası.
- Bonnemaison, L. (1962). Les Ennemis Animaux des plantes cultivées et des forêts. Tome III. E'ditions Ser, Paris: 413 pp.
- Chen, S., Hoelmer, K.A., Chen, H., Liu, A., & Shanower, T.G. (2004). A review of wheat stem sawfly (Hymenoptera: Cephidae) research in China. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 21(4), 249-256.
- Delaney, J. K., Mendoza, J. P., & Weaver, D. K. (2008). Comparison of adult emergence of wheat stem sawfly from material overwintered in the field and the laboratory. *The Canadian Entomologist*, 140 (5), 569-572.
- El Boushssini, M., Lhaloui, S., Nserallah, N., Nachitt, M., Amri, A., Hatchett, J.H., & Benlhabib, O. (1998). *Durum wheat resistance to insect pests in Morocco*. In proceeding, SEWANA, Durum Research Network, ICARDA, 280-286.
- Ghadiri, V. (1994). Studies on the biological features of cereal sawfly (*Cephus pygmaeus* L.) in Karadj district. *Journal of Entomological Society of Iran*, 14 (7), 7-8.
- Gol'berg, A.M. (1986). Biology of the stem sawflies *Trachelus tabidus* and *Cephus pygmaeus* in the Negev of southern Israel. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 40 (2), 117-121.
- Kılıç, H., Bayram, Y., & Tekdal, S. (2017). Farklı fenolojik özelliklere sahip ekmeçlik buğday genotiplerinin ekin sap arısı [*Cephus pygmaeus* L. (Hymenoptera: Cephidae)] zararına dayanıklılık yönünden incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (1): 65-76.
- Korkmaz, E. M., Örgen, S.H., Gencer, L., Ülgentürk, S., & Başbüyük, H.H. (2010). Orta Anadolu Bölgesi buğday tarlalarındaki bazı ekin zararlıları ve parazitotitlerinin saptanması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34 (3), 361-377.
- Luginbill, P., & Mcneal, F.H. (1958). Influence of seeding Density and Row Spacings on The Resisrance of Spring Wheats to The Wheat Stem Sawfly. *Journal of Economic Entomology*, 51, 804-808.
- Mendoza, J.P., & Weaver, D.K. (2006). Temperature and Relative Humidity Effects on Postdiapause Larval Development and Adult Emergence in Three Populations of Wheat Stem Sawfly (Hymenoptera: Cephidae). *Environmental Entomology*, 35(5), 1222-1231.
- Mutlu, Ç., Karaca, V., Öğreten, A., Büyük, M., & Bayram, Y. (2018). Kırmızı Mercimekte Zararlı *Dolycoris baccarum* L. ve *Piezodorus lituratus* (F.)'a Karşı Deltamethrin'in Biyolojik Etkinliği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(2), 179-185.
- Mutlu, Ç. (2019). Wheat stem sawflies in the southeast anatolia region of Turkey. *Entomological News*, 128 (3), 267-283.
- Mutlu, Ç., Karaca V., Tonga A., Erol Ş., & Mamay, M. (2019). Infestation and damage caused by wheat stem sawflies (Hymenoptera: Cephidae) to some wheat cultivars in southeast anatolia region, Turkey. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 92 (1), 359-375.
- Mutlu, Ç., Karaca, V., Duman, M. & Gözüaçık, C. (2021). Diyarbakır ilinde Buğdayda Süne [*Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae)]'nin Popülasyon Dinamiği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 441-445.
- Özberk, İ., Atlı, A., Yücel, A., Özberk, F., & Çoşkun, Y. (2005). Wheat stem sawfly (*Cephus pygmaeus* L.) damage; impacts on grain yield, quality and marketing prices in Anatolia. *Crop Protection*, 24 (2), 1054-1060.
- Rashwani, A. (1981). Introduction to the major pests of wheat and barley in the Middle East and North Africa, *Technical Manuel (ICARDA)*, 9, 58-63.
- Sayan, M. (2010). *Adana'da buğday agro ekosistemindeki böcek türlerinin belirlenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Shanower, T. G. (2004). Wheat stem sawflies: *Cephus cinctus* Norton, *Cephus pygmaeus* (L.) and *Trachelus tabidus* (f.) (Hymenoptera: Cephidae). *Encyclopedia of Entomology*, 3, 2545-2548.
- Shanower, T. G. & Holmer, K. A. (2004). Biological control of wheat stem sawflies: Past and future. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 21(4), 197-221.
- Taeger, A., Blank, S.M., & Liston, A.D., (2010). World catalog of symphyta (Hymenoptera). *Zootaxa*, 2580 (1), 1-1064.
- Taylor, F. (1981). Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Naturalist*, 117:1-23.
- Tülek, A., Kahraman, T., & Akan, K. (2013). Buğday üretiminde önemli bir zararlı: Avrupa ekin sap arısı (*Cephus pygmaeus* L.). *Harman Time*, 1 (5), 64-66.
- Udine, E.J. (1941). The Black Grain Stem Sawfly and European Wheat Stem Sawfly in the United States. United States Department of Agriculture, Washington D.C., 9 pp.
- Wilcocks, F.C. (1925). *The Insect and Related Pest of Egypt, ii. Insects and Mites Feeding on Gramineous Crops and Products in Field, Granary and Mill*. Cairo: Sultanic Agricultural Society.



# Domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in ikincil enfeksiyonuna karşı endofitik bakterilerin biyokontrol kapasitesinin belirlenmesi

## Determination of biocontrol capacity of endophytic bacteria to the secondary spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato

Ceylan Pınar UÇAR<sup>1</sup> , Ahmet AKKÖPRÜ<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9056-9353>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1526-6093>

### To cite this article:

Uçar, C.P. & Akköprü, A. (2022). Domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in ikincil enfeksiyonuna karşı endofitik bakterilerin biyokontrol kapasitesinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 50-59.  
DOI:10.29050/harranziraat.1017880

### \*Address for Correspondence:

Ahmet AKKÖPRÜ

e-mail:

ahmetakkopru@yyu.edu.tr

### Received Date:

02.11.2021

### Accepted Date:

21.02.2022

### Öz

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin (PGPB) alt grubu olan Endofit bakteriler (EB) bitki dokuları içinde de bulunabilmeleri nedeniyle bitki hastalıkları ile savaşmada önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada dört farklı endofit bakteri izolatının domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm) patojeninin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü ve bitki gelişimi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Torf/perlit karışımında yetiştirilen domates fidelerine  $10^8$  CFU/mL yoğunluğundaki EB süspansiyonları kotiledon yaprak aşaması ve dördüncü bileşik yaprak oluşum aşamasında olmak üzere iki defa içirme metodu ile uygulanmıştır. Cmm'nin  $10^8$  CFU/mL yoğunluğundaki süspansiyonu ise ikinci EB uygulamasından 48 saat sonra fidelerin üçüncü bileşik yaprağının alt ve üstüne inokule edilmiştir. Çalışmalar  $24 \pm 2$  °C derecede, %40-60 nem ve 14 saat ışık/10 saat karanlık koşullarına sahip iklim odasında yürütülmüştür. Patojen inokulasyonundan 7 hafta sonra 0-4 skalası ile hastalık şiddeti, bitki gelişim parametreleri ve klorofil içeriği tespit edilmiştir. *In vitro* çalışmalarda dört endofit bakteri izolatından üçünün patojen gelişimini sınırlandırdığı gözlenmiştir. Bu izolatların aynı zamanda *in vivo* saksı çalışmalarında da Cmm'nin neden olduğu hastalık gelişimini sınırlandırdığı belirlenmiştir. EB T2K2-1 izolatı %40 etki ile en başarılı izolat olurken, bunu %17,5 ve 15,5 etki ile V30G2 ve T14K1-1 izolatları takip etmiştir. İzolatlar arasında farklılık olsa da bitki gelişim parametrelerine pozitif katkı sağladığı gözlenmiştir. Yaprak sayısında, T2K2-1 ve V35Y1 izolatlarının uygulandığı bitkilerde artış gözlemlenirken hastalık baskısı altında bu etki gözlenmemiştir. Bitki boyu ve klorofil içeriği bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Kullanılan EB, farklı biyolojik savaş mekanizması ile Cmm'nin hastalık gelişimini sınırlandırabilmesi ve bitki gelişimine pozitif katkı ortaya koymaları, bitkisel üretimde pestisit ve sentetik gübre kullanımının azaltılmasına yardımcı olabilecekleri hipotezimizi desteklemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Endofit bakteri, Bakteriyel kanser ve solgunluk, Biyolojik kontrol, Domates, PGPR

### ABSTRACT

Endophyte bacteria (EB), is a subgroup of plant growth-promoting bacteria (PGPB) living in plant tissues, has an important potential in controlling plant diseases. In this study, it was aimed to determine the effects of four different EB isolates on controlling the bacterial cancer and wilt disease caused by the *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm), and on plant growth. EB suspensions with a density of  $10^8$ CFU/mL were applied to tomato seedlings grown in peat/perlite mixture by drenching method twice. The suspension of Cmm at a density of  $10^8$ CFU/mL was applied by rubbing with piece of cotton to the third compound leaf of the

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

seedlings 48-hours after the second EB application. The studies were carried out in a climate room with 40-60% humidity at 24±2°C and 14-hours of light/10 hours of darkness. The disease severity, which detection by 0-4 scale, plant growth parameters and chlorophyll content were determined on seven weeks after the pathogen inoculation. In *in vitro* studies, three of the four EB were observed to limit the growth of the pathogen. These isolates were also determined to limit the development of the disease caused by *Cmm* *in vivo* pot studies. T2K2-1 isolate was the most successful isolate with 40% effect, followed by V30G2 and T14K1 isolates with 17.5% and 15.5% effects, respectively. Although there were differences between EB, it was observed that they contributed positively to plant growth parameters. While an increase was observed in the number of leaves in seedlings treated with T2K2-1 and V35Y1, this effect was not observed under disease pressure. There was no significant difference between the treatments in terms of plant height and chlorophyll content. EB used in this study were limited to disease development caused by *Cmm* by different biocontrol mechanisms, and positively affected plant growth. Therefore, EB can help reduce the use of pesticides and synthetic fertilizers in tomato production.

**Key Words:** Endophytic bacteria, Bacterial cancer and wilt, Biological control, Tomato, PGPR

## Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) birçok farklı tüketim şekilleri nedeniyle tüm dünyada 180,766 m ton ile meyvesi yenen sebzeler içinde ilk sırada yer alan önemli bir ekonomik üründür (TUİK 2021). Ülkemizde ise tüm bölgelerde yetiştirilen ve toplam üretimi 12,8 m tona ulaşan iç tüketim ve ihracatımız için önemini korumaktadır. Domates üretimini sınırlandıran birçok viral, fungal ve bakteriyel etmenin neden olduğu hastalık mevcuttur (Belgüzar ve ark. 2016; Yazıcı ve ark. 2011). Bu hastalıklar içinde tüm Dünya’da ve Türkiye’de ön sırada yer alan *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*)’in neden olduğu “domateste bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığı” önemli verim kayıplarına sebep olmaktadır (Chalupowicz ve ark., 2017; Agrios, 2005).

*Cmm*’nin primer inokulum kaynağı tohumdur (Özaktan 1991). Tohum kabuğunda bulunan patojen çimlenme ile ksileme kolonize olur. Bitkinin gelişmesiyle yapraklara doğru ilerler. İkincil enfeksiyon yolu ise yaralar, stomalar ve diğer bitki doğal açıklıklarıdır (Peritore-Galve ve ark., 2019). Hastalık belirtileri bitkinin tüm organlarında gözlenebilir. Hastalığın ilk aşamalarında yapraklarda solgunluk gözlenir, patojenin yayılma şiddeti arttıkça gövde ve yaprak saplarının formunu bozan yarılmalarda meydana gelir. Buralarda lokal kanserler oluşmaya başlar. Önlem alınmadığı takdirde hastalığın şiddetine bağlı olarak meyve üzerinde beyaz haleler şeklinde gözlenen (kuş gözü belirtisi) oluşmaktadır (Carlton ve ark., 1998).

Hastalık ile mücadele de başlangıç inokulumunu azaltmak en etkin yöntemdir. Patojen üretim yapılacak alanlara, tohum ve fideler yolu ile taşındığı için temiz üretim materyali kullanımı hayattır. Hastalıklı bitkiler üretim yapılan alanlardan uzaklaştırılmalı ve yakılmalıdır. İkincil enfeksiyonlara yönelik 5-7 gün aralıkla bakırlı pestisitlerin uygulaması önerilmektedir (Çetinkaya Yıldız, 2007). Ancak bu uygulama genellikle tam bir kontrol sağlamaz. Kimyasal uygulamaların çevre ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin yanı sıra patojenin pestisitlere karşı direnç kazanması yeni yaklaşımları zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPB) biyolojik mücadele çerçevesinde önemli olanaklar sağlamaktadır (Anith ve ark., 2004).

PGPB’lar bitkilere doğrudan ve dolaylı olarak katkı sağlayabilirler. Zararlı mikroorganizmaları antibiyosis, rekabet, hiper parazitizm ve bitki uyarılmış direncini aktive ederek kontrol etme yetenekleriyle dolaylı olarak fayda sağlayabilmektedirler (Glick ve ark., 1994). Doğrudan katkıyı ise, fitohormonların üretilmesi veya düzenlenmesi, fosfor, demir, çinko gibi besin elementlerinin çözündürülerek bitki bünyesine alınmasını sağlayarak yapabilirler (Grobek ve ark., 2015). PGPB’lar içinde bitkinin içi dokularında kolonize olan Endofit bakteriler (EB) özgün bir yere sahiptir. EB vasküler dokular ile bitkinin tamamına yayılabilen, konukçuya zarar vermeden yaşamının en azından bir bölümünü bitki iç dokularında geçiren mikroorganizmalar olarak tanımlanır (Hallmann 1997; Hardoim ve ark., 2008; Hardoim ve ark. 2011).

Epifitik PGPB'lardan farklı olarak endofitler iç dokularında yaşamalarından dolayı bitkiyle daha yakın bir ilişki kurabilir ve ürettikleri metabolitler bitki tarafından doğrudan algılanabilir. İletim sistemleri yoluyla diğer bitki dokularına ulaşmaları sayesinde uygulandığı bitki dokusu dışındaki alanlarda da birçok biyolojik savaş mekanizmasıyla patojenlerle mücadele edebilirler. (Hardoim ve ark., 2008; Hardoim 2011; Mercado-Blanco and Lugtenberg 2014; Romano ve ark. 2020; Akköprü ve ark. 2021).

Akat ve Özaktan (2011) bakteriyel antagonistlerin *in-vitro* ve *in-vivo* çalışmalar ile domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığını engellediğini belirlemiştir. Yıldız ve Aysan (2014) fosforu çözme ve azotu bağlama özelliklerine göre seçmiş oldukları PGPB'in domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığını %38-54 oranında engellediğini gözlemlemişlerdir. Fosforu çözme, siderofor üretme, indol asetik asit üretme ve hidrojen siyanür üretme yeteneğine sahip olan *Pseudomonas* sp. 23S izolatının belirli aralıklarla *Cmm* ile inokule edilmiş domates bitkilerine uygulanması, patojenin bitki içerisinde ilerlemesini büyük ölçüde geciktirmiş ve fidelerin gelişimini artırmıştır (Takishita ve ark. 2018). Anith ve ark. (2004) bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin toprağa şaşırtılan domates fidelerinde bakteriyel patojenin neden olduğu solgunluk hastalığını azalttığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada PGPR ve Acibenzolar-s-metil'in birlikte kullanımı hastalık yoğunluğunu önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar ile tek veya diğer kimyasallar ile uygun kombinasyonda kullanılan PGPB'in başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu çerçevede iç dokularda kolonize olup farklı dokulara hareket eden EB'in *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*)'nin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü için önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada

önceden karakterize edilmiş olan (Olur 2019; Babier ve Akköprü 2020) endofit bakterilerin domatesteki *Cmm*'nin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü ve bitki gelişimi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Test Bitkisi, Yetiştirme ortamı, EB uygulanması

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) cv. "Falkon" tohumları 250 ml saksılara 2:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan yetiştirme ortamına ekilmiştir. Ekilen tohumlar 24±2 °C derecede %40-60 neme ve 14 saat ışık/10 saat karanlık koşullara sahip iklim odasında gelişime bırakılmıştır. Kotiledon yapraklar çıktıktan sonra fidelerin besin ihtiyacını karşılamak amacıyla haftalık olarak Hoagland besin çözeltisi uygulaması yapılmıştır (Hoagland ve Arnon 1950).

EB Uygulaması: Bazı bitki patojenlerine karşı etkinlikleri *in vitro* ve *in vivo* olarak önceki çalışmalar ile belirlenmiş olan EB izolatları (*Bacillus pumilus* T2K2-1, *Bacillus* sp. T14K1-1, *Pseudomonas caspiana* V30G2, *B. megaterium* V35Y1) kullanılmıştır (Babier-Akköprü 2020, Olur, 2019 (Çizelge 1). EB izolatları T2K2-1 T14K1-1 ve V35Y1 bu çalışma kapsamında MALDI-TOF MS (Bruker Daltonik MALDI Biotyper) ile tanımlanmıştır.

EB izolatları domates fidelerine içirme yöntemiyle iki defa uygulanmıştır. Bu amaçla izolatların King's B (KB) besi ortamında (King ve ark. 1954) 48 saat geliştirilmiş olan kültürleri, su ile süspanse edilerek spektrofotometre yardımıyla yoğunluğu 10<sup>8</sup> CFU/mL' ye ayarlanmıştır. İlk EB uygulaması kotiledon yaprakların yatay şekli aldığı aşamada 10 mL/fide oranında, ikinci uygulama ise dördüncü bileşik yaprağın oluştuğu aşamada 15 mL/fide oranında EB süspanسیونu içirme metodu ile yetiştirme ortamına uygulanmıştır.

Çizelge 1. *Cmm*'ye karşı kullanılan antagonist endofit bakteriler, izole edildikleri konukçu bitkiler ve bu bakterilerin özellikleri (Babier 2019, Olur 2019)

Table 1. Antagonist bacteria used against *Cmm*, the host plants from which they are isolated and the characteristics (Babier 2019, Olur 2019)

Isolate	Konukçu bitki* Host plant	Gram Reac.	HR	Sid. (mm)	ACCD	"P" sol.	IAA (ppm)	<i>Cmm</i> **	Diğer patojenler Other pathogen
<i>Bacillus sp.</i> T14K1-1	<i>Chenopodium sp.</i>	(-)	-	2	-	+	Nd	+	Psl
<i>B. pumilus</i> T2K2-1	<i>Eremopoa songarica</i>	(-)	-	1	-	+	Nd	+	Psl
<i>P. caspiana</i> V30G2	Patlıcan	(-)	-	4.5	-	+	-	+	Pss, Pst, Psl, Ea, Xe, Xph
<i>B. megaterium</i> V35Y1	Karpuz	(-)	-	1.5	+	+	+	-	-

\* Host plant: EB'lerin izole edildiği konukçu bitkiler, Gram Reac.: %3'lük KOH ile gram reaksiyonu, Sid: Siderefor üretim yeteneği, HR: Tütünde hipersensitif reaksiyon, ACCD: 1-amino-siklopropan-1-karboksilik deaminaz, P sol.: fosfatı çözme yeteneği IAA: İndol asetik asit, Other pathogen *in vitro*: *In vitro* da etkili olduğu diğer patojenler *Cmm*: *Clavibacter michiganensis michiganensis*, Ea: *Erwinia amylovora* Psl: *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, Pss: *P. syringae* pv. *syringae*, Pst: *P. syringae* pv. *tomato*, Xe: *Xanthomonas euvesicatoria*, Xph: *X. axanopodis* pv. *phaseoli*, Nd: belirlenmemiş, "-" tespit edilmemiş, "+" tespit edilmiş

\*\* Bu çalışma kapsamında belirlenmiştir.

### Patojen uygulaması ve hastalık şiddetinin belirlenmesi

Vangölü havzasından izole edilmiş ve Bakteriyoloji Laboratuvarı stoklarımızda bulunan patojenisite ve virulensliği önceden belirlenmiş olan *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) izolatu çalışmamızda test patojeni olarak kullanılmıştır. Patojen uygulanması amacıyla KB ortamında 48 saat geliştirilmiş olan *Cmm* kültürü, su ile süspansiyon edilerek spektrofotometre yardımıyla  $10^8$  CFU/mL (OD: 600nm, 0,1) yoğunluğa ayarlanmış ve süspansiyona %0,05 oranında tween 80 ilave edilmiştir. Patojen bakteri uygulaması ikinci endofit uygulamasından 48 saat sonra yapılmıştır. Hazırlanan süspansiyon ile iyice ıslatılmış olan steril bir pamuk yardımıyla patojen her fidenin üçüncü bileşik yaprağının alt ve üstüne hafifçe

sürülerek uygulanmıştır. Patojen uygulamasından hemen sonra enfeksiyon şansını arttırmak için 48 saat boyunca yüksek nemi sağlamak amacıyla fideler polietilen kabinlere alınmıştır.

Hastalık belirtileri patojen inokulasyonundan 7 hafta sonra 0-4 skalası (0: hastalık hiç yok, 1: bitkide alttan üst kısma doğru bitkinin 1/4'ü solmuş veya kurumuş, 2: alttan üst kısma doğru 1/2'si solmuş veya kurumuş, 3: alttan üst kısma doğru 3/4'ü solmuş veya kurumuş, 4: bitkinin tamamı solmuş veya kurumuş) kullanılarak tespit edilmiştir (Kuşvuran ve ark., 2011). Skala değerleri aşağıda belirtilen formül 1 yardımıyla % hastalık şiddetine dönüştürülmüştür. Uygulamaların kontrol grubuna göre etkileri ise % etki formülü (formül 2) ile hesaplanmıştır (Akköprü ve ark 2021)

$$(1) \text{Hastalık Şiddeti} = \frac{\sum (\text{skala değeri} \times \text{skala değerindeki yaprak sayısı})}{\text{Bitkideki toplam yaprak sayısı} \times \text{En yüksek skala değeri}} \times 100$$

$$(2) \% \text{Etki} = \frac{\text{Kontrol Grubu değeri} - \text{Uygulamama grubu değeri}}{\text{Kontrol grubu değeri}} \times 100$$

### Bitki gelişim parametrelerinin belirlenmesi

Endofit bakteri uygulamalarının bitki biyomasına etkisinin belirlenmesi için patojen inokulasyonundan 7 hafta sonra çalışma sonlandırılmış ve bitkiler kök boğazından kesilerek tartımları yapılmıştır. Kökler yıkanarak yetiştirme

ortamı materyallerinden arındırılmıştır. Oda sıcaklığında kurutma kağıtları arasında kurutularak yıkama suyunun uzaklaşması sağlanmıştır. Kök ve sürgünün yaş ağırlıkları tartılarak tespit edilmiştir. Daha sonra bitki materyalleri 60 °C' de 48 saat etüvde kurutulmuş

ve hassas terazi ile tartımı yapılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Ayrıca yaprak sayısı, gövde uzunluğu tespit edilmiştir. İkinci deneme kapsamında her bitkide belirlenen aynı yaşta ki yapraklarda klorofil ölçer (Konica Minolta SPAD-502) yardımıyla toplam klorofil içeriği tespit edilmiştir.

#### Verilerin analizi

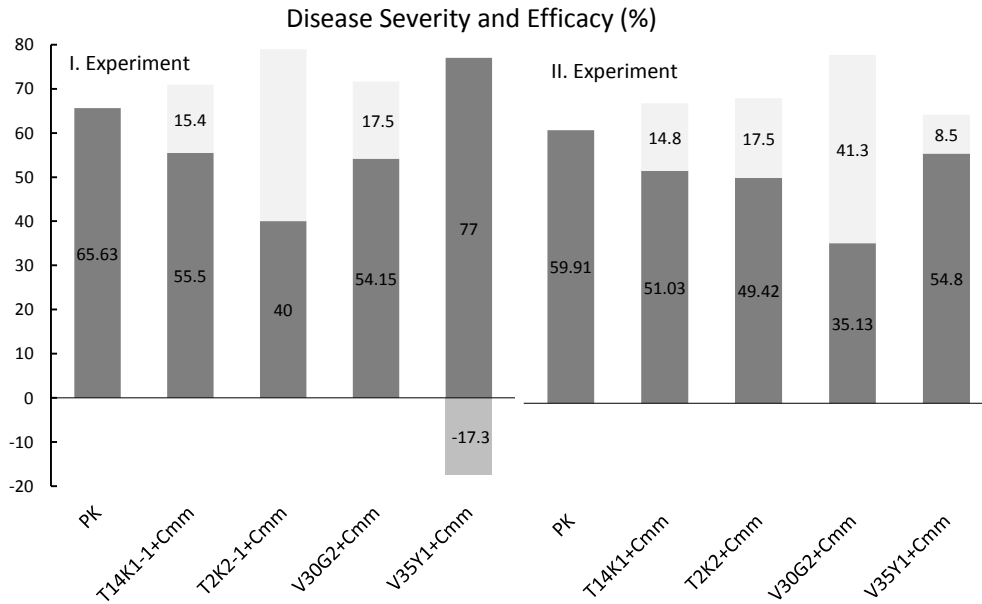
Çalışmalar en az iki kere denenmiştir. Elde edilen veriler SPSS (SPSS, Inc. 2007) paket programı yardımıyla ile varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

#### Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında domateste *Cmm*'nin neden olduğu bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının kontrolü için seçilmiş olan dört endofit bakterinin etkinliği araştırılmıştır. Ayrıca bu endofit bakterilerin, hastaliksız ve hastalık stresi altındaki domates bitkilerinin gelişim parametrelerine etkinlikleri saksı çalışmaları ile belirlenmiştir. *Cmm*

tohum ile taşınmasının ve sistemik olarak bitki içinde ilerlemesinin yanı sıra doğal açıklıklardan da girerek ikincil enfeksiyon yaratması ve hastalık belirtilerininin geç dönemde gözlenmesi nedeniyle önemli kayıplara neden olan kontrolü güç bir patojendir (de leon ve ark., 2011, Chalupowicz ve ark., 2017).

Rhizosferde kolonize olan bir epifit PGPB, fillofere yerleşerek hastalık yapan bir patojeni; bitki besin dengesine, bitkinin dayanıklılığına ve toleransına etki ederek baskılayabilecek iken, endofitik PGPB'ler bitki iç dokularında sistemik yayılımlarından dolayı bu mekanizmalara ek olarak antibiyosis, hiperparazitizm ve rekabet gibi diğer biyolojik savaş mekanizmalarını da kullanabilir (Rosenblueth ve Martínez-Romero, 2006; Hardoim ve ark., 2008; Hardoim 2011; Mercado-Blanco ve Lugtenberg 2014; Romano ve ark 2020; Akköprü ve ark 2021). Çalışmada hedef patojen olan *Cmm* bitki içinde sistemik hareketinden dolayı bitkinin farklı dokularında bulunur. Bu çerçevede endofit bakteriler hastalık ile mücadelede büyük bir potansiyele sahiptirler.



Şekil 1. Endofit bakteri T14K1-1, T2K2-1, V30G2 ve V35Y1 izolatları uygulanmış domates fidelerinde *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*)'in neden olduğu hastalık şiddeti üzerine etkileri. Ptojen uygulamasından 7 hafta sonra 0-4 skalasına göre değerlendirilen % hastalık şiddeti (koyu gri renkli sütunlar) ve EB uygulamaların pozitif kontrole göre hastalığı baskılamalarındaki % etki oranları (açık gri sütunlar) verilmiştir. Her gruptaki ortalama değerler en az 13 bitkiden elde edilmiştir. \* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir ( $p < 0.05$ ). \*\* öd.: istatistiki önem aralığında değil.

Figure 1. The effects on disease severity caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) in tomato seedlings treated with endophyte bacteria T14K1-1, T2K2-1, V30G2 and V35Y1 isolates. The disease severity (dark gray columns) evaluated according to the 0-4 scale 7 weeks after the Ptojen application and the % effect rates of EB applications in suppressing the disease compared to the positive control (light gray columns) are given. Average values in each group were obtained from at least 13 plants.

\* According to Duncan multiple comparison test, the difference between the same letters in the same column is insignificant ( $p < 0.05$ ).

\*\* öd: not within the statistical significance range.

Çalışmamızda kullandığımız dört endofit bakterinin üçünün *Cmm*'nin oluşturduğu domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının gelişimini sınırlamada başarılı olduğu gözlenmiştir (Şekil 1). Birinci çalışmadaki en başarılı EB izolatı %40 etki ile T2K2-1 izolatı olmuştur. Bunu takiben sırasıyla %17,5 ve 15,5 ile V30G2 ve T14K1-1 izolatları gelmektedir. V35Y1 izolatı ise *Cmm*'nin neden olduğu hastalık belirtilerini 1. çalışmada arttırdığı ikincisinde ise etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar genel anlamı ile her iki çalışmada da paralel olmakla birlikte ikinci çalışmadaki elde edilen etki düzeyleri istatistiki olarak önem aralığında bulunmamıştır.

Endofit bakterilerin çeşitli patosistemlerde etkinlikleri incelemiş ve patojen, konukçu ve bakterilere göre farklılık gösterebileceği belirlenmiştir (Kang ve ark., 2007; Aravind ve ark., 2012; Muthukumar ve ark., 2010; Özaktan ve ark., 2015; Akköprü ve ark., 2018; Akköprü ve ark., 2021). Çalışmada kullanılan endofit bakteriler de (T14K1-1, T2K2-1, V30G2, V35Y1) bazı *in vitro* ve

*in vivo* çalışmalarda sınanmış başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Babier ve Akköprü 2020; Olur 2019; Boyno ve ark., 2020).

Endofit bakterilerin hastalık oluşumu üzerine etkilerine paralel olarak bitki gelişimine de etkileri gözlenmiştir. EB uygulamalarının ilk çalışmada kök yaş ağırlığına hastalık baskısı altında önemli bir etkisi olmaz iken ikinci denemede T2K2-1, V30G2 ve V35Y1 izolatları önemli düzeyde arttırmıştır. Kök kuru ağırlığına ise hastalık baskısı altında T14K1-1 etkisiz kalırken diğer üç izolat her iki denemede de (I. denemede T2K2-1 hariç) istatistiki önem aralığında pozitif katkılar sağlamıştır. Sürgün yaş ağırlığına; EB uygulamaları hastalısız koşullarda önemli bir artışa neden olmamıştır. Buna karşılık I. denemede hastalık baskısı altında T2K2-1, V30G2 ve V35Y1 izolatları önemli azalışları sağlarken, II. denemede ise V30G2 izolatı artışa neden olmuştur. Sürgün kuru ağırlıkta ise her iki denemede de hastalısız ve hastalık baskısı altında kayda değer önemli bir fark oluşmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Endofit bakteri uygulamalarının *Cmm*'nin neden olduğu domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının baskısı altında kök yaş ve kuru, gövde yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi

Table 2. The effect of endophyte bacteria applications on root fresh and dry, stem fresh and dry weights under the pressure of the disease caused by *Cmm*.

Uygulama izolatları	Kök yaş ağırlık Root fresh weight (g)		Kök kuru ağırlık Root dry weight (g)		Gövde yaş ağırlık Shoot fresh weight (g)		Gövde kuru ağırlık Shoot dry weight (g)	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
NK (-)	1.53abc	1.55bc	0.13ab	0.20ab	14.93a	9.7cd	1.39a	1.11b
T14K1-1	1.75a	2.11abc	0.18a	0.19ab	14.94a	12.08ab	1.00cd	1.22ab
T2K2-1	1.42abc	2.24ab	0.15ab	0.22a	13.65a	10.39abcd	1.45a	1.13a
V30G2	1.32bc	2.01abc	0.11ab	0.22a	9.57bc	11.45abc	1.44a	1.33ab
V35Y1	1.31bc	2.01abc	0.13ab	0.21a	13.07a	11.08abc	1.36ab	1.11b
PK ( <i>Cmm</i> )	1.34abc	1.43c	0.13ab	0.14b	13.72a	8.47d	1.26bc	1.09b
T14K1-1+ <i>Cmm</i>	0.85d	1.94abc	0.08b	0.19ab	12.4ab	10.57abcd	1.06bcd	1.12b
T2K2-1+ <i>Cmm</i>	1.38abc	2.34a	0.12ab	0.22a	9.36bc	11.71abc	1.08bcd	1.23ab
V30G2+ <i>Cmm</i>	1.63ab	2.39a	0.18a	0.22a	9.39bc	12.65a	1.07bcd	1.43a
V35Y1+ <i>Cmm</i>	1.20cd	2.19ab	0.18a	0.21a	7.83c	10.07bcd	0.94d	1.62ab

\**Cmm*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, PK: pozitif kontrol, yalnızca patojen uygulanmış. NK: negatif kontrol herhangi bir uygulama yapılmamış.

\*\* : Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0.05$ ).

Bitki toleransındaki ana unsur bitki gelişimi veya sağlığına yapılan katkı ile hastalık belirtilerinde görülen azalmadır. Akköprü ve ark., (2018) yaptıkları çalışmalarda gelişim parametrelerine etkinin EB izolatları ve bitki türlerine göre farklılık gösterdiğini belirlemiştir.

Bitki boyu üzerine EB'lerin domatestede önemli etkisinin olmadığı, buna karşılık biberde bazı izolatların önemli düzeyde bitki boyunda artış sağladığı görülmüştür (Akköprü ve ark., 2018). Kang ve ark., (2007) iki endofit bakterinin biber boy gelişimini %17 'ye varan oranlarda artırdığını

belirlemiştir. Benzer şekilde, Xia ve ark., (2015) domateste farklı EB'lerin bitki gelişim parametrelerini ortalama %25 oranında arttırdığını belirlemiştir. Akköprü ve ark., (2018) EB uygulanmış bitkilerde kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlıklarının %28-128 aralığında arttığını gözlemlemiştir.

Diğer bitki gelişim parametrelerinden biri olan yaprak sayısında birinci denemede T2K2-1 ve V35Y1 izolatlarının uygulandığı bitkilerde artış gözlemlenirken diğer izolatlarda ve hastalık baskısı altında önemli bir fark gözlenmemiştir. Gövde uzunluğuna bakıldığında birinci denemede herhangi bir fark görülmemesine karşın ikinci

denemede V35Y1 hariç diğer üç izolat gövde uzunluğunda artış sağlamıştır. İkinci denemede yapılan klorofil ölçümleri sonucunda önemli bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 3). Buna benzer birçok çalışmada bitki boyundaki artış, PGPR etki belirteçlerinden biri olarak alınsa da (Muthukumar et al. 2010; Xia et al., 2015), Huang ve ark., (2017), bu parametrenin yalnız başına PGPR etkisinin değerlendirmesi için yeterli olmadığını ileri sürmüştür. Fakat çalışmamızda bu üç izolatın bitki boyuna olan etkileri bitki gelişimi ve hastalık şiddeti parametrelerinde de gözlenmiştir.

Çizelge 3. Endofit bakteri uygulamalarının domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığının baskısı altında yaprak sayısı, gövde uzunluğu ve klorofil üzerine etkisi

Table 3. The effect of endophyte bacteria applications on leaf number, stem length and chlorophyll content under the pressure of tomato bacterial cancer and wilt disease

Uygulama izolatları <i>Isolates</i>	Yaprak sayısı <i>Number of leaves</i>		Gövde uzunluğu <i>Shoot length (cm)</i>		Klorofil <i>Chlorophyll</i>
	I.	II.	I.	II.	II.
Kontrol (-)	6.93c	7.58ab	35.33ab	17.64d	36.08
T14K1-1	7.00c	7.47ab	37.38a	24.93c	36.66
T2K2-1	8.00b	7.60ab	29.43cd	25.07c	38.38
V30G2	6.86c	7.80a	30.21cd	25.13c	37.30
V35Y1	9.00a	7.64ab	29.08dc	27.29c	36.17
Kontrol (+)	7.21bc	6.50bc	32.16bc	25.00c	37.43
T14K1-1+ <i>Cmm</i>	7.00c	7.36ab	23.69e	35.31a	34.59
T2K2-1 + <i>Cmm</i>	6.57c	7.33ab	27.71cde	37.54a	34.94
V30G2 + <i>Cmm</i>	7.31bc	7.13abc	27.46cde	33.40ab	34.15
V35Y1 + <i>Cmm</i>	6.50c	6.21c	25.60de	28.36bc	37.68

\* *Cmm*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, Klorofil sütunundaki veriler SPAD metre ölçüm değerleridir.

\*\* : Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0.05$ ).

Ribaudo ve ark., (2016) Ddomates ve bibere uygulanmış EB'in bitki gelişimine olan etkilerinin ürettikleri IAA'ten kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Khan ve ark., (2012) IAA üretimi ve azot fiksasyon yeteneklerine sahip EB'lerin biber ve domatesin aralarında bulunduğu birçok bitkinin gelişimini, çiçeklenmesini ve verimini artırdığını göstermişlerdir. Muthukumar ve ark., (2010) endofitik *Pseudomonas* spp., Amaresan ve ark., (2012) *Bacillus* spp. ve *Serratia* spp.'nin IAA, siderefor ve inorganik fosfat çözücü enzimler vb. ikincil metabolitler yoluyla kök ve sürgün gelişimi ile çimlenme oranını arttırdığını belirlemiştir. Çalışmamızda başarılı sonuçlar elde ettiğimiz izolatlarının IAA ve siderefor üretimi ile fosfatı çözme yetenekleri olduğu dikkate alındığında

(Çizelge 1), bitki gelişim parametrelerinde ve toleransında gözlenen artışın bu metabolitlerden kaynaklanabileceği de düşünülebilir. Benzer olarak Akat ve Özaktan (2011) *in vitro*'da *Cmm*'ye antagonistik etkisi olduğu belirlenen on bir izolattan dördünün saksı çalışmalarında pozitif kontrole göre hastalık belirtilerini %59-97 oranında baskıladığını belirlemiştir. Romero ve ark., (2016), bazı endofit bakterilerin *in vitro*'da *P. syringae* pv. *tomato*'ya karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu ve bazılarının domates bitkisinde bu yolla hastalığı baskıladığını belirlemiştir. Bu çalışma kapsamında hastalığı baskılamada en başarılı izolatlar olan V30G2 ve T2K2-1'nin *in-vitro*'da *Cmm*'nin gelişimini sınırladığı belirlenmiştir. Bu çerçevede hastalık



oluşumuna karşı elde edilen korumada EB'lerin antibiyosis mekanizmasının etkisinin olabileceği düşünülebilir.

Romero ve ark., (2016) farklı endofitlerin domates gelişimi ve farklı fungal hastalıklara karşı etkinliğinin nötr veya farklı düzeylerde olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde; *Streptomyces*, *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait bakterilerin domateste bakteriyel leke hastalığına ve bitki gelişimine değişen oranlarda etki ettikleri belirlenmiştir (Naue ve ark., 2014). Bilindiği gibi biyolojik savaş elemanları birden fazla mekanizma ile patojen ve hastalıklara karşı bitkiyi koruyabilirler. Bazen de *in vitro* da belirlenen antibiyosis etki aynı düzeyde *in vivo* da gözlenmeyebilir. Bu yönüyle patojen ve hastalık üzerine etkinin antibiyosise ek olarak rekabet ve hiperparazitizm gibi doğrudan biyolojik savaş mekanizmaları ile olabileceği gibi bitki besin dengesine yapılan katkı ve bitki toleransının arttırılması veya bitki dayanıklılığının aktivasyonu ile sağlandığı da düşünülebilir. Bazı araştırmacılar bitki dayanıklılığının biberde endofit bakteriler *Bacillus pumilus* INR7 (Yi ve ark., 2013), *Pseudomonas rhodesiae* ve *Pantoea ananatis* (Kang ve ark., 2007) yardımıyla uyarılması sonucu *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın neden olduğu hastalığın sırasıyla %52, 34.7 ve 26.3 oranında baskılanabildiğini belirlemiştir. Ribaud ve ark., (2016) ise EB uygulamasının domateslerde simptom azalmasının bitkideki etilen hormonu ve patojenite ile ilgili SI-ACS genlerinin aktivasyonu sonucu olduğunu tespit etmiştir.

## Sonuç

Sonuç olarak çalışmada kullanılan endofit bakterilerin bazılarının, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in sebep olduğu Domates Bakteriyel Kanser ve Solgunluk hastalığını kontrol potansiyeline sahip oldukları ve bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. EB izolatlarının hastalık baskısı altında dahi bitki gelişim parametrelerine pozitif etkileri gözlenmiştir. Özellikle EB T2K2-1 izolatının

*Cmm*'nin belirti oluşumunu önemli düzeyde baskıladığı tespit edilmiştir. Endofitik bakteriler birçok farklı biyolojik savaş mekanizması ile hastalık gelişimini sınırlandırması ve bitki gelişimine olan pozitif etkileri nedeniyle bitkisel üretimde pestisit ve sentetik gübre kullanımını azaltabilir. Bu yönüyle EB uygulamaları çevre dostu bir yaklaşım olmakla birlikte ekonomik fayda sağlayabilme potansiyeline de sahiptir.

## Ekler

C.P. Uçar YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı ile desteklenmektedir.

**Çıkar çatışması:** Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazar Katkısı:** A. Akköprü ve C.P. Uçar, çalışmayı tasarlayarak denemeyi kurmuştur, C.P. Uçar çalışmayı yürütmüş, A. Akköprü ve C.P. Uçar verileri analiz etmiştir.

## Kaynaklar

- Agrios, G. (2005). Plant Pathology. Fifty Ed. ed. Elsevier Academic Pres.
- Akköprü, A., Çakar, K., & Hussein, A. (2018). Effects of endophytic bacteria on disease and growth in plants under biotic stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(2), 200-208.
- Akköprü, A., Akat, Ş., Özakta, H., Gül, A., & Akbaba, M. (2021). The long-term colonization dynamics of endophytic bacteria in cucumber plants, and their effects on yield, fruit quality and Angular Leaf Spot Disease. *Scientia Horticulturae*, 282, 110005.
- Amaresan, N., Jayakumar, V., Kumar, K., & Thajuddin, N. (2012). Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic bacteria and their effect on tomato (*Lycopersicon esculentum*) and chilli (*Capsicum annum*) seedling growth. *Annals of microbiology*, 62(2), 805-810.
- Anith, K. N., Momol, M. T., Kloepper, J. W., Marois, J. J., Olson, S. M., & Jones, J. B. (2004). Efficacy of plant growth-promoting rhizobacteria, acibenzolar-S-methyl, and soil amendment for integrated management of bacterial wilt on tomato. *Plant disease*, 88(6), 669-673.
- Aravind, R., Kumar, A., & Eapen, S. J. (2012). Pre-plant bacterisation: A strategy for delivery of beneficial endophytic bacteria and production of disease-free plantlets of black pepper (*Piper nigrum* L.). *Archives*

- of *Phytopathology and Plant Protection*, 45(9), 1115-1126.
- Babier, Y., & Akköprü, A., (2020) Çeşitli Kültür Bitkilerinden İzole Edilen Endofitik Bakterilerin Karakterizasyonu ve Bitki Patojeni Bakterilere Karşı Antagonistik Etkilerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3), 521-534.
- BELGÜZAR, S., YILAR, M., YANAR, Y., KADIOĞLU, İ., & DOĞAR, G. (2016). Antibacterial activities of *Thymus vulgaris* L.(Thyme) extract and essential oil against *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Turkish Journal of Weed Science*, 19(2), 20-27.
- Boyno, G., Demir, S., & Akköprü, A. (2020). Domateste *Alternaria solani* (Ell. & G. Martin) Sor.'ye Karşı Bazı Endofit Bakterilerin Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 469-477.
- Carlton, W. M., Braun, E. J., & Gleason, M. L. (1998). Ingress of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* into tomato leaves through hydathodes. *Phytopathology*, 88(6), 525-529.
- Chalupowicz, L., Barash, I., Reuven, M., Dror, O., Sharabani, G., Gartemann, K. H., & Manulis-Sasson, S. (2017). Differential contribution of *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* virulence factors to systemic and local infection in tomato. *Molecular plant pathology*, 18(3), 336-346.
- Çetinkaya Yıldız, R. (2007). *Identification of tomato bacterial wilt diseases agent [Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis (Smith) Davis et. al.] and research on their biological control by using plant growth promoting rhizobacteria*. Adana, Turkey, Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences,
- de León, L., Siverio, F., López, M. M., & Rodríguez, A. (2011). *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, a seedborne tomato pathogen: healthy seeds are still the goal. *Plant disease*, 95(11), 1328-1338.
- FAO, (2019). Food And Agriculture Organization Of The United Nations <http://www.Fao.Org/Faostat/En/#Data/Qc>.
- Glick, B. R., Jacobson, C. B., Schwarze, M. M., & Pasternak, J. J. (1994). 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. *Canadian Journal of Microbiology*, 40(11), 911-915.
- Grobelak, A., Napora, A., & Kacprzak, M. (2015). Using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to improve plant growth. *Ecological Engineering*, 84, 22-28.
- Hallman, J. M. (1997). The Seed of Fire: Divine Suffering in the Christology of Cyril of Alexandria and Nestorius of Constantinople. *Journal of Early Christian Studies*, 5(3), 369-391.
- Hardoim, P. R. (2011). *Bacterial endophytes of rice: Their diversity, characteristics and perspectives*. Groningen, Nederland, University of Groningen.
- Hardoim, P. R., van Overbeek, L. S., & van Elsas, J. D. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in microbiology*, 16(10), 463-471.
- Hoagland DR, & Arnon DI 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. California College Agricultural Experiment Station Circ. Berkeley, Circular 347.
- Huang P, de-Bashan L, Crocker T, Kloepper J. W., & Bashan Y (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect of plant growth-promoting (rhizo) bacteria on growth promotion of crop plants. *Biol Fertil Soils*, 53,199–208
- Kang S H, Cho H, Cheong H, Ryu C, Kim J. F., & Park S. (2007). Two Bacterial Endophytes Eliciting Both Plant Growth Promotion and Plant Defense on Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Microbiol. Biotechnol.*, 17(1), 96–103
- Khan, Z., Guelich, G., Phan, H., Redman, R., & Doty, S. L. (2012). Bacterial and yeast endophytes from poplar and willow promote growth in crop plants and grasses. *ISRN Agron*, doi:10.5402/2012/890280
- King, E. O., Ward, M. K., & Raney, D. E. (1954). Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 44(2), 301-307.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., & Kazım, A. B. A. K. (2011). Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 209-219
- Mercado-Blanco, J., & JJ Lugtenberg, B. (2014). Biotechnological applications of bacterial endophytes. *Current Biotechnology*, 3(1), 60-75.
- Muthukumar, A., Nakkeeran, S., Eswaran, A., & Sangeetha, G. (2010). In vitro efficacy of bacterial endophytes against the chilli damping-off pathogen *Pythium aphanidermatum*. *Phytopathologia Mediterranea*, 49(2), 179-186.
- Naue, C. R., Rocha, D. J., & Moura, A. B. (2014). Biological control of tomato bacterial spot by seed microbiolization. *Tropical Plant Pathology*, 39, 413-416.
- Olur G. (2019). *Tuzlu ortamda gelişen bitkilerden izole edilen endofit bakterilerin hıyar bitkisinde köşeli yaprak leke hastalığı (Pseudomonas syringae pv. lachrymans), tuzluluk stresi ve bitki gelişimine etkileri (yayımlanmamış yüksek lisans tezi)*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özaktan, H (1991). *Domates bakteriyel solgunluğu (Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis (Smith) Davis et al.) ile mücadele olanakları üzerinde Araştırmalar (Doktora Tezi)*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özaktan, H., Gül A., Çakır B., Yolageldi L., & Akköprü A (2015). Bakteriyel Endofitlerin Hıyar Yetiştiriciliğinde Biyogübre ve Biyopestisit Olarak Kullanılma Olanakları. Tubitak-COST 1110505 nolu Proje kesin raporu. (in Turkish) (COST Action FA1103: Endophytes in Biotechnology and Agriculture).
- Peritore-Galve, F. C., Schneider, D. J., Yang, Y., Thannhauser, T. W., Smart, C. D., & Stodghill, P. (2019). Proteome profile and genome refinement of the tomato-pathogenic bacterium *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Proteomics*, 19(7), e1800224-e1800224.
- Ribaudo, C. M., Riva, D. S., Gori, J. I., Zaballa, J. I., & Molina, C. (2016). Identification of endophytic bacteria and their characterization as biocontrol agents against tomato southern blight disease. *Appli Micro Open*

- Access, 2(1000123), 2.
- Rosenblueth, M., & Martínez-Romero, E. (2006). Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Molecular plant-microbe interactions*, 19(8), 827-837.
- Romano, I., Ventorino, V., & Pepe, O. (2020). Effectiveness of plant beneficial microbes: overview of the methodological approaches for the assessment of root colonization and persistence. *Frontiers in plant science*, 11, 6.
- Romero, F. M., Marina, M., & Pieckenstain, F. L. (2016). Novel components of leaf bacterial communities of field-grown tomato plants and their potential for plant growth promotion and biocontrol of tomato diseases. *Research in microbiology*, 167(3), 222-233.
- Akat, S., & Özaktan, H. (2011). Domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığıyla [*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al] biyolojik mücadelede bakteriyel antagonistlerin etkinliğinin araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2(1), 3-18.
- Takishita, Y., Charron, J. B., & Smith, D. L. (2018). Biocontrol rhizobacterium *Pseudomonas* sp. 23S induces systemic resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) against bacterial canker *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Frontiers in microbiology*, 9, 2119.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr>
- Xia, Y., DeBolt, S., Dreyer, J., Scott, D., & Williams, M. A. (2015). Characterization of culturable bacterial endophytes and their capacity to promote plant growth from plants grown using organic or conventional practices. *Frontiers in plant science*, 6, 490.
- Yazıcı S, Karamustafaoğlu İ, Aysan Y & Yanar Y (2011). Tokat yöresi domates alanlarında *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığı. *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi*, 28-30 Haziran 2011, Kahramanmaraş, s 331.
- Yıldız, R. Ç., & AYSAN, Y. Domates bakteriyel solgunluk hastalığının bitki büyüme düzenleyici kökbakterileri ile biyolojik mücadelesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1), 9-22.
- Yi, H. S., Yang, J. W., & Ryu, C. M. (2013). ISR meets SAR outside: additive action of the endophyte *Bacillus pumilus* INR7 and the chemical inducer, benzothiadiazole, on induced resistance against bacterial spot in field-grown pepper. *Frontiers in plant science*, 4, 122.



# Effect of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia* L.)

## *Biyogübre, deniz yosunu ve inorganik gübrelerin marulda (Lactuca sativa var. longifolia L.) bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisi*

Azad Abdullah MOHAMMED<sup>1\*</sup>, Selçuk SÖYLEMEZ<sup>2</sup>, Taha Zubair SARHAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Directorate of Research Center, Ministry of Agriculture, Duhok-Iraq

<sup>2</sup>Harran University, Agriculture Faculty, Department of Horticulture, Şanlıurfa-TURKEY

<sup>3</sup> Duhok Polytechnic University, Zakho Technical institute, Department of Protected Cultivation, Zakho-IRAQ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2059-8260>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4675-7159>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-0593-7655>

### To cite this article:

Mohammed, A.A, Söylemez, S. & Sarhan, T.Z. (2022). Effect of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia* L.). Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 60-71.

DOI:10.29050/harranziraat.1016268

### \*Address for Correspondence:

Azad abdullah MOHAMMED

e-mail:

azad10abdullah@gmail.com

### Received Date:

31.10.2021

### Accepted Date:

23.01.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### ABSTRACT

Due to the excessive use of inorganic fertilizers, the structure of the soil is deteriorated, and the product quality is adversely affected. For this reason, the use of environmentally friendly organic fertilizers in production has increased in recent years. A field experiment was conducted in a plastic greenhouse in the Research Center Field at General Directorate of Agriculture, Dohuk Governorate, Northern region of Iraq during autumn season of 2020 to examine the effect of soil application of the biofertilizer (Corabac) with three levels (0, 5 and 10 g L<sup>-1</sup>) and foliar spraying with the seaweed (algal extract) at three concentrations (0, 4 and 8 g L<sup>-1</sup>) and the inorganic fertilizer at two concentrations (0 and 1 g L<sup>-1</sup> (N:P:K 10:10:10)) compared with control (without treatment) on growth and yield of lettuce crop (*Lactuca sativa* L.). The obtained data indicated that the application of the three fertilizers and their interactions significantly induced vegetative growth parameters like stem length and leaf number per plant but did not positively affected leaf area (cm<sup>2</sup>) and chlorophyll content (%). Head weight (kg), yield (kg m<sup>-2</sup>), and total yield (ton ha<sup>-1</sup>) were also notably increased due to soil addition of biofertilizer and foliar spraying of the algal extract and inorganic fertilizer as compared to the control. Biofertilizer, seaweed and inorganic fertilization affected the N, P and K content in lettuce leaves. For a sustainable production in greenhouse lettuce, it is possible to obtain higher head weight and therefore higher yield by using seaweed and biofertilizers, which are considered environmentally friendly.

**Key Words:** Algae extract, Biofertilizer, Chemical fertilization, Organic fertilizer, Plant nutrition

### Öz

İnorganik gübrelerin aşırı kullanımı nedeniyle toprağın yapısı bozulmakta ve ürün kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle üretimde çevre dostu organik gübrelerin kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Çalışma 2020 yılı sonbahar yetiştirme döneminde Irak'ın Kuzey Bölgesi, Dohuk Valiliği, Tarım Genel Müdürlüğü Araştırma Merkezi arazisinde bulunan plastik serada yürütülmüştür. Denemede topraktan uygulanan biyogübre (0, 5 ve 10 g L<sup>-1</sup>) (Corabac) ile yapraktan uygulanan deniz yosunu (alg özü) (0, 4 ve 8 g L<sup>-1</sup>) ve inorganik gübrenin (0 ve 1 g L<sup>-1</sup> (N:P: K 10:10:10)) marulda (*Lactuca sativa* L.) verim ve bazı büyüme parametreleri üzerine etkisini incelenmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, üç gübrenin ve bunların interaksiyonlarının, baş ağırlığı, verim, gövde uzunluğu, yaprak sayısı gibi parametreleri önemli ölçüde arttırdığı, ancak yaprak alanı (cm<sup>2</sup>) ve klorofil içeriğini (%) azalttığını göstermiştir. Biyogübre, deniz yosunu ve inorganik gübreleme yapraklardaki N, P ve K içeriğini etkilemiştir. Sera marul üretiminde sürdürülebilir bir üretim için, çevreye dost olduğu düşünülen deniz yosunu ve biyogübre kullanılarak daha yüksek baş ağırlığı ve dolayısıyla daha yüksek verim elde edilmesi mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz yosunu, Biyogübre, Kimyasal gübreleme, Organik gübreleme, Bitki besleme

## Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is an important member of Asteraceae family which is categorized under annual leafy herbs. It is consumed as a famous salad crop, occupying the world largest land devoted for salad crops production. Lettuce is very valuable from nutritional aspect since it contains a considerable amount of minerals, vitamins, antioxidants and phytochemical compounds which possess anti-carcinogenic function (Norman, 1992; Hanafy et al., 2000; Masarirambi et al., 2012).

The rapid increase in the world population, on the other hand, along with the decrease in agricultural lands and the loss of yields due to various stress factors bring the problem of nutrition and food safety to the agenda. In order to get maximum yield and best quality from the plants, it is essential to carry out a correct fertilization program for plants as well as providing convenient ecological factors for each type. However, as well as getting maximum yield, it is quite crucial to get a sustainable agricultural production and save environment and human health while establishing this fertilization programme (Söylemez, 2021). There is an intensive use of inorganic fertilizers in order to increase the yield obtained from the unit area. Excessive use of inorganic fertilizers disrupting the soil structure, causing environmental pollution, and adversely affecting product yield and quality. Therefore, researchers have focused on the use of environmentally friendly organic fertilizers such as biofertilizer and seaweed, which are thought to be healthier. Biofertilizers are natural substances containing the living cells of several species of beneficial bacteria and fungi which are applied as a substitute for minimizing application of harmful inorganic fertilizers. The strength of biofertilizer products is proved from their ability to give optimum growth and productivity for plant. They enhance the soil fertility and soil microbial activity via different biological processes due to they contain of microorganisms that convert the nourishing

elements from complex forms into simple obtainable forms. (Ekta et al., 2017; Shinde et al., 2018; Cevheri et al., 2021). Ahmed et al. (2000) showed that lettuce plants received *Azotobacter* sp. as a biological fertilizer possessed better vegetative components like height of the shoot, leaf number and total fresh weight. Menamo and Woldeb (2013) have demonstrated that treating romaine lettuce with the biofertilizer cyanobacteria caused an enhancement in the leaf number, leaf area, leaf length, leaf fresh weight, leaf dry weight and the root dry weight of lettuce. González et al. (2019) showed that treating lettuce plants with EM (effective Microorganisms) at 10 mL m<sup>-2</sup> at 0 and 15 DAT (day after treatment) was the best in term of growth and productivity of the crop. The influence of biofertilizers on broccoli performance has been studied and the results displayed that biofertilization gave the optimum foliage traits such as plant height, number of leaves per plant, chlorophyll content and leaf area comparing to control (Lateef et al., 2019).

Seaweed extracts are defined as bio-stimulants derived from non-blooming marine algae that have not true leaves, shoots, and foliage. These extracts are common in containing a high content of sterols, polysaccharides, N-containing compounds (e.g., betaines), numerous nourishing elements and a number of plant growth-promoting substances like auxins, cytokinins, gibberellins and brassinosteroids (Khan et al. 2009; Craigie 2011). When provided for plants, seaweed extracts significantly ameliorated plant outgrowth and yield and resulted in increased tolerance to hard exogenous stresses via raising the metabolic paths driving to production of antioxidants within plant cell (Thirumaran et al., 2009). Mohamed and Zewail (2016) reported that the biggest head diameter and the premium fresh and dry weight and total yield were recorded by 200% organic fertilizer (T5) and seaweed extract at 3 ml/l. Chrysargyris et al. (2018) displayed that foliar spraying of seaweed extract *Ascophyllum nodosum* remarkably improved growth and quality of cut lettuce. Yusuf et al. (2019), showed

that the Maxicrop extract significantly enhanced shoot biomass, root biomass and leaf chlorophyll content by 66, 47 and 9%, respectively. It has been found that the seaweed concentrate Kelpak® and effective microorganisms caused a magnitude increment in the growth and yield of cabbage in term of fresh leaves, fresh head weight, stem diameter and head polar diameter (Satekge et al., 2016).

The aim of this study is to determine the effects of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizers on growth, development and yield of lettuce in order to reduce environmental pollution and production costs.

## Materials and Methods

### Materials

The study was conducted in a greenhouse (500 m<sup>2</sup>) in Research Center Field at General Directorate of Agriculture, Dohuk Governorate, Northern region of Iraq during autumn season of 2020. Al-Fajr variety of lettuce was used as plant material.

The plowing land of plastic house was carried out then the soil was well softened. The organic manure (1500 kg per 500 m<sup>2</sup>) was added to the soil for improving soil fertility and second plough was given to the land for the aim of mixing the organic matter with the soil particle then the land was amended. The land of plastic house was divided into ten lines each line comprised two lines of lettuce according to the distribution system of the drip irrigation. Each line consisted of 18 parts which compartmented into a line. The plants were planted with space 60 cm between narrow rows, 80 cm between wide rows and 30 cm in rows. The land was well irrigated and the doors were closed for a few days so the field of plastic house was disinfected.

The seeds of lettuce were sown in multiplate pods on October 1<sup>st</sup> 2020. The young lettuce plants were transplanted on November 6<sup>th</sup> 2020 at distance of 30 cm between plants with 60 cm spacing between terraces. In the study, we used biofertilizer, seaweed (algae) extract and

inorganic fertilizer. The plants were harvested on December 15.2020. The microorganisms contained in biofertilizers have the potency to convert nutrient elements from complex form to obtainable form via different biological processes. There are many species of microorganisms, like predominant populations of lactic acid, yeasts, smaller numbers of photosynthetic bacteria, bacteria, actinomycetes and many other types of organisms selected for preparation of biofertilizers (Woodward, 2003). The Corabac product contains selected strains of bacteria such as *Azotobacter* and *Bacillus megaterium*. Table 1 illustrates the chemical and physical properties of Corabac fertilizer (Saleem and Ali, 2021).

Table 1. Physical and chemical properties of Corabac fertilizer

Content of material availability	Units	Amounts
<i>Azotobacter</i> <i>Bacillus megaterium</i>	%	1.0
Gardened cultured	%	2.0
Riolete granules	%	97.0

Seaweed extracts are rich in complex polysaccharides, fatty acids, plant hormones, various vitamins and nutrient elements that assist plant to exhibit high performance and productivity (Battacharyya et al., 2015). Bioactive compounds contained in algae were showed excellent ability to promote plant growth. These compounds positively influence metabolic activities such as photosynthesis, biosynthesis of nucleic acid and nutrient absorption (Tarraf et al., 2015). Table 2 shows chemical analysis and amino acid content of algal extract (Tarraf et al., 2015).

Table 2. Chemical analysis and amino acid content of algal extract

Content of material availability	Units	Amounts
Amino acid	%	16.00
Nitrogen	%	10.24
Phosphorus	%	3.40
Potassium	%	1.50

### Methods

The study comprised of soil drenching of the biofertilizer (Corabac) at three concentrations (0, 5 and 10 g L<sup>-1</sup>) and foliar sprayed of seaweed

extract (Alga Seaweed) (algae) at three concentrations (0, 4 and 8 ml L<sup>-1</sup>) and inorganic fertilizer applied at two rates (0 and 1 g L<sup>-1</sup>) of NPK (10:10:10) and their interactions. The first spray and soil drenching was done on November 25<sup>th</sup> 2020 with ten days' interval between each spray. The second spray was done on October 5<sup>th</sup> 2020 and the third one was performed on October 15<sup>th</sup> 2020. The following parameters were measured:

#### *Vegetative growth parameters*

The plants were harvested by cutting at the soil level on 30.01.2021. The leaves were counted by separating them from the stem. The plant was weighed on a precision scale for head weight. Leaf area was measured by leaf area meter. Chlorophyll index was determined from inner, middle and outer leaves by Chlorophyll Meter, SPAD-502, Konica Minolta after 45 days from transplanting. Stem length was determined by measuring bar from full-physiologically grown stems of plants.

Yield per square meter was calculated by equation 1 given below;

$$\text{Yield} = \frac{\text{Yield of experiment unit (kg)}}{\text{Area of experimental unit}} \quad (1)$$

#### *Mineral contents in leaves*

The total nitrogen percentage was measured based on the modified method of Kjeldahl and the analysis was attained by using the Microkjeldahl equipment (A.O.A.C., 1980) that cited by Black (1965). The Phosphorus content (%) was determined in leaves of lettuce depending upon the colorimetric methods and the spectrophotometer equipment was utilized for this purpose (Matt, 1970). Potassium percentage (%) was measured according to flame method by use of Flame photometer instrument (A.O.A.C., 1970 and Al -Sahaf, 1989).

#### *Statistical analysis*

The factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) was used for treatment

arrangement and the study included 18 treatments (2 × 3 × 3 = 18), each treatment was replicated three times and each treatment was represented by 14 plants. The data were analyzed using (SAS, 2010) program.

## **Results and Discussion**

### *Vegetative growth parameters*

#### *Number of leaves*

According to the results showed in the Table 3, effect of soil application of biofertilizer and foliar spraying of seaweed extracts and inorganic fertilizer were significant on number of leaves of lettuce. Seaweed treatments significantly increased the number of leaves compared to the control. While the maximum number of leaves (56.00) was obtained from the 4 g L<sup>-1</sup> seaweed dose, it was in the same statistical group with the 8 g L<sup>-1</sup> dose (55.72). Also, the number of leaves increased significantly with the increase of biofertilizer doses. The highest number of leaves (57.06) was obtained from the dose of 10 g L<sup>-1</sup> of biofertilizer, and the lowest number of leaves (53.83) was determined in the control application (0 g L<sup>-1</sup>). But, application of inorganic fertilizers adversely affected the number of leaves. The most number of leaves was in control application (0 g L<sup>-1</sup> of inorganic fertilizer) with 56.82 .

All of interactions had a significantly influence on leaf number. Application of inorganic fertilizer (0 g L<sup>-1</sup>) and seaweed (0 g L<sup>-1</sup>) gave the most leaf number (57.11 pieces). The least leaf number (50.22 pieces) was taken from application of inorganic fertilizer (1 g L<sup>-1</sup>) and seaweed (0 g L<sup>-1</sup>). The peak mean number of leaf for biofertilizer \* seaweed interaction (58.33 and 58.00 pieces) was counted in plants supplied with 4 and 8 g L<sup>-1</sup> algae extract and 10 g L<sup>-1</sup> bio fertilizer, while the lowest value was seen in the control application (52.00 pieces). For the interference between biofertilizer and inorganic fertilizer, 10 g L<sup>-1</sup> of biofertilizer and no inorganic dose resulted in the highest leaf number per plant (59.56).

Table 3. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on number of leaves per plant of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Chemical* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	49.67 g	55.67 b-e	52.00 fg	52.44 d	<b>53.44 b</b>
With	5	51.33 fg	53.33 ef	55.33 c-e	53.33 cd	
With	10	49.67 g	56.67 b-d	57.33 a-d	54.56 bc	
Without	0	54.33 d-f	53.00 ef	58.33 a-c	55.22b	<b>56.82 a</b>
Without	5	57.00 a-d	57.33 a-d	52.67 e-g	55.67 b	
Without	10	60.00 a	60.00 a	58.67 ab	59.56 a	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>53.67 b</b>	<b>56.00 a</b>	<b>55.72 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	50.22 d	55.22 bc	54.89 c		
	Without	57.11 a	56.78 ab	56.56 a-c		
Biofertilizer *Seaweed	0	52.00 c	54.33 b	55.17 b	<b>0</b>	<b>53.83 b</b>
	5	54.17 b	55.33 b	54.00 bc	<b>5</b>	<b>54.50 b</b>
	10	54.83 b	58.33 a	58.00 a	<b>10</b>	<b>57.06 a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

The triple combinations among the three factors at 10 g L<sup>-1</sup> of biofertilizer plus 4 g L<sup>-1</sup> of algal extract plus no inorganic rate and at 10 g L<sup>-1</sup> of biofertilizer plus 0 g L<sup>-1</sup> of algal extract plus no inorganic rate produced the greatest average value (60.00) in comparison with other treatments.

**Leaf area**

The leaf area of lettuce exhibited no improvement in attribution to the individual doses of biofertilizer, the inorganic fertilizer and algal extract. Seaweed doses had a negative effect on leaf area and the largest leaf area was measured with 38.01 cm<sup>2</sup> in the control application containing 0 g L<sup>-1</sup> seaweed. The same effect was also true for biofertilizer that resulted in the maximum leaf area of 38.04 cm<sup>2</sup> at 5 g L<sup>-1</sup>

that was not differed from 37.91 produced by 0 g L<sup>-1</sup> dose. Application of inorganic fertilizer to lettuce suppressed leaf area and the largest leaf area was seen in control.

Concerning the dual interaction between seaweed and inorganic fertilizer, there were significant differences in leaf areas and the highest leaf area (39.74 cm<sup>2</sup>) was measured in plants that took 0 g L<sup>-1</sup> doses of both fertilizers. The combination of 0 g L<sup>-1</sup> biofertilizer and 8 g L<sup>-1</sup> algae extract with 5 g L<sup>-1</sup> biofertilizer and 0 g L<sup>-1</sup> seaweed resulted in the highest leaf area (39.89 cm<sup>2</sup>). The inorganic fertilizer-biofertilizer interaction had important effect on leaf area. The largest leaf area (39.66 cm<sup>2</sup>) was obtained from the inorganic dose (1 g L<sup>-1</sup>) plus biofertilizer at level of (5 g L<sup>-1</sup>).

Table 4. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on leaf area (cm<sup>2</sup>) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	34.28 hi	37.53 f	39.27de	37.03 c	<b>36.91 b</b>
With	5	34.05 hi	41.79 c	43.13 b	39.66 a	
With	10	40.49 d	33.84 i	27.80 g	34.04 d	
Without	0	38.97 e	36.83 f	40.50 d	38.79 b	<b>37.81 a</b>
Without	5	45.09 a	35.67 g	28.50 j	36.40 c	
Without	10	35.15 gh	39.97de	39.58 de	38.23 b	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>38.01 a</b>	<b>37.62 a</b>	<b>36.46 b</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	36.27 c	37.72 b	36.73 c		
	Without	39.74 a	37.51 b	36.20 c		
Biofertilizer *Seaweed	0	36.63d	37.21 cd	39.89 a	<b>0</b>	<b>37.91 a</b>
	5	39.60 a	38.73 b	35.82 e	<b>5</b>	<b>38.04 a</b>
	10	37.82 c	36.91 d	33.69 f	<b>10</b>	<b>36.14 b</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.



On the other hand, the complex (triple) dose of the fertilizers affected the leaf area of lettuce. The peak leaf area (45.09 cm<sup>2</sup>) was found in plants treated with no inorganic fertilizer, algal extract at (0 g L<sup>-1</sup>) and biofertilizer at (5 g L<sup>-1</sup>) whereas the smallest leaf area (27.80 cm<sup>2</sup>) was measured for leaves of plants given inorganic fertilizer + algal extract at (8 g L<sup>-1</sup>) + biofertilizer at (10 g L<sup>-1</sup>) in comparison with the other treatments (see Table 4).

**Chlorophyll content**

The soil drenching of biofertilizer and foliar feeding of inorganic fertilizer and seaweed caused

no amelioration in the chlorophyll content of lettuce. The individual levels of the three factors were not supreme in enhancing chlorophyll content of leaves and the chlorophyll content located between (31.03 %) and (31.55 %). Similarly, the double levels of fertilizers drove to no remarkable increment in the chlorophyll content in comparison with control. The triple interaction inorganic fertilizer \* algal extract \* biofertilizer at no inorganic fertilizer and biofertilizer along with algal extract at level of (8 g L<sup>-1</sup>) gave the maximum chlorophyll content (32.43 %) surpassing other treatments as shown in the Table 5.

Table 5. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on chlorophyll content (%) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	32.07 ab	30.30 ab	32.43 a	31.60 a	<b>31.34 a</b>
With	5	30.10 ab	31.07 ab	31.47 ab	30.88 a	
With	10	31.37 ab	31.93 ab	31.30 ab	31.53 a	
Without	0	32.27 ab	31.23 ab	31.00 ab	31.50 a	<b>31.03 a</b>
Without	5	31.57 ab	30.90 ab	30.83 ab	31.10 a	
Without	10	29.17 b	32.40 a	29.93 ab	30.50 a	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>31.09 a</b>	<b>31.31 a</b>	<b>31.16 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	31.18 a	31.10 a	31.73 a		
	Without	31.00 a	31.51 a	30.59 a		
Biofertilizer *Seaweed	0	32.17 a	30.77 a	31.72 a	<b>0</b>	<b>31.55 a</b>
	5	30.83 a	30.98 a	31.15 a	<b>5</b>	<b>30.99 a</b>
	10	30.27 a	32.17 a	30.62 a	<b>10</b>	<b>31.02 a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

**Stem length**

The data displayed in the Table 6 indicates effects on stem length of lettuce in ascription of foliar feeding of inorganic fertilizer and seaweed extracts and soil addition of biofertilizer. The

singular impact of the biofertilizer and the algal extract was not significant on stem length and it changed between 13.34 and 14.14 cm. For inorganic fertilizer dose the longest stem length was recorded 14.21 cm.

Table 6. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on stem length (cm) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	13.83 ab	15.38 a	14.10 ab	14.43 a	<b>14.21 a</b>
With	5	12.87 b	14.90 ab	14.43 ab	14.07 ab	
With	10	13.73 ab	14.47 ab	14.17 ab	14.12 ab	
Without	0	13.23 ab	13.00 b	12.77 b	13.00 b	<b>13.30 b</b>
Without	5	12.80 b	12.80 b	13.17 ab	12.92 b	
Without	10	13.60 ab	14.30 ab	14.00 ab	13.97 ab	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>13.34 a</b>	<b>14.14 a</b>	<b>13.77 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	13.48 b	14.91 a	14.23 ab		
	Without	13.21 b	13.37 b	13.31 b		
Biofertilizer *Seaweed	0	13.53 ab	14.18 ab	13.43 ab	<b>0</b>	<b>13.72 a</b>
	5	12.83 b	13.85 ab	13.80 ab	<b>5</b>	<b>13.49 a</b>
	10	13.67 ab	14.38 a	14.08 ab	<b>10</b>	<b>14.04 a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

Regarding the binary effect of factors, the dual interference between inorganic dose and seaweed extract dose, the average longest stem (14.91 cm) was owned by plants received seaweed at level of (4 g L<sup>-1</sup>) along with inorganic dose. In state of interaction between biofertilizer and seaweed extract, the best stem length average (14.38 cm) was measured in plants supplied with biofertilizer at level of 10 g L<sup>-1</sup> plus seaweed extract at level of 4 g L<sup>-1</sup> in comparison with other treatments. In the inorganic fertilizer\*biofertilizer interaction, the longest stem (14.43 cm) was obtained from control plants.

The complex interaction among the fertilizers was important. The longest stem (15.38 cm) was recorded from application of inorganic fertilizer dose + seaweed extract at 4 g L<sup>-1</sup> + biofertilizer at 0 g L<sup>-1</sup>.

*Yield parameters*

*Head weight*

The data analysis revealed significant variations in lettuce head weight owed to treating with bofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer (Table 7). For individual doses, the seaweed exhibited supremacy over control and the

heaviest head was 1.19 kg in plants treated with 8 g L<sup>-1</sup> of the algal extract. The same superiority was found for the increased doses of biofertilizer in term of the biggest average head (1.19 kg) that was weighed for plants treated with 8 g L<sup>-1</sup> of the algal extract. The single effect of inorganic fertilizer did not show efficacy in ameliorating the head weight.

In state of seaweed \* inorganic fertilizer interaction, the most average head weight (1.22 kg) was measured for plant given 8 g L<sup>-1</sup> algal extract and inorganic fertilizer compared with other treatments.

For seaweed \* bio fertilizer interaction, the heaviest average of head weight (1.25 kg) was estimated for plants delivered algal extract at level of 8 g L<sup>-1</sup> and biofertilizer at level of 10 g L<sup>-1</sup> over other treatments whereas the highest average (1.22 kg) was possessed by plants given inorganic fertilizer dose plus biofertilizer at 10 g L<sup>-1</sup> when compared with other treatments.

Relevant to triple interaction, the peak head weight average (1.27 kg) was determined in plants provided with the inorganic fertilizer and the algal extract at 8 g L<sup>-1</sup> as well as biofertilizer at 10 g L<sup>-1</sup>.

Table 7. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on head weight (kg) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	1.025 d	1.18 a-d	1.15 a-d	1.12 cd	<b>1.18 a</b>
With	5	1.09 b-d	1.23 ab	1.25 ab	1.19 a-c	
With	10	1.19 a-c	1.21 a-c	1.27 a	1.22 a	
Without	0	1.12 a-d	1.14 a-d	1.13 a-c	1.13 b-d	<b>1.14 a</b>
Without	5	1.06 cd	1.13 a-d	1.10 b-d	1.09 d	
Without	10	1.23 ab	1.15 a-d	1.23 ab	1.20 ab	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>1.12 b</b>	<b>1.17 ab</b>	<b>1.19 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	1.10 c	1.20 ab	1.22 a		
	Without	1.13 bc	1.14	1.16 a-c		
Biofertilizer *Seaweed	0	1.071 d	1.158 a-d	1.14 b-d	<b>0</b>	<b>1.12 b</b>
	5	1.075 cd	1.175 a-d	1.17 a-d	<b>5</b>	<b>1.14 b</b>
	10	1.208 ab	1.179 a-c	1.25 a	<b>10</b>	<b>1.21 a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

*Yield*

Results in the Table 8 indicated statistically significant differences in the yield (kg m<sup>-2</sup>) in response to the treatment with the inorganic fertilizer, the biofertilizer and the seaweed along

with their interactions. The sole dose of seaweed at 8 g L<sup>-1</sup> led to produce the best average (4.75 kg m<sup>-2</sup>) over control. The same efficiency was seen for the single dose of biofertilizer and the highest average (4.85 kg m<sup>-2</sup>) was measured for plants

treated with 10 g L<sup>-1</sup> of the biofertilizer compared to other doses. The single rate of inorganic fertilizer has had no magnitude influence on yield (kg m<sup>-2</sup>).

The twin interaction between all fertilizers improved yield. In inorganic fertilizer \* seaweed interaction, the highest average yield (4.89 kg m<sup>-2</sup>) was ascribed to inorganic dose plus 8 g L<sup>-1</sup> of algal extract. The same effectiveness was given by seaweed \* biofertilizer interaction and the

highest average yield (5.00 kg m<sup>-2</sup>) was resulted from seaweed at 8 g L<sup>-1</sup> and biofertilizer at 10 g L<sup>-1</sup> over the other treatments. About inorganic fertilizer \* biofertilizer, the maximum average (4.89 kg m<sup>-2</sup>) was yielded by plants received the inorganic fertilizer dose plus biofertilizer at 10 g L<sup>-1</sup>.

In respect to the triple combination, the highest yield (5.07 kg m<sup>-2</sup>) was in plants treated with inorganic fertilizer + algal extract at 8 g L<sup>-1</sup> + biofertilizer at 10 g L<sup>-1</sup>.

Table 8. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on yield (kg.m<sup>2</sup>) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	4.10 d	4.70 a-d	4.60 a-d	4.47 cd	<b>4.70 a</b>
With	5	4.37 b-d	4.90 ab	4.99 ab	4.75 a-c	
With	10	4.77 a-c	4.83 a-c	5.07 a	4.89 a	
Without	0	4.47 a-d	4.57 a-d	4.53 a-d	4.52 b-d	<b>4.57 a</b>
Without	5	4.23 cd	4.50 a-d	4.40 b-d	4.38 d	
Without	10	4.90 ab	4.60 a-d	4.93 ab	4.81ab	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>4.47 b</b>	<b>4.68 ab</b>	<b>4.75 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	4.41 c	4.81 ab	4.89 a		
	Without	4.53 bc	4.56 a-c	4.62 a-c		
Biofertilizer *Seaweed	0	4.28 d	4.63 a-d	4.57 b-d	<b>0</b>	<b>4.49 b</b>
	5	4.30 dc	4.70 a-d	4.70 a-d	<b>5</b>	<b>4.57 b</b>
	10	4.83 ab	4.72 a-c	5.00 a	<b>10</b>	<b>4.85 a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

*Mineral content*

*Nitrogen*

The effect of seaweed and biofertilizer applications on the nitrogen content of the leaves was found to be significant, while the effect of inorganic fertilizer application was found to be nonsignificant. When the dose of the applied seaweed increased, the nitrogen content in the leaves also increased, and the highest nitrogen

content was obtained from the application with 8 g L<sup>-1</sup>. In the biofertilizer application, while the highest nitrogen content was obtained from the control application (0 g L<sup>-1</sup>), 10 g L<sup>-1</sup> biofertilizer application followed the control application. The effect of inorganic fertilizer application on nitrogen content was not observed and they were in the same group statistically.

Table 9. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on nitrogen content (%) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	1.87 c-e	2.06 a-c	2.17 ab	2.03 a	<b>1.82 a</b>
With	5	1.64 e	1.18 f	2.00 a-c	1.61 c	
With	10	1.92 b-e	1.64 e	1.92 b-d	1.83 b	
Without	0	2.20 a	2.08 a-c	2.09 a-c	2.12 a	<b>1.88 a</b>
Without	5	1.38 f	1.69 de	1.36 f	1.48 c	
Without	10	1.70 de	2.19 ab	2.27 a	2.05 a	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>1.78 b</b>	<b>1.81 b</b>	<b>1.97 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	1.81 b	1.63 c	2.03 a		
	Without	1.76 bc	1.98 a	1.91 ab		
Biofertilizer *Seaweed	0	2.04 ab	2.07 ab	2.13 a	<b>0</b>	<b>2.08 a</b>
	5	1.51 ef	1.43 f	1.68 de	<b>5</b>	<b>1.54 c</b>
	10	1.81 cd	1.91 bc	2.10 ab	<b>10</b>	<b>1.94 b</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

As seen in Table 9, all bilateral interactions were found to be significant. In the inorganic fertilizer \*seaweed interaction, the highest nitrogen content was obtained from the inorganic fertilizer plus 8 g L<sup>-1</sup> seaweed application and the inorganic fertilizer-free plus 4 g L<sup>-1</sup> seaweed application. In the biofertilizer \*seaweed interaction, the highest nitrogen content was determined in the application of 0 g of the biofertilizer and 8 g L<sup>-1</sup> of seaweed. The highest nitrogen content in the inorganic fertilizer\*biofertilizer interaction was determined in the control application where the inorganic fertilizer and biofertilizer were 0 g L<sup>-1</sup>. This application was followed by inorganic fertilizer 0 g L<sup>-1</sup> plus biofertilizer 10 g L<sup>-1</sup> and inorganic fertilizer plus 0 g L<sup>-1</sup> biofertilizer applications.

In connection with the complex combination among fertilizers, the greatest average percentage (2.27 %) was determined in plants without the inorganic fertilizer dose and seaweed at (8 g L<sup>-1</sup>) plus biofertilizer (10 g L<sup>-1</sup>). The minimum average percentage (1.18 %) was obtained in application of inorganic fertilizer + biofertilizer (5 g L<sup>-1</sup>) + algal extract (4 g L<sup>-1</sup>).

**Phosphorus**

The effect of inorganic fertilizer, seaweed and biofertilizer applications on phosphorus content

was found to be statistically significant (Table 10). The highest phosphorus content (0.29%) was obtained from the plants applied with inorganic fertilizers while the maximum phosphorus content (0.30 %) was found in plants recieved seaweed at 8 g L<sup>-1</sup>.

In biofertilizer \* seaweed interaction, the highest phosphorus content (0.37%) was obtained from biofertilizer at 10 g L<sup>-1</sup> and seaweed at 4 g L<sup>-1</sup>. All binary interactions on phosphorus content were significant. In the inorganic fertilizer \* seaweed interaction, the highest phosphorus content (0.34 %) was determined in the plants applied with inorganic fertilizer and 8 g L<sup>-1</sup> seaweed. In the biofertilizer \* seaweed interaction, the highest phosphorus content (2.03 %) was determined in the application of 10 g L<sup>-1</sup> biofertilizer + 4 g L<sup>-1</sup> seaweed. In the inorganic fertilizer \* biofertilizer interaction, the highest phosphorus content (0.37 %) was determined in the application of inorganic fertilizer and 10 g L<sup>-1</sup> biofertilizer.

In the triple interaction, the highest phosphorus content was (0.42%) obtained in application of inorganic fertilizer + 10 g L<sup>-1</sup> biofertilizer and 0 g L<sup>-1</sup> seaweed, while the lowest phosphorus content (0.12%) was detected in application of inorganic fertilizer + 4 g L<sup>-1</sup> seaweed and 0 g L<sup>-1</sup> biofertilizer.

Table 10. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on phosphorus content (%) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic* Biofertilizer	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	0.33 d	0.12 k	0.32 d	0.26 d	<b>0.29 a</b>
With	5	0.19 h	0.17 i	0.36 c	0.24 e	
With	10	0.42 a	0.33 d	0.35 c	0.37 a	
Without	0	0.21 g	0.35 c	0.39 b	0.32 b	<b>0.28 b</b>
Without	5	0.29 e	0.21 g	0.14 j	0.21 f	
Without	10	0.28 e	0.40 ab	0.24 f	0.31 c	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>0.29 b</b>	<b>0.26 c</b>	<b>0.30 a</b>	<b>Biofertilizer (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic *Seaweed	With	0.31 b	0.22 d	0.34 a		
	Without	0.26 c	0.32 b	0.26 c		
Biofertilizer *Seaweed	0	0.27 d	0.24 f	0.36 ab	<b>0</b>	<b>0.29 b</b>
	5	0.24 ef	0.19 g	0.25 e	<b>5</b>	<b>0.23 c</b>
	10	0.35 b	0.37 a	0.29 c	<b>10</b>	<b>0.34a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

**Potassium**

The effect of inorganic fertilizer and seaweed applications on potassium content was

insignificant, but the effect of biofertilizer application was significant (Table 11). The highest potassium content (5.32 %) was determined in

the application of 10 g L<sup>-1</sup> biofertilizer. The effect of bilateral interactions on potassium content was found to be significant. In the inorganic fertilizer \* seaweed interaction, the highest potassium content (5.33 %) was determined in the 0 g L<sup>-1</sup> application of inorganic fertilizers and seaweed. In biofertilizer \* seaweed application, the highest potassium content (5.52 %) was obtained from (0 g L<sup>-1</sup>) dose of seaweed and (10 g L<sup>-1</sup>) dose of Corabac. In the inorganic fertilizer \* biofertilizer interaction, the highest potassium content (5.47

%) was found in 0 g L<sup>-1</sup> application of inorganic fertilizer and 10 g L<sup>-1</sup> application of biofertilizer. The triple interaction was found to be statistically significant, and the highest potassium content was obtained from the application where inorganic fertilizer and seaweed were 0 g L<sup>-1</sup>, and biofertilizer was 10 g L<sup>-1</sup>. The lowest potassium content was determined in the application of 1 g L<sup>-1</sup> inorganic fertilizer + 0 g L<sup>-1</sup> seaweed + 5 g L<sup>-1</sup> biofertilizer.

Table 11. Effect of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer on potassium content (%) of lettuce

Inorganic fertilizer	Biofertilizer Corabac (g L <sup>-1</sup> )	Seaweed (g L <sup>-1</sup> )			Inorganic fertilizer * Corabac	Inorganic fertilizer
		0	4	8		
With	0	5.62 a-c	5.03 a-d	4.75 b-d	5.13 ab	<b>4.98 b</b>
With	5	4.19 d	4.87 b-d	4.80 b-d	4.62 b	
With	10	5.09 a-d	5.06 a-d	5.37 a-c	5.17 a	
Without	0	4.81 b-d	4.81 b-d	5.42 a-c	5.01 ab	<b>5.15 a</b>
Without	5	5.21 a-c	5.03 a-d	4.65 cd	4.96 ab	
Without	10	5.96 a	5.67 ab	4.77 b-d	5.47 a	
<b>Seaweed (g L<sup>-1</sup>)</b>		<b>5.15 a</b>	<b>5.08 a</b>	<b>4.96 a</b>	<b>Biofertilizer Corabac (g L<sup>-1</sup>)</b>	
Inorganic fertilizer * Seaweed	With	4.97 a	4.99 a	4.97 a		
	Without	5.33 a	5.16 a	4.95 a		
Corabac * Seaweed	0	5.21 ab	4.92 ab	5.09 ab	<b>0</b>	<b>5.07 ab</b>
	5	4.70 b	4.94 ab	4.72 b	<b>5</b>	<b>4.79 b</b>
	10	5.52 a	5.36 ab	5.07 ab	<b>10</b>	<b>5.32 a</b>

Different letters indicate significant differences at P<0.05 by Duncan test.

The insignificant impact of the three factors on chlorophyll content and leaf area could be due to good soil fertility of the plastic house after field preparation and addition of organic manure. The improved stem length and leaf number and yield traits could attribute to the effect of seaweed extracts, which contain numerous beneficial molecules such as complex polysaccharides, plant growth regulators, fatty acids, betaine-like compounds, different vitamins and a variety of macro and micronutrients that help the plant to grow optimally with better yield (Battacharyya et al., 2015).

Furthermore, the beneficial influence may have resulted from the activity of microorganisms contained in the biofertilizer product.

It is enriched with *Azotobacter* and *Bacillus megaterium* microbial agents that increase soil

fertility via decomposition of organic material into organic matter that acts like a nutrient, thereby increasing nutrient availability for plant as well as their works as regulators of the suitable progress of plant outgrowth and productivity (Bhat et al., 2015). On the other hand, the inorganic fertilizer NPK may also has contributed to ameliorated foliage growth and yield of lettuce through providing N, P, and K required for plant growth and productivity. The results agree with Ahmed et al., (2000) on effect of biofertilizer on lettuce plants, Chrysargyris et al. (2018) on effect of seaweed on cut lettuce and Nermadodzi et al. (2017) on the influence of NPK fertilizer on baby spinach.

Bender Özenç and Şen (2017) reported that the application of liquid seaweed to grafted and ungrafted tomato plants under greenhouse

conditions positively affects plant growth. In addition, they reported that liquid seaweed applications increased the availability of nutrients, optimizing their delivery to the needed tissues, and the increased yield is due to this effect. Kiraci et al. (2013) reported that the use of microbial fertilizers in organic carrot cultivation increased the quality. Crouch et al. (1990) investigated the effect of liquid algae extract on growth and nutrient content of lettuce and it was noted that algae extract increased the product amount and the amount of Ca, K, Mg in the leaves. Crouch and Staden (1992) applied seaweed extract from soil and leaves to tomato seedlings and reported that soil application during the seedling period and foliar application during the flowering period gave better results, and the algae extract increased the plant fresh weight and root weight. Abetz and Young (1983) reported increased yield and head diameter in lettuce and cauliflower plants treated with seaweed. The results of our study are consistent with the literature reported above.

## Conclusion

In recent years, consumers prefer that the product they consume is grown organically and that environmentally friendly techniques are used during production. According to the results obtained, it caused an increase in head weight, yield and nitrogen content depending on the increasing doses of seaweed applied, while it caused a decrease in leaf area. In addition, seaweed application increased the leaf number and phosphorus content compared to the control. The effects of seaweed applications on chlorophyll, stem length and potassium content were found to be statistically insignificant.

With the application of biofertilizer, the number of leaves, yield, head weight, phosphorus and potassium contents increased, and the amount of nitrogen decreased compared to the control. The effects of biofertilizer applications on chlorophyll content and stem length were found to be insignificant.

While inorganic fertilizer application increased the stem length and phosphorus content, decreased the number of leaves and leaf area. The effects of inorganic fertilizer application on chlorophyll content, head weight, yield per square meter, nitrogen and potassium content were found to be insignificant.

Therefore, it is recommended that application of biofertilizer, seaweed and inorganic fertilizer, especially in combination, is essential for optimum production of lettuce crop with more scientific research to be carried out in this field.

## Acknowledgements

This study was prepared from Azad Abdullah MOHAMMED's Master Thesis. The authors thank to the Research Center, General directorate of Agriculture of the City of Duhok, Duhok Governorate for their helps

**Conflict of Interest:** Authors have declared no conflict of interest.

**Author Contributions:** AAM, SS and TZS designed the study and set up the trials, AAM conducted the study, AAM, SS and TZS analyzed the data and wrote the manuscript.

## References

- Abetz, P., & Young, C. (2009). The effect of seaweed extract sprays derived from *Ascophyllum nodosum* on lettuce and cauliflower crops. *Botanica Marina*, 26(10), 487-492.
- Ahmed, A.H., Mishriky, J.F., & Khalil, M. K. (2000). Reducing nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants by using different biofertilizers. *ICEHM2000*, Cairo University, (pp: 509-517), September, Egypt.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Bender Özenç, D., & Şen, O., 2017. Aşılı ve aşısız domates yetiştiriciliğinde sıvı yosun gübresi kullanımının verim ve beslenme üzerine etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4 (3), 21-258.
- Bhat, T. A., Ahmad, L., Ganai, M. A., & Khan, O. A. (2015). Nitrogen fixing bio fertilizers; mechanism and growth promotion: A Review. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(2), 1675-1690.
- Cevheri, C.İ., Yılmaz, A. & Beyyavaş, V. (2021). Harran Ovası koşullarında yetiştirilen bazı pamuk (*Gossypium*

- hirsutum* L.) çeşitlerine uygulanan organik ve mikrobiyal gübrelerin verim ve verim öğelerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1): 53-64. DOI:10.29050/harranziraat.737298
- Chrysargyris A., Xylia P., Anastasiou M., Pantelides I., & Tzortzakis N. (2018). Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. *J. Sci. Food Agric.*, 98, 5861–5872. doi: 10.1002/jsfa.9139.
- Crouch, I.J., Beckett, R.P., & Staden, J.V. (1990). Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *Journal of Applied Phycology*, 2, 269-272.
- Crouch, I.J., & Staden, J.V. (1992). Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology*, 4, 291-296.
- Craigie J.S. (2011) Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol*, 23, 371–393.
- Ekta, N., Shailaja, P., Pant, S. C., Sandeep, K., Pankaj, B., Bengia, M., & Nautiyal, B. P. (2017). Effect of organic manures and bio-fertilizers on growth, yield, quality and economics of broccoli (*Brassica Oleracea* L. Var. *Italica* Plenck) cv. green head under high-hill conditions of Uttarakhand. *International Journal of Advanced Biological Research*, 7(1), 96-100.
- Liriano González, R., Pérez Ramos, J., Pérez Hernández, Y., Placeres Espinosa, I., Rodríguez Jiménez, S. L., & Peña Alonso, D. (2019). Improvement of the agricultural productivity of lettuce and radish by using efficient microorganisms. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), 8937-8943.
- Hanafy Ahmed, A. H., Mishriky, J. F., & Khalil, M. K. (2002). Reducing nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants by using different biofertilizers. *Annals of Agricultural Science-Cairo*, 47(1), 27-42.
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399.
- Kiracı, S., Gönülal, E., & Padem, H. (2013). Mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü uygulamalarının organik havuç yetiştiriciliğinde kalite parametreleri üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 36-43.
- Lateef, S.M., Alamery, A. A., Alhassaany, M.H., Almosawy, A.N., & Almosawy, M.M. (2019). Role of bio fertilizers and phosphate levels on some growth and yield properties of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Plant Archives*, 19(2), 1564-1568.
- Masarirambi, M. T., Dlamini, P., Wahome, P. K., & Oseni, T. O. (2012). Effects of chicken manure on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) 'Taina' under a lath house in a semi-arid sub-tropical environment. *Agric. & Environ. Sci*, 12(3), 399-406.
- Menamo, M., & Wolde, Z. (2013). Effect of Cyanobacteria application as biofertilizer on growth, yield and yield components of Romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.) on soils of Ethiopia. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)* 4, (1), 50-58.
- Mohamed, M. H. M., & Zewail, R. M. Y. (2016). Partial and full substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer in presence of bio fertilizer and seaweed extract and its influences on productivity and quality of head lettuce plants. *Journal of Plant Production*, 7(6), 545-552.
- Nemadodzi, L. E., Araya, H., Nkomo, M., Ngezimana, W., & Mudau, N. F. (2017). Nitrogen, phosphorus, and potassium effects on the physiology and biomass yield of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.), *Journal of Plant Nutrition*, 40(14), 2033-2044, DOI: 10.1080/01904167.2017.1346121
- Saleem, K., & Ali, K. (2021). Response of two chickpea genotypes to different fertilizers composition and different application forms. *ZIPAS*, 33 (1), 120-130.
- Satekge, T. K., Mafeo, T. P., & Kena, M. A. (2016). Combined effect of effective microorganisms and seaweed concentrate Kelpak® on growth and yield of cabbage. *Transylv. Rev*, 24(8), 1511-1519.
- Shinde, A.A., Kadam, A.S., & Syed, S.J. (2018). Effect of biofertilizers on growth and yield of Spinach (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 524-527.
- Söylemez, S. (2021). The impact of different growth media and ammonium-nitrate ratio on yield and nitrate accumulation in Lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49 (4): 1-14
- Tarraf, Shahira A., Iman M. Talaat, Abo El-Khair B. El-Sayed, Laila K. Balbaa (2015). Influence of foliar application of algae extract and amino acids mixture on fenugreek plants in sandy and clay soils. *Nusantara Bioscience*, 7 (1): 33-37.
- Thirumaran, G., Arumugam, M., Arumugam, R., & Anantharaman, P. (2009). Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus* (1) medikos. *American-Eurasian J. Agronomy* 2(2), 57-66.
- Woodward, D. (2003). Soil and sustainability: Effective microorganisms as regenerative systems in earth healing. MSc. Dissertation. Brighton. Web <http://www.Livingsoil.co.uk/learning/soilsustain.html>.

# Kuraklık ve tuz stresinin *V. vinifera* x *V. rupestris* melezlerinin toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasiteleri üzerine etkileri

## *Effects of drought and salt stress on total phenolic compound and antioxidant capacities of V. vinifera x V. rupestris hybrids*

Damla YÜKSEL KÜSKÜ<sup>1\*</sup>, Gökhan SÖYLEMEZOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5398-1146>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7959-0407>

### To cite this article:

Yüksel Küskü, D. & Söylemezoğlu, G. (2022). Kuraklık ve tuz stresinin *V. vinifera* x *V. rupestris* melezlerinin toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasiteleri üzerine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 72-81.

DOI:10.29050/harranziraat.1018772

\*Address for Correspondence:  
Damla YÜKSEL KÜSKÜ  
e-mail:  
damla.yuksel@bilecik.edu.tr

Received Date:

09.11.2021

Accepted Date:

16.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### Öz

Çalışmada; melezleme ıslahı ile elde edilmiş olan 11 adet Karadimrit x 140 Ruggeri genotipine kuraklık ve tuz stresi uygulanmış, fenolik bileşik ve antioksidan miktarlarındaki değişimler tespit edilmiştir. F1 genotiplerinde tuz uygulamaları sonucunda, yapraklarda ölçülen toplam fenolik bileşik (TFB) içerikleri 13 388-30 093 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA ve antioksidan kapasite (TEAK) miktarları 125.7-301.6 µmol troloks g<sup>-1</sup> KA arasında değerler vermiştir. Kuraklık uygulaması sonuçlarına göre sırasıyla; 17 674-36 706 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA ve 155.2-373.0 µmol troloks g<sup>-1</sup> KA arasında değerler kaydedilmiştir. Tuz ve kuraklık uygulanmış genotiplerden toplam fenolik bileşik miktarlarında en fazla artışı sırasıyla 3. genotip (% 113.0) ve 2. genotip (% 113.0) gösterirken, antioksidan kapasite miktarlarında da en yüksek artış aynı genotiplerde % 133.8 ve % 96.3 değerleri ile meydana gelmiştir. Tuz uygulamaları sonrasında elde edilen sonuçlarda en yüksek değerleri her iki analiz (TFB, TEAK) için de 11. melez, kuraklık uygulamalarında ise 2. melez göstermiştir. Melezlerin tuz ve kuraklık streslerine karşı verdikleri tepkiler farklılık göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Vitis vinifera* L., *V. rupestris*, Kuraklık, Tuzluluk, Fenolik bileşik

### ABSTRACT

In the study; drought and salt stress were applied to 11 Karadimrit x 140 Ruggeri genotypes obtained by crossbreeding, and the changes in the amounts of phenolic compounds and antioxidants were determined. As a result of salt applications in the F1 genotypes, the total phenolic compound (TPC) contents measured in the leaves were 13 388-30 093 mg GAE kg<sup>-1</sup>DW and the antioxidant capacity (TEAC) amounts were between 125.7-301.6 µmol trolox g<sup>-1</sup> DW. According to the results of drought application, respectively; values between 17 674-36 706 mg GAE kg<sup>-1</sup> DW and 155.2-373.0 µmol trolox g<sup>-1</sup> DW were recorded. Among the genotypes treated with salt and drought, the highest increase in total phenolic compounds was observed in the 3rd genotype (113.0%) and the 2nd genotype (113.0%), while the highest increase in antioxidant capacity occurred in the same genotypes with values of 133.8% and 96.3%. In the results obtained after salt applications, the 11th hybrid showed the highest values for both analyzes (TPC, TEAC) and the second hybrid in drought applications. The responses of hybrids to salt and drought stresses differed.

**Key Words:** *Vitis vinifera* L., *V. rupestris*, Drought, Salinity, Phenolic compound

### Giriş

*Vitis vinifera* L. türünün ilk kültüre alındığı alanlardan birisi olan Anadolu (Arroyo-Garcia ve ark., 2006), zaman içerisinde doğal

melezlemelerle ortaya çıkan çok zengin bir asma gen potansiyeline sahiptir. Türkiye’ de 2020 yılı istatistiklerine göre toplam bağ alanı 400 998 hektar, toplam üzüm üretimi ise 4 208 908 tondur



(TÜİK, 2021). 2010-2020 yılı istatistikleri karşılaştırıldığında, yıllar arasında üretimde %1.08' lik bir azalma gözlenirken, bağ alanlarındaki azalışın ise %16.07 olduğu belirtilmiştir. Tarım alanlarında meydana gelen bu azalmaya, tarım alanlarının tarım dışı kullanımı, özellikle son çeyrek yüzyılda ağırlığını gittikçe hissettiren ve önümüzdeki 30 yıl içerisinde ülkemizin de bulunduğu Akdeniz havzasını son derece olumsuz etkileyeceği yapılan uluslararası çalışmalarla ortaya konan iklim değişikliği ve küresel ısınma, bilinçsiz sulama, yeraltı su kaynaklarının ve göllerin yanlış tarımsal ürün desenlerinin seçilmesi nedeniyle azalması, göletlerin kuruması, çoraklaşma ve tuzlanmasının maksimum seviyeye çıkmasına neden olmaktadır.

2021 yılında 7.9 milyar olan dünya nüfusunun, 2050 yılında 9.2 milyar olması beklenmektedir. 2050 yılına kadar, gelişmekte olan ülkelerdeki nüfusun yaklaşık olarak 8 milyar, gelişmiş ülkelerdeki nüfusun ise 1.2 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfus yoğunluğunun ortaya çıkardığı en büyük zorluklardan birisi de besin kaynağı kıtlığıdır. Araştırmacılara göre, 2050 yılına kadar birim arazi başına 1.5 kat daha fazla gıda üretilmesi gerekmektedir (George Silva, 2018).

Sadece ülkemizde değil, dünyanın pek çok bölgesinde son yıllarda önemli derecede etkisini görmeye başladığımız küresel ısınmanın neredeyse tüm tarımsal ürünleri tehdit etmesi ve nüfusun hızlı artışı bir arada incelendiğinde, kullanılabilir tarım arazilerinden en yüksek verimi ve kaliteyi alabilmek amacıyla, son çeyrek asırda bilimsel çalışmaların çoğu abiyotik stres şartlarına adapte olabilecek çeşit ve anaçların ıslahı konusuna yoğunlaşmıştır (Fidan, 1985; Eriş, 1992).

Özellikle geleneksel tıpta asma yapraklarının tedavi edici etkisinden bahsedilirken (Marušić, 1990; Lardos ve Kreuter, 2000; Orhan ve ark., 2009; Dani ve ark., 2010), yaprakların günümüzdeki kullanımı düşük seviyede olup, kimyasal bileşimi ve özellikleri hakkında bilgi yetersizdir. Yaprakların polifenolik içerikleri hakkındaki bilgilerin azlığı, fenolik bileşiklerin potansiyel olarak zengin bir kaynağı olan bu bitki materyali hakkında araştırma ihtiyacını ortaya

çıkarmaktadır (Jaradat ve ark., 2017).

2007-2008 yıllarında melezleme ıslahı ile başlatılan çalışmada, Karadimrit x 140 Ru melezlemeleri sonucunda elde edilen F1 melezlerinin, abiyotik stres koşullarından kuraklık ve tuza tolerant/dayanıklılıkları tespit edilmeye çalışılmıştır (Çakır 2011). Yapılan uygulamalar sonrasında gelişimine devam ederek anaç/çeşit adayı olma ihtimali olan ümitvar melezler ıslah parseline aktarılmışlardır.

Bu çalışma ile; 2007-2008 yıllarında melezleme ıslahı ile elde edilmiş olan (Çakır, 2011) ve anaç/çeşit özellikleri bakımından ümitvar olarak seçilen 11 adet Karadimrit x 140 Ru meleze tuz ve su (kuraklık) stresi uygulanmış ve strese karşı tepkilerin toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasite miktarlarında meydana getirdiği değişimlerin spektrofotometrik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Ebeveyn olarak kullanılan ve F1' ler gibi kuraklık ve tuz uygulamalarına tabi tutulan Karadimrit çeşidi (*V. vinifera*) ve 140 Ru anacı (*V. rupestris*) yapraklarının, daha önce fenolik bileşik içerik belirleme çalışmalarında materyal olarak kullanılmamış olması ve aynı ebeveynlere sahip F1' lerin strese verdikleri tepkilerin spektrofotometrik ölçümlerle karşılaştırılması amacıyla yapılan çalışma ve elde edilen sonuçlar ile literatüre katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

## Materyal ve Metot

Araştırmada bitkisel materyal olarak; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kalecik Bağcılık Araştırma ve Uygulama İstasyonu (40° 06' 44.5 Kuzey Enlemi; 33° 25' 43.3 Doğu Boylamı; Rakım: 700 m) ıslah parselinde bulunan ve ülkemizin önemli yerli üzüm çeşitlerinden olan Karadimrit üzüm çeşidinin kurağa ve kirece dayanıklı olan 140 Ru Amerikan asma anacı ile melezinden elde edilen 11 omcadan alınan çelikler kullanılmıştır. Çelik alınan omcalar etiketlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Alınan çelikler dikime kadar muhafaza edilmek üzere sıcaklığı 4 °C, nispi nemi ise % 96 olan soğuk hava deposuna konmuşlardır. Çelikler 2 gözlü olarak dikime hazırlanmış, her genotip için

3 tekerrürlü ve her tekerrürde 1 bitki olacak şekilde, Perlit (1) + Torf (1) + Cocopeat (1) karışımı ile doldurulmuş siyah polietilen fidan poşetlerine (11x22 cm) dikilmişlerdir. Dikilen çelikler sıcaklık ve nem kontrollü seraya aktarılmıştır. Dikim sonrasında, çeliklerin düzenli olarak sulama (pH:7.3, EC:83.7  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ ), gübreleme, hastalık ve zararlı kontrolleri yapılarak sağlıklı bir şekilde gelişimleri sağlanmıştır. Kuraklık uygulaması ve tuz uygulaması için denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış, uygulamaların eş zamanlı yürütülmesi amacıyla aynı omcalara ait çeliklerle fakat her iki uygulama için de ayrı ayrı kurulmuştur. 11 melez genotipte kuraklık stresi uygulaması için 3 x 1 ve tuz stresi uygulaması için 3 x 1 bitki materyali köklendirilerek fidan haline getirilmiştir.

Bu çalışma ile, Karadimrit x 140 Ru melezlemesinden elde edilen 11 melez genotipin, stres başında ve stres sonunda alınan yaprak örnekleriyle fenolik bileşik ve antioksidan kapasite değerlerinin belirlenmesi ve stres uygulamalarına bağlı olarak yaprakta meydana gelen stres başı-stres sonu miktar değişimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

#### *Kuraklık uygulamaları*

Kuraklık uygulaması ebeveynler (Karadimrit ve 140 Ru) ve F1 bitkilerine 15 gün süreyle su verilmeyerek gerçekleştirilmiştir. 15 gün sürecek olan kuraklık stresi bitkilerin son kez sulanması ile başlatılmış ve ilk yaprak örnekleri alınmıştır. 0. gün (kontrol) ve 15 gün sonunda alınan yaprak örnekleri sıvı azot ile şoklandıktan sonra ekstraksiyon tarihine kadar -40 °C' de muhafaza edilmiştir (Cramer ve ark., 2007).

#### *Tuz uygulamaları*

Tuz uygulaması, bitki başına 100 mL su için; 120 mM NaCl ve 12 mM CaCl<sub>2</sub> (Tattersall ve ark., 2007) ile 5 günde bir yapılan sulamalarla gerçekleştirilmiştir. Her bitki için 100 mL tuzlu su, şırınga yardımı ile bitki kök bölgesine verilmiştir. İlk tuz uygulaması son sulamadan 24 saat sonra (0. gün) yapılmıştır. Uygulama 5 kez tekrarlamıştır. Tuz uygulaması süresince bitkilere tuzlu su

haricinde su verilmemiştir. 0. gün ve 20. gün sonunda alınan yaprak örnekleri sıvı azot ile şoklandıktan sonra ekstraksiyon tarihine kadar -40 °C' de muhafaza edilmiştir.

#### *Ekstraksiyon yöntemi*

Aljuhaimi ve ark. (2019)' nın ekstraksiyon yönteminin modifiye edilmesiyle yapılan ekstraksiyonda, -40 °C' de muhafaza edilen örnekler çıkartılıp 40 °C' de 24 saat boyunca etüvde kurutulmuştur. Çıkartılan kuru örneklerden ekstraksiyon amacıyla 0.2 gr tartılarak santrifüj tüplerine alınmıştır. Ekstraksiyonu yapılacak örneklerin üzerine 3 mL HCl' li MeOH çözeltisi eklenmiş ve homojenize edilmiştir. 14000 rpm' de 10 dakika santrifüje tabi tutulmuş ve üst tarafta bulunan şeffaf süpernatant temiz bir santrifüj tüpüne alınmıştır. Tortu (pellet) üzerine 2 mL çözelti eklenmiş ve homojenizasyon ve santrifüj işlemleri tekrar edilmiştir. Elde edilen süpernatant kısmı da bir önceki ekstrakta eklenmiş ve son hacim 5 mL' ye tamamlandıktan sonra 0,45  $\mu\text{m}$ ' lik PVDF (Polyvinylidene Difluoride) ile filtrelenerek cam şişelerde analiz tarihine kadar -40 °C' de muhafaza edilmiştir.

#### *Toplam fenolik bileşik analizi (TFB)*

Toplam fenolik bileşik analizleri UV-Vis Spektrofotometre cihazı (Shimadzu Corporation, Japan) ile Singleton ve Rossi'ye (1965) göre yapılmış, sonuçlar mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) kg<sup>-1</sup> olarak, kuru ağırlık (KA) cinsinden ifade edilmiştir.

#### *Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite analizi (TEAK)*

Antioksidan kapasite tayini TEAK (Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Re ve ark. (1999)' na ait olan yöntem ABTS (2,2'-azinobis-(3-etilenbenzotiazolin-6-sulfonik asit) diammonium salt)' nin oksidasyonu sonucu üretilen ABTS•+ radikal çözeltisinin üzerine, antioksidan içeren örneğin eklenmesiyle radikalın indirgenmesi olayına dayanmaktadır. Sonuçlar yapraklarda  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  kuru ağırlık (KA) cinsinden elde edilmiştir.

**İstatistiksel analiz**

Araştırma sonucunda elde edilen sayısal değerler Minitab 18 istatistik programında ANOVA kullanılarak değerlendirilmiş, farklılıkların önem düzeyini belirlemek için Fisher testi kullanılmış ve  $p < 0.05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Sonuçlar ortalama  $\pm$  ortalamanın standart hatası olarak ifade edilmiştir.

**Araştırma Bulguları ve Tartışma****Yapraklara ait toplam fenolik bileşik (tfb) düzeyleri**

Tuz ve kuraklık stresi uygulanmamış (kontrol) ve uygulanmış ebeveyn ve melezlere ait toplam fenolik bileşik içerikleri ve artış oranları (%) Çizelge 1' de verilmiştir. Uygulama yapılmayan bitkiler incelendiğinde, tuz uygulanacak olan ebeveynlerin toplam fenolik bileşik içerikleri; 10

652 (Karadimrit) ve 17 347 (140 Ru) mg GAE  $kg^{-1}$  KA olarak ölçülmüştür. Tuz uygulaması sonrasında bu değerler Karadimrit çeşidi ve 140 Ru anacından alınan yaprak örneklerinde sırasıyla; 14 085-20 035 mg GAE  $kg^{-1}$  KA olarak belirlenmiştir. Karadimrit çeşidi stres başında ve sonundaki değerlere bakıldığında % 32.2' lik bir fenolik madde artışı gösterirken, bu değer 140 Ru anacında % 15.5 olmuştur. Melezlerde tuz uygulanmamış (kontrol) değerler incelendiğinde; 11. melez en yüksek tfb içeriğine sahip, 5. melez ise en düşük değere sahip olarak değer vermiştir. Melezlerde tuz uygulaması sonrasında elde edilen en yüksek toplam fenolik bileşik içeriği 30 093 mg GAE  $kg^{-1}$  KA olarak 11. genotipte tespit edilirken, en düşük değer ise 13 388 mg GAE  $kg^{-1}$  KA ile 5. genotipte bulunmuştur.

Çizelge 1. Tuz ve kuraklık uygulamaları sonrasında yapraklarda toplam fenolik bileşik içerikleri (mg GAE  $kg^{-1}$  KA).  
Table 1. Total phenolic compound contents in leaves after salt and drought applications (mg GAE  $kg^{-1}$  DW).

Uygulama Treatment	Toplam Fenolik Bileşik Total Phenolic Compound					
	Tuzluluk kontrol Salinity control	Tuz Salinity	Artış oranı (%) Increase rate (%)	Kuraklık kontrol Drought control	Kuraklık Drought	Artış oranı (%) Increase rate (%)
Genotip Genotype						
Karadimrit	10 652 $\pm$ 603 <sup>g*</sup>	14 085 $\pm$ 188 <sup>i</sup>	32.2	13 184 $\pm$ 862 <sup>g</sup>	20 686 $\pm$ 473 <sup>f</sup>	56.9
140 Ru	17 347 $\pm$ 452 <sup>b</sup>	20 035 $\pm$ 573 <sup>de</sup>	15.5	18 166 $\pm$ 649 <sup>d</sup>	20 547 $\pm$ 521 <sup>f</sup>	13.1
1	11 289 $\pm$ 696 <sup>fg</sup>	16 115 $\pm$ 861 <sup>g</sup>	42.8	26 437 $\pm$ 536 <sup>a</sup>	29 631 $\pm$ 837 <sup>c</sup>	12.1
2	13 272 $\pm$ 279 <sup>e</sup>	20 875 $\pm$ 626 <sup>c</sup>	57.3	17 237 $\pm$ 773 <sup>d</sup>	36 706 $\pm$ 842 <sup>a</sup>	113.0
3	12 584 $\pm$ 544 <sup>e</sup>	26 808 $\pm$ 993 <sup>b</sup>	113.0	25 140 $\pm$ 499 <sup>b</sup>	32 985 $\pm$ 845 <sup>b</sup>	31.2
4	11 542 $\pm$ 461 <sup>f</sup>	14 863 $\pm$ 113 <sup>h</sup>	28.8	17 736 $\pm$ 104 <sup>d</sup>	23 989 $\pm$ 991 <sup>d</sup>	35.3
5	10 867 $\pm$ 715 <sup>fg</sup>	13 388 $\pm$ 538 <sup>i</sup>	23.2	15 288 $\pm$ 62 <sup>ef</sup>	17 794 $\pm$ 262 <sup>g</sup>	16.4
6	17 358 $\pm$ 625 <sup>b</sup>	18 425 $\pm$ 375 <sup>f</sup>	6.1	15 996 $\pm$ 105 <sup>e</sup>	18 442 $\pm$ 131 <sup>g</sup>	15.3
7	18 735 $\pm$ 447 <sup>a</sup>	20 240 $\pm$ 273 <sup>cd</sup>	8.0	14 567 $\pm$ 870 <sup>f</sup>	22 153 $\pm$ 891 <sup>e</sup>	52.1
8	14 430 $\pm$ 442 <sup>d</sup>	19 285 $\pm$ 472 <sup>e</sup>	33.6	17 675 $\pm$ 609 <sup>d</sup>	21 172 $\pm$ 84 <sup>ef</sup>	19.8
9	15 592 $\pm$ 166 <sup>c</sup>	18 462 $\pm$ 425 <sup>f</sup>	18.4	12 413 $\pm$ 836 <sup>gh</sup>	18 661 $\pm$ 326 <sup>g</sup>	50.3
10	17 753 $\pm$ 662 <sup>b</sup>	26 907 $\pm$ 630 <sup>b</sup>	51.6	21 344 $\pm$ 362 <sup>c</sup>	35 751 $\pm$ 732 <sup>a</sup>	67.5
11	19 008 $\pm$ 146 <sup>a</sup>	30 093 $\pm$ 691 <sup>a</sup>	58.3	12 034 $\pm$ 916 <sup>h</sup>	17 674 $\pm$ 171 <sup>g</sup>	46.9

\*Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir.

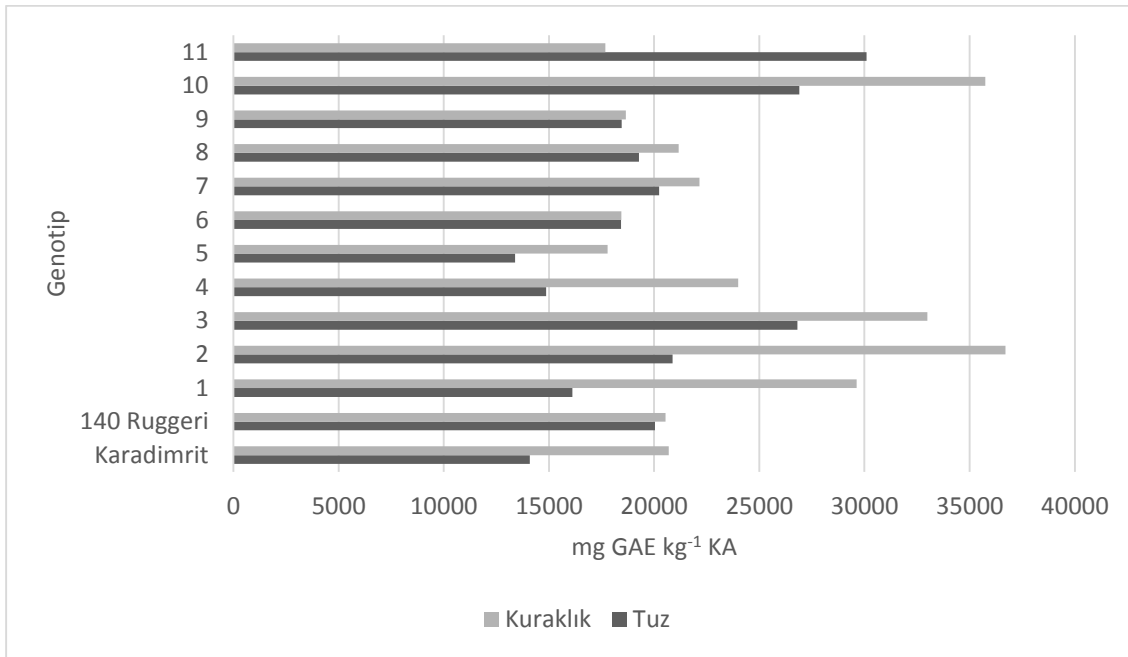
\*Different letters in the same column indicate statistical differences at the  $p < 0.05$  level.

Kuraklık uygulamasına tabi tutulmamış (kontrol) ve tutulmuş olan Karadimrit çeşidinde 13 184 mg GAE  $kg^{-1}$  KA' dan 20 686 mg GAE  $kg^{-1}$  KA' a çıkan fenolik madde miktarı (% 56.9 artış) tespit edilirken, 140 Ru anacında ise 18 166 mg GAE  $kg^{-1}$  KA' dan 20 547 mg GAE  $kg^{-1}$  KA' a, % 13.1' lik bir artış meydana gelmiştir. Melezler içerisinde kontrol grubu verileri incelendiğinde; en yüksek değeri 1. genotipten, en düşük değeri ise

11. genotipten elde edilmiş vermiştir. Kuraklık uygulaması sonrasında melezlerde en yüksek tfb içeriği 36 706 mg GAE  $kg^{-1}$  KA ile 2., en düşük değer ise 17 674 mg GAE  $kg^{-1}$  KA ile 11. genotipte tespit edilmiştir. Farklı uygulamalara karşı melezlerin verdiği tepkiler de farklılık göstermiştir. 11. genotip tuz uygulaması sonrasında en yüksek değeri gösterirken, kuraklık uygulamasında en düşük sonucu vermiştir. Kuraklık uygulaması

sonucunda bitkilerin daha çok strese girdiği, bu nedenle strese bir tepki olarak bünyelerinde bulunan toplam fenolik bileşik ve antioksidan miktarlarının daha fazla artış gösterdiği

görülmektedir. Hem tuz hem de kuraklık kontrol ve uygulamalarına ait değerleri gösteren grafik Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Tuz ve kuraklık uygulamaları sonrasında yapraklarda toplam fenolik bileşik miktarları

Figure 1. Total phenolic compounds in leaves after salt and drought applications

Katalinic ve ark. (2013); 6 farklı *Vitis vinifera* çeşidinden Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında aldıkları yaprak örneklerinde toplam fenolik içeriklerini incelemiş ve Mayıs ayı örneklerinde 18.8-28.0 g GAE L<sup>-1</sup>, Ağustos ayı örneklerinde 25.2-35.0 g GAE L<sup>-1</sup>, Eylül ayı örneklerinde ise 32.5-56.8 g GAE L<sup>-1</sup> arasında değişen değerler elde etmişlerdir. 2014 yılında yapılan çalışmada; Sultani Çekirdeksiz, Sultan1, Sultan7, Saruhanbey ve Narince üzüm çeşitlerinin yapraklarında toplam fenol, toplam flavonoid ve renklenme üzerinde çalışılmış ve yaprak örneklerinin toplam fenol içeriğinin 9.72 ile 14.22 mg g<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilmiştir (Güler ve Candemir, 2014). Farklı dokulardan alınan örneklerin fenolik içeriklerinin belirlenmesini amaçlayan bir çalışmada ise yaprağa ait toplam fenolik bileşik içeriği 61 000 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA olarak bulunmuştur (Farhadi ve ark., 2015).

2015 yılında yapılan çalışmada; farklı çeşitlerin fenolik bileşik içerikleri analiz edilmiş ve en düşük Prokupac çeşidinin yaprak ekstraktında 18.32 mg GAE g<sup>-1</sup>, en yüksek Vranac çeşidinde 42.62 mg GAE g<sup>-1</sup> arasında değerler elde edilmiştir

(Radovanovic ve ark., 2015). Yeşiloğlu ve Gülen (2016) yaptıkları çalışmada farklı (su, aseton ve metanol) çözücü ile elde edilen *Vitis vinifera* yaprak ekstraktlarında; su ile çözüldüklerinde 60.33 mg GAE g<sup>-1</sup>, aseton ile çözüldüklerinde 48.67 mg GAE g<sup>-1</sup> ve metanol ile çözüldüklerinde ise 70.87 mg GAE g<sup>-1</sup> toplam fenol içeriği belirlemişlerdir. Sırbistan'da yetiştirilen farklı asma çeşitlerinin yapraklarındaki toplam fenolik bileşik içerikleri incelenmiş ve 27.5-76.0 g GAE kg<sup>-1</sup> arasında değişen sonuçlar bulunmuştur (Pantelić ve ark., 2017). Boğazkere, Çalkarası, Cabernet Sauvignon, Merlot ve Öküzgözü çeşitlerinin yapraklarında bulunan en yüksek fenolik bileşik içeriği 35 825 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA ile Boğazkere, en düşük içerik ise 12 180 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA ile Çalkarası çeşidinden elde edilmiştir (Tahmaz ve Söylemezoğlu, 2019). Ankara, Kalecik'ten alınan 16 adet kırmızı üzüm çeşidinde farklı dokulardaki fenolik bileşik içerikleri araştırılmış ve yapraklarda en yüksek değerler; 'Kalecik Karası' (44 150 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA), 'Pinot Noir' (44 175 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA), 'Red Globe' (45 250 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA), 'Syrah' (45 100 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA) ve 'Hamburg

Misketi' (45 100 mg GAE kg<sup>-1</sup> KA) olarak tespit edilmiştir (Yüksel ve ark., 2020). Gülcü ve ark. (2020), olgunlaşmamış ve olgunlaşmış asma yapraklarından aldıkları örneklerde en düşük ve en yüksek toplam fenolik içeriklerini sırasıyla 38.45 (Cabernet Sauvignon) ve 78.66 mg GAE g<sup>-1</sup> (Michele Palieri) ile 19.49 (Cabernet Sauvignon) ve 47.76 mg GAE g<sup>-1</sup> (Michele Palieri) arasında bulmuşlardır. Karadimrit x 140 Ru melezlerinden elde edilen sonuçlar yukarıdaki kaynak taramaları ile karşılaştırıldığında benzer değerler elde edildiği ve yaprakların fenolik bileşik açısından zengin bitkisel materyaller olduğu görülmektedir.

#### *Yapraklara ait antioksidan kapasite (TEAK) düzeyleri*

Tuz ve kuraklık uygulanmamış (kontrol) ve uygulanmış ebeveyn ve melezlere ait antioksidan kapasite miktarları ve artış oranları (%) Çizelge 2' de verilmiştir. Kontrol değerleri incelendiğinde tuz uygulanacak olan ebeveynlerin antioksidan kapasite miktarları; 83.2 (Karadimrit) ve 104.3 (140 Ru)  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA olarak ölçülmüştür. Tuz uygulaması sonrasında bu değerler Karadimrit çeşidi ve 140 Ru anacında sırasıyla; 106.1-149.2  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA olarak belirlenmiştir. Karadimrit çeşidinin stres başında ve sonundaki değerlerine bakıldığında % 27.5' lik bir antioksidan kapasite artışı gözlenirken, bu değer 140 Ru anacında % 43.1 olmuştur. Melezlerin tuz uygulanmamış (kontrol) değerleri incelendiğinde; 10. genotip en yüksek, 5. genotip ise en düşük antioksidan kapasite miktarına sahip bulunmuştur. Melezlerde tuz uygulaması sonrasında elde edilen en yüksek antioksidan kapasite miktarı 301.6  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA olarak 11. genotipte tespit edilirken, en düşük değer ise 125.7  $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$  KA ile 5. genotipte bulunmuştur. Melezlerin tamamı uygulama sonunda Karadimrit çeşidinden yüksek değerler vermişlerdir.

Kuraklık uygulamasına maruz bırakılmayan (kontrol) ve maruz bırakılan Karadimrit çeşidinde 130.7  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA' dan 226.8  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA' a çıkan antioksidan kapasite miktarı (% 73.6 artış) tespit edilirken, 140 Ru anacında ise 135.1  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA' dan 142.0  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA' a, % 5.2' lik bir artış meydana gelmiştir. Melezler içerisinde kontrol grubu verileri incelendiğinde; en yüksek değeri 3., en düşük değeri ise 11. genotip vermiştir. Kuraklık uygulaması sonrasında melezler içerisinde en yüksek antioksidan kapasite miktarına sahip olan melez 373.0  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA ile 2., en düşük ise 155.2  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  KA ile 6. genotipte tespit edilmiştir. Hem tuz hem de kuraklık uygulamalarına ait antioksidan kapasite miktarlarını gösteren grafik Şekil 2' de verilmiştir.

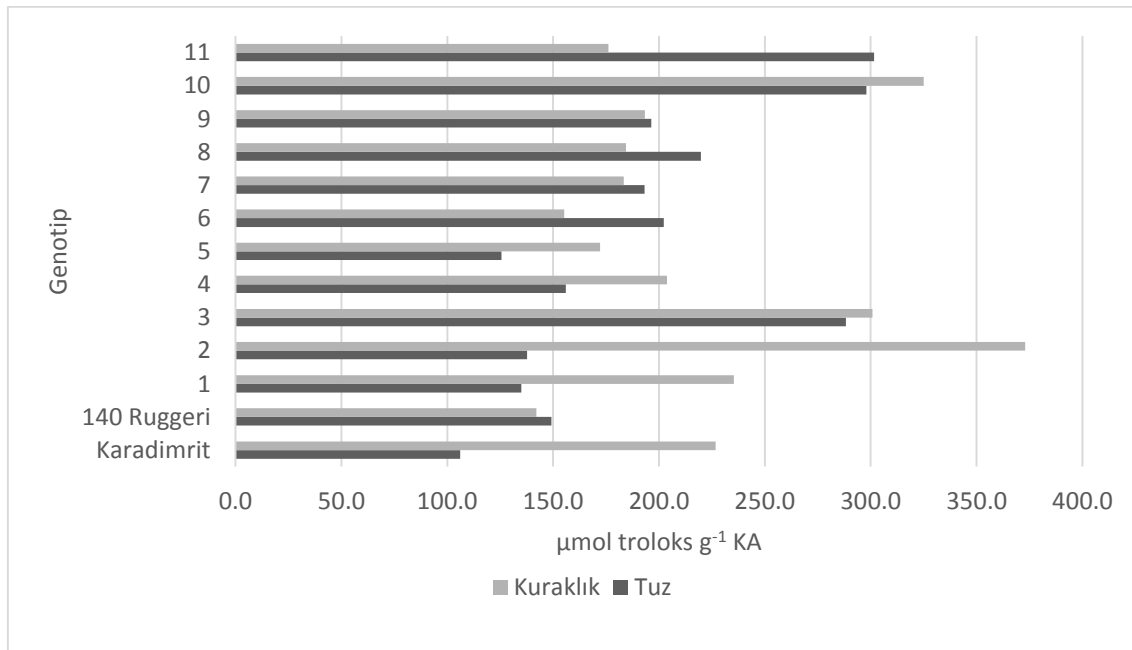
Muscadine üzümünün farklı dokularında yapılan antioksidan kapasite analizleri sonucunda; yapraklar incelendiğinde, 184.8-304.0  $\mu\text{M g}^{-1}$  aralığında değerler elde edilmiş ve yaprakların kabuk ve tane etine göre daha yüksek oranda antioksidan kaynağı olduğu belirtilmiştir (Pastrana-Bonilla ve ark., 2003). Farhadi ve ark. (2015), üzüm yaprağı ekstraktlarının DPPH radikal temizleme aktivitelerinin % 61.39 (Agh Shani) ile % 92.68 (Ghara Shani) arasında olduğunu bildirmiştir. Çeşitli üzüm yaprağı ekstraktlarının antioksidan aktivite değerleri 6.57 ml g<sup>-1</sup> (Vranac) ve 20.74 ml g<sup>-1</sup> (Prokupac) arasında belirlenmiştir (Radovanovic ve ark., 2015). Aljuhaimi ve ark. (2019), taze asma yapraklarının antioksidan aktivite değerlerinin % 84.46 (Palieri) ile % 88.46 (Narince) arasında değiştiğini bildirmiştir. 2020'de yapılan araştırmada; olgun asma yapraklarının antioksidan miktarları 311.59  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  (Hamburg Misketi) ile 524.42  $\mu\text{mo TE g}^{-1}$  (Yapıncak) arasında değerler almıştır (Gülcü ve ark., 2020). Aynı yöntemin kullanıldığı sınırlı sayıda araştırma bulunmakta olup, elde edilen değerler bu araştırmalarla uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 2. Tuz ve kuraklık uygulamaları sonrasında yapraklarda antioksidan kapasite miktarları ( $\mu\text{mol}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  KA).  
 Table 2. Antioxidant capacity amounts in leaves after salt and drought applications ( $\mu\text{mol}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  DW).

Uygulama Treatment	Antioksidan kapasite Antioxidant capacity					
	Tuzluluk kontrol Salinity control	Tuz Salinity	Artış oranı (%) Increase rate (%)	Kuraklık kontrol Drought control	Kuraklık Drought	Artış oranı (%) Increase rate (%)
Genotip Genotype						
Karadimrit	83.2±1.8 <sup>*</sup>	106.1±1.7 <sup>j</sup>	27.5	130.7±1.5 <sup>h</sup>	226.8±4.0 <sup>e</sup>	73.6
140 Ru	104.3±1.8 <sup>h</sup>	149.2±3.6 <sup>g</sup>	43.1	135.1±2.6 <sup>g</sup>	142.0±1.6 <sup>k</sup>	5.2
1	73.6±4.9 <sup>j</sup>	135.0±0.4 <sup>h</sup>	83.5	199.0±1.4 <sup>b</sup>	235.4±3.6 <sup>d</sup>	18.3
2	118.4±1.4 <sup>g</sup>	137.7±0.9 <sup>h</sup>	16.2	190.0±0.8 <sup>c</sup>	373.0±2.1 <sup>a</sup>	96.3
3	123.3±1.0 <sup>f</sup>	288.2±2.1 <sup>b</sup>	133.8	231.6±3.2 <sup>a</sup>	300.9±6.7 <sup>c</sup>	29.9
4	103.7±1.8 <sup>h</sup>	156.0±1.6 <sup>f</sup>	50.4	162.9±3.6 <sup>f</sup>	203.7±2.2 <sup>f</sup>	25.0
5	67.6±3.4 <sup>k</sup>	125.7±1.8 <sup>i</sup>	86.0	167.5±1.6 <sup>e</sup>	172.2±1.6 <sup>i</sup>	2.8
6	164.4±1.8 <sup>c</sup>	202.3±2.1 <sup>d</sup>	23.0	123.7±1.6 <sup>i</sup>	155.2±2.0 <sup>j</sup>	25.5
7	176.7±4.7 <sup>b</sup>	193.2±5.7 <sup>e</sup>	9.4	134.5±2.4 <sup>g</sup>	183.4±4.3 <sup>h</sup>	36.3
8	140.6±2.5 <sup>d</sup>	219.8±1.2 <sup>c</sup>	56.4	135.3±4.9 <sup>g</sup>	184.5±3.6 <sup>h</sup>	36.4
9	131.2±1.1 <sup>e</sup>	196.4±1.3 <sup>e</sup>	49.7	108.6±2.0 <sup>j</sup>	193.3±2.9 <sup>g</sup>	78.1
10	205.5±1.5 <sup>a</sup>	298.0±2.3 <sup>a</sup>	45.0	178.0±1.2 <sup>d</sup>	325.0±2.8 <sup>b</sup>	82.5
11	176.5±1.5 <sup>b</sup>	301.6±0.8 <sup>a</sup>	70.9	103.8±1.6 <sup>k</sup>	176.1±0.9 <sup>i</sup>	69.6

\*Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir.

\*Different letters in the same column indicate statistical differences at the  $p < 0.05$  level.



Şekil 2. Tuz ve kuraklık uygulamaları sonrasında yapraklarda antioksidan kapasite miktarları  
 Figure 2. Antioxidant capacity amounts in leaves after salt and drought applications

Ebeveynleri aynı olmasına rağmen, melezler arasında kurağa ve tuza karşı tepkilerde farklılıklar gözlenmiştir. Bununla bağlantılı olarak strese maruz kalmadan ve kaldıktan sonra ortaya çıkan toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasite miktarları ve artış oranları da farklılık göstermiştir. Ebeveyn ve melezlere ait fenolik bileşik ve antioksidan kapasite artış miktarlarını (%) gösteren grafik Şekil 3' te verilmiştir. Melezler 15 günlük kuraklık sonucunda daha fazla strese

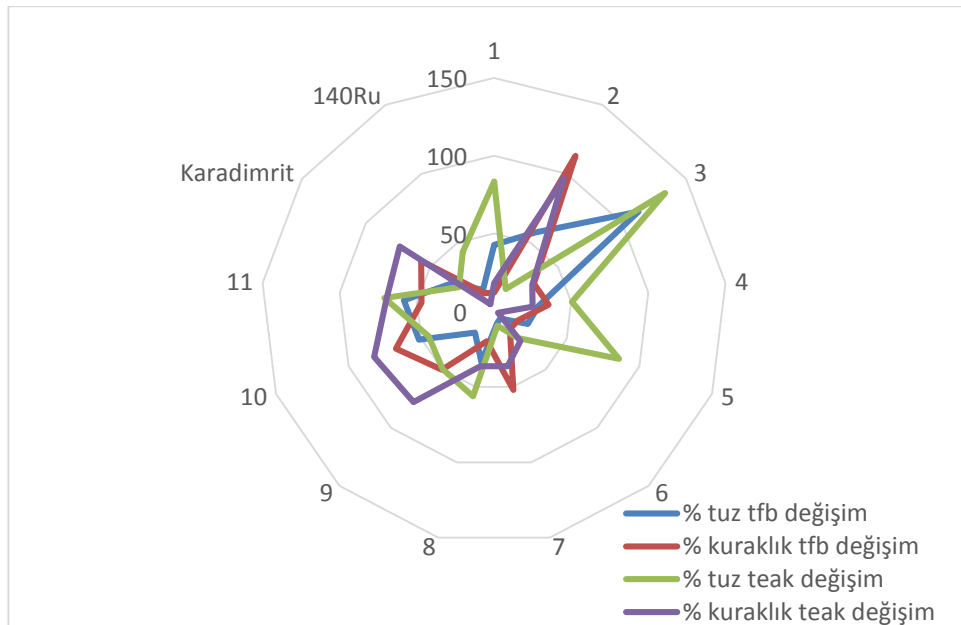
girerek daha yüksek fenolik bileşik ve antioksidan birikimi gerçekleştirmişlerdir. Her genotipin strese karşı gösterdiği tepki farklılık göstermekle birlikte, tekerrürler arası fark oldukça az olmuştur. Fenolik bileşiklerin bitkideki miktarları genetik özelliklerden olduğu kadar stres faktörleri, güneşlenme, iklim, sıcaklık, toprak özellikleri gibi dışsal her türlü faktörden de etkilenmektedir (Ribéreau-Gayon ve ark., 2000). Çözücü olarak kullanılan solüsyonlar da ekstraktlardaki fenolik

bileşik içeriklerini etkilemektedir. Çalışma sonucunda; Karadimrit çeşidi, 140 Ru Amerikan asma anacı ve F1' lerin yapraklarında gerçekleştirilen toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasite miktarlarına göre, fenolik bileşikler açısından zengin olduğu ve değerlendirilebilir fenolik bileşik kaynağı olabilecekleri sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında kuraklık uygulaması ile bitkinin su alımı doğrudan engellenirken, tuz uygulamasında da köklerin su alımına dolaylı olarak etkiye bulunularak bir kuraklık meydana getirilmiştir. NaCl ve CaCl<sub>2</sub> tuzlarının direkt kök bölgesine uygulanması nedeniyle toprakta yoğun olarak bulunan tuzlar osmotik strese neden olmuştur. Meydana gelen bu dışsal osmotik stres, suyun kullanılabilmesini azaltmakta ve fizyolojik kuraklığa neden olmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Uygulamalar sonrasında yapraklarda meydana gelen stres sonucunda, osmotik strese bağlı olarak su miktarı azalmakta, bu nedenle fenolik bileşik ve antioksidan madde konsantrasyonları artış göstermektedir. Fenolik bileşiklerin biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden etkilendiği ve fenolik

madde içeriği ile antioksidan kapasite arasında bir ilişki olduğu yapılan araştırmalarda bildirilmiştir (Sivritepe, 2001; Bartolome ve ark., 2004; Karadeniz ve ark., 2005; Göktürk Baydar ve ark., 2007).

Kuraklık stresi sonucunda tanelerde meydana gelen sekonder metabolit birikimi ve aroma değişimleri üzerine araştırmalar 1980' lerden beri yapılmaktadır (Kennedy ve ark., 2002; Ojeda ve ark., 2002; Oliveira ve ark., 2003; Koundouras ve ark., 2006; Bindon ve ark., 2007; Pedreira dos Santos ve ark., 2007; Poni ve ark., 2007). Matthews ve Anderson (1988), Cabernet Franc meyvesinde, kuraklık stresine bağlı olarak tane hacminin azalması sonucunda kabuk polifenol konsantrasyonunun arttığını ifade etmiştir. Toplam fenolik madde, toplam flavonoidler, antioksidan kapasite, toplam antosiyanin miktarları, *trans*-resveratrol gibi tane yapısında bulunan bazı bio-aktif bileşiklerin su stresi ile artış gösterdiği saptanmıştır (Soltekin, 2019). 2020' de yapılan bir araştırmada da tuz stresi uygulanan bitkilerde toplam fenol seviyesinde artış olduğu belirtilmiştir (Karimi ve ark., 2020).



Şekil 3. Stres sonrasında meydana gelen tfb ve teac miktarlarındaki artış oranı (%)

Figure 3. The rate of increase in the amount of tpc and teac after stress (%)

## Sonuç ve Öneriler

Uygulamalar ve analizler sonucunda elde edilen verilerle, asma yapraklarının yüksek

miktarda fenolik bileşik ve antioksidan madde içeriğine sahip olduğu ve bu içeriğin stres ve genotip faktörlerine göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kabuk, çekirdek dokularında yoğun

olarak bulunan fenolik bileşikler genel olarak taze ya da kurutmalık üzüm olarak tüketilmekte ya da meyve suyu ve şarap teknolojisinde kullanılmaktadır. Ticari olarak kabuk ve çekirdek kadar sanayide kullanılmayan, ancak asmada oldukça fazla miktarda bulunan yaprakların, fenolik bileşik ve antioksidan madde içeriği bakımından zengin bir kaynak olarak kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır.

## Ekler

Bu araştırma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, ilk yazar Damla YÜKSEL KÜSKÜ' nün Doktora Tezi' nin bir kısmından oluşmaktadır. "19L0447005" numaralı ve "Türler Arası Melezlerden (*V. vinifera* x *V. rupestris*) Kurağa ve Tuza Dayanıklı Anaç Eldesi" isimli projeye sağladığı destek için Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' ne teşekkürlerimizi sunarız.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazar Katkısı:** GS çalışmayı tasarlamış, DYK denemeleri kurmuş, uygulamaları, laboratuvar analizlerini ve istatistiksel analizleri gerçekleştirmiş, her iki yazar da makalenin yazımında yer almıştır.

## Kaynaklar

Aljuhaimi, F., Uslu, N., Özcan, M. M., Gülcü, M., Ahmed, I. A. M., Alqah, H. A. S., Osman, M. A. & Gasseem, M. A. (2019). Effect of fermentation on antioxidant activity and phenolic compounds of the leaves of five grape varieties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(7), 1-7. DOI:https://doi.org/10.1111/jfpp.13979.

Arroyo-Garcia, R., Ruiz-Garcia, L., Bolling, L., Ocete, R., López, M. A., Arnold, C., Ergul, A., Söylemezoğlu, G., Uzun, H. İ., Cabello, F. et al. (2006). Genetic evidence for the existence of independent domestication events in grapevine. *Molecular Ecology*, 15(12), 3707-3714.

Bartolome, B., Nunez, V., Monagas, M. & Gomez Cordoves, C. (2004). In vitro antioxidant activity of red grape skins. *European Food Research and Technology*, 218(2), 173-177.

Bindon, K. A., Dry, P. R. & Loveys, B. R. (2007). Influence of plant water status on the production of C13-norisoprenoid precursors in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grape berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4493-4500. DOI:10.1021/jf063331p.

Cramer, G. R., Ergül, A., Grimplet, J., Tillett, R. L., Tattersall, E. A. R., Bohlman, M. C., Vincent, D., Sonderrgger, J., Evans, J., Osborne, C., Quilici, D., Schlauch, K. A., Scholley, D. A. & Cushman, J. C. (2007). Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. *Functional & Integrative Genomics*, 7(2); 111-134.

Çakır, A. (2011). *Bağcılıkta Abiyotik Stres Koşullarına Yönelik Melezlemelerden Kuraklık ve Tuz Stresine Toleranslı Ümitvar Tiplerin Elde Edilmesi*, (Yayınlanmış Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çulha, Ş. & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 11-34.

Eriş, A. (1992). Özel Bağcılık. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Ders Notları* No: 52; 212 p.

Farhadi, K., Esmailzadeh, F., Hatami, M., Forough, M. & Molaie, R. (2015). Determination of phenolic compounds content and antioxidant activity in skin, pulp, seed, cane and leaf of five native grape cultivars in West Azarbaijan province, Iran. *Food Chemistry* DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.083.

Fidan, Y. (1985). Özel Bağcılık. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ders Kitabı, No: 265. 401 s.

Göktürk Baydar, N., Özkan, G. & Yaşar, S. (2007). Evaluation of the antiradical and antioxidant potential of grape extracts. *Food Control*, 18(9), 1131-1136.

Gülcü, M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Babiker, E. E., Ahmed, I. A. M. & Azmi, I. U. (2020). Effect of grape (*Vitis vinifera* L.) varieties and harvest periods on bioactive compounds, antioxidant activity, phenolic composition, mineral contents, and fatty acid compositions of *Vitis* leave and oils. *Journal of food processing and preservation*, 44:e14890, DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.14890.

Güler, A. & Candemir, A. (2014). Total phenolic and flavonoid contents, phenolic compositions and color properties of fresh grape leaves. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-1), 778-782.

Jaradat, N. A., Zaid, A. N., Hussen, F. & Ali, I. (2017). The effects of preservation methods of grapevine leaves on total phenols, total flavonoids and antioxidant activity. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21(2), 291-297.

Karadeniz, F., Burdurlu, H. S., Koca, N. & Soyer, Y. (2005) Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 297-303.

Karimi, R., Ghabooli, M., Rahimi, J. & Amerian, M. (2020). Effects of foliar selenium application on some physiological and phytochemical parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Sultana under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 43(14), 2226-2242. DOI: https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1766072.

Katalinic, V., Mozina, S. S., Generalic, I., Skroza, D.,



- Ljubenkov, I. & Klancnik, A. (2013) Phenolic Profile, Antioxidant Capacity, and Antimicrobial Activity of Leaf Extracts from Six *Vitis vinifera* L. Varieties. *International Journal of Food Properties*, 16(1), 45-60, DOI: 10.1080/10942912.2010.526274.
- Kennedy, J. A., Matthews, M. A. & Waterhouse, A. L. (2002). Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(4), 268–274.
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y. & van Leeuwen, C. (2006). Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.) effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 5077–5086. DOI:10.1021/jf0605446.
- Lardos, A. & Kreuter, M. H. (2000). Red Vine Leaf. Ed. By, Kreuter, M. H., & Flachsmann, A. G. *Intercity Pharmaceuticals and Extracts*, Zurich, Switzerland, 1–7.
- Marušić, R. (1990). Ljekovitim biljem do zdravlja/Through herbal medicine to health. Milač, M. (ed.), Zagreb: Mladost, pp. 358.
- Matthews, M. A. & Anderson, M. M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deWts, *American Journal of Enology and Viticulture*, 39, 313–320.
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A. & Deloire, A. (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53, 261–267.
- Oliveira, C., Silva-Ferreira, A. C., Mendes Pinto, M., Hogg, T., Alves, F. & Guedes de Pinho, P. (2003). Carotenoid compounds in grapes and their relationship to plant water status. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5967–5971, DOI: 10.1021/jf034275k.
- Orhan, D. D., Orhan, N., Ozcelik, B. & Ergun, F. (2009). Biological activities of *Vitis vinifera* L. leaves. *Turkish Journal of Biology*, 33, 341–348.
- Pantelić, M. M., Zagoraca, D. Č. D., Ćirića, I. Z., Pergalb, M. V., Relić, D. J., Todić, S. R. & Natić, M. M. (2017). Phenolic profiles, antioxidant activity and minerals in leaves of different grapevine varieties grown in Serbia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62, 76–83.
- Pastrana-Bonilla, E., Akoh, C. C., Sellappan, S. & Krewer, G. (2003). Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Muscadine Grapes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(18), 5497-5503.
- Pedreira dos Santos, T., Lopes, C. M., Rodrigues, M. L., de Souza, C. R., Ricardo-daSilva, J. M., Maroco, J. P., Pereira, J. S. & Chaves, M. M. (2007). Effect of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae*, 112, 321–330. DOI:10.1016/j.scienta.2007.01.006.
- Poni, S., Bernizzoni, F. & Civardi, S. (2007). Response of ‘Sangiovese’ grapevines to partial root-zone drying: gas-exchange, growth and grape composition. *Scientia Horticulturae*, 114, 96–103. DOI:10.1016/j.scienta.2007.06.003.
- Radovanovic, B., Andjelkovic, M., Radovanovic, V., Milenkovic-Andjelkovic, A. & Dekic, S. (2015). Polyphenols and antioxidant activity of different vinegrape leaves. *Zbornik Radova*, 20, 347–352.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Biology and Medicine*, 26, 1231–1237.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Glories, Y. & Maujean, A. (2000). Handbook Of Enology, Volume 2: The Chemistry Of Wine And Stabilization And Treatments. *John Wiley And Sons Ltd.*, England.
- Singleton, V. L. & Rossi, J. J. A. (1965). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sivritepe, N. (2001). Doğada Oksidatif Stres: Asma, Üzüm ve Şarapta Antioksidantlar. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 108-135.
- Soltekin, R. O. (2019). *Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Su Stresinin Omca Gelişimi, Verimi ve Üzüm Kalitesi Üzerine Etkileri*, (Yayınlanmış Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tahmaz, H. & Söylemezoğlu, G. (2019). Denizli–çal yöresinde yetiştirilen şaraplık üzüm çeşitlerinin farklı dokularında fenolik bileşik içeriklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 48(1), 39–48.
- Tattersall, E. A. R., Grimplet, J., DeLuc, L., Wheatley, M. D., Vincent, D., Osborne, C., Ergül, A., Lomen, E., Blank, R. R., Schlauch, K.A., Cushman, J. C. & Cramer, G. R. (2007). Transcript abundance profiles reveal larger and more complex responses of grapevine to chilling compared to osmotic and salinity stress. *Functional and Integrative Genomics*, 7(4), 317–333. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10142-007-0051-x>.
- TÜİK, (2021). Web Sitesi. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim Tarihi: 12.08.2021.
- Yeşiloğlu, Y. & Gülen, S. (2016). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of extracts from *Vitis vinifera* L. *Bulgarian Chemical Communications*, 48, 9–13.
- Yüksel, D., Tahmaz, H., Söylemezoğlu, G., Demirer, B., Gokturk Baydar, N. & Çelik, H. (2020). Comparison of antioxidant capacity and phenolic compound contents in different tissues of sixteen red grape cultivars grown at Kalecik Viticultural Research and Experiment Station in Ankara, Turkey. *Acta Horticulturae*, 1276. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1276.19.



# Merlot üzüm çeşidinde yaprak su potansiyeli ile yaprak alma uygulamalarının sürgün özellikleri üzerine etkileri

## *The effects of leaf water potential and leaf removal treatments on shoot characteristics in cv. Merlot*

Elman BAHAR<sup>1</sup> , İlknur KORKUTAL<sup>2\*</sup> , Fatma Betül AKTAŞ<sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8842-7695>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8016-9804>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-6507-1905>

### To cite this article:

Bahar, E., Korkutal, İ. & Aktaş, F.B. (2022). Merlot üzüm çeşidinde yaprak su potansiyeli ile yaprak alma uygulamalarının sürgün özellikleri üzerine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 82-91.

DOI:10.29050/harranziraat.1060298

### \*Address for Correspondence:

İlknur KORKUTAL

e-mail:

ikorkutal@nku.edu.tr

### Received Date:

19.01.2022

### Accepted Date:

16.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### Öz

Değişen dünya iklimi sürdürülebilir bağcılık yapmayı gerekli kılmaktadır. Ülkemizdeki birçok bağ alanı gibi Tekirdağ ili Şarköy ilçesi de su stresi görülen bölgeler arasında sayılabilir. Yıllık yağış rejimlerinin düzensizliği ve ortalama sıcaklıkların artışı nedeniyle özellikle şaraplık çeşitlerin yetiştiriciliğinde sorunlar yaşanmaktadır. Bu çalışma 2019/2020 ve 2020/2021 vejetasyon periyodunda ardışık iki yılda üretici bağında yürütülmüştür. Denemede dört farklı yaprak su potansiyeli uygulaması ve dört farklı şekilde yaprak alma Kontrol, Tam Pencere, Sağ Pencere ve Sol Pencere uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, Merlot üzüm çeşidinde Tekirdağ ili koşullarında sürgün özellikleri bakımından hem stres uygulamaları hem de yaprak alma uygulamaları içerisinde düşük budama odunu ağırlığı ve bir yıllık dal ağırlığı değerlerine sahip olanlar S3 (YSP  $\Psi_{\text{şö}} < -0.7$  MPa) uygulaması ve Tam Pencere uygulaması olmuştur. S3 uygulamasında görülen göreceli yüksek stres ve Tam Pencere uygulamasıyla fotosentez etkinliği yüksek (7. ve 13. boğum arasındaki) yaprakların çıkartılarak yaprak alanlarının azalması; karbonhidrat üretimini ve depolanan miktarı sınırlandırmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Vitis vinifera* L., bir yıllık dal ağırlığı, yaprak alma, su stresi, sürgün özellikleri

### ABSTRACT

The changing world climate necessitates sustainable viticulture. Like many vineyard areas in our country, Sarkoy district of Tekirdag province can be counted among the regions where water stress is observed. Due to the irregularity of the annual precipitation and the increase in temperatures, there are problems especially in the cultivation of wine grape varieties. This study was carried out in the vigneron's vineyard in two consecutive years in the vegetation period of 2019/2020 and 2020/2021. Four different leaf water potential range and four different leaf removal applications were done; Control, Full Window, Right Window and Left Window in this research. As a result, S3 (YSP  $\Psi_{\text{şö}} < -0.7$  MPa) and Full Window applications were with low pruning weight and vigor values in terms of shoot characteristics in Tekirdag province conditions in Merlot grape cultivar, both in stress applications and leaf removal applications. Relative high stress seen in S3 application and reduction of leaf area by removing leaves with high photosynthesis capability (between 7<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> node) with Full Window application; limited carbohydrate production and stored amount.

**Key Words:** *Vitis vinifera* L., vigor, leaf removal, water stress, shoot characteristics

## Giriş

Üzüm olgunlaşma süreci; üzüm tanelerinin bileşimini, şarabın kalitesini ve çeşit özelliklerini etkileyen fizyolojik bir dönemdir (Silva ve Queiroz, 2016). Ancak optimum hasat seviyesine erişmek küresel iklim değişiklikleri nedeniyle artan sıcaklıklar sonucunda (Özkaplan ve Balkaya, 2021); ben düşme ile hasat arasındaki dönemlerde meydana gelebilecek ani sıcaklık değişimleri nedeniyle giderek zorlaşmaktadır. Stres, asma büyüme ve gelişmesini olumsuz etkileyerek, önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmaktadır. Öte yandan suyun varlığı asmanın yaşamının sürekliliğini sağlamak amacıyla gerekli olmakla birlikte kalite ve ekonomik döngüsü için kritik bir yere de sahiptir (Medrano ve ark., 2015). Kuraklık stresi ile eş anlamı olan su stresi toprakta bitkiye yararlı su miktarının azalması, atmosferik koşulların etkisiyle transpirasyon ve evaporasyon sonucu su yitmesinin sürmesi durumunda ortaya çıkar (Kacar ve ark., 2006).

Yaprak su potansiyeli değerleri omca su durumunu belirlemede önemli bir indikatördür (Rienth ve Scholasch, 2019; Deloire ve ark., 2020). Korkutal ve ark. (2011), Montpellier/Fransa'da Merlot/SO4 omcalarının erken dönemde su stresine karşı tepkisini gözledikleri çalışmada Mayıs ayının ikinci haftasından Haziran'ın ikinci haftasına kadar  $WS_0$  günde 4L,  $WS_1$  günde 3L,  $WS_2$  günde 2L,  $WS_3$  günde 1L olacak şekilde bir sulama rejimi uygulamışlar; sürgün büyüme hızı ve sürgün uzama hızının su eksikliğinden olumsuz etkilendiğini ve ortalama salkım ağırlığının azalışıyla; veriminin de düştüğünü belirlemişlerdir. Bahar ve ark. (2017) Tekirdağ ili Şarköy ilçesi koşullarında Sangiovese üzüm çeşidinde  $\Psi_{s0}$  (-0.3/-0.5] MPa uygulaması ile budama odunu ağırlığı, bir yıllık dal ağırlığı, güç ve verimde artış,  $\Psi_{s0}$  (-0.3/-0.7] MPa uygulaması ile de daha düşük değerler elde etmişlerdir. Buesa ve ark. (2017), İskenderiye Misketi çeşidinde budama odunu ağırlığı ile su stresi arasında önemli bir ters ilişki bulunduğunu ve bu nedenle omca başına budama odunu ağırlığının Kontrol'de önemli ölçüde yüksek

olduğunu görmüşlerdir. Copper ve ark. (2022) otokton ve standart şaraplık üzüm çeşitlerini kullanarak (Xynisteri, Maratheftiko, Shiraz, Sauvignon Blanc) yarattıkları su stresinin gelişim üzerine etkilerini Kıbrıs ve Avustralya'da incelemişlerdir. Kıbrıs'ta yetiştirilen Xynisteri çeşidinde yapılan fizyolojik ölçümlerde istatistik olarak önemli bir farka rastlamamışlardır. İki ülkede yürütülen saksı denemelerinde ise sürgün uzunluğu değerlerinin çeşitlere ve yetiştirildiği ülkenin teruar özelliklerine göre değiştiğini ve bunların istatistik olarak önemli düzeyde değiştiği vurgulanmıştır.

Taç yönetimi asmanın gelişme kuvvetini, ürün kalite ve verimini, taç mikroklima özelliklerini ve buna bağlı olarak da şarap kalitesini maksimumda tutmak amacıyla asma tacında yapılan bazı düzenlenmeler anlamına gelmektedir (Kok ve ark., 2013). Taç yönetimi çalışmaları 1960'lı yıllarda başlayıp ve günümüze gelmiştir. Bu süreçte, asmanın fizyolojisi ve verimliliği üzerine ışık, sıcaklık, yaprak/salkım ve salkım/sürgün oranlarının etkileri belirlenmiştir (Bowen, 2009). Ferlito ve ark. (2020), Sicilya'da Nerello Mascalese/140Ru omcalarında erken bazal yaprak dökümü uygulamışlar ve bunu kontrol omcaları ile karşılaştırmışlardır. Her iki yılda da daha az negatif gün ortası yaprak su potansiyeli gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada Merlot üzüm çeşidinde yaprak su potansiyeli ile yaprak alma uygulamalarının sürgün özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma 2019-2020 ve 2020-2021 vejetasyon periyodunda iki yıl süreyle Tekirdağ ili Şarköy ilçesi sınırları içinde yer alan üretici bağında yürütülmüştür. Materyal olarak 13 yaşındaki 41B anacı üzerine aşılı Merlot üzüm çeşidi omcaları kullanılmıştır. Omcalar Espalye (duvar) sisteminde çift kollu kordon terbiye sisteminde, 2.1 m X 1.0 m sıra arası ve sıra üzeri mesafede dikilmiş, 70 cm gövde yüksekliğine sahiptir. Sıralar üzerindeki asmaların aynı yaş, gelişme döneminde ve aynı yaklaşık şarjda olmalarına özen gösterilmiş, kenar

etkileri göz ardı edildikten sonra seçilen omcaların homojen olduğu kabul edilmiştir. İkinci yılda sürgünler 25-35 cm civarında iken sürgün ve salkım sayıları bir önceki yıla eşitlenmiştir. Bağda rutin kültürel işlemler (toprak işleme, gübreleme, ot alma, ilaçlama, vb.) vejetasyonlar (iki yıl; 2019-2020) boyunca uygulanmıştır. Şafak öncesi yaprak su potansiyeli, bitkilerin iklimsel parametrelere (kuraklık vb.) verdiği fizyolojik tepkisini belirlemek amacıyla Scholander Basınç Odası'yla ölçülmüştür (Scholander ve ark., 1965; Deloire ve ark., 2020).

Deneme Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her parsel stres (YSP) uygulamasını oluşturmuştur. YSP uygulamaları (S0, S1, S2 ve S3); her alt parselde de bir yaprak alma konusu Kontrol (Yaprak Alma Yapılmamış) (K), Tam Pencere (TP), Sağ Pencere (SAP) ve Sol Pencere (SOP) olarak sıralanmıştır. Araştırmada 4 farklı stres düzeyi, 4 farklı yaprak alma, 3 tekerrür ve her tekerrürde 48 omca olmak üzere toplamda 144 omca ile çalışılmıştır.

#### *Yaprak Su Potansiyeli (Stres düzeyleri)*

Stres 0 (Kontrol= Sulamasız): Omcalar yörenin doğal yağışına bırakılmış ve herhangi bir sulama yapılmamıştır.

Stres 1 (S1): Şafak öncesi yaprak su potansiyeli (gerektiğinde sulama yapılarak) -0,4 MPa ile -0,6 MPa arasında tutulmaya çalışılmıştır (YSP  $\Psi_{\text{şö}}$  - 0.3/-0.5 MPa). 5-7 günde bir ölçülen  $\Psi_{\text{şö}}$  değerine göre gerektiğinde sulama gerçekleştirilmiş ve sulamadan sonraki gün  $\Psi_{\text{şö}}$  kontrolü yapılmıştır.

Stres 2 (S2): Şafak öncesi yaprak su potansiyeli (gerektiğinde sulama yapılarak) -0.5 MPa ile -0.7 MPa arasında tutulmaya çalışılmıştır (YSP  $\Psi_{\text{şö}}$  - 0.5/-0.7 MPa).

Stres 3 (S3): Şafak öncesi yaprak su potansiyeli gerektiğinde sulama yapılarak -0.7 MPa' dan daha düşük seviyede tutulmaya çalışılmıştır (YSP  $\Psi_{\text{şö}}$  <-0.7 MPa). Tüm stres uygulamalarında haftada bir ölçülen  $\Psi_{\text{şö}}$  değerine göre gerektiğinde sulama gerçekleştirilmiş ve sulamadan sonraki gün  $\Psi_{\text{şö}}$  kontrolü yapılmıştır.

#### *Yaprak alma uygulamaları*

Kontrol (K): Yaprak alma uygulaması yapılmamıştır.

Tam Pencere (TP): Asma üzerindeki sürgünlerde, ben düşmeden 10-15 gün sonra (15-17°Brix) döneminde (Alço, 2019); 8. boğumun üzerinden sürgünle beraber yaprakların alınması ve 7. ile 13. boğum arasındaki tüm yaprakların pencere biçiminde çıkarılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Sağ Pencere (Batı Pencere) (SAP): Asmanın sağ tarafındaki sürgünlerde TP'deki işlemler gerçekleştirilmiştir.

Sol Pencere (Doğu Pencere) (SOP): Asmanın sol tarafındaki sürgünlerde TP'deki işlemler gerçekleştirilmiştir.

#### *İstatistik analiz*

Her iki yılda elde edilen veriler JMP istatistik programı ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan varyans analizinden sonra elde edilen veriler LSD testine tabi tutulmuş ve önemli farklıklar ortaya konmuştur. Ayrıca iki yılın sonunda yıl birleştirmeleri ve istatistiki değerlendirmeleri her kriter için iki yıllık verilerle yapılmıştır.

#### *Araştırmada incelenen kriterler*

2019 ve 2020 yılı iklim verileri Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü (TMM, 2020)'nden alınmış ve fenolojik gelişme aşamaları da Lorenz ve ark. (1995)'na göre sunulmuştur. Her omcadan bir sürgün seçilerek Mayıs-Haziran ayları boyunca tepe alma işlemine kadar her hafta sürgün boyu ölçülmüştür. Sürgünlerde yapılan ölçümden, bir önceki haftanın ölçümleri çıkarılarak tepe alma işlemine kadar haftalık sürgün uzama hızı belirlenmiştir (Bahar ve ark., 2008). Her parselde bulunan 2 adet omcanın budanmasından elde edilen ana ve koltuk dallarının tartımı yapılmış ve budama odunu ağırlığı kg asma<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir (Güner, 2005). Budama sonrası elde edilen toplam budama odun ağırlığı toplam dal sayısına oranlanmıştır ve tek bir dalın ağırlığı (vigor) olarak ifade edilmiştir (Smart ve ark., 1990;

Carbonneau, 1998; Deloire ve ark., 2005; Carbonneau ve ark., 2007). Güç hesaplaması (Carbonneau, 1998) formülü kullanılarak belirlenmiştir.

$$Güç = [(Budama odunu ağırlığı (kg omca^{-1}) \times (0.5) + (Verim (kg omca^{-1}) \times (0.2))] \quad (1)$$

Ravaz İndeksi, verim değerinin budama odunu ağırlığına bölünmesi ile belirlenmiştir. Elde edilen değer 5-10 arasında olması asmada vejetatif ve generatif gelişmenin dengede olduğunu; bu değer 5'in altına düşmesi vejetatif aksamın daha fazla geliştiğini; 10'un üzerinde olması ise verimin fazla olduğunu göstermiştir (Ravaz, 1903; Smart ve ark., 1990).

Çizelge 1. İki yıl için fenolojik dönemler

Table 1. Phenological stages in two consecutive years

Fenolojik Gelişim Aşamaları Phenological Growth Stages	2019 2019	2020 2020
Gözlerin uyanması (EL 05) Bud burst (EL 05)	11.04.2019	15.04.2020
Çiçeklenme öncesi (EL 19) Pre-bloom (EL 19)	26.05.2019	30.05.2020
Tam Çiçeklenme (EL 23) Full bloom (EL 23)	02.06.2019	08.06.2020
Tane Tutumu (EL 27) Berry set (EL 27)	09.06.2019	14.06.2020
İri Koruk (EL 31) Pea size (EL 31)	18.06.2019	26.06.2020
Ben Düşme (EL 35) Veraison (EL 35)	20.07.2019	24.07.2020
Hasat (EL 38) Harvest (EL 38)	15.09.2019	16.09.2020

EL: Eichhorn ve Lorenz fenolojik gelişme aşamaları (Lorenz ve ark., 1995)

### Sürgün uzunluğu (cm)

Sürgün uzunluğuna farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının; yıllar arasında ve uygulamaların ana etkileri bakımından istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 2).

Sürgün uzunlukları Yaprak Alma Uygulamaları Ana Etkisi (YUAET) yıllar açısından incelendiğinde 128.62 cm (TP) ile 128.09 cm (SAP) değerleri arasında olmuştur. Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi (YSPAET) incelendiğinde S3 (128.42 cm) uygulamasının rakamsal olarak büyük olduğu, 128.25 cm ile S0 uygulamasının rakamsal olarak küçük değeri verdiği kaydedilmiştir. Araştırma

### Bulgular ve Tartışma

#### İklim verileri ve fenolojik gelişme aşamaları

2019 yılının toplam 378.40 mm yağış aldığı, 2020 yılında ise toplam yağış miktarının 290 mm olduğu belirlenmiştir. İki yıl arasındaki yağış farkı 88.40 mm olmuştur. Uzun yıllar ortalaması (1939-2019) 589.50 mm ile karşılaştırıldığında her iki yıl için de ortalama yağış miktarının düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Winkler İndeksi (Wİ) değerinin 2019 yılında 2157 gün-derece; 2020 yılında 2124 gün-derece olduğu belirlenmiştir. 2010 yılında Şarköy ilçesinin Wİ değerinin 1959 gün-derece (Bahar ve ark., 2010) olduğu göz önüne alındığında Carbonneau ve ark. (2007) sınıflamasında IV. gruba geçtiği kaydedilmiştir. Fenolojik gelişme aşamaları da yıllar arasında 1-8 gün arasında farklılıklar göstermiştir.

yıllarında sürgün uzunluklarının uygulamalar bakımından birbirine yakın olduğu deneme alanının homojen olduğunu göstermiştir. Araştırma ile benzer şekilde Candar ve ark. (2017) Tekirdağ merkez ilçe koşullarında Merlot üzüm çeşidinde üç yıl boyunca yaptığı çalışmada omcaların birbiriyle aynı sürgün uzunluğuna sahip olduğunu belirtmiştir. Öte yandan sürgün uzunluğunun tacın kapasitesini göstermesi bakımından önemli olduğu, bunun yüksek bir yıllık dal ağırlığını gösterdiği Smart (1985) tarafından vurgulanmıştır.

Çizelge 2. Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının sürgün uzunluğuna etkileri  
Table 2. Different leaf water potentials and leaf removal treatments effects on shoot lenght

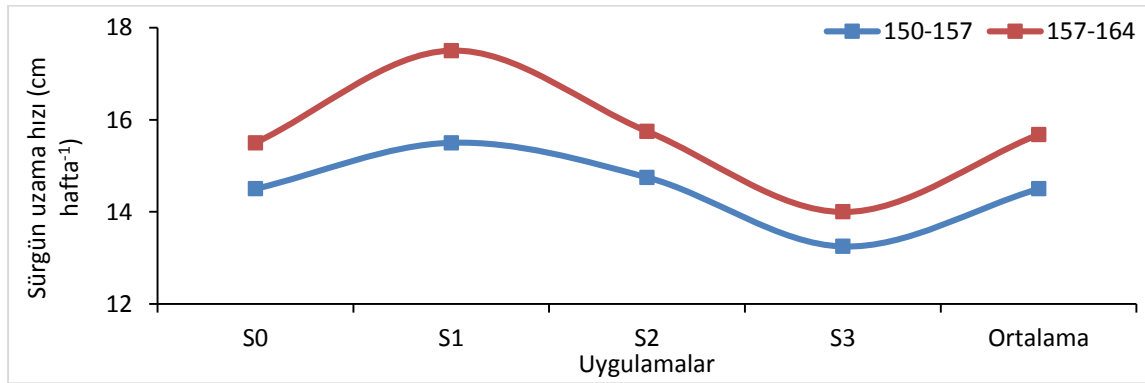
YSP LWP	Yıllar Years	Uygulamalar Treatments				Ana Etkiler Main Effects		
		K	TP	SAP	SOP	YSPAET	YAET	
S0	2019	128.00	128.00	127.33	127.00	128.25	2019 128.12	2020 128.52
	2020	128.66	128.90	128.56	129.56			
	Yıl Ort.	128.33	128.45	127.95	128.28			
S1	2019	128.33	129.00	127.66	128.00	128.35	2019 128.12	2020 128.52
	2020	128.13	129.70	128.20	127.76			
	Yıl Ort.	128.23	129.35	127.93	127.88			
S2	2019	128.33	127.66	129.00	127.66	128.28	2019 128.12	2020 128.52
	2020	127.66	129.20	128.20	128.53			
	Yıl Ort.	128.00	128.43	128.60	128.10			
S3	2019	129.00	127.66	128.66	128.66	128.42	2019 128.12	2020 128.52
	2020	128.76	128.90	127.13	128.56			
	Yıl Ort.	128.88	128.28	127.90	128.61			
YUAET		128.36	128.62	128.09	128.22			

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ Pencere (Batı), SOP=Sol Pencere (Doğu), YSPAET=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAET=Yıl Ana Etkisi, YUAET=Yaprak Alma Uygulamaları Ana Etkisi, Ö.D. (Önemli Değil)

### Sürgün uzama hızı (cm hafta<sup>-1</sup>)

2019 yılında denemeye başlandığında tepe alma yapılmış olduğundan veri alınamamıştır. 2020 yılında haftalık olarak sürgün uzama hızının düzenli bir şekilde arttığı ve bu değerlerin 14.50-15.68 cm aralığında olduğu tespit edilmiştir. S1

(15.50 cm hafta<sup>-1</sup>) uygulamasında sürgün uzamasının daha hızlı olduğu ve bunu S2 (14.75 cm hafta<sup>-1</sup>), S0 (14.50 cm hafta<sup>-1</sup>) ve son olarak S3 (13.25 cm hafta<sup>-1</sup>) uygulamasının izlediği görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Farklı yaprak su potansiyeli uygulamaları ve yaprak alma uygulamaları 2020 yılı sürgün uzama hızına etkileri  
Figure 1. Different leaf water potentials and leaf removal treatments effects on shoot growth rate in year 2020

### Budama odunu ağırlığı (kg asma<sup>-1</sup>)

Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının budama odunu ağırlığı üzerine etkisi açısından Yıl Ana Etkisi (YAET)'nin LSD %5 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 3). YAET açısından; 2019 yılı (0.76 kg asma<sup>-1</sup>) birinci önem grubunda, 2020 yılı (0.65 kg asma<sup>-1</sup>) ise son önem grubunda yer almıştır. Candar ve ark. (2017) ve Alço (2019) çalışmalarında yaptıkları

uygulamaların budama odunu ağırlığına etkilerinin istatistik açıdan önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun sebebinin çalışmada salkım sayılarının eşitlenmesi, sürgün uzunluklarının birbirine çok yakın olması, verimin sınırlandırılmış ve eşitlenmiş olmasıyla ilgili olduğu düşünülmüştür. Bu sonuçlar Kurtural ve ark. (2013) ve Demirkeser ve Kamiloglu (2020) ile aynı yöndedir.

Çizelge 3. Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının budama odunu ağırlığına etkileri  
Table 3. Different leaf water potentials and leaf removal treatments effects on pruning weight

YSP LWP	Yıllar Years	Uygulamalar Treatments				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	YSPAET	YAET
S0	2019	0.83	0.70	0.80	0.83	0.73	
	2020	0.66	0.60	0.70	0.73		
	Yıl Ort.	0.75	0.65	0.75	0.78		
S1	2019	0.83	0.73	0.90	0.70	0.74	2019 0.76a
	2020	0.73	0.63	0.80	0.60		
	Yıl Ort.	0.78	0.68	0.85	0.65		
S2	2019	0.73	0.73	0.70	0.76	0.68	2020 0.65b
	2020	0.63	0.63	0.60	0.66		
	Yıl Ort.	0.68	0.68	0.65	0.71		
S3	2019	0.80	0.70	0.66	0.73	0.67	
	2020	0.70	0.60	0.56	0.63		
	Yıl Ort.	0.75	0.65	0.61	0.68		
YUAET		0.74	0.66	0.71	0.70		

YAET LSD<sub>0.05</sub>: 0.051

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ Pencere (Batı), SOP=Sol Pencere (Doğu), YSPAET=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAET=Yıl Ana Etkisi, YUAET=Yaprak Alma Uygulamaları Ana Etkisi

#### Bir yıllık dal ağırlığı (Vigor) (g)

Bir yıllık dal ağırlığı üzerine YAET istatistik açıdan LSD %5 düzeyinde önemli; ancak YUAET,

YSPAET ve bunların interaksiyonlarının ise istatistiki olarak önemli olmadığı kaydedilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının bir yıllık dal ağırlığına (vigor) etkileri  
Table 4. Different leaf water potentials and leaf removal treatments effects on vigor

YSP LWP	Yıllar Years	Uygulamalar Treatments				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	YSPAET	YAET
S0	2019	66.00	50.00	56.00	57.66	52.92	
	2020	44.60	40.76	52.00	56.36		
	Yıl Ort.	55.30	45.38	54.00	57.01		
S1	2019	63.00	52.66	67.00	50.66	54.82	2019 55.37a
	2020	53.46	47.10	60.23	44.46		
	Yıl Ort.	58.23	49.88	63.61	47.56		
S2	2019	55.33	48.66	54.33	55.00	50.50	2020 47.87b
	2020	47.16	48.90	45.56	49.03		
	Yıl Ort.	51.25	48.78	49.95	52.01		
S3	2019	57.33	55.00	45.66	51.66	48.24	
	2020	49.33	42.23	40.06	44.63		
	Yıl Ort.	53.33	48.61	42.86	48.15		
YUAET		54.52	48.16	52.60	51.18		

YAET LSD<sub>0.05</sub>: 4.35

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ Pencere (Batı), SOP=Sol Pencere (Doğu), YSPAET=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAET=Yıl Ana Etkisi, YUAET=Yaprak Alma Uygulamaları Ana Etkisi

YAET incelendiğinde farklı yaprak su potansiyeli uygulamaları ve farklı yaprak alma uygulamaları sonucunda 2019 yılının 55.37 g ile birinci önem grubunda yer aldığı, 2020 yılının ise 47.87 g değeri ile son önem grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. YUAET istatistik olarak önemli olmamakla birlikte; bir yıllık dal ağırlığı değerlerinin 54.52 g (K) ile 48.16 g (TP) değerleri arasında olduğu görülmüştür. YSPAET incelendiğinde S3 (48.24 g)

uygulamalarının düşük bir yıllık dal ağırlığına sahip olduğu, 54.82 g (S1) ile yüksek yıllık dal ağırlığı değerini aldığı gözlenmiştir. YSPAET x YUAET interaksiyonu açısından da rakamsal olarak yüksek bir yıllık dal ağırlığı S1 x SAP (63.61 g) interaksiyonundan alınmıştır. Buna göre bir yıllık ağırlıkları bakımından 40 g-60 g kuvvetli (sofralık çeşitler için uygun olabilir) ve >60 g çok kuvvetli olarak değerlendirildiğinden (Carbonneau, 1998),

alınan değerlerin bağı kuvvetli olduğu ve şaraplık çeşitler için aranan rakamların üzerinde olduğu görülmüştür. Ancak, Smart (1985) bir yıllık dal ağırlığı değeri yüksekliğinin taç yoğunluğunu gösterdiği; bunun da üzümleri güneş yanıklığından korumada etkili olduğunu bildirmiştir.

### Güç (kg)

Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının güç üzerine etkisi incelendiğinde YSPAET istatistik açıdan LSD %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 5). YSPAET açısından; birinci önem grubunda S1 (0.85) ve S0 (0.84) uygulamaları, son önem grubunda ise 0.78 değeri ile S2 ve S3 uygulamalarının yer aldığı tespit edilmiştir. Sulama oranının 2017/18 vejetasyon periyodunda Chardonnay çeşidinde bir yıllık dal

ağırlığını önemli derecede etkilediği bulgusuyla aynı yönde olduğu görülmüştür (Walker ve ark., 2022). YUAET açısından da güç değerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Rakamsal olarak yüksek güç değerini K (0.84) uygulaması almıştır. YAET istatistik açıdan önemli olmamakla birlikte; 2019 yılının 0.82 ile yüksek, 2020 yılının 0.80 düşük güç değeri verdiği kaydedilmiştir. Yaprak alma uygulamalarının güç üzerine etkili olduğu bulgusu Alço (2019) ile uyum içindedir. Şaraplık çeşitlerde 0.5-1.0 arasındaki güç değerlerinin ideal olduğu kabul edildiğinden (Carbonneau, 1998) yapılan tüm uygulamaların değer aralıklarının; şaraplık çeşitler için uygun olduğu ve farklı yaprak alma uygulamaları ve stres seviyelerinin farklılıklar yarattığı ortaya konmuştur.

Çizelge 5. Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının güç üzerine etkileri  
Table 5. Different leaf water potentials and leaf removal treatments effects on puissance

YSP LWP	Yıllar Years	Uygulamalar Treatments				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	YSPAET	YAET
S0	2019	0.88	0.81	0.86	0.88	0.84a	
	2020	0.87	0.81	0.80	0.80		
	Yıl Ort.	0.88	0.81	0.83	0.84		
S1	2019	0.89	0.81	0.90	0.79	0.85a	2019 0.82
	2020	0.92	0.90	0.86	0.72		
	Yıl Ort.	0.90	0.85	0.88	0.75		
S2	2019	0.82	0.79	0.77	0.80	0.78b	2020 0.80
	2020	0.88	0.71	0.70	0.78		
	Yıl Ort.	0.85	0.75	0.73	0.79		
S3	2019	0.82	0.77	0.78	0.81	0.78b	
	2020	0.67	0.80	0.73	0.85		
	Yıl Ort.	0.74	0.78	0.76	0.83		
YUAET		0.84	0.80	0.80	0.80		

YSPAET LSD<sub>0.05</sub>: 0.049

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ Pencere (Bati), SOP=Sol Pencere (Doğu), YSPAET=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAET=Yıl Ana Etkisi, YUAET=Yaprak Alma Uygulamaları Ana Etkisi

### Ravaz İndeksi (Ri)

Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalara göre Ravaz İndeksi üzerine YAET bakımından istatistik olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 6).

YAET'ne göre birinci önem grubunda 2020 yılı (3.47), son önem grubunda da 2019 yılının (3.02) yer aldığı saptanmıştır. YSPAET açısından S1 (3.09) uygulaması rakamsal olarak düşük, S3 uygulamasının 3.44 değeri ile yüksek Rİ değerine sahip olduğu saptanmıştır. YSPAET x YUAET

interaksiyonları açısından; S3 x SAP (3.87) rakamsal olarak yüksek; S1 x SAP (2.70) interaksiyonu ise düşük değeri almıştır. Araştırma sonuçlarının Alço (2019)'un Gamay üzüm çeşidinde yaptığı çalışma sonuçlarına (K 3.88–DTA 5.30–PEN 3.53) yakın sonuçlar ile paralel olduğu belirlenmiştir. Rİ değerinin şaraplık çeşitlerde 5-10 arasında olmasının (Ravaz, 1903; Maccarrone ve ark., 1996) uygun olduğu kabul edilmektedir. Çalışma verilerinin şaraplık çeşitlerde aranan değer aralıklarının altında kaldığı görülmüştür.



Çizelge 6. Farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının Ravaz İndeksi üzerine etkileri  
Table 6. *Different leaf water potentials and leaf removal treatments effects on Index Ravaz*

YSP LWP	Yıllar Years	Uygulamalar Treatments				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	YSPAET	YAET
S0	2019	2.90	3.30	3.06	3.13	3.23	
	2020	3.23	3.55	3.48	3.23		
	Yıl Ort.	3.06	3.42	3.27	3.18		
S1	2019	2.90	3.10	2.60	3.23	3.09	2019 3.02b
	2020	2.90	3.75	2.81	3.46		
	Yıl Ort.	2.90	3.42	2.70	3.34		
S2	2019	3.13	2.90	3.03	2.93	3.22	2020 3.47a
	2020	3.50	3.32	3.36	3.57		
	Yıl Ort.	3.31	3.11	3.20	3.25		
S3	2019	2.63	3.06	3.40	3.06	3.44	
	2020	2.90	4.23	4.35	3.91		
	Yıl Ort.	2.76	3.65	3.87	3.49		
YUAET		3.01	3.40	3.26	3.31		

YAET LSD<sub>0.05</sub>: 0.26

K=Kontrol. TP=Tam Pencere. SAP=Sağ Pencere (Batı). SOP=Sol Pencere (Doğu). YSPAET=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi. YAET=Yıl Ana Etkisi. YUAET=Yaprak Alma Uygulamaları Ana Etkisi

Merlot üzüm çeşidinde benzer sonuç (R<sub>i</sub> 3.0) Demirkeser ve Kamiloglu (2020) tarafından da alınmış, bunun yüksek vejetatif büyümeden kaynaklandığı ortak sonucuna erişilmiştir.

## Sonuç

Merlot üzüm çeşidinde iki vejetasyon dönemi içerisinde farklı yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulaması gerçekleştirilmiş ve bu uygulamaların sürgün özelliklerine etkisi bakımından; S3 stres uygulamasının ve TP yaprak alma uygulamasının düşük budama odunu ağırlığı ve bir yıllık dal ağırlığı (vigor) değerlerine sahip olduğu ortaya konmuştur. S3 uygulamasında görülen göreceli yüksek stres ve TP uygulamasıyla fotosentez etkinliği yüksek (7. ve 13. boğum arasındaki) yaprakların çıkartılarak yaprak alanlarının azalması; karbonhidrat üretimi ve depolanan miktarını sınırlandırmıştır. Bu da stres koşullarıyla asmaların manipüle edilerek farklı sonuçlar alınabileceğini göstermesi bakımından önemli bir veri sağlamıştır.

Sonuç olarak; Merlot üzüm çeşidinde Tekirdağ ili Şarköy ilçesi koşullarında düşük budama odunu ağırlığı ve aynı şekilde düşük bir yıllık dal ağırlığı (vigor) değerleri elde edilmesi istendiğinde S3 + TP uygulamalarının yapılabileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

## Ekler

Bu çalışma üçüncü yazar Fatma Betül AKTAŞ'ın Yüksek Lisans Tezi'nin bir kısmıdır. Yazarlar, bağında 2 yıl boyunca araştırma yapılmasına olanak sağlayan Kalpak Tarım Ürünleri Ltd. Şti. sahibi Sayın Bülent KALPAKLIOĞLU'na teşekkür ederler.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazar Katkısı:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkıda bulduklarını beyan ederler.

## Kaynaklar

- Alço, T. (2019). *Gamay üzüm çeşidinde farklı dönemlerde yapılan yaprak alma uygulamalarının önolojik olgunluğa etkileri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Kök, D. (2008). Hidroponik kültür ve fidanlık koşullarında yetiştirilen aşılı asma fidanlarının Karbonhidrat ve Azot içerikleri ile bağdaki tutma performansları üzerine araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 21(1), 15-26.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Boz, Y. (2010). Tekirdağ ili Şarköy ilçesinin terroir açısından değerlendirilmesi. *Tekirdağ ili Şarköy Değerleri Sempozyumu* 14 Ekim 2010, (pp. 156-177). Şarköy, Tekirdağ.

- Bahar, E., Korkutal, İ., & Kabataş, İ. E. (2017). Sangiovese üzüm çeşidinde dönemsel yaprak su potansiyeli ( $\Psi_{\text{yaprak}}$ ) değişimleri ve salkım seyreltme uygulamalarına bağlı olarak düzenlenen sulama oranlarının verim, sürgün ve gelişme özellikleri üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences* 30(2), 85-90.
- Bowen, P. (2009). Foundations of canopy management: the contributions of Dr. Mark Kliewer. In: Recent Advances in Canopy Management. *Proc. W.M. Kliewer Symposium 16*, (pp. 1-6). Davis, CA, USA.
- Buesa, I., Pérez, D., Castel, J., Intrigliolo, D., & Castel, J. (2017). Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria: Effect of seasonal vine water stress on water use. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23(2), 251-259. DOI: 10.1111/ajgw.12280.
- Candar, S., Yaşasın, A. S., Alço, T., Bahar, E., & Korkutal, İ. (2017). Interactions of abiotic environmental factors on physiological parameters in cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.). *2<sup>nd</sup> International Balkan Agriculture Congress*, 16-18 May 2017 (pp. 626-635).
- Carbonneau, A. (1998). *Aspects Qualitatifs*. In: Tiercelin, JR (Ed.). *Traite d'irrigation*. Tec&Doc. Lavosier Ed., Paris. France.
- Carbonneau, A., Deloire, A., & Jaillard, B. (2007). *La Vigne Physiologie. Terroir. Culture*. Dunod Publishing. Paris, France.
- Copper, A. W., Koundouras, S., Bastian, S. E. P., Johnson, T., & Collins, C. (2022). Assessing the growth response of *Vitis vinifera* L. cv. Xynisteri, Maratheftiko, Shiraz and Sauvignon Blanc to different irrigation regimes. *Research Square* (Preprint). DOI: 10.21203/rs.3.rs-1229873/v1
- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V., Bonnadour, V., & Van Leeuwen, C. (2005). Grapevine Responses to Terroir: A Global Approach. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 39(4), 149-162. DOI: 10.20870/oeno-one.2005.39.4.888
- Deloire, A., Pellegrino, A., & Rogiers, S. (2020). A few words on grapevine leaf water potential. *Ives Technical Reviews Vine and Wine*. DOI: 10.20870/IVES-TR.2019.3620
- Demirkeser, O. K., & Kamiloglu, O. (2020). Identification of phenological periods and yield, quality and vegetative characteristics of some wine grapes grown in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 19(6), 47-57. DOI: 10.24326/asphc.2020.6.4
- Ferlito, F., Allegra, M., Torrisi, B., Pappalardo, H., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, A., Stagno, F., & Nicolosi, E. (2020). Early defoliation effects on water status, fruit yield and must quality of Nerello mascalese grapes. *Scientia Agricola* 77(6), e20190025. DOI: 10.1590/1678-992X-2019-0025
- Güner, N. (2005). *Sofralık ve şaraplık üzüm çeşitlerinde sürme performansının anaç ve terbiye budama şekli ile ilişkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. (2006). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara.
- Kurtural, S. K., Wessner, L. F., & Dervishian, G. (2013). Vegetative compensation response of a procumbent grapevine (*Vitis vinifera* cv. Syrah) cultivar under mechanical canopy management. *HortScience* 48(5), 576-583. DOI: 10.21273/HORTSCI.48.5.576
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Carbonneau, A. (2011). Growth and yield responses of cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.) to early water stress. *African Journal of Agricultural Research* 6(29), 6281-6288. DOI: 10.5897/AJAR11.1893
- Kok, D., Bal, E., & Celik, S. (2013). Influences of various canopy management techniques on wine grape quality of *V. vinifera* L. cv. Kalecik Karası. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19(6), 1247-1252.
- Lorenz, D. E. K., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. vinifera) codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1, 100-110. DOI: 10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x
- Maccarrone, G., Bogoni, M., & Scienza, A. (1996). Assessment of Source-Sink Relationships With Simple Indices in Grapevines. *Acta Horticulturae* 427, 177-186. DOI: 10.17660/ActaHortic.1996.427.22
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J. M., Pou, A., & Fuentes, S. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 499-517. DOI: 10.1007/s13593-014-0280-z
- Özkaplan, M., & Balkaya, A. (2021). Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde değişen sıcaklık ve ışık koşulları ile verim parametreleri arasındaki ilişkinin modellenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 25(4), 438-447. DOI:10.29050/harranziraat.910583
- Ravaz, L. (1903). Sur la brunissure de la vigne. *C.R. Acad. Sci.* 136, 1276-1278.
- Rienth, M., & Scholasch, T. (2019). State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status. *Oeno One* 4, 619-637. DOI:10.20870/oeno-one.2019.53.4.2403
- Scholander, P. F., Hammel, H. T., Bradstreet, E. D., & Hemmingsen, E. A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346. DOI: 10.1126/science.148.3668.339
- Smart, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 36(3), 230-239.
- Smart, R. E., Dick, J. K., Gravett, I. M., & Fisher, B. M. (1990). Canopy management to improve grape yield and wine quality-principles and practices. *South African Enology and Viticulture* 11(1), 3-17. DOI: 10.21548/11-1-2232
- Silva, L. R., & Queiroz, M. (2016). Bioactive compounds of red grapes from Dão region (Portugal): Evaluation of phenolic and organic profile. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 6(4), 315-321. DOI: 10.1016/j.apjtb.2015.12.015
- TMM. (2020). Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü 2019 ve 2020 yılı iklim kayıtları. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TEKIRDAG> Erişim tarihi: 12.09.2021

Walker, H. V., Jones, J. E., Swarts, N. D., & Kerslake, F. (2022). Manipulating nitrogen and water resources for improved cool climate vine to wine quality.

*American Journal of Enology and Viticulture 73, 11-25. DOI: 10.5344/ajev.2021.21004*



# Bazı anaçların Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidinin makro ve mikro besin elementleri alımına etkileri

## *Effects of some rootstocks on uptake of macro and micro nutrient of Hafif Çukurgöbek loquat cultivar*

A. Aytekin POLAT<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü 31034, Antakya/HATAY, TÜRKİYE

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5701-4767>

### **To cite this article:**

Polat, A.A. (2022). Bazı anaçların Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidinin makro ve mikro besin elementleri alımına etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 92-100.  
DOI:10.29050/harranziraat.1038368

**\*Address for Correspondence:**  
A. Aytekin POLAT  
**e-mail:**  
aapolat@mku.edu.tr

**Received Date:**  
18.12.2021  
**Accepted Date:**  
16.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### **Öz**

Bu çalışma, bazı anaçların, üzerine aşılı yenidoğya çeşidinin makro ve mikro besin elementleri alımına etkilerini belirlemek amacıyla 2020-2021 yılları vejetasyon periyodunda yürütülmüştür. Çalışmada, Quince-A, Quince-C, BA-29 ayva klon anaçları ile alıç ve yenidoğya çöğür anaçları üzerine aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidi kullanılmıştır. Aynı koşullarda yetişen beş anaç üzerine aşılanmış Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidinden alınan yaprak örneklerinde azot(N), fosfor(P), potasyum(K), kalsiyum(Ca), magnezyum(Mg), demir(Fe), çinko(Zn), bakır(Cu), mangan(Mn) ve sodyum(Na) analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda; yenidoğya yapraklarının N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin sırasıyla % 2.10-2.68(w/w), % 1.52-1.59(w/w), % 0.44-0.60(w/w), % 0.419-0.486 ve % 0.29-0.54(w/w) arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Yaprakların Fe içerikleri 29,66 ile 103.42 mg.kg<sup>-1</sup>, Cu içerikleri 1.46 ile 4.32 mg.kg<sup>-1</sup>, Zn içerikleri 15,71 ile 20.54 mg.kg<sup>-1</sup>, Mn içerikleri 11.74 ile 16.52 mg.kg<sup>-1</sup>, Na içerikleri ise 260 ile 350 mg.kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Sonuçlar, anaçlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu nedenle yenidoğya ağaçlarının mineral beslenmesi tavsiye edilirken anaç-kalem etkileşimlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenidoğya, Anaç, Ayva, Bitki besin elementleri

### **ABSTRACT**

This study was carried out to determine the effects of some rootstocks on uptake of the macro and micronutrient of loquat cultivar in the vegetation period of 2020-2021. In the study, Hafif Çukurgöbek loquat cultivar grafted on Quince-A, Quince-C, BA-29 Quince clone rootstocks, hawthorn and loquat seedling rootstocks were used. Leaf samples were collected from Hafif Çukurgöbek cultivar grafted on the five rootstocks that were grown under same conditions and were analyzed for nitrogen (N), phosphorus(P), potassium(K), calcium(Ca), magnesium(Mg), iron(Fe), zinc(Zn), copper(Cu), manganese(Mn), and sodium(Na). As a result of the research; it was determined that the N, P, K, Ca, and Mg contents of loquat leaves varied between 2.10-2.68%(w/w), 1.52-1.59%(w/w), 0.44-0.60%(w/w), 0.419-0.486% and 0.29-0.54%(w/w), respectively. The contents of leaf iron were between 29.66 and 103.42 mg.kg<sup>-1</sup>, copper contents were between 1.46 and 4.32 mg.kg<sup>-1</sup>, zinc contents were between 15.71 and 20.54 mg.kg<sup>-1</sup>, manganese contents were between 11.74 and 16.52 mg.kg<sup>-1</sup>, sodium their contents were determined between 260 and 350 mg.kg<sup>-1</sup>. Results showed that there were significant differences among rootstocks thus it is necessary to consider rootstock-scion interactions when mineral nutrition of loquat trees is recommended.

**Key Words:** Loquat, Quince, Rootstock, Plant nutrition,

## Giriş

Bitkilerin topraktan aldıkları besin elementi miktarları, toprak, çevre ve bitki olmak üzere çeşitli temel faktörlerin kontrolü altındadır. Bitki faktörleri, bu etkenlerin etki derecesini belirleyen temel kriterlerden birisi olup, özellikle kök sistemi, bitkilerin topraktan aldığı makro ve mikro besin elementi miktarlarını doğrudan etkilemektedir (Erdal ve ark., 2005). Toprakтан alınan bitki besin elementlerinin miktarı, bitki tür ve çeşidinin yanı sıra kullanılan anaç ile bitkinin yaşı ve gelişme durumuna göre farklılıklar gösterebilmektedir. Bu nedenle anaçların besin maddesi alımı ve taşıma yetenekleri, gübreleme programı hazırlanmasında dikkate alınması gereken bir faktördür (Kacar, 1995; Erdal ve ark., 2008).

Anaçlar, üzerine aşıl原因 meyve çeşitlerinin fenolojik özellikleri, büyüme kuvveti, verim ve kalitesinin yanında besin elementlerinin alımı ve kullanımına da etki etmektedir. Bitki besin elementlerinin anaçtan kaleme iletiminin sağlıklı bir biçimde gerçekleşmesi, tüm bu özellikleri etkileyen önemli bir faktördür. Nitekim farklı türlerde yapılan çalışmalarda, çeşit ve anaçların besin elementi alımı üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir (Köksal 1979; Küden ve ark., 1992; Küçükyumuk ve Erdal, 2009).

Ülkemiz yenidoña yetiştiriciliğinde, yenidoña çöğürü, genel olarak en yaygın olarak kullanılan anaçtır. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar (Polat, 2007, Polat, 2018a, b; Polat, 2020; Akkuş ve Polat, 2021) bazı ayva anaçlarının yanısıra alıç anacının da yenidoña yetiştiriciliğinde başarıyla kullanılabileceğini ve bu anaçların üzerlerine aşıl原因 yenidoña çeşitlerinde bodurlaşma sağladıklarını göstermektedir. Bu nedenle, bu yeni kullanılan anaçların değişik toprak şartlarına adapte olma durumları, aşı uyuşma durumları ve aşı tutma sonrası gelişme durumlarının yanısıra bitki besin maddeleri iletimleri konularında da çalışmaların yapılmasında yarar bulunmaktadır.

Meyve ağaçlarında kullanılan anaçların,

üzerine aşılı çeşidin meyve verim ve kalitesini doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu bilinmektedir. Anacın bu etkisinin, başka birçok unsurun yanısıra çeşidin beslenmesine olan etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Beslenme durumunun en iyi göstergesi de yaprakların bitki besin elementleri içeriğidir. Bu nedenle de gübreleme programlarının belirlenmesinde kullanılan en etkin yöntem yaprak analizleridir.

Bu çalışmada da araştırmada yer alan anaçların, üzerlerine aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoña çeşidine makro ve mikro bitki besin maddelerini iletme durumlarının belirlenmesi amaçlanmış ve yaprak analizleri yapılarak konu araştırılmıştır. Böylece araştırılan anaçların üzerine aşıl原因 çeşide besin elementlerini iletme konusunda herhangi bir sorun olup olmadığı aydınlatılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile farklı anaçların, çeşidin beslenme durumuna olan etkilerinin belirlenmesi ve bodur anaç ile yapılacak sık dikimli bahçelerde gübreleme programlarının doğru planlanmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırma, 2020-2021 yılları vejetasyon periyodunda yürütülmüştür. Araştırmada, BA-29, Quince-A, Quince-C ayva anaçlarına aşılı 4 yaşındaki, yenidoña ve alıç çöğürlerine aşılı 3 yaşındaki verim alınan Hafif Çukurgöbek yenidoña çeşidinin yaprakları materyal olarak kullanılmıştır. Deneme kurulan bahçede, anacı BA-29, Quince-A, Quince-C ve Alıç olan bitkilerin dikim aralığı, 1.0 x 0.5 m olup, anacı yenidoña çöğürü olanların dikim aralığı ise 1x1 metredir.

Deneme materyali ağaçlar, Goble terbiye sistemi ile şekillendirilmiş olup, damla sulama sistemi ile sulanmıştır. Araştırmanın yapıldığı bahçede, öteki yıllık teknik ve kültürel bakım işlemleri düzenli olarak yapılmış ancak herhangi bir gübreleme programı uygulanmamıştır.

## Yöntem

### Toprak örneklerinin alınması ve analizi

Deneme bahçesi toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için denemede ilk yaprak örnekleri alınırken her tekerrürdeki ağaçların taç izdüşümünden Jakson (1967)'in bildirdiği şekilde ve toprağın 0-20 ve 20-40 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınarak analizlere hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneklerinde pH tayini, 1/2.5 toprak su karışımında pH-metre ile EC tayini, aynı karışımda EC-metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954). Alınabilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum analizleri amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi (Richards, 1954) ile; organik madde Walkey-Black yaş yakma yöntemine (Allison, 1965) göre; yarayıslı demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) tayinleri DTPA ekstraksiyon yöntemi (Lindsay ve Norwell, 1978) ile; alınabilir fosfor içeriği Olsen ve ark. (1954)'e göre; kireç miktarı ise Allison, ve Moodie (1965)'e göre belirlenmiştir. Toprakların bünyesi ise su ile doygunluk yüzdesinden belirlenmiştir (Anonim, 1990).

### Yaprak örneklerinin alınması

Çalışma alanındaki ağaçlardan gelişme kuvvetleri biri birine yakın 10 ağaç seçilerek her tekerrürde 5 ağaç olmak üzere iki tekerrürlü olarak yaprak örnekleri alınmıştır. Yaprak örnekleri, ağaçların dört tarafından olmak üzere çiçek veya

meyve salkımı bulunan yıllık sürgünlerin ortasındaki sağlıklı yapraklardan Kasım ayı ortalarında (Doran ve Kaya, 2016a) alınmıştır. Alınan yaprak örnekleri laboratuvara taşınarak sırasıyla çeşme suyu, % 1'lik deterjanlı su, çeşme suyu ve bidistile su ile yıkanmıştır. Yıkanan yaprak örnekleri, önce oda koşullarında fazla nemini almak için kurumaya bırakılmış ve sonrasında 65°C sıcaklıktaki etüvde 48 saat (sabit ağırlığa ulaşincaya kadar) kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan kurumuş yapraklar, öğütme makinesi ile öğütülüp kilitli naylon poşetlere konularak analizleri yapıncaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir (Sannoveld ve Dijk, 1982; Kacar ve İnal, 2008).

### Besin elementleri analizlerinin yapılması

Öğütülerek analize hazır hale getirilmiş yaprak örnekleri yaş yakılmıştır. Yaş yakmadan sonra ekstrakte edilen örneklerdeki N içeriği Dumas metoduna (Horneck ve Miller, 1998) göre; P içeriği Barton (1948) yöntemine göre spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Örneklerdeki K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri ise örneklerin yaş yakılması sonucu elde edilen süzüklerde atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında okunarak saptanmıştır (Lindsay and Norvell, 1978; Hanlon, 1998; Kacar ve İnal, 2008). Elde edilen değerler yenidoğruya yapraklarındaki bitki besin elementlerinin yeterlilik düzeylerine göre (Quiñones ve ark., 2013) değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kenworthy'nin denge indeksi prosedürü uygulanan yenidoğruya yapraklarındaki bitki besin elementlerinin standart konsantrasyonları<sup>1</sup> (Quiñones, ve ark., 2013).

Table 1. Standard leaf nutrient concentrations on summer-flush leaves of loquat tree applying Kenworthy's balance index procedure<sup>1</sup>

Element Adı <i>Nutrient</i>	Eksik <i>Deficient</i>	Düşük <i>Low</i>	Optimum <i>Optimum</i>	Yüksek <i>High</i>	Çok yüksek <i>Excess</i>
N	< 0.75	0.75 - 1.16	1.17 - 1.65	1.66 - 2.15	> 2.15
P	< 0.056	0.056 - 0.084	0.085 - 0.125	0.126 - 0.160	> 0.160
K	< 0.65	0.65 - 0.74	0.75 - 1.20	1.21 - 1.63	> 1.63
Mg	< 0.18	0.18 - 0.26	0.27 - 0.38	0.39 - 0.50	> 0.50
Ca	< 1.40	1.40 - 1.89	1.90 - 2.89	2.90 - 3.65	> 3.65
S	< 0.055	0.055 - 0.079	0.080 - 0.114	0.115 - 0.154	> 0.154
Fe	< 35	65 - 42	53 - 76	77 - 110	> 110
Zn	< 14	14 - 19	20 - 32	33 - 52	> 52
Mn	< 12	12 - 14	15 - 23	24-35	> 35
Cu	< 3	3 - 4	5 - 7	7 - 11	> 11
B	< 15	15 - 24	25 - 35	36 - 48	> 48
Na	< 30	30 - 60	61 - 115	116 - 165	> 165

<sup>1</sup>Konsantrasyon, kuru ağırlığın yüzdesi (makro besin: N, P, K, Mg, Ca ve S) veya milyonda kısım (mikro besinler: Fe, Zn, Mn, Cu, B ve Na) olarak ifade edilmiştir.

<sup>1</sup>Concentration expressed as percentage (macronutrient: N, P, K, Mg, Ca and S) or parts per million (micronutrients: Fe, Zn, Mn, Cu, B and Na) of dry weight (DW).

### Sonuçların değerlendirilmesi

Yaprak analiz sonuçlarının varyans analizleri "Tesadüf Blokları Deneme Deseni"ne (Bek ve Efe, 1988) göre yapılmış ve ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS programı kullanılmıştır.

### Toprak örnekleri analiz sonuçları

Yapılan toprak analizlerine göre bahçe toprağının killi tınlı bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu, tuzluluk ve kireç sorunu olmayan; ancak gerek organik madde, gerek makro ve mikro elementler açısından genel olarak çok düşük veya düşük değerlere (Quiñones ve ark., 2013) sahip bir toprak olduğu söylenebilir(Çizelge 2).

### Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çizelge 2. Araştırma bahçesi toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri  
Table 2. Some physical and chemical properties of experiment orchard soil

Parametre <i>Parameter</i>	Birim <i>Unit</i>	Örnek alınan toprak derinliği <i>Sampled soil depth</i>	
		0-20 cm	20-40 cm
pH		7.87	8.02
İletkenlik(EC) <i>Electrical conductivity</i>	( $\mu$ S/cm)	258	209
Yarayışlı Fosfor(P) <i>Availible Phosphorus (P)</i>	(%)(w/w)	0.0046	0.0036
Yarayışlı Potasyum(K) <i>Availible Potassium (K)</i>	(%)(w/w)	0.0088	0.01
Kalsiyum(Ca) <i>Calcium(Ca)</i>	(%)(w/w)	0.524	0.48
Magnezyum(Mg) <i>Magnesium(Mg)</i>	(%)(w/w)	0.340	0.301
Sodyum(Na) <i>Sodium(Na)</i>	(ppm)	110.0	110.0
Demir(Fe) <i>Iron(Fe)</i>	(ppm)	5.37	4.99
Bakır(Cu) <i>Copper(Cu)</i>	(ppm)	0.27	0.26
Mangan(Mn) <i>Manganes(Mn)</i>	(ppm)	3.31	3.23
Çinko(Zn) <i>Zinc(Zn)</i>	(ppm)	1.31	1.18
Organik madde <i>Organic matter</i>	(%)(w/w)	0.66	0.73
Kireç-CaCO <sub>3</sub> <i>Lime-CaCO<sub>3</sub></i>	(%)(w/w)	1.50	1.28
Bünye <i>Texture</i>		Killi tın Clay loam	Killi tın Clay loam

### Yaprak örneklerinin analiz sonuçları

#### Anaç farklılığının yenidoğru yapraklarının N, P, K, Ca ve Mg içeriğine etkisi

Farklı anaçlar üzerine aşılanmış Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinin yaprak N, P, K, Ca ve Mg içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Yaprakların N, P, K, Ca ve Mg içerikleri, çeşidin aşıllı bulunduğu anaçlardan etkilenmiş ve bu etki, P dışındaki elementlerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yaprakların ortalama N içeriği anaçlara göre % 2.10-

2.68(w/w) aralığında değişmiştir. N içeriği, en düşük yenidoğru çöğür anacına aşıllı bitkilerde, en yüksek, Quince-A anacına aşıllı bitkilerin yapraklarında belirlenmiştir. Yaprakların ortalama P içerikleri % 1.52-1.59(w/w) arasında bulunmuştur. BA-29 anacında belirlenen fosfor içeriği en düşük düzeyde olurken, alıç anacında en yüksek bulunmuştur. K içeriği, en düşük Quince-A anacında(% 0.44(w/w)), en yüksek yenidoğru çöğür anacında (% 0.60(w/w)) ölçülmüştür. Yaprakların ortalama Ca ve Mg

içerikleri, en yüksek Alıç anacında (sırasıyla, % 0.486 ve 1.075(w/w)), en düşük BA-29 ayva anacında (sırasıyla, % 0.419 ve 0.374(w/w))

belirlenmiştir. Diğer anaçların Ca içerikleri bu değerler arasında yer almıştır(Çizelge 3).

Çizelge 3. Hafif Çukurgöbek yenidoğuşya çeşidinin yaprak makro element içerikleri üzerine anaçların etkisi (%)  
Table 3. Effect of rootstocks on leaf macro nutrient contents of Hafif Çukurgöbek loquat cultivar (%)

Anaçlar Rootstocks	Makro bitki besin elementleri (%)(w/w) <i>Macronutrients (%) (w/w)</i>				
	N	P	K	Ca	Mg
Quince-A <i>Quince-A</i>	2.68 a*	1.54	0.44 d	0.430 b	0.436 c
Quince-C <i>Quince-C</i>	2.48 ab	1.53	0.47 cd	0.423 c	0.464 b
BA-29 <i>BA-29</i>	2.47 ab	1.52	0.46 c	0.419 c	0.374 d
YD çöğürü <i>Loquat seedling</i>	2.10 b	1.57	0.60 a	0.423 c	0.375 d
Alıç <i>Hawthorn</i>	2.22 b	1.59	0.52 b	0.48 6a	1.075 a

\* Sütunlardaki farklı harfler, Tukey HSD Testine göre her bir makro elementte anaçlar arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (P < 0.05). Different letters within columns indicate significant differences among rootstocks within each *macronutrients* to Tukey HSD Test (P < 0.05). \*\* Önemli değil, Not significant

Yaprakların N, P, K, Ca ve Mg içerikleri, çeşidin aşılı bulunduğu anaçlardan etkilenmiş ve bu etki, P dışındaki elementlerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yaprakların ortalama N içeriği anaçlara göre % 2.10-2.68(w/w) aralığında değişmiştir. N içeriği, en düşük yenidoğuşya çöğür anacına aşılı bitkilerde, en yüksek, Quince-A anacına aşılı bitkilerin yapraklarında belirlenmiştir. Yaprakların ortalama P içerikleri % 1.52-1.59(w/w) arasında bulunmuştur. BA-29 anacında belirlenen fosfor içeriği en düşük düzeyde olurken, alıç anacında en yüksek bulunmuştur. K içeriği, en düşük Quince-A anacında(% 0.44(w/w)), en yüksek yenidoğuşya

çöğür anacında (% 0.60(w/w)) ölçülmüştür. Yaprakların ortalama Ca ve Mg içerikleri, en yüksek Alıç anacında (sırasıyla, % 0.486 ve 1.075(w/w)), en düşük BA-29 ayva anacında (sırasıyla, % 0.419 ve 0.374(w/w)) belirlenmiştir. Diğer anaçların Ca içerikleri bu değerler arasında yer almıştır(Çizelge 3).

#### *Anaç farklılığının yenidoğuşya yapraklarının Fe, Zn, Cu ve Mn içeriğine etkisi*

Farklı anaçlar üzerine aşılanmış Hafif Çukurgöbek yenidoğuşya çeşidinin yapraklarında belirlenen mikro element içerikleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Hafif Çukurgöbek yenidoğuşya çeşidinin yaprak mikro element içerikleri üzerine anaçların etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)  
Table 4. Effect of rootstocks on leaf micro nutrient contents of Hafif Çukurgöbek loquat cultivar (mg kg<sup>-1</sup>)

Anaçlar Rootstocks	Mikro bitki besin elementleri (mg kg <sup>-1</sup> ) <i>Micronutrient (mg kg<sup>-1</sup>)</i>				
	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
Quince-A <i>Quince-A</i>	41.14 c	1.46 d	11.74 d	18.20 b	260 c
Quince-C <i>Quince-C</i>	48.39 b	2.14 c	12.42 cd	20.54 a	315 b
BA-29 <i>BA-29</i>	29.66 e	3.08 b	13.30 c	16.50 c	315 b
YD çöğürü <i>Loquat seedling</i>	32.90 d	4.32 a	16.52 a	15.94 c	350 a
Alıç <i>Hawthorn</i>	103.42 a	1.96 c	14.63 b	15.71 c	345 a

\* Sütunlardaki farklı harfler, Tukey HSD Testine göre her bir mikro elementte anaçlar arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir(P < 0.05). Different letters within columns indicate significant differences among rootstocks within each *micronutrients* to Tukey HSD Test (P < 0.05).



Çalışmada, Hafif Çukurgöbek yenidoğya ağaçlarında mikro element içerikleri üzerine anaçların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Yaprakların demir içerikleri, anacı BA-29 olan ağaçlarda en düşük (29.66 mg.kg<sup>-1</sup>), anacı alıç olan ağaçlarda en yüksek (103.42 mg.kg<sup>-1</sup>) olarak belirlenmiştir. Yaprakların bakır ve mangan içerikleri, en düşük Quince-A anacına aşılı bitkilerde (sırasıyla 1.46 mg.kg<sup>-1</sup> ve 11.74 mg.kg<sup>-1</sup>) en yüksek Yenidoğya çöğür anacına aşılı bitkilerde (sırasıyla, 4.32 mg.kg<sup>-1</sup> ve 16.52 mg.kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Yaprakların çinko içerikleri, 15.71 mg.kg<sup>-1</sup> (Alıç) ile 20.54 mg.kg<sup>-1</sup> (Quince-C); sodyum içerikleri ise 260 mg.kg<sup>-1</sup> (Quince-A) ile 350 mg.kg<sup>-1</sup> (yenidoğya çöğürü) arasında dağılım göstermiştir.

Farklı meyve türlerinde anaç kullanımı konusunda çok sayıda araştırma bulunmakla birlikte yenidoğyalarda anaç kullanımı üzerine yapılmış çalışmalar yok denecek kadar azdır. Son yıllarda, planlanan araştırmalarda, yenidoğyalarda sık dikime uygun bodur anaçlar belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu kapsamda, yapılan çalışmalarda, Quince-A, Quince-C ve BA 29 ayva klon anaçlarının yanısıra yenidoğya çöğür anaçlarının üzerine aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidinin fenolojik, pomolojik özellikleri ile verim ve vegetatif büyümesi üzerine etkileri yoğun olarak araştırılmaktadır (Akkuş ve Polat, 2021). Ancak bu anaçların kalemin beslenmesi üzerine etkileri konusunda yapılmış bir çalışma olmadığından bu alanda önemli bilgi eksiklikleri bulunmaktadır. Yapılan literatür taramalarında, ulaşılabilen az sayıdaki çalışmanın ise yenidoğya çöğür anacı üzerine aşılı bahçelerden alınan yaprak örneklerini kapsadığı (Doran ve Kaya, 2000; Doran ve Kaya, 2016 a, b); ve farklı anaçların, yenidoğyalarda bitki besin elementlerinin alımı üzerine etkilerinin belirlenmesine ilişkin çalışmaların olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, çalışmamızda Quince-A, Quince-C ve BA 29 ayva klon anaçlarının yanısıra Yenidoğya ve Alıç çöğür anaçlarının, üzerine aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidinin yapraklarındaki bitki besin elementlerinin seviyesi ilk kez çalışılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlardan, yenidoğya

ağaçlarının besin elementi içeriklerinin aşılı buldukları anaç farkından önemli düzeyde etkilendiği görülmektedir. Fosfor dışındaki incelenen tüm makro ve mikro elementlerin alımı üzerine anaçların etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu nedenle yenidoğya ağaçlarının mineral beslenmesi tavsiye edilirken anaç-kalem etkileşimlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Elde edilen verilere göre, genel olarak denemede yer alan tüm anaçlara aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoğya çeşidinin yapraklarında N ve P çok yüksek; K ve Ca eksik (Quiñones ve ark., 2013) bulunmuştur. Yapraklardaki Mg seviyesi ise alıçta çok yüksek, Quince-A ve Quince-C anaçlarında yüksek, BA-29 ve yenidoğya çöğüründe optimum düzeyde (Quiñones ve ark., 2013) olduğu belirlenmiştir.

Yapraklardaki mikro elementlerin içeriği, makro elementlere göre anaçlardan daha belirgin etkilenmiştir. Nitekim yapraklardaki Fe içeriği, anacı BA-29 ve Yenidoğya çöğürü olan bitkilerde eksik; anacı Quince-A ve Quince-C olan bitkilerde düşük; anacı alıç olan bitkilerde ise yüksek (Quiñones ve ark., 2013) bulunmuştur. Yaprakların Bakır içeriğinin Quince-A, Quince-C ve Alıç anaçlarına aşılı bitkilerde eksik, BA-29 ve Yenidoğya çöğürüne aşılı bitkilerde ise düşük (Quiñones ve ark., 2013) olduğu belirlenmiştir. Yaprakların Mangan içeriğinin, Quince-A anacına aşılı bitkilerde eksik; Quince-C, BA-29 ve Alıç anaçlarına aşılı bitkilerde düşük, yenidoğya çöğür anacına aşılı bitkilerde ise optimum (Quiñones ve ark., 2013) seviyede olduğu saptanmıştır. Yaprakların Çinko seviyesi, sadece yenidoğya çöğür anacına aşılı bitkilerde optimum bulunurken öteki tüm anaçlarda düşük (Quiñones ve ark., 2013) bulunmuştur. Denemede yer alan tüm anaçlara aşılı bitkilerin yapraklarındaki Sodyum seviyesi ise çok yüksek bulunmuştur.

Literatürde, yenidoğyalarda besin maddelerinin alımına farklı anaçların etkilerine ilişkin çalışmalara ulaşılacakla birlikte; farklı anaç ve çeşitlerin kullanıldığı elma, kayısı, kiraz ve şeftali ile yapılan çalışmalarda anaç ve çeşidin besin elementi alımına etki ettiği belirtilmektedir (Tsipouridis ve Thomidis 2005; Giorgi ve ark., 2005; Jimenez ve

ark., 2007; Küçükyumuk ve Erdal, 2009; Uğur ve Paydaş, 2018). Anaçların bitki besin elementlerinin alımına etkilerinin farklı olması, başta kök yayılım alanı olmak üzere saçak kök miktarı ve köklerin katyon değiştirme kapasitesi vb. gibi çeşitli faktörlerle ilişkilendirilebilir. Kök sistemi, su ve besin maddelerinin topraktan alımı ve bitki içerisinde taşınmasında büyük rol oynamakla birlikte, yaprakların yüzey alanı ve yaprak yapıları gibi ağaçların toprak üstü organları da bitkilerin topraktan aldığı besin elementi miktarlarını etkilemektedir.

Anaçların vegetatif büyüme kuvvetleri ile besin elementleri alımı birlikte değerlendirildiğinde; incelenen anaçların, Hafif Çukurgöbek yenidoğruya çeşidinin makro ve mikro element alımı üzerine etkilerinin de önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim, çalışmada en yüksek K, Cu, Mn ve Na konsantrasyonları yenidoğruya çöğür anacına(kuvvetli) aşılı ağaçlarda belirlenirken; en yüksek P, Ca, Mg ve Fe konsantrasyonları ise alıç anacına(çok bodur) aşılı ağaçlarda belirlenmiştir. Buna karşın en yüksek N, Quince-A, en yüksek Zn, Quince-C anaçlarına aşılı ağaçlarda belirlenmiştir.

Farklı çevre koşullarında ve değişik meyve türlerinde yapılan çalışmalarda da çeşidin yaprak mineral besin içerikleri üzerinde anaçların önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Giorgi ve ark., 2005; Yin ve ark., 2009; Küçükyumuk ve Erdal, 2011). İkinci ve ark.(2014)'nin yaptıkları bir çalışmada, Santa Maria armut çeşidinin mineral element alımı üzerine BA-29, Quince-A ve Quince-C ve çöğür anaçlarının etkileri incelenmiş ve en yüksek N, P, K, Ca, Mg, Fe ve Cu konsantrasyonları armut çöğürü ve BA-29 anaçları üzerindeki ağaçlarda belirlenirken, en düşük yaprak Fe konsantrasyonları, Quince-A ve Quince-C anaçlarına aşılı armut ağaçlarında belirlenmiştir. Genel olarak çalışmada, Quince-C ve Quince-A anaçlarına aşılı ağaçlar, en düşük yaprak makro besin içeriğine sahip olmuştur. Yaprak besin konsantrasyonu üzerine benzer etki, elmada da gözlemlenmiş ve birçok araştırmacı, kuvvetli anaçlara aşılı ağaçların yapraklarının, bodur anaçlara aşılı olanlara göre daha yüksek mineral içeriğine sahip olduğunu saptamıştır (Küçükyumuk

ve Erdal, 2011; Fallahi ve ark., 2002; Amiri ve ark., 2014; Abdalla ve ark., 2002).

Çalışmamızın bulguları, farklı meyve türlerinde yapılan bu çalışmaların bir kısmının bulguları ile benzerlik (Polat ve Yıldırım, 2015; Uçgun ve ark., 2011) gösterirken bir kısmından ise farklılık (İkinci ve ark., 2014; Küçükyumuk ve Erdal, 2011; Fallahi ve ark., 2002; Amiri ve ark., 2014) taşımaktadır. Bu durum, çalışmamızın materyalini oluşturan kalem/anaç kombinasyonun farklı morfolojik ve fizyolojik özelliklere sahip türlerden oluşmasının yanısıra öteki çalışmalarda incelenen türlerden de önemli farklılıklar gösteren bir kombinasyon olmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü, çalışmamızda araştırılan yenidoğruya, kışın yaprağını dökmeyen herdemyeşil bir meyve türü olup, öteki çalışmalarda incelenen kışın yaprağını döken ılıman iklim meyve türlerinden çok farklı morfolojik, biyolojik ve fizyolojik özelliklere sahiptir. Ayrıca, çalışmamızda araştırılan kombinasyonun kalemi herdemyeşil olup, morfolojik ve fizyolojik özellikleri bakımından, üzerine aşılandığı kışın yaprağını döken anaç türlerinin bu özelliklerinden önemli farklılıklar göstermektedir. Dolayısıyla gerek üzerine aşılandığı yaprağını döken anaç türleri (BA-29, Quince-A, Quince-C ve alıç) ile arasındaki anaç kalem ilişkileri bakımından, gerek beslenme fizyolojisi bakımından olabilecek çeşitli farklılıkların belirlenmesi amacıyla daha detaylı araştırmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

## Sonuç

Ülkemiz yenidoğruya yetiştiriciliğinde halihazırda sadece çöğür anacı kullanılmaktadır. Ancak, öteki avantajlarının yanısıra özellikle sık dikim nedeniyle birim alandan daha çok verim alınabilmesi, bodur anaçlar ile bahçe kurulmasının önemini arttırmaktadır (Polat ve ark., 2003). Yenidoğruyalarda bodur anaç olarak ayva anacının kullanımına ilişkin çalışmalar, ülkemizde ilk kez Polat ve Kaşka (1992) tarafından başlatılmış ve halen konuyla ilgili çalışmalar farklı yönleriyle devam etmektedir. Ancak, yapılan literatür taramalarında, farklı anaçların, yenidoğruyalarda bitki besin elementlerinin

alımını üzerine etkilerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalara rastlanmamıştır. Bu alandaki bilgi eksikliğinin giderilmesi, gerek literatüre katkı bakımından gerek bodur anaç ile bahçe tesis edecek yetiştiriciler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, çalışmamızda, Quince-A, Quince-C ve BA 29 ayva klon anaçlarının yanısıra yenidoğru ve alıç çöğür anaçlarının, üzerine aşılı Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinde, bitki besin elementlerinin alınma etkilerinin ilk kez çalışılmış olması, araştırmanın özgün yanını oluşturmakta ve önemini göstermektedir. Çalışmadan elde edilen veriler ve bilgiler, alanındaki ilk verilerdir. Bu durum, çalışmanın verilerinin oldukça özgün ve önemli olduğunu ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçlar, yenidoğru yetiştiriciliğinde kullanılan anaçların, üzerine aşılı çeşitlerin beslenmesini önemli ölçüde etkilediği, bu nedenle gübreleme programları yapılırken sadece çeşidin değil kullanılan anacın da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca bitkinin ihtiyacından fazla gübre kullanılarak maddi kaybın yanısıra çevre kirliliğine neden olunmaması veya yetersiz gübre kullanımı ile ekonomik kayıpların yaşanmaması için yetiştiricilik yapılan alanlarda uygun anaç ve çeşitlerin tespit edilmesi; belirlenen anaç ve çeşitlere ait gübreleme denemelerinin yapılmasının en uygun yaklaşım olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

## Ekler

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi sürecinde desteğini esirgemeyen HMKÜ. Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Necat Ağca'ya teşekkür ederim.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazar makalede, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazar Katkısı:** AAP çalışmayı tasarlayarak denemeleri kurmuş, çalışmayı yürütmüş, verileri analiz etmiş ve makaleyi yazmıştır.

## Kaynaklar

- Abdalla, O.A., Khatamian, H., & Miles, N.W. (1982) Effect of rootstocks and interstems on composition of 'Delicious' apple leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107, 730-733
- Akkuş, S. & Polat, A.A. (2021). Investigation of vegetative growth, yield and fruit quality characteristics of 'Hafif Çukurgöbek' loquat cultivar grafted on different quince rootstocks. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3), 279-286.
- Allison, L.E. (1965). Organic Carbon. In: C.A. Black(Ed.). *Methods of Soil Analysis*. Part 2: Chemical and Microbiological Properties (pp. 1367-1378). Madison, USA: American Society of Agronomy.
- Allison, L.E., & Moodie, C.D. (1965). Carbonate. In: C.A. Black (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. Part 2: Chemical and Microbiological Properties (pp.1379-1398). Madison, USA: American Society of Agronomy.
- Amiri, M.E., Fallahi, E., Safi-Songhorabad, M. (2014). Influence of rootstock on mineral uptake and scion growth of 'Golden Delicious' and 'Royal Gala' apples. *Journal of Plant Nutrition*, 37,16-29.
- Anonim, 1990. *Toprak ve su analiz laboratuvarı el kitabı* (Ed: Aslan Tüzüner). Tarım Orman ve Köyleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara, 375 S.
- Barton, C., J. (1948). Photometric analysis on phosphate rock. *Analytical Chemistry*, 20(11), 1068-1073.
- Bek, Y. & Efe, E. (1988). *Araştırma ve Deneme Metodları I*. ÇÜ. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 71, 395 s. Adana.
- Bolat İ., Pırlak, L., & Pamir, M., (1995). Farklı Anaçların Bazı Elma Çeşitlerindeki Bitki Besin Elementi İçeriğine Etkileri. *Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi* Cilt I, s. 35-39, Adana.
- Doran, İ., & Kaya, Z. (2000). Akko XIII yenidoğru (*Eriobotrya japonica* Lindl.) ağaçlarına artan dozlarda uygulanan N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O ve ahır gübresinin yaprakların bitki besin madde içeriklerine etkileri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 144-163.
- Doran, İ., & Kaya, Z., (2016a). Yuvarlak Çukurgöbek yenidoğru (*Eriobotrya japonica* L.) çeşidi yapraklarındaki besin elementlerinin mevsimsel değişimleri. *Derim* 18,17-26.
- Doran, İ., & Kaya, Z. (2016b). Yuvarlak Çukurgöbek yenidoğru (*Eriobotrya japonica* L.) çeşidinde yaprakların toplam ve aktif elementleriyle verim arasındaki ilişkiler. *Derim*, 18 (4) , 154-161.
- Erdal, İ., Kepenek, K., & Kızılgöz, İ. (2005). Effect of Elemental Sulphur and Sulphur Containing Waste on The Iron Nutrition of Strawberry Plants Grown in a Calcareous Soil. *Biological Agriculture & Horticulture*, 23 (3), 263-272.
- Erdal, İ., M. Atilla Aşkın, Küçükymuk Z., Yıldırım F., & Yıldırım A. (2008). Rootstock has an Important Role on Iron Nutrition of Apple Trees. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(2), 173-177.
- Fallahi, E., Colt, W.M., Fallahi, B., & Chun, I. (2002). The importance of apple rootstocks on tree growth, yield, fruit quality, leaf nutrition and photosynthesis with an emphasis on 'Fuji'. *HortTechnology*, 12, 38-44.
- Giorgi M., Capocasa F., Scalzo J., Murri G., Battino M., &

- Mezzetti B., (2005). The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach. *Scientia Horticulture* 107, 36-42.
- Hanlon, E.A., (1998). Elemental determination by atomic absorption spectrophotometry. In: Klara, Y.P.(Ed.), *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis* (157-164). New York: CRC Press.
- Horneck, D. & Miller, R. (1998) Determination of Total Nitrogen in Plant Tissue. In: Klara, Y.P., (Ed.), *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis* (75-83). New York: CRC Press.
- İkinci, A., Bolat, İ., Ercisli, S. & Kodad, O., (2014). Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. 'Santa Maria' in semi-arid conditions. *Biological Research*, 47:71. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-71>.
- Jackson, M. L., (1967). *Soil chemical analysis*. New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd. 498 p.
- Jimenez S., Pinochet J., Gogorcena Y., Betran J.A., & Moreno M.A. (2007). Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. *Scientia Horticulturae* 112,73-79.
- Kacar, B., (1995). *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara. 150 s.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri Kitabı Nobel Yayınları*. 1241: 120-164, Ankara.
- Köksal, İ. (1979). *Anaç ve Çeşit Arasındaki Etkileşimin Meyve Yetiştiriciliğindeki Önemi*. AÜ. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 702, Derlemeler: 21, 28 s.
- Küçükyumuk, Z., & Erdal, İ. (2009). Anaç ve Çeşidin Elmanın Mineral Beslenmesine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 4 (2), 8-16.
- Küçükyumuk, Z., & Erdal, İ. (2011) Rootstock and cultivar effect on mineral nutrition, seasonal nutrient variation and correlations among leaf, flower and fruit nutrient concentrations in apple trees. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17, 633-641.
- Küden, A., Gezerel, Ö., & Kaşka, N. (1992). Farklı klonal ve çöğür anaçları üzerine aşılı bazı elma çeşitlerinin bitki besin madde içerikleriyle verim düzeyleri arasındaki ilişkiler. *I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, Cilt 1, sy: 115-119,13-16 Ekim, 1992, İzmir.
- Lillehand, O., & Mccollam, M.E. (1961). Fertilizing western orchards. *Better Crops with Plant Food*, 45(4), 46-48.
- Lindsay, W.L., & Norwell, W.A. (1978). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society America Journal*, 42, 421-428.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soil by extraction sodium bicarbonate*. Circular, Vol 939 (p. 19). Washington, DC: US Department of Agriculture.
- Polat,A.A., & Kaşka,N., 1992. Quince-A' nın Yenidünyalarda Anaç Olarak Kullanılması Üzerinde Bir Araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 16 (4), 745-755.
- Polat, A.A., Durgaç, C., Kamiloğlu, Ö. & Çalışkan, O., 2003. *Sık Dikim ve Örtüaltı Yetiştirme Tekniklerinin Yenidünyalarda Erkencilik, Verim ve Kaliteye Etkilerinin Belirlenmesi*. TÜBİTAK Tarım, Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu, TARP – 2336. s:68.
- Polat, A.A. (2007) Loquat production in Turkey: Problems and Solutions. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(2), 187-199.
- Polat, A.A. (2018a) *Loquat Production in Turkey: Problems and Solutions*. Moldova: Lambert Academic Publishing, 69 p.
- Polat, A.A., (2018b). Effects of some Quince rootstocks on phenological properties and fruit set rates in Hafif Çukurgöbek loquat cultivar. *Proceedings of the IX International Agricultural Symposium "Agrosym 2018"*,(pp. 488-492), 04-07, October, 2018, Jahorina, Bosnia and Herzegovina.
- Polat, A.A., (2020). Alıç Anaçlarına Yapılan Yenidünya Aşılarında Aşı Başarısının Saptanması. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 10 (1), 1-5.
- Polat, M. & Yıldırım, A.N. (2015). 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinin Besin Elementi Alımı Üzerine Kuş Kirazı, Gisela 5 ve SL 64 Anaçlarının Etkileri. *Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa, 567-570.
- Quiñones,A., Soler, E., & Legaz, F. (2013) Determination of foliar sampling conditions and standard leaf nutrient levels to assess mineral status of loquat tree. *Journal of Plant Nutrition*, 36(2), 284-298.
- Richards, L.A. (1954) *Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils*, Agriculture, 160, Handbook 60. Washington DC.: US Department of Agriculture.
- Sannoveld, C., & Van Dijk, P.A. (1982). The effectiveness of some washing procedures on the removal of contaminants from plant tissue of glasshouse crops. *Comunication in Soil Science and Plant Analysys*, 13, 487-49.
- Steyn, W.J.A. (1961). Leaf analysis, Errors Involved in the Preparative Phase. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 7, 344-348.
- Tsipouridis, C. and Thomidis, T. (2005). Effect of 14 peach rootstocks on the yield, fruit quality, mortality, girth expansion and resistance to frost damages of May Crest peach variety and their susceptibility on Phytophthora citrophthora. *Scientia Horticulturae*, 103, 421-428.
- Uğur, R., & Paydaş, S., (2017b). Seçilmiş bazı yabani erik anaç adaylarının kayıslarda bazı makro besin maddeleri alımına etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 288-295.
- Uğur, R., & Paydaş Kargı, S. (2018). Seçilmiş Bazı Yabani Erik Anaç Adaylarının Kayıslarda Bazı Mikro Besin Maddeleri Alımına Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(2), 136-145.
- Yin, X., Bai, J., & Seavert C.F. (2009) Pear responses to split fertigation and band placement of nitrogen and phosphorus. *HortTechnology*, 19, 586-592.



# Süt üretimini etkileyen faktörlerin path analizi ile belirlenmesi: Tokat ili örneği

## Determination of factors affecting milk production by path analysis: The case of Tokat province

Kaan KAPLAN<sup>1\*</sup>, Adnan ÇİÇEK<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5579-5707>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-2671-1439>

### To cite this article:

Kaplan, K. & Çiçek, A. (2022). Süt üretimini etkileyen faktörlerin path analizi ile belirlenmesi: Tokat ili örneği. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 101-108.  
DOI: 10.29050/harranziraat.976139

**\*Address for Correspondence:**  
Kaan KAPLAN  
**e-mail:**  
kaan.kaplan@gop.edu.tr

**Received Date:**  
29.07.2021  
**Accepted Date:**  
23.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

### ÖZ

Bu çalışmada, yıllık süt miktarını etkileyen faktörlerin doğrudan ve dolaylı etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın materyalini, 2020 yılında Tokat ilinde süt sığırcılığı yapan 111 işletmeden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre yıllık süt miktarını toplam yem masrafı hariç diğer bağımsız değişkenler pozitif yönde etkilemektedir. Yıllık süt miktarını doğrudan etkileyen en önemli değişken sağılan büyükbaş hayvan birimi iken, dolaylı olarak etkileyen en önemli değişkenler günlük süt verimi ve toplam yem masraflarıdır. Araştırmada sağılan büyükbaş hayvan birimi %68 ile yıllık süt miktarına en yüksek oranla doğrudan etki etmektedir. Günlük süt veriminin yıllık süt miktarına dolaylı etkisi %81, doğrudan etkisi %19 iken dolaylı etki işgücü masraflarından ve sağılan büyükbaş hayvan biriminden kaynaklanmaktadır. Toplam yem masrafları bağımlı değişken üzerinde doğrudan negatif bir etkiye sahiptir. Toplam yem masrafı değişkeni diğer tüm değişkenleri negatif yönde etkilemiştir ve yem masrafları yıllık süt üretim miktarını negatif yönde etkilemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Path analizi, Süt sığırcılığı, Hayvancılık

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the direct and indirect effects of the factors affecting the annual milk yield. The material of the research consists of data obtained from 111 dairy cattle in Tokat in 2020. According to the result of the research, other independent variables affect the annual milk amount positively, except for the total forage cost. While the most important variable directly affecting the annual milk yield is the unit of cattle milked, the most important variables indirectly affecting it are daily milk yield and total forage cost. The cattle unit milked in the research directly affects the annual milk amount with the highest rate with 68%. While the indirect effect of Daily milk yield on the annual milk amount is 81% and the direct effect is 19%, the indirect effect is due to labor costs and the unit of cattle milked. Total feed cost has a direct negative effect on the dependent variable. The total feed cost variable affected all other variables negatively, and the feed cost negatively affected the annual milk production amount.

**Key Words:** Path analysis, Dairy cattle, Livestock

### Giriş

Süt ve süt ürünleri, günlük hayatta ihtiyaç duyulan en önemli besin maddeleridir. Diğer besin maddelerinden farklı olarak canlıların

büyümleri, gelişmeleri ve sağlıklı bir şekilde yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli birçok besin ögesini içermektedir. Bu nedenle insan hayatının her evresinde süt ve süt ürünleri tüketimi önemli bir yer tutmaktadır (Çelik, 2002).

Hayvancılık sektörünün en önemli üretim dallarından birisini sığır yetiştiriciliği oluşturmaktadır. Sığır yetiştiriciliği süt ve et üretimine yönelik olarak yapılmaktadır. Besi işletmelerinde sadece et üretimine dönük bir faaliyet söz konusu iken, süt işletmelerinde ise süt üretiminin yanı sıra et üretimi de söz konusudur. Ayrıca besi işletmeleri kısa süreli faaliyetler olup, süt işletmeleri daha uzun süreli bir faaliyettir. Bu nedenle yapılacak veya yapılmış olan yatırımın sürdürülebilirliği açısından konunun ekonomik boyutu önemlidir. Bu faaliyete başladıktan sonra, bu iş için yapılan yatırımların başka yatırımlara çevrilmesi oldukça güçtür. Yani, süt sığırıcılığına yer verilen işletmelerde kısa dönem için planlama esnekliği daha zordur (Şahin, 2001).

Kurumsallaşmış işletme sayısının azlığı süt sektöründe önemli bir diğer konudur. İşletmeler genellikle işletme sahipleri tarafından yönetilmekte, iş bölümü yapılmamakta ve kurumsallaşma yolunda bir adım atılmamaktadır. Bu tür işletmeler küçük çapta üretim gerçekleştirmelerine, işletmelerini öz sermaye ile döndürmeye çalışmalarına ve finansal yönden sıkıntılar yaşamalarına rağmen birçok işletme bir araya gelerek birleşme ve kurumsallaşma yönünden adım atmaya yanaşmamaktadırlar (Bars ve Akbay, 2013).

Süt sığırıcılığı işletmelerinin başarısında önemli olan kriterlerin başında hayvanların ırkı, yaşı ve verimi canlı materyalin performansında önemi bir etkiye sahipken işletme kapasitesi, damızlık hayvan sayısı, ahır kalitesi, üreticinin tecrübe ve eğitimi, kullanılan işgücü kalitesi ve sayısı, rasyondaki kesif yem miktar ve bileşimi gibi faktörler de süt sığırıcılığı işletmelerinin organizasyon kalitesini ifade etmektedir. (Yavuz ve ark., 2003; Topçu, 2004).

Türkiye’de yıllar itibarıyla hayvan başına süt veriminde bir artış söz konusudur ve 2019 yılında inek başına yıllık süt verimi ortalama 3 120.4 kg’dır. Tokat ilinde 2019 yılı itibarıyla 106 005 baş inek sağılmaktadır (Anonim, 2020). Kültür ve kültür melezi ırklarında yıllar içerisinde dalgalanmalar olsa da bir artış gözlenirken yerli ırkta yıllara göre sağılan inek sayısında bir azalış

söz konusudur. 2019 yılında Tokat ilinde sağılan inek varlığının %31.4’ü kültür ırkından, %53.6’sı kültür melezi ırkından ve %15.0’ı yerli ırktan oluşmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu’nun verilerine göre Tokat ilinde 2 yaş ve üzeri ineklerin %61’i sağılmaktadır.

Süt sığırıcılığı işletmelerinin ekonomik analizi ve üretim faaliyetinin karlılığı ile ilgili yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Qadir ve ark., (2016) Pakistan’ın Peşaver eyaletinde yapmış oldukları çalışmada süt sığırıcılığı işletmelerinin kârlılığını analiz etmeyi amaçlamışlardır. Ayrıca Michalickova ve ark., “Technical Efficiency and Its Determinants in Dairy Cattle” isimli çalışmalarında 2006-2010 dönemine ait 83 süt sığırıcılığı işletmesinden alınmış veriler ile süt üretiminin teknik verimliliğini analiz etmeyi ve maliyetlerin teknik verimlilik üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır (Michalickova ve ark., 2013). Sri-Lanka’daki başka bir çalışmada ise Nafees ve Jeyamalar (2005) Sri-Lanka’nın Trinkomalee bölgesindeki süt sığırıcılığı işletmelerinin performans analizini incelemeyi amaçlamışlardır. Tauer ise New York bölgesinde bulunun 314 süt sığırıcılığı işletmesinden almış olduğu veriler ile küçük ölçekli ve büyük ölçekli süt işletmeleri arasındaki üretim maliyetlerini karşılaştırmayı amaçlamıştır (Tauer, 2001).

Günlü ve ark., (2001) Afyon ilinde süt işletmelerinin genel özelliklerini ve kârlılık ile verimlilik analizlerini anket yoluyla elde edilen verilerle araştırmışlardır. Şahin ve ark., “İğdır İlinde Büyükbaş Hayvancılık İşletmelerinde Kârlılığı Artırma Yolları Üzerine Bir Araştırma” isimli çalışmalarında 233 işletmeden anket yoluyla almış oldukları veriler ile işletmelerin masraf unsurlarını incelemişler, kârlılığı etkileyen önemli etkenlerin ne olduğunu ortaya koymaya çalışmışlardır (Şahin ve ark., 2014).

Gülcü ve Hatırlı (2018) “Süt ve Süt Ürünü İşleyen Firmaların Etkinlik Analizi: TRB1 Bölgesi Örneği” isimli çalışmalarında Elazığ, Malatya, Tunceli ve Bingöl illerinde faaliyet gösteren süt ve süt ürünleri işleyen firmaların üretim etkinliklerini araştırmışlardır. 64 firmadan almış oldukları veriler ile etkinlik analizinde stokastik üretim sınırı

modeli ve modelin tahmininde ise Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanmışlardır. Çalışmada bölgedeki firmaların ortalama üretim etkinsizliklerinin 0.10 olduğunu ve firmanın gözlenen üretimi ile ulaşabilecek olduğu maksimum üretim arasındaki farkın %89'unun teknik ve dağılım etksizliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Yılmaz ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada Hatay ilinde projeli ve projersiz süt sığırcılığı yapan işletmelerin süt sığırcılığı üretim faaliyetlerinin ve faktör verimliliklerinin analizini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda projeli ve projersiz işletmeler arasında işgücü ve sermaye kullanımı gibi yıllık faaliyet sonuçlarında önemli farkların olduğunu saptamışlardır. Çalışmada yapılan marjinal analizler sonucunda projeli işletmelerde ölçeğin artırılmasının işletme gelirlerini olumlu yönde etkileyeceği ve toplam verimlilikle artışa neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Gözener ve Alyeşil, "Kazova Vasfi Diren Tarım İşletmesinin Süt Sığırcılığı Faaliyetinin Ekonomik Analizi" isimli çalışmalarında, işletmenin üretim masraflarını ve ürün maliyetlerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. İşletmenin gelir kaynaklarının %71.27'lik kısmını süt gelirlerinin oluşturduğunu belirtmişlerdir (Gözener ve Alyeşil, 2018). Ayrıca İkkat Tümer ve Birinci (2011) hayvancılık işletmelerinde süt maliyetine etki eden faktörlerin analizini yapmışlardır. Çalışmada 100 işletmeden anket yoluyla elde edilen veriler ile hayvan sigortası yaptıran ve yaptırmayan işletmelerin farkları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Buna göre hayvan hayat sigortası yaptıran işletmelerde süt maliyetinin 0.08 TL/lt azalacağı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada regresyon analizi ile işletmelerin yıllık süt üretimini etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmış ve buna ek olarak path analizi yapılarak bağımsız değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Süt üretimini etkileyen bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak ortaya konulması, bu çalışmayı özgün kılmaktadır. Path analizi ile yıllık süt üretim miktarı üzerine dolaylı ve doğrudan etkilerin belirlendiği bu araştırmanın literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## **Materyal ve Metod**

### *Materyal*

Araştırmanın materyali, 2020 yılında Tokat ilinde süt sığırcılığı yapan 111 işletme ile yapılan anketlerden oluşmaktadır. İşletmeler Tokat Damızlık ve Sığır Yetiştiricileri Birliğinden elde edilen verilerle tespit edilmiştir. Örnek hacminin belirlenmesinde gayeli örnekleme yöntemi kullanılmıştır. İşletme analizleri ve üretim dallarının kârlılığına yönelik çalışmalarda yapılması gerek anket sayıları (Çiçek ve Erkan, 1996) göz önünde bulundurularak ilde 5 baş ve daha fazla sağılan hayvana sahip 722 işletmenin %15'i örnek hacmi olarak alınmıştır. Çalışmanın yapılabilmesi için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulundan 17.04.2020 tarihli ve 33490967-044/ sayılı karar ile anketlerin uygulanabilmesi için etik kurul izni alınmıştır.

### *Metod*

Bu çalışmada, Sewall Wright tarafından geliştirilen path analizi yöntemi kullanılmıştır (Oktay ve ark., 2012). Path analizi, bağımlı değişken üzerindeki bağımsız değişkenlerin dolaylı ve doğrudan etkileri şeklinde ifade edebilen ve bu etkileri diyagram üzerinden görselleştirerek karmaşık ilişkilerin sunumunu kolaylaştıran bir tekniktir (Oktay ve ark., 2012).

Path analizi, standardize edilmiş değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen bir analiz tekniğidir. Oluşturulan path diyagramı ile hem bağımlı hem de bağımsız değişkenlerin birbirleri ile sebep-sonuç ilişkisi ortaya konulmaktadır. Korelasyon katsayıları, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilerin derecesini göstermektedir (Tahtalı ve ark., 2011).

Araştırmada yıllık süt üretim miktarına etki ettiği düşünülen çok sayıda değişken ile regresyon analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu sadece anlamlı değişkenlerin yer aldığı modele çalışmada yer verilmiştir. Araştırmada her bir değişken kodlanmıştır ve bu kodlamaya göre yıllık süt miktarı; YSM, günlük süt verimi; GSV, işletmecilerin eğitim durumu; E, sağılan büyükbaş

hayvan birimi; SBBHB, toplam yem masrafı; TYM ve yıllık işgücü masrafı; YİM olarak ifade edilmiştir.

Path analizinde doğrudan etki katsayıları standardize edilmiş regresyon katsayılarını ile ifade edilmektedir. Herhangi bir bağımsız değişkenin, bağımlı değişken üzerinde yapmış olduğu etkiyi gösteren path katsayısı ( $P_{yxk}$ ) eşitlik ile hesaplanmaktadır (Mendes ve ark., 2015).

$$P_{yxk} = b \frac{S_{xk}}{S_y} \quad (1)$$

Eşitlikte  $P_{xy}$  bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde yapmış olduğu doğrudan etkiyi göstermektedir.  $b$ , kısmi regresyon katsayısını;  $S_x$ ,  $x$  özelliğine ait standart sapmayı;  $S_y$ ,  $y$  özelliğine ait standart sapmayı ifade etmektedir.

$$S_{xk} = \sqrt{\frac{\sum(x_{kj} - \bar{x}_k)^2}{n}} \cdot \frac{1}{n} = \left( \sqrt{\sum X_{kj}^2 - \frac{(\sum x_{kj})^2}{n}} \right) \cdot \frac{1}{n} = \sqrt{S_{xk}} \quad (2)$$

$$S_y = \sqrt{\sum(Y - \bar{Y})^2} \cdot \frac{1}{n} = \sqrt{\left( \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \right) \cdot \frac{1}{n}} = \sqrt{S_{yy}} \quad (3)$$

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrudan ve dolaylı olarak gösterilmesinde path diyagramı kullanılmıştır. Bağımsız değişkenden bağımlı değişkene doğru olan tek yönlü oklar doğrudan etkileri göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin kendi aralarındaki oklar ise, değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermekte ve çift yönlü olarak belirtilmektedir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarının hesaplanmasında SPSS ve Excel, path diyagramının oluşturulmasında Amos istatistik programı kullanılmıştır.

## Araştırma Bulguları ve Tartışma

İşletmeler ve yetiştiricilere ilişkin genel bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. İşletmecilerin yaş ortalaması 47.3'tür ve süt sığırcılığında tecrübe yılı ortalaması 27.4'tür. Eğitim durumları birbirine yakın olmakla birlikte ilkököl mezunu oranı %39.6, ortaokul mezunu oranı %21.6, lise mezunu oranı

%25.3 ve üniversite mezunu oranı %13.5 şeklindedir. İşletmecilerin %91.9'unun asıl mesleği tarımsal faaliyetlerdir. İşletmecilerin süt sığırcılığı yapma nedenlerinde en yüksek oran %73.0 ile baba mesleği olmasıdır.

Çizelge 1. İşletmeciye ve işletmeye ait genel bilgiler

Table 1. General information about organization and manager

Yetiştirici ve İşletmeye Ait Genel Bilgiler		Genel
Yaş	(Yıl)	47.3
Eğitim Durumu (%)	İlkokul	39.6
	Ortaokul	21.6
	Lise	25.3
	Üniversite	13.5
Asıl Mesleği (%)	Tarım	91.9
	Tarım Dışı	8.1
Tecrübe Yıl Sayısı		27.4
Süt Sığırcılığı Yapma Nedenleri*	Kârlı Olması	24.3
	Baba Mesleği	73.0
	Bitkisel Üretimin Az Olması	13.5
	Yem Bitkilerini Değerlendirmek	11.7
	Hayvancılığa Destek Verildiği İçin	2.7
	Bölgede Çok Kişi Yaptığı İçin	72.1
	Hayvanları Satmak Kolay Olduğu İçin	0.9
	Yapacak Başka Bir İş Olmadığı İçin	53.2
	Diğer**	11.7
	İşgücüne Katılan İşletmeci Oranı (%)	
İşletmecinin Yılda Çalıştığı Süre (gün)		232.5
Aile Fertlerinin İşgücüne Katılım Oranı (%)		95.5
Aile Fertlerinin Yılda Çalıştığı Süre (gün)		107.7

\*Birden fazla seçeneğe cevap verildiği için toplam %100.0'ü geçmektedir.

\*\*Diğer nedenler; hayvancılığı sevdiği için, ek gelir elde etmek için.

İncelenen işletmelerde yıllık süt miktarı en düşük 2700 kg/yıl, en yüksek 756 000 kg/yıl iken ortalama 31 978.33 kg/yıl olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.). Günlük süt veriminde ise minimum 3 litre maksimum 24 litre verim alındığı belirtilmiştir. Bazı işletmecilerin yaşlarının büyük olması veya birlikte anlaşmazlıklarından kaynaklı olarak vb. durumlardan kaynaklı hayvanlarını fazla sağlamamaktadır. Günlük süt verimi bu sebeplerden ötürü az olan işletmelerde çalışmadan çıkarılmamış ve başka etkenlerinden incelenmesi amaçlanmıştır. Yıllık süt miktarını etkileyen önemli değişkenler arasında günlük süt verimi, toplam yem masrafı, yıllık işgücü masrafı,



sağılan büyükbaş hayvan birimi ve işletmecilerin eğitim durumu yer almaktadır. Toplam yem masrafı ortalama 120 649.09 TL, toplam yıllık işgücü masrafı ortalaması ise 11 390.09 TL'dir.

İşletmecilerin %39.3'ü ilkökul mezunu, %21.4'ü ortaokul mezunu, %25.0'i lise mezunu ve %14.3'ü ise üniversite mezunudur.

Çizelge 2. İşletmelere ait tanımlayıcı istatistikler

Table 2. Descriptive statistics for businesses

Değişkenler Variables	Yüzde Percent	Ortalama Average	Standart sapma sd	Minimum Minimum	Maksimum Maximum
Yıllık süt miktarı (kg)		31 978.33	83 362.56	2 700.00	756 000.00
Günlük süt verimi (kg)		10.39	4.53	3.00	24.00
Toplam yem masrafı (TL)		120 649.09	152 217.44	6 600.00	1 022 989.50
Yıllık işgücü masrafı (TL)		11 390.09	36 300.36	0.00	245 000.00
Sağılan hayvan sayısı (BBHB)		10.95	13.24	2.50	120
Eğitim (%)					
İlkokul	39.3				
Ortaokul	21.4				
Lise	25.0				
Üniversite	14.3				

Çizelge 3. Değişkenler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

Table 3. Pearson correlation coefficients between variables

Değişkenler Variables	YSM	E	GSV	TYM	YİM
E	0.180				
GSV	0.475**	-0.001			
TYM	0.703**	0.046	0.424**		
YİM	0.912**	0.140	0.419**	0.819**	
SBBHB	0.956**	0.112	0.417**	0.708**	0.872**

\*\* p<0.01 düzeyinde önemli

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, yıllık süt miktarı ile günlük süt verimi, eğitim durumu, toplam yem masrafı, işgücü masrafları ve sağılan büyükbaş hayvan birimi arasında pozitif yönde ilişki söz konusudur. Yıllık süt miktarı ile pozitif yönde en yüksek ilişkiye sahip değişken sağılan büyükbaş hayvan birimidir. Daha sonra sırasıyla işgücü masrafları, toplam yem masrafı, günlük süt verimi ve eğitim durumu gelmektedir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin denkleme regresyon denilmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler doğrusal olabildiği gibi doğrusal olmayan ilişkilerde mevcuttur (Efe ve ark., 2000). Çalışmada çoklu doğrusal regresyon metodu kullanılmıştır. Çalışmada backward elimination yöntemi ile uygun model seçimi yapılmış ve bağımlı değişkene etki eden bağımsız değişkenler

belirlenmiştir. Elde edilen değişkenler ile tekrar enter yöntemi ile standart çoklu doğrusal regresyon yapılmıştır.

Çizelge 4. Standardize edilmiş regresyon analizi sonuçları

Table 4. Standardized regression analysis results

Parametreler Parameters	E	GSV	TYM	YİM	SBBHB
Katsayılar (b <sub>1</sub> )	0.056	0.090	-0.131	0.406	0.650
Önem düzeyleri (P)	0.011**	0.000*	0.001*	0.000*	0.000*
VIF	1.038	1.264	3.165	6.498	4.253

\*p<0.01 düzeyinde önemli

\*\*p<0.05 düzeyinde önemli

Standardize edilmiş kısmi regresyon katsayıları ile katsayıların önem düzeyleri Çizelge 4'te verilmiştir. Yıllık süt miktarının tahmin edildiği standardize edilmiş çoklu doğrusal regresyon denklemi "Y=0.056 E + 0.090 GSV- 0.131 TYM + 0.406 YİM + 0.650 SBBHB" şeklinde tahmin

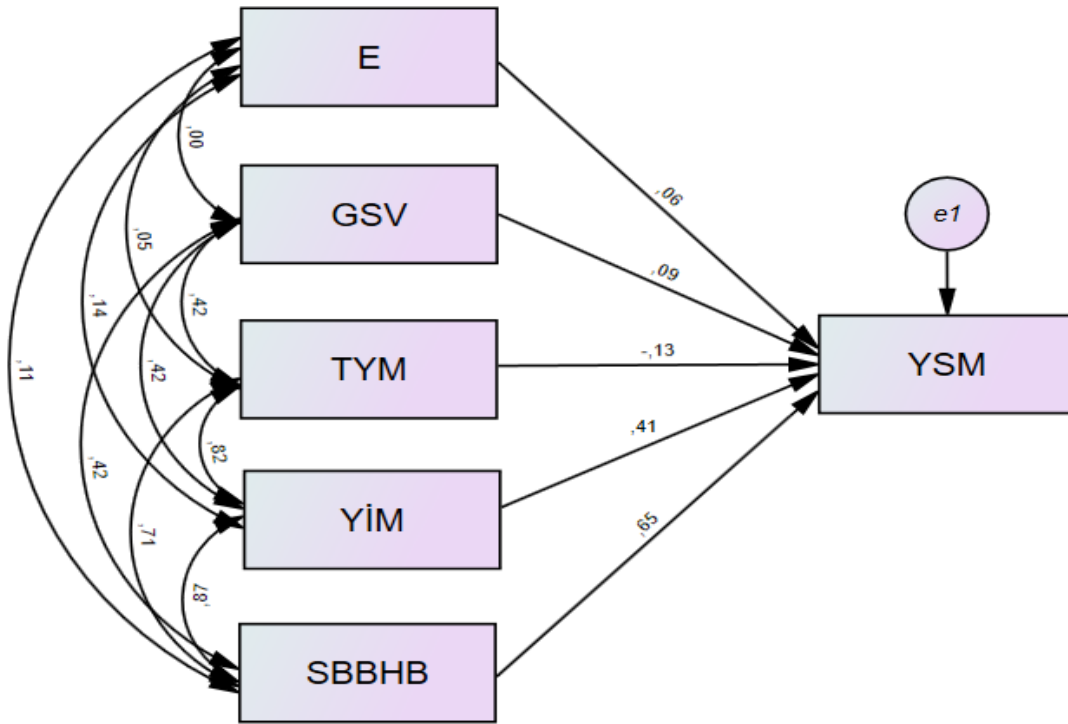
edilmiştir. Denklemden katsayılar standardize edilmiştir ve bu sebeple sabit sayı sıfır olmaktadır. Eşitlikteki kısmi regresyon katsayıları (b1) her bir değişkenin sonuç değişkeni üzerine doğrudan

etkilerini ifade etmektedir. Ayrıca VIF değerlerine göre değişkenler arasında çoklu bağlantı bulunmamaktadır.

Çizelge 5. Değişkenlerin dolaylı ve doğrudan etki katsayıları ve etki oranları

Table 5. The direct and indirect effect coefficients and effect ratios of the variables

Değişkenler Variables	Dolaylı Etki Indirect Effect					Toplam Dolaylı Etki		Doğrudan Etki Direct Effect	
	E	GSV	TYM	YİM	SBBHB	Katsayı	%	Katsayı	%
E		-0.0001	-0.0060	0.0568	0.0728	0.124	69	0.056	31
GSV	-0.0001		-0.0555	0.1701	0.2711	0.386	81	0.090	19
TYM	0.0026	0.0382		0.3325	0.4602	0.833	119	-0.131	-19
YİM	0.0078	0.0377	-0.1073		0.5668	0.505	55	0.406	45
SBBHB	0.0063	0.0375	-0.0927	0.3540		0.305	32	0.650	68



Şekil 1. Path diyagramı  
Figure 1. Path diagram

Araştırma sonuçlarına göre yıllık süt miktarı üzerinde fonksiyonda yer alan değişkenler dolaylı etkilerinde pozitif etkiye sahipken doğrudan etkilerinde eğitim, günlük süt verimi, yıllık işgücü masrafları ve sağılan büyükbaş hayvan birimi pozitif etkiye, toplam yem masrafı ise negatif etkiye sahiptir. Yıllık süt miktarına en çok etki eden değişkenler sağılan büyükbaş hayvan birimi ve yıllık işgücü masraflarıdır. Çizelge 5'te değişkenlerin yıllık süt miktarına doğrudan ve dolaylı etkilerinin katsayıları ve etki oranları verilmiştir. Günlük süt veriminin yıllık süt

miktarına dolaylı etkisi %81, doğrudan etkisi %19 iken dolaylı etki işgücü masraflarından ve sağılan büyükbaş hayvan biriminden kaynaklanmaktadır. İşletmecilerin eğitim durumlarının yıllık süt miktarına dolaylı etkisi %69, doğrudan etkisi %31 iken dolaylı etkinin ağırlıklı olarak etkilendiği diğer değişkenler işgücü masrafları ve sağılan büyükbaş hayvan birimidir. Sağılan büyükbaş hayvan birimi yıllık süt miktarını diğer değişkenlerden farklı olarak daha fazla oranda doğrudan etkilemektedir. Sağılan büyükbaş hayvan biriminin yıllık süt miktarına doğrudan etkisi %68 ve dolaylı etkisi

%32 iken, dolaylı etki yıllık işgücü masrafından ve günlük süt veriminden kaynaklanmaktadır. Toplam yem masraflarının yıllık süt miktarına dolaylı etkisi pozitif yönde, ancak doğrudan etkisi negatif yöndedir. Toplam yem masraflarının dolaylı etkisi büyük oranda işgücü masrafları ve sağılan büyükbaş hayvan biriminden kaynaklanmaktadır. Yıllık işgücü masraflarının yıllık süt miktarına dolaylı etkisi %55, doğrudan etkisi %45 iken dolaylı etki sağılan büyükbaş hayvan biriminden ve toplam yem masraflarından kaynaklanmaktadır.

## Sonuçlar

Araştırmada yıllık süt miktarının eğitim, günlük süt verimi, yıllık işgücü masrafı ve sağılan büyükbaş hayvan birimi ile pozitif yönde, toplam yem masrafı değişkeni ile negatif yönde ilişkisinin bulunduğu saptanmıştır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında pozitif yönde ilişki söz konusudur. Bağımsız değişkenler arasında günlük süt verimi ile işletmecilerin eğitim durumu arasında negatif yönde, diğer tüm değişkenlerin arasında pozitif yönde ilişki mevcuttur. Sağılan büyükbaş hayvan birimi beklenildiği gibi yıllık süt miktarı ile en yüksek korelasyona sahip değişkendir. Araştırmada sağılan büyükbaş hayvan birimi %68 ile yıllık süt miktarına en yüksek oranla doğrudan etki etmektedir. Ayrıca toplam yem masraflarının ve günlük süt veriminin yıllık süt miktarı üzerinde dolaylı olarak etkilerinin bulunduğu söylenebilir.

Toplam yem masrafları diğer bağımsız değişkenler üzerinde dolaylı etkiye, bağımlı değişken üzerinde ise doğrudan negatif etkiye sahiptir. Toplam yem masrafları değişkeni diğer tüm değişkenleri negatif yönde etkilemiştir ve yem masrafları yıllık süt üretim miktarını negatif yönde etkilemektedir. Diğer değişkenler üzerinde dolaylı olarak en çok etkisini gösteren değişken sağılan büyükbaş hayvan birimidir. Sağılan büyükbaş hayvan birimi üzerinde ise yıllık işgücü masrafının dolaylı etkisi yüksektir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Yazar Katkısı:** Prof. Dr. Adnan Çiçek araştırma konusunu tasarlamış, Arş. Gör. Kaan Kaplan birincil verileri elde etmiş, Prof. Dr. Adnan Çiçek ve Arş. Gör. Kaan Kaplan verileri incelemiş, analizleri yapmış ve makaleyi birlikte yazmışlardır.

## Kaynaklar

- Anonim, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. Alınan Yer: [https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1002](https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002).
- Bars, T., & Akbay, C. (2013). Kahramanmaraş İlinde Süt ve Süt Ürünleri İşleyen Mandıra İşletmelerinin Yapısal Analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(2), 9- 20.
- Çelik, M. (2002). Batı Akdeniz Bölgesinde Süt ve Süt Ürünleri Sektörünün Stratejik Durum Analizi ve Gelişme Olanakları. *Akdeniz IIBF Dergisi*, (4), 43- 83.
- Çiçek, A. ve Erkan, O., 1996. Tarım Ekonomisi Araştırma ve Örneklem Yöntemleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:12, 188 s, Tokat.
- Efe, E., Bek, Y. & Şahin, M. (2000). *SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II*. T.C. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Rektörlüğü Yayın No:10.
- Gözener, B. ve Alyeşil, H. (2018). Kazova Vasfi Diren Tarım İşletmesi Süt Sığırılığ Faaliyetinin Ekonomik Analizi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Arş. Dergisi*, 7 (1): 87-100.
- Gülcü, Y. ve Hatırlı, S.A. (2018). Süt ve Süt Ürünü İşleyen Firmaların Etkinlik Analizi: TRB1 Bölgesi Örneği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 10(18): 172-188.
- Günlü, A., İmik, H. & Tekerli, M. (2001). Afyon İli Süt Sığırılık İşletmelerinin Genel Özellikleri ile Kârlılık ve Verimlilik Analizi. *Lalahan Hayvan Araştırmaları Dergisi*, 41 (1) 1-12.
- Mendes, M., Karabayır, A., & Pala, A. (2005). Path Analysis of the Relationship Between Various Body Measures and Live Weight of American Bronze Turkeys Under the Three Different Lighting Programs. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(2), 184- 188.
- Michalickova, M., Krupova, Z. & Krupa, E. 2013. Technical Efficiency and its Determinants in Dairy Cattle. *Acta Oeconomica et Informatica. Faculty of Economics and Management, Slovak Agricultural University in Nitra*, 16 (1): 1-10.
- Nafees, M., Jeyamalar, R. (2005). Performance Analysis of Dairy Cattle and Socio-Economic Analysis of Dairy Cattle Farmers in Trinkomalee District. *Annual Research Session 2005, At: Eastern University, Sri Lanka*.
- Oktay, E., Akıncı, M.M., & Karaaslan, A. (2012). Yol Analizi Yardımıyla Dersler Arasındaki Etkileşimin Araştırılması: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümünde Okutulan Dersler Üzerine Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3-4), 67- 83.

- Qadir, F., Tariq, M., Shahid, J. & Zada, K. (2016). Profitability Analysis of Milk Production in District Peshawar. *Journal of the Research Society of Pakistan* 53 (2): 56-78.
- Şahin, K. (2001). Kayseri İlinde Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Yapısal Özellikleri ve Pazarlama Sorunları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (1), 79- 86.
- Şahin, K., Ertürk, Y.E., Karadaş, K. & Yılmaz, İ. (2014). Iğdır İlinde Büyükbaş Hayvancılık İşletmelerine Kârlılığı Artırma Yolları Üzerine Bir Araştırma, *XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5 Eylül 2014, Samsun*.
- Tahtalı, Y., Şahin, A., Ulutaş, Z., Şirin, E., & Abacı, S.H. (2011). Esmer Irkı Sığırlarda Süt Verimi Üzerine Etkili Faktörlerin Path Analizi ile Belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5), 859-864.
- Tauer, L.W. (2001). Efficiency and Competitiveness of the Small New York Dairy Farm. *Journal of Dairy Science*, 84: 2573-2576.
- Topal, M., Emsen, B., & Dodoloğlu, A. (2008). Path Analysis of Honey Yield Components Using Different Correlation Coefficients in Caucasian Honey Bee. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(11), 1440- 1443.
- Topçu, Y. (2004). Erzurum İli Sığır Besiciliği İşletmelerinde Girdi Kullanımı ve Üretim Maliyeti Üzerine Bir Araştırma. *Ata. Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1-2), 65- 73.
- Yavuz, F., Akbulut, Ö., & Keskin, A. (2003). Türkiye Sığırcılık Sektöründe Islah ve Destekleme Politikalarının Etkinliği Üzerine Bir Araştırma. *Turk Journal Veterinary Animal Science*, 27(2003), 645- 650.
- Yener, H., Atalar, B. & Mundan, D. (2013). Şanlıurfa İlindeki Sığırcılık İşletmelerinin Biyogüvenlik ve Hayvan Refahı Açısından Değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2(2), 87-93.
- Yılmaz, İ., Dağıstan, E., Koç, B. & Özel, R. (2003). Hatay İlinde Projeli ve Projesiz Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Süt Sığırcılığı Üretim Faaliyetlerinin ve Faktör Verimliliklerinin Analizi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 169-178.



# Determination of total protein, trans- 10-Hydroxy-2-Decenoic Acid (10-HDA) and major royal jelly proteins in royal jelly produced at different harvest times in queenless and queenright colonies

*Farklı hasat zamanlarında ana arısız ve ana arılı kolonilerde üretilen arı sütlerinde toplam protein, trans 10-HDA ve arı sütü majör proteinlerinin tayini*

Aytul UCAK KOC<sup>1\*</sup>, Mete KARACAOGLU<sup>2</sup>, Zehra Burcu BAKIR<sup>3</sup>, Kadir KIZILKAYA<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Aydın Adnan Menderes University Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Aydın/Türkiye

<sup>3</sup>Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Aydın/Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5969-1609>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1152-0808>;

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-9241-0749>; <sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-2708-6636>

## ABSTRACT

### To cite this article:

Koc Ucak, A., Karacaoglu, M., Bakır, Z.B. & Kızılkaya, K. (2022). Determination of total protein, trans- 10-Hydroxy-2-Decenoic Acid (10-HDA) and major royal jelly proteins in royal jelly produced at different harvest times in queenless and queenright colonies. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1): 109-116.

DOI:10.29050/harranziraat.1016909

### \*Address for Correspondence:

Aytul Ucak KOC

e-mail:

aucak@adu.edu.tr

### Received Date:

01.11.2021

### Accepted Date:

20.12.2021

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Two of the most important ingredients to add functional properties to royal jelly are 10-HDA and major royal jelly proteins (MRJPs). The effect of royal jelly (RJ) production and the effect of royal jelly harvest time (24, 48 and 72 hours) on 10-HDA, the total protein content of RJ, and molecular weights of major proteins in RJ were investigated in queenright and queenless colonies. RJ production colonies were divided into 2 groups as queenless and queenright where the queen was confined with frames. Subgroups were formed within each group (queenless and queenright) according to harvest time (24, 48 and 72 hours). 80 larvae were transferred to each colony. In this study, as the harvest time increased, total protein (TP) ratio decreased ( $p<0.05$ ); TP ratio in RJs harvested at 24, 48 and 72 hours was determined as  $18.4\pm 1.24\%$ ,  $15.2\pm 0.80\%$ ,  $10.6\pm 0.27\%$ , respectively. As the harvest time increased, 10-HDA decreased. It was determined 10-HDA rates in RJ harvested at 24, 48 and 72 hours respectively;  $2.52\pm 0.109\%$ ,  $2.20\pm 0.110\%$ ,  $2.00\pm 0.112\%$ . MRJP1, MRJP2, MRJP3 and MRJP5 were found from the MRJP family, and their molecular weights were determined as 53 kDa, 46.5 kDa, 66.8 kDa, 80.9 kDa, respectively. As a result, the early harvested (24 and 48 hours) RJ had higher values in terms of TP and trans 10-HDA than the royal jelly harvested at 72 hours.

**Key Words:** Honey bee, Early harvest royal jelly, Aegean Ecotype of Anatolian bee, MRJP1, Functional food

## ÖZ

Arı sütüne (AS) fonksiyonel özellik katan en önemli içeriklerinden ikisi 10-HDA ve majör arı sütü proteinleridir. Bu çalışmada, hasat zamanı (24, 48 ve 72 saat) ve AS üretim kolonilerinin ana arılı ve ana arısız olmasının arı sütünün 10-HDA, toplam protein (TP) içeriğine etkisi belirlenmiş ve majör arı sütü proteinlerinin (MASP) molekül ağırlıkları saptanmıştır. Bu amaçla AS üretim kolonileri 2 gruba ayrılmış, birinci grup ana arısız, ikinci grup ise ana arılı grubu oluşturmuştur. Birinci grubun ana arıları kovandan alındığı gün, diğer grubunun ana arıları da 2 çerçeve ile birlikte plastik sınırlandırma kafeslerine yerleştirilmiştir. Her bir koloniye 80 adet larva transfer edilmiştir. Her grup içinde (anasız ve ana arılı) 2'şer koloni 24, 48 ve 72 saat hasat zamanı alt gruplarını oluşturmuştur. Bu çalışmada hasat zamanı uzadıkça TP oranı azalmış ( $P<0.05$ ); 24, 48 ve 72 saatte hasat edilen arı sütlerinde TP oranı sırasıyla;  $18.4\pm 1.24$ ,  $15.2\pm 0.80$ ,  $10.6\pm 0.27$  olarak belirlenmiştir. 10-HDA üzerine hasat zamanının etkisi önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuş, hasat zamanı uzadıkça 10-HDA azalmış, 24, 48 ve 72 saatte hasat edilen sütlerde 10-HDA sırasıyla;  $2.52\pm 0.109$ ,  $2.20\pm 0.110$ ,  $2.00\pm 0.112$  saptanmış ve 24 saatte hasat edilen arı sütü, 48 ve 72 saatte hasat edilen sütlerden 10-HAD bakımından farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu çalışmada MASP ailesinden MASP1, MASP2,

MASP3 ve MASP5 tespit edilmiş ve aynı sırayla molekül ağırlıkları; 53 kDa, 46.5 kDa, 66.8 kDa, 80.9 kDa olarak belirlenmiştir. Sonuçta erken hasat (24 ve 48 saat) arı sütleri 72 saatte hasat edilen arı sütlerinden TP ve 10-HDA bakımından daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bal arısı, Erken hasat arı sütü, Anadolu arısı Ege ekotipi, MASP1, fonksiyonel gıda

## Introduction

Royal jelly (RJ) is a caste-determining food that plays an important role in the transformation of worker bee larvae into queens, secreted from the mandible and hypopharyngeal glands of worker bees aged 5-15 days. RJ consumption by young larvae affects DNA methylation process (Kucharski et al., 2008) and this results in the development of gyne morphology (Zheng et al., 2011). For this reason, it is defined as a “superfood” today (Knecht and Kaatz, 1990; Li et al., 2010). It is used for feeding the young larval stage of worker and drone bees during the whole life of the queen bee in the colony.

RJ is cream-colored, sticky, and sour in taste. In the structure of RJ; water (60-70%), protein (12-15%), fatty acids and lipids (3-8%), carbohydrates (7-18%), ash (0.8-3%), small amounts of vitamins (group B complex, vitamin C, vitamin E), minerals (Fe, Na, Ca, K, Zn, Mg, Mn and Cu), enzymes, hormones, polyphenols, nucleotides and minor heterocyclic compounds (Boselli et al., 2003; Sabatini et al., 2009; Isidorov et al., 2012; Melliou and Chinou, 2014; Xue et al., 2017) .

RJ, which is among the functional foods, gets this feature mostly from trans 10-HDA, which is the major fatty acid, and major royal jelly proteins. Fatty acids make up 80-85% of the lipid composition of RJ, and trans 10-HDA constitutes the largest part of the fatty acid fraction with 32% (Lercker et al., 1981; Terada et al., 2011). Trans 10-HDA displays various biological and pharmacological activities (Sugiyama et al., 2012; Li et al., 2013; Chen et al., 2016) and is used as a marker of RJ quality and authenticity (Sabatini et al., 2009). Studies have shown that trans 10-HDA has antimicrobial activity against various gram-positive and gram-negative bacteria (mostly human pathogens) (Blum et al., 1959; Yatsunami and Echigo, 1985; Garcia et al., 2013), it has been

reported that it is a potent anti-inflammatory (Chen et al., 2018), alleviates lipopolysaccharide (LPS)-induced neuroinflammation, and protects against LPS-induced blood-brain barrier (BBB) damage (You et al., 2019).

Major royal jelly proteins (MRJPs), also known as immune proteins, constitute 82-90% of RJ proteins, one of the important components of RJ (Schmitzova et al., 1998; Santos et al., 2005; Drapeau et al., 2006; Shinkhede and Tembhare, 2009; Mureşan and Buttstedt, 2019). Among the MRJPs, MASP1, which has been studied the most, has longevity, anti-tumor, anti-oxidant effect, immunomodulatory effects, and positive effects of MASP2 on anti-tumor and cell proliferation have been reported (Ramanathan et al., 2018).

The content of RJ is affected by the applications made in the production of RJ. Studies have revealed that the time of harvest, the age of the grafted larva, the number of queen cell, the season, and supplemental feeding affect the trans 10-HDA and protein content of RJ (Liu et al., 2008; Zheng et al., 2011; Kösoğlu et al., 2013; Erdoğan et al., 2017; Ucak Koc et al., 2021a).

In commercial RJ production, RJ is harvested within 72 hours because the amount of RJ in the queen cell cups peaks at this time (Lercker et al., 1985). In recent years, some producers in China produce RJ harvested two days after grafting (48 hours) or one day (24 hours) harvested. Early harvest shortens the production cycle, and it is suggested that early harvest RJ is fresher because they wait less at the hive temperature (35 °C) (Liu et al., 2008; Zheng et al., 2011; Kösoğlu et al., 2013).

Unlike other studies, in this study, RJ was produced in queenless colonies and queen-restricted colonies instead of the starter-finisher colonies commonly used in commercial RJ production. The effect of harvesting time (24, 48 and 72 hours) and royal jelly production colonies

(queenright and queensless) on 10-HDA and total proteins were investigated, and the molecular weights of major royal jelly proteins were determined.

## Materials and methods

This study was carried out at Aydin Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, "Honey Bee and Silkworm Research and Application Unit". A total of 12 Anatolian bee Aegean Ecotype colonies were divided into 2 groups, the queens of 6 colonies of the first group (queenless) were removed. That is, these colonies were left without a queen. The queens of the colonies forming the second group (queenright) were found and confined to the confinement cage with 2 frames. Two days after this procedure (the day of the larva transfer), all colonies were arranged to be 12 frames of adult bees (approximately 2.5 kg), equalized in terms of honey and pollen stocks, young brood frames were removed, and queen cells were degraded. By reducing the number of frames of the hive to 7 frames, the bees were provided to form clusters on and under the frame. During the experiment, colonies were fed with sugar syrup. One-day old 80 larvae were transferred to queen cell cups made of beeswax to each colony. The larvae transfer was carried out in a room with 60-70 % humidity at a temperature of 25-30 °C. During the experiment, a total of 7360 larvae were transferred for both groups. In the study, 24, 48 and 72-hours RJ production was carried out in a rotation in the colonies in both groups, respectively. RJ production was carried out between 14 April-1 May 2021, and all analyzes were carried out in July 2021.

### Chemical analysis

All samples (78 pieces) were kept at -18 °C and protected from light until analysis about 2 months). The 10-HDA determination was done as previously done by Ucak Koc et al. (2021a). HPLC Agilent 1260 Infinity series (UV-DAD) Luna C18 (150 mm x 4.6 mm x 5 mm) column was used

[Mobile phase: Methanol: Water: Phosphoric Acid (55: 45: 5), flow rate 1 mL/min, column temperature 30°C, injection amount 20 µL, analysis time 15 minutes, DAD detector 215 nm]. By weighing 0.01 g of 10-HDA analytical standards to dissolve 50 mL (final density 200 mg/mL) in water: methanol (50:50) and diluting from this solution to 5, 10, 20, 50, 100, 200 (ppm) mg/mL calibration curve was created. Then 0.05 g of RJ was weighed into 50 mL cap tubes and shaken by placing 12.5 mL methanol on it. Then 12.5 mL of water was added to this solution and mixed by closing the lid. After the mixture was kept in ultrasonic water bath for 30 minutes, the tubes were centrifuged at 6000 rpm for 5 minutes and filtered through black band filter paper and 20 µL were injected into HPLC (Caparica et al., 2007; Kim & Lee, 2010).

Bradford's method was used to measure total protein concentration in RJ (Bradford, 1976) using bovine serum albumin as the standard. Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) (10 %), was used to check the molecular weight of the major royal jelly proteins by the method of Laemmli (1970). Protein staining was carried out using Coomassie brilliant blue G-250.

All data were analyzed using the general linear model procedure available from SAS (1999) package program and the differences between the groups were determined according to Tukey ( $p < 0.05$ ) multiple comparison test. The statistical model is given below.

$$y_{ijkl} = \mu + ai + bj + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

$\mu$  = mean

$ai$  = group ( $i$  = queenless and queenright)

$bj$  = harvest time ( $j$  = 24, 48 and 72 hours)

$(ab)_{ij}$  = group \* harvest time interaction effect

$e_{ijk}$  = error

## Results and Discussion

In this study, the effect of groups (queenless and queenright) and harvest time on RJ yield is significant ( $p < 0.01$ ). As the RJ harvest time increased (24, 48 and 72 h), RJ yield values

decreased (3.67 g, 12 g and 17.5 g). While 12.9±0.65 g RJ was obtained in the group queenless, it was determined as 9.3±0.67 g in the

queenright group. The difference between the two groups is significant ( $p < 0.05$ ) (Table 1).

Table 1. Royal jelly yield (g) according to royal jelly harvest times (h) and groups

Groups	Time of harvest (after the larval transfer)			Overall mean
	24 h	48 h	72 h	
Queenless	4.3±1.27	14.0±1.07	20.3±1.00	12.9±0.65 <sup>a</sup>
Queenright	3.0±1.27	10.0±1.00	14.7±1.60	9.3±0.67 <sup>b</sup>
Overall mean	3.67±0.515 <sup>a</sup>	12.0 ±0.762 <sup>b</sup>	17.5±1.092 <sup>c</sup>	

a,b,c;  $p < 0.05$

In Table 2, 10-HDA ratios in queenless and queenright colonies are given according to harvest time. As the harvest time increased, 10-HDA

decreased, RJ harvested in 24 hours and RJ harvested in 72 hours were different and significant ( $p < 0.01$ ).

Table 2. Trans-10-hydroxy-2-decenoic acid rates (%) according to royal jelly harvest times (h) and group

Groups	Time of harvest (after the larval transfer)			Overall mean
	24 h	48 h	72 h	
Queenless	3.16±0.186	2.72±0.157	2.27±0.152	2.71±0.095
Queenright	3.12±0.170	2.62±0.152	2.25±0.170	2.66±0.094
Overall mean	3.14±0.126 <sup>A</sup>	2.67 ±0.109 <sup>AB</sup>	2.26 ±0.114 <sup>B</sup>	

A, B;  $P < 0.01$

In similar studies, 10-HDA ratios in RJ harvested in 24, 48 and 72 hours, in the same order; 1.97±0.07%, 2.05±0.04%, 1.60±0.04% (Liu et al., 2008) Zheng et al. (2011) reported it as 2.5% ± 0.4%, 2.0 ± 0.3%, 2.1 ± 0.2%. The 10-HDA ratios obtained in this study are higher than the values found by (Liu et al., 2008) Zheng et al. (2011) and lower than Ucak Koc et al. (2021a) and Kösoğlu et al. (2013).

In this study, 10-HDA was determined as 2.71% in colonies queenless and 2.66% in queenright colonies, and the difference was found to be statistically insignificant. Ucak Koc et al. (2021b) found 10-HDA ratios in RJ produced in queenless and queenright colonies to be similar to each other.

Table 3 shows total protein (TP) rates according to harvest times and groups. The highest TP content was obtained in RJ harvested 24 hours at

queenright group (18.7±1.28%). When the TP content of RJ was examined in terms of harvest time (Table 3), the RJ harvested at 24 h, 48 h and 72 h were different and important than each other ( $p < 0.05$ ).

In some studies, the TP amount of RJ decreased as the harvest time extended. These results are compatible with the literature (Liu et al., 2008; Zheng et al., 2011; Ucak Koc et al., 2021a). Liu et al. (2008), the TP ratios in RJ harvested at 24, 48 and 72 hours at harvest, respectively; 16.5±0.2%, 10.1±0.3%, 9.8±0.2%; Zheng et al. (2011) reported crude protein ratios as 19.6 ± 1.4%, 16.2% ± 1.5, 15.0 ± 1.0% in RJ harvested at 24, 48 and 72 hours according to the harvest time, Al-Kahtani and Taha (2020) reported crude protein ratios (crude protein 17.71 ± 0.08 18.75 ± 0.13 19.58 ± 0.08) in RJ harvested at 24, 48 and 72 hours.

Table 3. Total protein rates (%) according to royal jelly harvest times (h) and groups

Groups	Time of harvest (after the larval transfer)			Overall mean
	24 h	48 h	72 h	
Queenless	18.1±1.28	15.8±1.08	11.0±1.02	14.9±0.65
Queenright	18.7±1.28	14.7±1.01	10.3±1.17	14.6±0.67
Overall mean	18.4±1.24 <sup>a</sup>	15.2±0.80 <sup>b</sup>	10.6±0.27 <sup>c</sup>	

a, b, c;  $p < 0.05$



A discriminant analysis was conducted to predict harvest time of a sample by using 10-HDA and total protein as predictor variables and significant differences among harvest times were observed for the predictor variable of total protein ( $p < 0.001$ ) but not 10-HDA ( $p > 0.280$ ). The discriminate function revealed a significant association among groups and all predictors, accounting for 37.1 % of among group variability, although closer analysis of the structure matrix

revealed only one significant predictor, namely total protein (0.996). The classification results from discriminant analysis indicated that 35%, 31% and 88.9% of harvest time 24 h, 48 h and 72 h were correctly classified, respectively. However, 27.6% and 41.4% of harvest time 48 h were classified as harvest time 24 h and 72 h. Classification results and Figure 1 revealed that harvest time 48 h is not discriminated from harvest time 24 h and 72 h and is located between harvest time 24 h and 72 h.

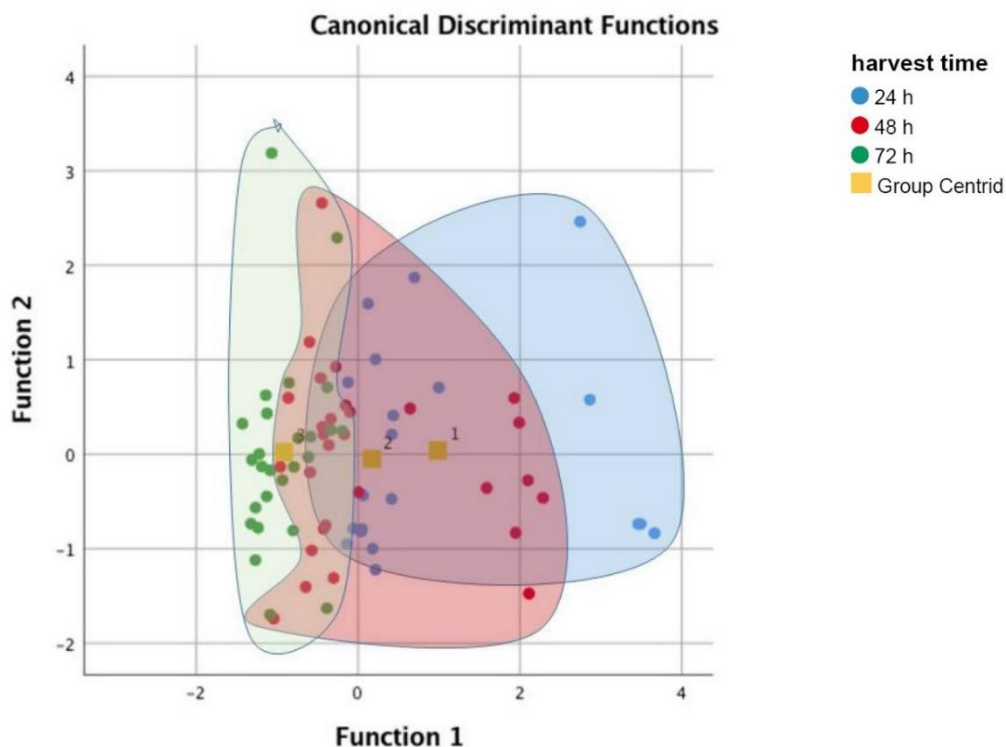


Figure 1. Discriminant analysis of the RJ sampled 24, 48 and 72 h after grafting

In this study, molecular weight determination of MRJPs was made in 3 RJ samples selected randomly from the queenless group according to the harvest time (24, 48, 72 hours) (Table 4). Molecular weights of MRJPs are very similar according to harvest time (Table 4 and Figure 2).

Table 4. Molecular weights of Major Royal Jelly Proteins determined by SDS-PAGE

Lane A Marker (kDa)	Lane B (24h)	Lane C (48h)	Lane D (72h)
250	83.2	83.2	84.2
150	72.1	73.5	73.5
100	56.1	56.9	57.4
75	51.1	52.9	52.9
50			
37			
25			
20			
15			

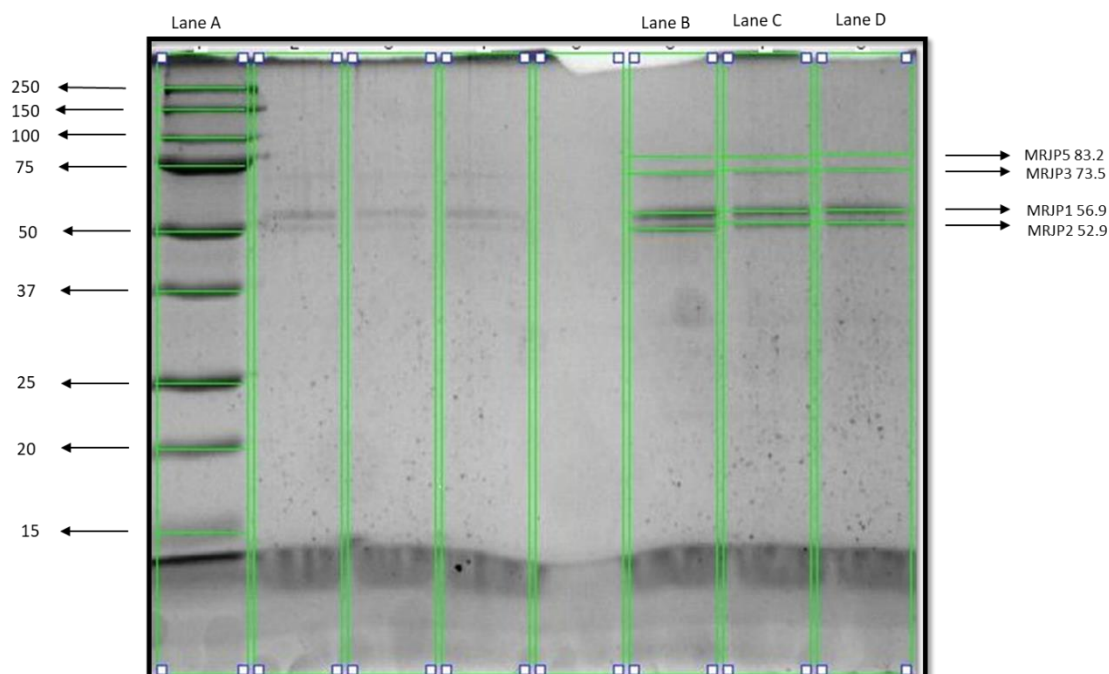


Figure 2. Molecular weights of major royal jelly proteins

In this study, the molecular weight (56.9 kDa) determined for MRJP1 was similar to the values (between 55-57 kDa) detected by Malecova et al. (2003) and Peixoto et al. (2009). Different molecular weights have been determined for MRJP1 in different studies. For example, studies using the HPLC method have determined the molecular size of the MRJP1 oligomer to be 280 kDa (Kamakura, 2001; Ramadan and Al-Ghamdi, 2012), 350 (Simuth, 2001), or 420 kDa (Tamura et al., 2009). According to simple PAGE analysis, the MRJP1 oligomer was reported to be split into two small proteins, 55 kDa (MRJP1 monomer) and 5 kDa (apisimin) (Mandacaru et al., 2017). In another study, Bilikova et al. (2002) reported that apalbumin (MRJP1) is a 420 kDa protein that combines with an apisimin oligomer (5.5 kDa) to form a stable MRJP1 protein complex of approximately 450 kDa (Kamakura et al., 2001; Kimura et al., 2003; Furusawa et al., 2016).

In this study, while the molecular weight of MRJP2 (51.1-52.9 kDa) was similar to Santos et al., (2005) (between 50.6 and 59.9 kDa), Imjongjirak et al. (2005) and Schmitzova et al. (1998) determined for MRJP2 is different from the molecular weight (72 kDa).

It was determined that the molecular weight for MRJP3 (72.1-73.5 kDa) is lower than that of Santos et al., (2005) (80.6 Da-87.0 Da) for MRJP3. The

molecular weight determined for MRJP5 in this study is 83.2-84.2 kDa, which is consistent with the value determined by Santos et al. (2005).

The variation in MRJP molecular weights is high in the studies. Practices in RJ production and other environmental and genetic factors have shown that the amount of protein changes (Imjongjirak et al., 2005; Tamura et al., 2009). For this reason, the first studies on the MRJP family started in the 1990s, with some techniques developed depending on technology, studies on this subject have increased in recent years, but studies on this subject are not sufficient.

## Conclusion

Proteins constitute more than 50% of the dry weight of RJ and are the most abundant components. MRJPs constitute 80-90% of the total protein content in RJ (Furusawa et al., 2008; Buttstedt et al., 2014). According to the information obtained to date, one of the most important components that add functionality to RJ is MRJP and the other is 10-HDA. This study showed that RJ, which is a valuable bee product, is richer in total protein when harvested early (24-48 hours).

In addition, RJ production in queenless and queenright colonies can be an alternative to the

starter-finisher system used in businesses producing commercial RJ. In small scale family farm, in the apiary, the queen bee of the colonies with old or unproductive queens can be killed and RJ can be produced in these colonies. In this type of colonies, RJ can be produced for 15 days with the supplement of some adult bees and sealed (almost adult) brood workers. With a few queen cells to be left at the end of the 15th day, the queens of the colonies are renewed.

On the other hand, queen confinement cage can be used in colonies with young and fertile queens in the apiary. When the queen is taken to the confinement cage, if a raised frame is provided for the queen to lay eggs, it will be easy to obtain larvae at a suitable age for larva transfer. Finally, when both colony productivity and protein content are evaluated together, it can be recommended to harvest RJ within 48 hours. Nevertheless, in our country where the amount of RJ production is still insufficient, this recommendation may be premature in terms of timing. Because, first and foremost, it is necessary to increase RJ production, and for this, more beekeepers should be encouraged to produce RJ (Özbakır Özmen et al., 2016). RJ production is a demanding job that requires team, organization, discipline, and colony management knowledge and skills. For this reason, most of the beekeepers do not dare to produce RJ. However, with the implementation of the above suggestions, it can provide beekeepers with the skill to produce RJ in smaller quantities, even if it is not at the size of a commercial enterprise.

### Acknowledgements

We thank the The Scientific and Technological Research Council of Turkey, (Tubitak-2190413) for its financial support and thank TARBIYOMER for its laboratory service support.

**Conflict of Interest:** The article authors declare that there is no conflict of interest between them.

**Author Contribution:** The authors contributed equally to the study.

### References

- Al-Kahtani, S. & Taha, El-K.A. (2020). Effect of harvest time on royal jelly yield and chemical composition. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 93(2):132-139.
- Bilikova, K., Hanes, J., Nordhoff, E., Saenger, W., Klaundny, J., Simuth, J. (2002). Apisimin, a new serine-valine-rich peptide from honeybee (*Apis mellifera* L.) royal jelly: purification and molecular characterization. *FEBS Letters*, 528:125-129.
- Blum, M.S., Novak, A.F. & Taber, S. (1959). 10-hydroxy- $\Delta$  2 -decanoic acid, an antibiotic found in royal jelly. *Science*, 130: 452-453.
- Boselli, E., Caboni, M.F., Sabatini, A.G., Marazzan, G.L., Lercker, G. (2003). Determination and changes of free amino acids in royal jelly during storage. *Apidologie* 34 :129–137.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72:248-254.
- Buttstedt, A., Moritz, R.F. & Erler, S. (2014). Origin and function of the major royal jelly proteins of the honeybee (*Apis mellifera*) as members of the yellow gene family. *Biological Reviews*, 89:255-269.
- Caparica, C., Marcucci S. & Marcucci, M.C. (2007). Quantitative determination of trans- 10-Hydroxy-2-Decenoic Acid (10-HDA) in Brazilian royal jelly and commercial products containing royal jelly. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 46(3): 149-153.
- Chen, Y.F., Wang, K., Zhang, Y.Z., Zheng, Y.F. & Hu, F.L. (2016). In vitro anti-inflammatory effects of three fatty acids from royal jelly. *Mediators Inflamm.* 2, 2016.
- Chen., Y.F, You, M.M., Liua, Y.C., Shia, Y.Z., Wang, K., Lua, Y.Y. & Hua, F.L. (2018). Potential protective effect of Trans-10-hydroxy-2-decanoic acid on the inflammation induced by Lipoteichoic acid. *Journal of Functional Foods*, 45: 491-498.
- Drapeau, M.D., Albert, S., Kucharski, R., Prusko, C., Maleszka, R. (2006). Evolution of the Yellow/Major Royal Jelly Protein family and the emergence of social behavior in honey bees. *Genome Research*, 16:1385-1394.
- Erdoğan, A., Uçak Koç, A., Karacaoğlu, M. (2017). Anadolu arısı Ege ekotipi (*Apis mellifera anatoliaca*) ve İtalyan (*Apis mellifera ligustica*) X Ege melezi bal arılarının ve farklı yüksük sayılarının arı sütü verimleri üzerine etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1): 91-98.
- Furusawa, T., Rakwal, R., Nam, H.W., Shibato, J., Agrawal, G.K., Kim, Y.S., Ogawa, Y., Yoshida, Y., Kouzuma, Y. & Masuo, Y. (2008). Comprehensive royal jelly (RJ) proteomics using one-and two-dimensional proteomics platforms reveals novel RJ proteins and potential phospho/glycoproteins. *J. Proteome Res.*, 7, 3194-3229.
- Furusawa, T., Arai, Y., Kato, K. & Ichihara, K. (2016). Quantitative Analysis of Apisin, a Major Protein Unique to Royal Jelly, Hindawi Publishing Corporation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016:1-9.
- Garcia, M.C., Finola, M.S. & Marioli, J.M. (2013). Bioassay direct identification of royal jelly's active compounds against the growth of bacteria capable of infecting

- cutaneous wounds. *Adv. Microbiol.*, 3: 138–144.
- Imjongjirak, C., Klinbunga, S. & Sittipraneed, S. (2005). Cloning, expression and genomic organization of genes encoding major royal jelly protein 1 and 2 of the honey bee (*Apis cerana*). *BMB Reports*, 38: 49-57.
- Isidorov, V.A., Bakier, S. & Grzech, I. (2012). Gas chromatographic mass spectrometric investigation of volatile and extractable compounds of crude royal jelly. *Journal of Chromatography B*, (885–886): 109–116.
- Kamakura, M., Suenobu, N. & Fukushima, M. (2001). Fifty-seven-kDa protein in royal jelly enhances proliferation of primary cultured rat hepatocytes and increases albumin production in the absence of serum. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 282(4):865-874.
- Kim, J. & Lee, J. (2010). Quantitative analysis of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid in royal jelly products purchased in USA by high-performance liquid chromatography. *Journal of Apicultural Science*, 54(1):77-85.
- Kimura, M., Kimura, Y., Tsumura, K., Okihara, K., Sugimoto, H., Yamada, H., Yonekura, M. (2003). 350-kDa royal jelly glycoprotein (apisin), which stimulates proliferation of human monocytes, bears the  $\beta$ 1-3galactosylated N-glycan: Analysis of the N-glycosylation site. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 67: 2055-2058.
- Knecht, D. & Kaatz, H. (1990). Patterns of larval food production by hypopharyngeal glands in adult worker honey bees. *Apidologie*, 21: 457-468.
- Kösoğlu, M., Yücel, B., Gökbulut, C., Konak, R. & Bircan, C. (2013). The effect of harvesting time on some biochemical and trace element compositions of royal jelly. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(2), 233-237.
- Kucharski, R., Maleszka J. & Maleszka R. (2008) Nutritional control of reproductive status in honeybees via DNA methylation, *Science*, 319:1827-1830.
- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Lercker, G., Capella, P., Conte, L.S., Ruini, F. & Giordani, G. (1981). Components of royal jelly: I. Identification of the organic acids. *Lipids*, 16: 912–919.
- Lercker, G., Caboni M., Vecchi M., Sabatini A., Nanetti A., Piana L. (1985) Composizione della frazione glucidica della gelatina reale e della gelatina delle api operaie in relazione all'età larvale, *Apicoltura*, 8, 27–37.
- Li, J.K., Feng, M., Begna, D., Fang, Y. & Zheng, A.J. (2010). Proteome comparison of hypopharyngeal gland development between Italian and royal jelly-producing worker honeybees (*Apis mellifera* L.). *J. Proteome Res.*, 9: 6578-6594.
- Li, X., Huang, C. & Xue, Y. (2013). Contribution of lipids in honeybee (*Apis mellifera*) royal jelly to health. *J. Med. Food*, 16, 96-102.
- Liu, J. R., Yang, Y.C., Shi, L.S. & Peng C.C. (2008). Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56: 11447-11452.
- Malecova, B., Ramser, J., O'Brien, J.K., Janitz, M., Judova, J., Lehrach, H. & Simuth, J. (2003). Honey bee (*Apis mellifera* L.) mrjp gene family: Computational analysis of putative promoters and genomic structure of mrjp1, the gene coding for the most abundant protein of larval food. *Gene* 303: 165-175.
- Mandacaru, S.C., do Vole, L.H.F., Vahidi, S., Xiao, Y., Skinner, O.S., Ricart, C.A.O., Kelleher, N.L., de Sousa, M.V. & Konermann, L. (2017). Characterizing the structure and oligomerization of major royal jelly protein 1 (MRJP1) by mass spectrometry and complementary biophysical tools. *Biochemistry*, 56: 1645-1655.
- Melliou, E. & Chinou, I. (2014). Chemistry and bioactivities of royal jelly. *In Studies in Natural Products Chemistry*, 43: 261–290.
- Mureşan, C.I. & Buttstedt, A. (2019). pH-dependent stability of honey bee (*Apis mellifera*) major royal jelly proteins. *Nature, Scientific Reports* 9:9014.
- Özbakır Özmen, G., Doğan, Z., Öztokmak, A. (2016). Adıyaman İli Arıcılık Faaliyetlerinin İncelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* (2016) 20(2): 119-126.
- Peixoto, L., G, Calabria, L.K., Garcia, L., Capparelli, F.E., Goulart, L.R., de Sousa MV, & Espindola, F.S. (2009). Identification of major royal jelly proteins in the brain of the honey bee *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 55: 671-677.
- Ramadan, M.F. & Al-Ghamdi, A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review, *Journal of Functional Foods*, 4, 39 –52.
- Ramanathan, A.N.K.G., Nair A.J., Sagunan, V.S. (2018). A review on Royal Jelly proteins and peptides. *Journal of Functional Foods*, 44: 255-264.
- Sabatini, A.G., Marcazzan, G.L., Caboni, M.F., Bogdanov, S. & Almeida-Muradian, L.B. (2009). Quality and standardisation of royal jelly. *Journal of ApiProduction ApiMedical Science*, 1, 1–6.
- Santos, K.S., dos Santos, L.D., Mendes, M.A., de Souza, B.M., Malaspina, O. & Palma, M.S. (2005). Profiling the proteome complement of the secretion from hypopharyngeal gland of Africanized nurse-honey bees (*Apis mellifera* L.). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 35: 85-91.
- SAS. 1999. Statistical Analysis System for Windows (Release 8.2). SAS Institute Inc. Raleigh, Caroline, USA.
- Schmitzova, J., Kloudiny, J., Albert, S., Schroder, W., Schreckengost, W., Hanes, J., Judova, J. & Simuth, J. (1998). A family of major royal jelly proteins of the honeybee *Apis mellifera* L. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 54: 1020-1030.
- Shinkhede, M.M. & Tembhare, D.B. (2009). Royal jelly protein and lipid composition in *Apis cerana indica* F. *International Journal of Industrial Entomology*, 18: 139-142.
- Simuth, J. (2001). Some properties of the main protein of honeybee (*Apis mellifera*) royal jelly. *Apidologie*, 32: 69-80.
- Sugiyama, T., Takahashi, K. & Mori, H. (2012). Royal jelly acid, 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid, as a modulator of the innate immune responses. *Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets*, 12: 368–376.
- Tamura, S., Amano, S., Kono, T., Kondoh, J., Yamaguchi, K., Kobayashi, S., Ayabe, T., & Moriyama, T. (2009). Molecular characteristics and physiological functions of major royal jelly protein 1 oligomer. *Proteomics*, 9:

5534-5543.

- Terada, Y., Narukawa, M., & Watanabe, T. (2011). Specific Hydroxy Fatty Acids in Royal Jelly Activate TRPA1. |J. Agric. Food Chem., 59:2627–2635.
- Ucak Koc, A. Karacaoğlu, M., Uygun, M., Bakır, Z.B. & Keser, B. (2021a). Effect of harvesting time and the number of queen cell cups on royal jelly composition. *Journal of Apicultural Research* (underpress).  
<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1930956>
- Ucak Koc, A. Karacaoğlu, M., Bakır, Z.B. & Keser, B. (2021b). Does the presence and absence of queen bee in the production of royal jelly affect the amount of soluble protein and ratio of 10-Hydroxy-2-Decenoic Acid? *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(8): 1443-1447.
- Xue, X., Wu, L. & Wang, K. (2017). Bee Products-Chemical and Biological Properties; Alvarez-Suarez, J.M., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 181–190.
- Yatsunami, K. & Echigo, T. (1985). Antibacterial action of royal jelly. *Bull. Fac. Agr. Tamagawa Univ.*, 25, 13–22.
- You, M., Pan, Y., Liu, Y., Chen, Y. W., Si, J., Wang, K. & Hu, F. (2019). Royal jelly alleviates cognitive deficits and  $\beta$ -Amyloid accumulation in APP/PS1 mouse model via activation of the cAMP/PKA/CREB/BDNF pathway and inhibition of neuronal apoptosis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10(428):1-12.
- Zheng, H.Q., Hu, F.L. & Dietemann, V. (2011). Changes in composition of royal jelly harvested at different times: consequences for quality standards. *Apidologie*, 42:39–47.



# Change in some physical characteristics of ultrasound pre-treated corn during hot-air convection and vacuum drying

## Ultrason ön işlem görmüş mısırın sıcak hava konveksiyonu ve vakum kurutma sırasındaki bazı fiziksel özelliklerinin değişimi

Zana KARABOĞA<sup>1\*</sup>, Ali YILDIRIM<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Harran University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 63050 Haliliye, Şanlıurfa, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1836-588X>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7226-1902>

### To cite this article:

Karaboğa, Z. & Yıldırım, A. (2022). Change in some physical characteristics of ultrasound pre-treated corn during hot-air convection and vacuum drying. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(1):118-132.  
DOI:10.29050/harranziraat.1036363

\*Address for Correspondence:  
Zana KARABOĞA  
e-mail:  
zana\_krb@hotmail.com

Received Date:  
14.12.2021  
Accepted Date:  
21.02.2022

© Copyright 2018 by Harran University  
Faculty of Agriculture. Available on-line at  
[www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of ultrasound pre-treatment (50% US and 100% US-soaking), temperature (80, 90 and 100 °C) and dryer type (hot-air convection and vacuum) on some physical characteristics such as hectoliter weight, thousand kernel weight, dimensions (thickness, length, width, equivalent diameter and sphericity) of corn during drying. Before drying, corn samples were pre-treated without ultrasound (conventional-soaking) and with ultrasound (40 kHz 200 W, 50 and 100% amplitude) during 1 hour soaking. Pre-treated samples were dried at 80, 90 and 100 °C in the laboratory type vacuum dryer and hot-air convection dryer. Moisture content, dimensions (length, width, thickness, equivalent diameter and sphericity), thousand kernel weight and hectoliter weight of pre-treated corn samples at each temperature were analyzed for every 60 min during 240 minutes of drying processes. When the research results were analyzed, the length, width and equivalent diameter values of the corn samples dried in vacuum and hot air convection dryer were found significantly different between 0-60 minutes ( $P \leq 0.05$ ), but insignificant ( $P > 0.05$ ) in the following periods. While the decrease in thickness of corn samples dried in vacuum dryer was significant ( $P \leq 0.05$ ), the decrease in thickness of corn samples dried in hot air convection dryer was found insignificant ( $P > 0.05$ ). The increase in sphericity of the corn samples dried in vacuum dryer during drying was significant ( $P \leq 0.05$ ), but the increase in the hot air convection dryer was insignificant ( $P > 0.05$ ). The effect of ultrasonic pre-treatment and dryer temperature on the size of the corn samples was found to be insignificant ( $P > 0.05$ ), while the effect of vacuum drying on the size of the corn samples was significant ( $P \leq 0.05$ ). The effect of ultrasound pre-treatment, drying temperature and drying time on moisture content, thousand kernel weight and hectoliter weight of corn grains were found to be significant ( $P \leq 0.05$ ). As a result, the vacuum dryer, allowed the corn to dry in a short time without much change in the structure of the corn.

**Key Words:** Corn, Vacuum and hot-air convection drying, Ultrasound, Physical properties

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, ultrases ön işlemi (%50 US ve %100 US ıslatma), sıcaklık (80, 90 ve 100 °C) ve kurutucu tipinin (sıcak hava konveksiyonu ve vakum) mısırın kurutulması sırasında hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı, boyutlar (kalınlık, uzunluk, genişlik, eşdeğer çap ve küresellik) gibi bazı fiziksel kalite özellikleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. Kurutmadan önce, mısır numuneleri 1 saatlik ıslatma sırasında ultrasonuz (geleneksel ıslatma) ve ultrasonlu (40 kHz 200 W, %50 ve %100 genlik) ön işleme tabi tutulmuştur. Ultrases ön işlemi (40 kHz 200 W, %50 ve %100 genlik) uygulanmış mısır taneleri laboratuvar tipi vakum kurutucu ve konveksiyon sıcak hava kurutucuda 80, 90, 100 °C 'de kurutma yapılmıştır. Her sıcaklıkta ön işlem görmüş mısır örneklerinin nem içeriği,

boyutları (uzunluk, genişlik, kalınlık, eşdeğer çap ve küresellik), bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı 240 dakikalık kurutma işlemi boyunca 60 dakikada bir analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları analiz edildiğinde, vakum ve sıcak hava konveksiyonlu kurutucuda kurutulan mısır numunelerinin kurutma sırasındaki uzunluk, genişlik ve eşdeğer çap değerleri 0-60 dakikada önemli derecede farklı ( $P \leq 0.05$ ) iken, sonraki sürelerde önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Vakum kurutucuda kurutulan mısır numunelerinin kurutma sırasındaki kalınlık azalışı istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuşken, sıcak hava konveksiyonlu kurutucuda kurutulan mısır numunelerinin kalınlık azalışı önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Vakum kurutucuda kurutulan mısır numunelerinin kurutma sırasındaki küresellik artışı istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuş, fakat sıcak hava konveksiyonlu kurutucudakilerin artışı önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Ultrasonik ön işlem ve kurutucu sıcaklığının mısır numunelerinin boyutlarına etkisi önemsiz bulunurken ( $P > 0.05$ ), vakum kurutucunun mısır numunelerinin boyutlarına etkisi önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Ultrasonik ön işlemi, kurutma sıcaklığı ve kurutma süresi mısır numunelerinin nem içeriğine, bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığına etkisi önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Sonuç olarak yeni bir kurutma tekniği olan vakum kurutucu mısırın yapısında fazla bir değişiklik yapmadan mısırın kısa sürede kurumasını sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır, vakum ve sıcak havalı konveksiyonel kurutma, ultrases, fiziksel özellikler

## Introduction

Corn (*Zea mays* L.), which is among the most produced cereals in the world, is a product that is very valuable in terms of both human and animal nutrition and has a variety of uses due to its rich nutrients. Industrially, many products are obtained from corn; Hundreds of products, mainly flour, oil, starch, sweeteners, can be counted (Algül, 2012; Miano et al., 2017). Corn whose homeland is the American continent entered in Turkey through North Africa (Babaoglu, 2005). The ripening of the corn grain can be understood from the black dot on the part where the grain attaches to the cob. It is harvested when the moisture content of corn is around 30% on average (Babaoğlu, 2005). The drying process is very important as corn kernels are prone to mold and spoilage after harvest. The ideal moisture for the storage of corn grains should be 12-14%.

Vacuum drying has some distinctive features such as higher drying rate, low drying temperature and so on compared to other drying methods. These properties help to improve the quality and nutritional value of dried products (Wua et al., 2007).

The purpose of the pre-treatment of agricultural products before drying is to remove the moisture inside the products more quickly, to preserve/increase the colours, tastes and nutritional values of the products, to prevent possible microbial activities on them, to ensure their hygienic properties, and to obtain the shape and size properties in accordance with the standards (Özler et al., 2006).

Ultrasound is sound waves with a frequency of more than 20 kHz that cannot be perceived by the human ear in the food industry (Yıldırım et al., 2011, 2013; Firouz et al., 2019; McKenzie et al., 2019; Dedebaş et al., 2021). The use of ultrasound technology is a new and emerging technology to improve food quality, extend shelf life, increase processing efficiency and efficiency and ensure food safety (Huang et al., 2017). Ultrasonic sound waves have found application in the food industry in many different areas such as cooking, enzyme and microbial inactivation, foaming, degassing, marinating, filtration, homogenization/emulsification, cleaning and cutting, mass transfer processes (Ulusoy and Karakaya, 2011; Yıldırım et al., 2013). Some researchers have found that such as apple slices (Yılmaz, 2016), rice (Jafari and Zare, 2017) and green pepper (Szadzińska et al., 2017) in improving the indirect contact drying process with food products and the development of an ultrasonic dehydration method. Also, it has reported that ultrasound application significantly reduces the drying time (Yılmaz 2016). In another study, it was reported that the ultrasound pre-treatment applied before the drying of the food was effective on the drying performance of the product (Tüfekçi and Özkal, 2015). Chen et al. (2016) developed a new drying technique using a combination of ultrasound and vacuum drying to shorten the drying time and improve the quality of carrot slices. They found that ultrasonic drying dried carrot slices in a shorter time and consumed less energy than vacuum drying.

Ultrasound pre-treatment and vacuum drying have been used in drying of some foods before, but limited research has been done in drying of corn. The aim of this study was to determine effect of pre-treatment (conventional, 50 (100 W) and 100% (200 W) amplitude US-soaking), temperature (80, 90 and 100 °C) and time (0-240 minute) on hectoliter weight, thousand kernel weight, dimensions (thickness, length and width), equivalent diameter and sphericity of corn during hot-air convection and vacuum drying.

## Material and Methods

### Material

The PR32T83 corn variety used in the study was obtained from the Dora Village, Mecburi Hamlet, Kızıltepe, Mardin in 2017. The corn used in this study was harvested manually to avoid foreign materials such as broken and garbage. Corn in the form of cob collected from the field was hand-picked from the cob. The moisture content of corn was found to be 28.14 (% wet-basis). After that, the products were stored in vacuum packages in a deep freezer (-18 °C) to prevent moisture loss.

### Pre-treatments

Before drying, the corn samples were soaked for 1 hour with conventional soaking and ultrasound soaking (50% (40 kHz, 100 W) and 100% (40 kHz, 200 W) amplitudes, (acoustic energy density (EAD) of 0.029 W cm<sup>-3</sup>)) at 25 °C. Average 100 g of corn kernels were immersed in 7 liter of deionised water; conventional and ultrasonic soaking were both performed in ultrasonic (US) bath (Model WUC-D10H, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Gangwon-do, 220-821, KOREA). The conventional soaking was performed in ultrasonic (US) bath without operating the ultrasound device. The temperature of the soaking water was at room temperature (25 °C). Ice water was used to keep the temperature constant. After the soaking pre-treatments (1 hour), the corn samples were drained for 2 min, blotted with tissue paper, and weighed and then

analyzed for physical characteristics, and finally immediately subjected to drying processes. The moisture content of samples in dry basis was estimated using Eq. 1 after a 1 hour soaking process:

$$M_t = \left[ \frac{(M_o + 1) * W_t}{W_o} - 1 \right] * 100 \quad (1)$$

where  $W_o$  is initial weight (g),  $W_t$  is weight of sample (g) at any process time (t).  $M_o$  and  $M_t$  are the moisture contents of samples in dry basis initially and at different processing time, respectively.

### Drying process

The samples were dried in parallel with the laboratory type hot-air convection dryer (Absolute pressure of 101.325 kPa, 1.2 m s<sup>-1</sup> air velocity, Heraeus brand UT-12, Germany) and laboratory type vacuum dryer (-0.1 MPa atmospheric pressure, WiseVen, WOV-70, Witeg, Germany) at 80, 90 and 100 °C for 4 hours. During drying, the samples were taken out of the dryer in certain periods and moisture, hectoliter, thousand kernel weight, size analysis (length, width, thickness, equivalent diameter and sphericity) were examined. The moisture content of samples (%) at any drying time was calculated by Eq (1).

### Moisture content analysis

The moisture contents of raw and pre-treated samples were analyzed using the method of AOAC 15.950.01 at 130 °C (AOAC, 1990).

### Determination of physical properties

The average dimensions (L: length, W: width and T: thickness in mm) of corn kernels were measured with digital caliper (Mutitoyo No. 505-633, Japan) with an accuracy of 0.02 mm. The sphericities ( $\Phi$ ) and equivalent diameters ( $D_e$ ) of grains were calculated by using Eqs.(2, 3) (Mohsenin, 1986).

$$D_e = (L * W * T)^{1/3} \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{(L * W * T)^{1/3}}{L} \quad (3)$$



The thousand kernel weight and hectoliter weight of samples were obtained by the methods of Adebawale et al. (2005), Singh et al. (2005), Williams et al. (1983), Youssef (1978) and AACC International Method 55-10.01 (1999), respectively.

### *Statistical analysis*

All analyzes were done in duplicate. Data are presented as the mean  $\pm$  standard deviation. The results were determined by analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test ( $\alpha = 0.05$ ). All calculations were performed with SPSS 22.0 (SPSS 22.0 software for Windows, SPSS Inc., USA). The significance level of  $P \leq 0.05$  was used.

## **Results and Discussion**

### *Physical properties and moisture content of raw material and pre-treated corns*

When the physical analyzes made on the untreated P32T83 maize variety samples were examined, the thousand kernel weight, hectoliter weight, length, width, thickness, equivalent diameter, sphericity and moisture content of the samples were found to be  $350.03 \pm 0.69$  g,  $71.60 \pm 0.79$  kg  $hl^{-1}$ ,  $11.22 \pm 0.30$  mm,  $9.11 \pm 0.16$  mm,  $4.98 \pm 0.29$  mm,  $7.98 \pm 0.19$  mm,  $0.70 \pm 0.02$  and  $28.14$  (% wet-basis) or  $39.16$  (% dry basis), respectively. In some studies, hectoliter weights and thousand kernel weights of corn variety samples were found to be between  $65.43$ - $76.2$  kg  $hl^{-1}$  (Peplinski et al., 1992; Pan et al., 1996; Vartanlı and Emeklier, 2007; Saygı and Toklu, 2016) and  $311.5$ - $384.22$  g values (Altinel, 2002; Saygı and Toklu, 2016). Özler et al. (2006), when they examined the size analysis of dent corn, flint corn and sweet corn in the same study, the length, width, thickness were found to be  $11.63$ ,  $11.31$ ,  $12.07$  mm;  $8.52$ ,  $8.89$ ,  $7.37$  mm;  $4.55$ ,  $4.99$ ,  $3.38$  mm, respectively (moisture 25-30%). In another study, moisture content, length, width, thickness and sphericity values of Helen, Shemal and P32W86 corn varieties were found to be  $11.60$ ,  $11.80$ ,  $12.10$ %;  $12.64$ ,  $13.35$ ,  $11.54$  mm;  $7.88$ ,  $7.30$ ,  $8.30$  mm;  $3.76$ ,  $4.36$ ,  $4.13$  mm and

$0.570$ ,  $0.586$ ,  $0.635$ , respectively (Polatçı et al., 2020). When the studies are examined, it is seen that the results of present study compatible with the dimensional analysis.

Harvested corn kernels were soaked in water conventional, 50 and 100% ultrasound-soaking for 1 hour at  $25$  °C temperature before drying. The moisture content of pre-treated corns with soaking (conventional), 50% ultrasound amplitude (50% US) and 100% ultrasound amplitude (100% US) were increased from  $9.16$  (% d.b.) to  $41.81$  (% d.b.),  $43.28$  (% d.b.) and  $45.17$  (% d.b.), respectively. When the ultrasound amplitude increased, the moisture content of the corn samples were increased. Yıldırım et al. (2010), found that high power ultrasound application of chickpea absorbs more water than low power ultrasound application. In another study, it was found that ultrasound treatment increased the water absorption of corn grains (Miano et al., 2017).

In this study, the length of pre-treated corns with soaking without ultrasound, 50 and 100% US were found to be increased from  $11.22 \pm 0.30$  to  $11.89 \pm 0.43$ ,  $12.04 \pm 0.10$  and  $12.21 \pm 0.46$  mm, respectively. The width increased from  $9.11 \pm 0.16$  to  $9.89 \pm 0.18$ ,  $10.00 \pm 0.19$ , and  $10.36 \pm 0.52$  mm, respectively. The thickness increased from  $4.98 \pm 0.29$  to  $5.08 \pm 0.32$ ,  $5.23 \pm 0.17$  and  $5.43 \pm 0.13$  mm, respectively. Equivalent diameter increased from  $7.98 \pm 0.19$  to  $8.42 \pm 0.12$ ,  $8.57 \pm 0.20$  and  $8.82 \pm 0.34$  mm and sphericity increased from  $0.70 \pm 0.02$  to  $0.71 \pm 0.01$ ,  $0.71 \pm 0.01$  and  $0.72 \pm 0.00$ , respectively. Thousand kernel weight increased from  $350.03 \pm 0.69$  to  $370.25 \pm 0.68$ ,  $371.73 \pm 0.48$  and  $372.46 \pm 0.72$  g in without ultrasound, 50 and 100% US. Hectoliter weights of soaking without ultrasound, 50 and 100% US decreased from  $71.60 \pm 0.79$  to  $70.59 \pm 0.01$ ,  $69.89 \pm 0.56$  and  $68.76 \pm 0.42$  kg  $hl^{-1}$ , respectively.

Depending on the soaking conventional, 50 and 100% US pre-treatments, due to the water absorption of the corn kernels, swelling and weight gain were observed in the grain. Accordingly, an increase was observed in the size (length, width, thickness, equivalent diameter and

sphericity) and thousand kernel weights of the corn kernels, while a decrease was observed in the hectoliter values.

Yüksel and Elgün (2013), reported that the water absorption rate of the wheat grain increased with the application of ultrasound and the wheat grain swelled as it absorbs water. It has been reported that the size of the soybean (Bayram et al., 2004), cowpea (Yıldırım and Atasoy, 2017) and three different corn samples (Polatçı et al., 2020) increased as the time and temperature increased during the soaking. In other studies, it has been reported when the moisture content increased, the mass of thousand kernel weights increase of spinach seed and red pepper seeds (Üçer et al., 2010).

*Moisture content change during drying*

Table 1 indicated the effect of drying temperature, type of dryer and pre-treatments on moisture content of the corn samples. It was observed that the moisture content of conventional, 50% US and 100% US soaked corn samples during 240 minutes of hot-air convection drying at 80 °C decreased from 41.81 to 9.62%, from 43.28 to 6.92% and from 45.17 to 6.32%, respectively. Similar trends of decrease in moisture contents of conventional, 50% US and 100% US-soaked corn samples were observed at 90 and 100 °C during hot-air convection drying (Table 1).

Table 1. Moisture content (%) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	41.81 <sup>ax3α</sup> ±0.11	41.81 <sup>ax3α</sup> ±0.12	41.81 <sup>ax3α</sup> ±0.09	41.81 <sup>ax3α</sup> ±0.12	41.81 <sup>ax3α</sup> ±0.10	41.81 <sup>ax3α</sup> ±0.13
	60	22.58 <sup>bx1α</sup> ±0.09	19.65 <sup>by1α</sup> ±0.14	17.56 <sup>bz1α</sup> ±0.04	18.81 <sup>bx1β</sup> ±0.11	16.31 <sup>by1β</sup> ±0.07	12.12 <sup>bz1β</sup> ±0.14
	120	15.47 <sup>cx1α</sup> ±0.10	12.96 <sup>cy1α</sup> ±0.19	10.87 <sup>cz1α</sup> ±0.08	11.71 <sup>cx1β</sup> ±0.09	10.03 <sup>cy1β</sup> ±0.08	8.36 <sup>cz1β</sup> ±0.12
	180	11.71 <sup>dx1α</sup> ±0.05	9.20 <sup>dy1α</sup> ±0.16	7.11 <sup>dz1α</sup> ±0.14	9.62 <sup>dx1β</sup> ±0.10	8.36 <sup>dy1β</sup> ±0.10	6.69 <sup>dz1β</sup> ±0.11
	240	9.62 <sup>ex1α</sup> ±0.04	6.27 <sup>ey1α</sup> ±0.14	5.40 <sup>ez1α</sup> ±0.12	8.36 <sup>ex1β</sup> ±0.08	5.85 <sup>ey1β</sup> ±0.12	5.02 <sup>ez1β</sup> ±0.09
	50% US	0	43.28 <sup>ax2α</sup> ±0.10	43.28 <sup>ax2α</sup> ±0.12	43.28 <sup>ax2α</sup> ±0.10	43.28 <sup>ax2α</sup> ±0.10	43.28 <sup>ax2α</sup> ±0.11
60		21.21 <sup>bx2α</sup> ±0.11	18.61 <sup>by2α</sup> ±0.07	16.45 <sup>bz2α</sup> ±0.11	16.88 <sup>bx2β</sup> ±0.12	14.72 <sup>by2β</sup> ±0.09	11.69 <sup>bz2β</sup> ±0.09
120		13.42 <sup>cx2α</sup> ±0.15	10.39 <sup>cy2α</sup> ±0.09	8.66 <sup>cz2α</sup> ±0.09	10.82 <sup>cx2β</sup> ±0.09	9.52 <sup>cy2β</sup> ±0.06	7.36 <sup>cz2β</sup> ±0.08
180		9.52 <sup>dx2α</sup> ±0.13	7.79 <sup>dy2α</sup> ±0.08	6.92 <sup>dz2α</sup> ±0.12	8.66 <sup>dx2β</sup> ±0.10	7.36 <sup>dy2β</sup> ±0.08	6.06 <sup>dz2β</sup> ±0.10
240		6.92 <sup>ex2α</sup> ±0.08	5.63 <sup>ey2α</sup> ±0.09	4.76 <sup>ez2α</sup> ±0.12	6.49 <sup>ex2β</sup> ±0.08	5.19 <sup>ey2β</sup> ±0.07	4.33 <sup>ez2β</sup> ±0.11
100% US		0	45.17 <sup>ax1α</sup> ±0.09	45.17 <sup>ax1α</sup> ±0.12	45.17 <sup>ax1α</sup> ±0.13	45.17 <sup>ax1α</sup> ±0.14	45.17 <sup>ax1α</sup> ±0.13
	60	19.42 <sup>bx3α</sup> ±0.12	16.71 <sup>by3α</sup> ±0.13	14.91 <sup>bz3α</sup> ±0.05	14.45 <sup>bx3β</sup> ±0.11	10.84 <sup>by3β</sup> ±0.12	6.78 <sup>bz3β</sup> ±0.10
	120	11.74 <sup>cx3α</sup> ±0.06	9.49 <sup>cy3α</sup> ±0.12	7.68 <sup>cz3α</sup> ±0.04	7.68 <sup>cx3β</sup> ±0.09	6.32 <sup>cy3β</sup> ±0.10	4.97 <sup>cz3β</sup> ±0.12
	180	8.58 <sup>dx3α</sup> ±0.04	7.68 <sup>dy2α</sup> ±0.14	6.32 <sup>dz3α</sup> ±0.12	5.87 <sup>dx3β</sup> ±0.10	4.97 <sup>dy3β</sup> ±0.09	4.07 <sup>dz3β</sup> ±0.09
	240	6.32 <sup>ex3α</sup> ±0.06	5.42 <sup>ey3α</sup> ±0.10	4.52 <sup>ez3α</sup> ±0.14	4.97 <sup>ex3β</sup> ±0.07	4.07 <sup>ey3β</sup> ±0.08	3.16 <sup>ez3β</sup> ±0.07

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

The moisture content of conventional, 50% US and 100% US-soaked corn samples during vacuum

drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 41.81 to 8.36%, from 41.81 to 5.85% and from 41.81 to

5.02%; from 43.28 to 6.49%, from 43.28 to 5.19% and from 43.28 to 4.33%, and 45.17 to 4.97%, from 45.17 to 4.07% and from 45.17 to 3.16%, respectively (Table 1). As the temperature of drying increased, drying rate increased and moisture content decreased for the entire period of hot-air convection and vacuum drying ( $P \leq 0.05$ ). The moisture content of the corn samples dried in the vacuum dryer decreased faster than the corn samples dried in the hot-air convection dryer ( $P \leq 0.05$ ). Similarly, increase in the amplitude of ultrasound pretreatment decreased in moisture content of corn samples during both hot-air convection and vacuum drying processes (Table 1).

In some studies, it was reported that the drying time of corn samples was shortened as the temperature increased (Correa et al., 2011; Li and Moray, 2013). Daghan et al. (2018) reported that when they dried Isot (Urfa pepper) in hot-air convection and vacuum dryer, the samples dried in vacuum dryer dried in a shorter time. In another study, it was reported that when green bean samples were dried in ultrasound assisted vacuum drying, vacuum dryer and hot-air convection dryer, the samples dried in ultrasound assisted vacuum dryer provided drying in a shorter time (Tekin et al., 2017). These studies are quite close to the results of this investigation.

#### *Dimensional change during drying*

The change in length of corn during hot-air convection and vacuum drying was given in Table 2. It was observed that as the time increased, the lengths of the corn samples during drying decreased in all pre-treatment applications and at the temperature. The length of conventional-soaked corn samples during hot-air convection drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 11.89 to 11.35 mm, from 11.89 to 11.32 mm and from 11.89 to 11.26 mm, respectively. The length of 50% US-soaked corn samples during hot-air convection drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 12.04 to 11.28

mm, from 12.04 to 11.18 mm and from 12.04 to 11.12 mm, respectively. The length of 100% US-soaked corn samples during hot-air convection drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 12.21 to 11.17 mm, from 12.21 to 11.12 mm and from 12.21 to 11.08 mm, respectively (Table 2).

The length of conventional-soaked corn samples during vacuum drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 11.89 to 11.52 mm, from 11.89 to 11.40 mm and from 11.89 to 11.23 mm, respectively. The length of 50% US-soaked corn samples during hot-air convection drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 12.04 to 11.36 mm, from 12.04 to 11.25 mm and from 12.04 to 11.13 mm, respectively. The length of 100% US-soaked corn samples during hot-air convection drying at 80, 90 and 100 °C decreased from 12.21 to 11.28 mm, from 12.21 to 11.13 mm and from 12.21 to 11.09 mm, respectively. While the decrease between 0-120 minutes at 80, 90 and 100 °C in the lengths of corn samples dried in soaking without US, hot-air convection and vacuum dryer was significant ( $P \leq 0.05$ ), the decrease between 120-240 minutes was not significant ( $P > 0.05$ ). While the decrease in 0-60 minutes at 80, 90 and 100 °C in the lengths of the corn samples dried in 50 and 100% US-soaking, hot-air convection and vacuum dryer was significant ( $P \leq 0.05$ ), the decrease after 60 minutes was not significant ( $P > 0.05$ ) (Table 2).

In Table 3, corn was dried in hot-air convection and vacuum dryer for 240 minutes under different conditions and width was measured every 60 minutes as a dimensional analysis. During hot-air convection and vacuum drying as the drying time increased, the width of conventional-soaking corn samples decreased with the temperature and this decrease was found to be significant at all drying times ( $P \leq 0.05$ ). During hot-air convection and vacuum dried at 80, 90 and 100 °C when the decrease in width of corn samples 50 and 100% US pre-treated was found to be significant in the first hour ( $P \leq 0.05$ ), the decrease after one hour was not significant ( $P > 0.05$ ).

Table 2. Length (L, mm) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	11.89 <sup>bx1α</sup> ±0.13	11.89 <sup>bx1α</sup> ±0.06	11.89 <sup>bx1α</sup> ±0.43	11.89 <sup>bx1α</sup> ±0.11	11.89 <sup>bx1α</sup> ±0.16	11.89 <sup>bx1α</sup> ±0.12
	60	11.54 <sup>bx1β</sup> ±0.05	11.52 <sup>bx1β</sup> ±0.16	11.48 <sup>bx1β</sup> ±0.38	11.79 <sup>bx1α</sup> ±0.07	11.71 <sup>bx1α</sup> ±0.10	11.64 <sup>bx1α</sup> ±0.21
	120	11.48 <sup>ax1β</sup> ±0.32	11.46 <sup>ax1β</sup> ±0.26	11.41 <sup>ax1β</sup> ±0.28	11.68 <sup>ax1α</sup> ±0.27	11.58 <sup>ax1α</sup> ±0.15	11.44 <sup>ax1α</sup> ±0.12
	180	11.39 <sup>ax1β</sup> ±0.21	11.36 <sup>ax1β</sup> ±0.15	11.29 <sup>ax1β</sup> ±0.13	11.59 <sup>ax1α</sup> ±0.21	11.48 <sup>ax1α</sup> ±0.43	11.32 <sup>ax1α</sup> ±0.21
	240	11.35 <sup>ax1β</sup> ±0.08	11.32 <sup>ax1β</sup> ±0.12	11.26 <sup>ax1β</sup> ±0.15	11.52 <sup>ax1α</sup> ±0.15	11.40 <sup>ax1α</sup> ±0.32	11.23 <sup>ax1α</sup> ±0.29
	50% US	0	12.04 <sup>bx1α</sup> ±0.10	12.04 <sup>bx1α</sup> ±0.17	12.04 <sup>bx1α</sup> ±0.12	12.04 <sup>bx1α</sup> ±0.23	12.04 <sup>bx1α</sup> ±0.13
60	11.53 <sup>ax1β</sup> ±0.33	11.46 <sup>ax1β</sup> ±0.18	11.43 <sup>bx1β</sup> ±0.31	11.70 <sup>bx1α</sup> ±0.20	11.61 <sup>bx1α</sup> ±0.04	11.52 <sup>bx1α</sup> ±0.12	
120	11.44 <sup>ax1β</sup> ±0.32	11.35 <sup>ax1β</sup> ±0.16	11.30 <sup>bx1β</sup> ±0.39	11.55 <sup>ax1α</sup> ±0.43	11.46 <sup>ax1α</sup> ±0.21	11.35 <sup>ax1α</sup> ±0.19	
180	11.34 <sup>ax1β</sup> ±0.31	11.21 <sup>ax1β</sup> ±0.17	11.19 <sup>ax1β</sup> ±0.12	11.45 <sup>ax1α</sup> ±0.22	11.35 <sup>ax1α</sup> ±0.11	11.23 <sup>ax1α</sup> ±0.11	
240	11.28 <sup>ax1β</sup> ±0.30	11.18 <sup>ax1β</sup> ±0.10	11.12 <sup>ax1β</sup> ±0.24	11.36 <sup>ax1α</sup> ±0.28	11.25 <sup>ax1α</sup> ±0.18	11.13 <sup>ax1α</sup> ±0.28	
100% US	0	12.21 <sup>bx1α</sup> ±0.46	12.21 <sup>bx1α</sup> ±0.42	12.21 <sup>bx1α</sup> ±0.32	12.21 <sup>bx1α</sup> ±0.46	12.21 <sup>bx1α</sup> ±0.36	12.21 <sup>bx1α</sup> ±0.54
	60	11.35 <sup>ax1β</sup> ±0.53	11.32 <sup>ax1β</sup> ±0.32	11.34 <sup>ax1β</sup> ±0.31	11.65 <sup>ax1α</sup> ±0.06	11.54 <sup>ax1α</sup> ±0.27	11.47 <sup>bx1α</sup> ±0.32
	120	11.26 <sup>ax1β</sup> ±0.50	11.24 <sup>ax1β</sup> ±0.30	11.19 <sup>ax1β</sup> ±0.35	11.49 <sup>ax1α</sup> ±0.36	11.37 <sup>ax1α</sup> ±0.21	11.28 <sup>ax1α</sup> ±0.31
	180	11.20 <sup>ax1β</sup> ±0.30	11.14 <sup>ax1β</sup> ±0.32	11.12 <sup>ax1β</sup> ±0.38	11.39 <sup>ax1α</sup> ±0.24	11.25 <sup>ax1α</sup> ±0.17	11.13 <sup>ax1α</sup> ±0.23
	240	11.17 <sup>ax1β</sup> ±0.33	11.12 <sup>ax1β</sup> ±0.35	11.08 <sup>ax1β</sup> ±0.31	11.28 <sup>ax1β</sup> ±0.12	11.13 <sup>ax1α</sup> ±0.13	11.09 <sup>ax1α</sup> ±0.18

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

Table 3. Width (W, mm) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	9.89 <sup>dx1α</sup> ±0.06	9.89 <sup>dx1α</sup> ±0.02	9.89 <sup>cx1α</sup> ±0.03	9.89 <sup>dx1α</sup> ±0.09	9.89 <sup>cx1α</sup> ±0.07	9.89 <sup>dx1α</sup> ±0.11
	60	9.72 <sup>cy1β</sup> ±0.12	9.61 <sup>cx1β</sup> ±0.14	9.67 <sup>byx1β</sup> ±0.13	9.58 <sup>cx1α</sup> ±0.16	9.54 <sup>bx1α</sup> ±0.18	9.49 <sup>cx1α</sup> ±0.09
	120	9.66 <sup>by1β</sup> ±0.24	9.55 <sup>cbx1β</sup> ±0.22	9.60 <sup>bayx1β</sup> ±0.13	9.49 <sup>cbx1α</sup> ±0.29	9.44 <sup>bax1α</sup> ±0.25	9.38 <sup>cbx1α</sup> ±0.21
	180	9.65 <sup>by1β</sup> ±0.21	9.52 <sup>bx1β</sup> ±0.13	9.57 <sup>bayx1β</sup> ±0.31	9.41 <sup>bax1α</sup> ±0.13	9.34 <sup>bax1α</sup> ±0.16	9.27 <sup>bax1α</sup> ±0.19
	240	9.57 <sup>ay1β</sup> ±0.22	9.43 <sup>ax1β</sup> ±0.34	9.54 <sup>ay1β</sup> ±0.32	9.35 <sup>ax1α</sup> ±0.12	9.16 <sup>ax1α</sup> ±0.13	9.13 <sup>ax1α</sup> ±0.15
	50% US	0	10.00 <sup>bx1α</sup> ±0.19	10.00 <sup>bx1α</sup> ±0.27	10.00 <sup>bx1α</sup> ±0.16	10.00 <sup>bx1α</sup> ±0.21	10.00 <sup>bx1α</sup> ±0.22
60	9.68 <sup>ax1β</sup> ±0.33	9.65 <sup>ax1β</sup> ±0.37	9.58 <sup>ax1β</sup> ±0.26	9.51 <sup>ax1α</sup> ±0.15	9.45 <sup>ax1α</sup> ±0.19	9.40 <sup>ax1α</sup> ±0.13	
120	9.53 <sup>ax1β</sup> ±0.36	9.56 <sup>ax1β</sup> ±0.32	9.48 <sup>ax1β</sup> ±0.21	9.40 <sup>ax1α</sup> ±0.13	9.35 <sup>ax1α</sup> ±0.09	9.31 <sup>ax1α</sup> ±0.26	
180	9.51 <sup>ax1β</sup> ±0.37	9.54 <sup>ax1β</sup> ±0.36	9.44 <sup>ax1β</sup> ±0.23	9.32 <sup>ax1α</sup> ±0.22	9.25 <sup>ax1α</sup> ±0.21	9.19 <sup>ax1α</sup> ±0.32	
240	9.50 <sup>ax1β</sup> ±0.25	9.50 <sup>ax1β</sup> ±0.33	9.42 <sup>ax1β</sup> ±0.24	9.28 <sup>ax1α</sup> ±0.11	9.14 <sup>ax1α</sup> ±0.19	9.12 <sup>ax1α</sup> ±0.21	
100% US	0	10.36 <sup>bx1α</sup> ±0.52	10.36 <sup>bx1α</sup> ±0.32	10.36 <sup>bx1α</sup> ±0.34	10.36 <sup>bx1α</sup> ±0.44	10.36 <sup>bx1α</sup> ±0.46	10.36 <sup>bx1α</sup> ±0.35
	60	9.60 <sup>ax1β</sup> ±0.13	9.60 <sup>ax1β</sup> ±0.05	9.54 <sup>ax1β</sup> ±0.07	9.47 <sup>ax1α</sup> ±0.33	9.43 <sup>ax1α</sup> ±0.35	9.39 <sup>ax1α</sup> ±0.31
	120	9.48 <sup>ax1β</sup> ±0.15	9.49 <sup>ax1β</sup> ±0.04	9.41 <sup>ax1β</sup> ±0.05	9.34 <sup>ax1α</sup> ±0.23	9.28 <sup>ax1α</sup> ±0.21	9.22 <sup>ax1α</sup> ±0.24
	180	9.46 <sup>ax1β</sup> ±0.14	9.46 <sup>ax1β</sup> ±0.01	9.38 <sup>ax1β</sup> ±0.04	9.26 <sup>ax1α</sup> ±0.13	9.18 <sup>ax1α</sup> ±0.25	9.10 <sup>ax1α</sup> ±0.21
	240	9.45 <sup>ax1β</sup> ±0.13	9.45 <sup>ax1β</sup> ±0.02	9.36 <sup>ax1β</sup> ±0.07	9.18 <sup>ax1α</sup> ±0.03	9.07 <sup>ax1α</sup> ±0.15	8.97 <sup>ax1α</sup> ±0.11

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

The thickness variation of the corn samples is shown in Table 4. With the increase of the time, the thickness of the without US and 50% US-soaked corn samples, dried in the hot-air convection dryer at 80, 90 and 100 °C, decreased in all times, but this decrease was not significant ( $P>0.05$ ). The thickness of corn samples dried in 100% US-soaking hot-air convection dryer at 80, 90 and 100 °C was decreased from 5.43 to 4.96 mm, from 5.43 to 4.92 mm and from 5.43 to 4.91 mm, respectively and was significant in the first 60 minutes ( $P\leq 0.05$ ). The decrease was not

significant in the following times ( $P>0.05$ ). The thicknesses of corn samples dried in without US, 50 and 100% US-soaked vacuum dryer at 80, 90 and 100 °C increased with increasing time. The thickness increase of conventional-soaking, 50 and 100% US pre-treated corn samples during vacuum drying at 80, 90 and 100 °C was significant in the first 60 min ( $P\leq 0.05$ ). The thickness of the corn samples after the 60th minute remained constant until 240 minutes and was not significant ( $P>0.05$ ).

Table 4. Thickness (T, mm) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	5.08 <sup>ax1α</sup> ±0.02	5.08 <sup>ax1α</sup> ±0.06	5.08 <sup>ax1α</sup> ±0.09	5.08 <sup>ax1α</sup> ±0.03	5.08 <sup>ax1α</sup> ±0.05	5.08 <sup>ax1α</sup> ±0.11
	60	5.05 <sup>ax1β</sup> ±0.11	5.02 <sup>ax1β</sup> ±0.17	4.99 <sup>ax1β</sup> ±0.09	5.49 <sup>bx1α</sup> ±0.23	5.52 <sup>bx1α</sup> ±0.11	5.55 <sup>bx1α</sup> ±0.06
	120	5.04 <sup>ax1β</sup> ±0.11	5.01 <sup>ax1β</sup> ±0.21	4.98 <sup>ax1β</sup> ±0.02	5.62 <sup>bx1α</sup> ±0.12	5.64 <sup>bx1α</sup> ±0.25	5.69 <sup>bx1α</sup> ±0.07
	180	5.03 <sup>ax1β</sup> ±0.10	5.00 <sup>ax1β</sup> ±0.16	4.95 <sup>ax1β</sup> ±0.10	5.62 <sup>bx1α</sup> ±0.21	5.64 <sup>bx1α</sup> ±0.18	5.69 <sup>bx1α</sup> ±0.15
	240	4.99 <sup>ax1β</sup> ±0.13	4.96 <sup>ax1β</sup> ±0.11	4.94 <sup>ax1β</sup> ±0.07	5.62 <sup>bx1α</sup> ±0.23	5.64 <sup>bx1α</sup> ±0.13	5.69 <sup>bx1α</sup> ±0.11
	0	5.23 <sup>ax21α</sup> ±0.17	5.23 <sup>ax21α</sup> ±0.12	5.23 <sup>ax21α</sup> ±0.13	5.23 <sup>ax21α</sup> ±0.19	5.23 <sup>ax21α</sup> ±0.21	5.23 <sup>ax21α</sup> ±0.03
50% US	60	5.00 <sup>ax1β</sup> ±0.22	4.99 <sup>ax1β</sup> ±0.06	4.97 <sup>ax1β</sup> ±0.20	5.53 <sup>bx1α</sup> ±0.10	5.55 <sup>bx1α</sup> ±0.28	5.58 <sup>bx1α</sup> ±0.26
	120	4.96 <sup>ax1β</sup> ±0.23	4.94 <sup>ax1β</sup> ±0.05	4.91 <sup>ax1β</sup> ±0.21	5.69 <sup>bx1α</sup> ±0.14	5.70 <sup>bx1α</sup> ±0.17	5.77 <sup>bx1α</sup> ±0.21
	180	4.95 <sup>ax1β</sup> ±0.21	4.93 <sup>ax1β</sup> ±0.02	4.89 <sup>ax1β</sup> ±0.28	5.69 <sup>bx1α</sup> ±0.11	5.70 <sup>bx1α</sup> ±0.20	5.77 <sup>bx1α</sup> ±0.15
	240	4.93 <sup>ax1β</sup> ±0.19	4.92 <sup>ax1β</sup> ±0.07	4.87 <sup>ax1β</sup> ±0.26	5.69 <sup>bx1α</sup> ±0.19	5.70 <sup>bx1α</sup> ±0.23	5.77 <sup>bx1α</sup> ±0.26
	0	5.43 <sup>bx2α</sup> ±0.12	5.43 <sup>bx2α</sup> ±0.11	5.43 <sup>bx2α</sup> ±0.02	5.43 <sup>ax2α</sup> ±0.13	5.43 <sup>ax2α</sup> ±0.17	5.43 <sup>ax2α</sup> ±0.14
100% US	60	4.96 <sup>ax1β</sup> ±0.37	4.92 <sup>ax1β</sup> ±0.12	4.91 <sup>ax1β</sup> ±0.16	5.68 <sup>bx1α</sup> ±0.07	5.72 <sup>bx1α</sup> ±0.26	5.78 <sup>bx1α</sup> ±0.12
	120	4.94 <sup>ax1β</sup> ±0.38	4.90 <sup>ax1β</sup> ±0.13	4.88 <sup>ax1β</sup> ±0.12	5.79 <sup>bx1α</sup> ±0.09	5.84 <sup>bx1α</sup> ±0.20	5.91 <sup>bx1α</sup> ±0.17
	180	4.92 <sup>ax1β</sup> ±0.34	4.88 <sup>ax1β</sup> ±0.18	4.85 <sup>ax1β</sup> ±0.13	5.79 <sup>bx1α</sup> ±0.02	5.84 <sup>bx1α</sup> ±0.13	5.91 <sup>bx1α</sup> ±0.10
	240	4.90 <sup>ax1β</sup> ±0.33	4.86 <sup>ax1β</sup> ±0.19	4.83 <sup>ax1β</sup> ±0.15	5.81 <sup>bx1α</sup> ±0.05	5.84 <sup>bx1α</sup> ±0.19	5.91 <sup>bx1α</sup> ±0.08

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

The equivalent diameters ( $D_e$ ) of the samples dried in hot-air convection and vacuum dryer all conditions decreased at all times (Table 5). This decrease is thought to be due to the removal of water from the grain. The equivalent diameters of corn samples dried in a without US-soaking hot-

air convection dryer at 80, 90 and 100 °C were found to be significant at all times ( $P\leq 0.05$ ). The equivalent diameters of corn samples dried in 50 and 100% US-soaking hot-air convection dryer at 80, 90 and 100 °C were found to be significant ( $P\leq 0.05$ ) in the first 60 minutes, but not significant for periods up to 240 minutes ( $P>0.05$ ).

Table 5. Equivalent diameter ( $D_e$ , mm) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	8.42 <sup>bx1α</sup>	8.42 <sup>cx1α</sup>	8.42 <sup>bx1α</sup>	8.42 <sup>ax1α</sup>	8.42 <sup>ax1α</sup>	8.42 <sup>ax1α</sup>
		±0.02	±0.05	±0.01	±0.08	±0.05	±0.02
	60	8.28 <sup>bx1β</sup>	8.22 <sup>bx1β</sup>	8.21 <sup>bx1β</sup>	8.56 <sup>ax1α</sup>	8.53 <sup>ax1α</sup>	8.54 <sup>ax1α</sup>
		±0.06	±0.15	±0.17	±0.21	±0.15	±0.01
	120	8.24 <sup>ax1β</sup>	8.18 <sup>ax1β</sup>	8.17 <sup>ax1β</sup>	8.53 <sup>ax1α</sup>	8.50 <sup>ax1α</sup>	8.50 <sup>ax1α</sup>
		±0.13	±0.21	±0.13	±0.19	±0.13	±0.11
180	8.21 <sup>ax1β</sup>	8.15 <sup>bx1β</sup>	8.12 <sup>ax1β</sup>	8.48 <sup>ax1α</sup>	8.45 <sup>ax1α</sup>	8.43 <sup>ax1α</sup>	
	±0.03	±0.14	±0.10	±0.11	±0.21	±0.23	
240	8.16 <sup>ax1β</sup>	8.09 <sup>ax1β</sup>	8.10 <sup>ax1β</sup>	8.44 <sup>ax1α</sup>	8.38 <sup>ax1α</sup>	8.36 <sup>ax1α</sup>	
	±0.05	±0.01	±0.12	±0.18	±0.10	±0.12	
50% US	0	8.57 <sup>bx1α</sup>	8.57 <sup>bx1α</sup>	8.57 <sup>bx1α</sup>	8.57 <sup>ax1α</sup>	8.57 <sup>ax1α</sup>	8.57 <sup>ax1α</sup>
		±0.17	±0.21	±0.12	±0.11	±0.10	±0.07
	60	8.21 <sup>ax1β</sup>	8.21 <sup>ax1β</sup>	8.16 <sup>sx1β</sup>	8.51 <sup>ax1α</sup>	8.47 <sup>ax1α</sup>	8.45 <sup>ax1α</sup>
		±0.06	±0.17	±0.04	±0.17	±0.11	±0.13
	120	8.11 <sup>ax1β</sup>	8.15 <sup>ax1β</sup>	8.07 <sup>sx1β</sup>	8.52 <sup>ax1α</sup>	8.48 <sup>ax1α</sup>	8.48 <sup>ax1α</sup>
		±0.03	±0.11	±0.03	±0.15	±0.17	±0.16
180	8.06 <sup>ax1β</sup>	8.10 <sup>ax1β</sup>	8.02 <sup>sx1β</sup>	8.47 <sup>ax1α</sup>	8.42 <sup>ax1α</sup>	8.41 <sup>ax1α</sup>	
	±0.05	±0.12	±0.05	±0.10	±0.18	±0.19	
240	8.04 <sup>ax1β</sup>	8.05 <sup>ax1β</sup>	7.99 <sup>ax1β</sup>	8.43 <sup>ax1α</sup>	8.38 <sup>ax1α</sup>	8.36 <sup>ax1α</sup>	
	±0.07	±0.15	±0.03	±0.14	±0.15	±0.10	
100% US	0	8.82 <sup>bx1α</sup>	8.82 <sup>bx1α</sup>	8.82 <sup>bx1α</sup>	8.82 <sup>ax1α</sup>	8.82 <sup>ax1α</sup>	8.82 <sup>ax1α</sup>
		±0.32	±0.35	±0.22	±0.38	±0.33	±0.37
	60	8.05 <sup>ax1β</sup>	8.16 <sup>ax1β</sup>	8.10 <sup>ax1β</sup>	8.56 <sup>ax1α</sup>	8.53 <sup>ax1α</sup>	8.54 <sup>ax1α</sup>
		±0.30	±0.16	±0.11	±0.19	±0.17	±0.09
	120	7.99 <sup>ax1β</sup>	8.08 <sup>ax1β</sup>	8.00 <sup>ax1β</sup>	8.53 <sup>ax1α</sup>	8.50 <sup>ax1α</sup>	8.50 <sup>ax1α</sup>
		±0.28	±0.17	±0.21	±0.11	±0.12	±0.12
180	7.97 <sup>ax1β</sup>	8.03 <sup>ax1β</sup>	8.06 <sup>ax1β</sup>	8.48 <sup>ax1α</sup>	8.45 <sup>ax1α</sup>	8.43 <sup>ax1α</sup>	
	±0.26	±0.12	±0.16	±0.13	±0.16	±0.21	
240	7.95 <sup>ax1β</sup>	8.01 <sup>ax1β</sup>	8.03 <sup>ax1β</sup>	8.44 <sup>ax1α</sup>	8.38 <sup>ax1α</sup>	8.36 <sup>ax1α</sup>	
	±0.29	±0.13	±0.16	±0.12	±0.10	±0.14	

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

In Table 6, corn was dried in hot-air convection and vacuum dryer for 240 min different conditions and sphericity was measured every 60 minutes as a dimensional analysis. As the time increased, the sphericity values of corn samples dried in without US, 50 and 100% US-soaking hot-air convection dryer at 80, 90 and 100 °C was not changed significantly. ( $P>0.05$ ). While the sphericity values of corn samples dried at 80, 90 and 100 °C in a vacuum dryer with without US, 50 and 100% US-soaking increased in the period between 0-120 minutes and this increase were found to be significantly changed ( $P\leq 0.05$ ), The change between 180-240 minutes was not

significantly changed ( $P>0.05$ ).

When the temperature changed between 80-100 °C, the dimensions (length, width, thickness, equivalent diameter and sphericity) of the examined corn samples decreased, but this decrease was not found to be significant ( $p>0.05$ ) (Tables 2-6). It is thought that the reason for this is that the corn was dried at high temperature and the temperatures were close to each other.

The effect of different pre-treatment applications on the dimensions (length, width, thickness, equivalent diameter and sphericity) of the corn samples during drying was not found significant ( $p>0.05$ ) (Tables 2-6).

Table 6. Sphericity ( $\Phi$ ) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>
		±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00
	60	0.72 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.73 <sup>bx1α</sup>	0.74 <sup>bx1α</sup>	0.75 <sup>bx1α</sup>
		±0.01	±0.01	±0.01	±0.00	±0.03	±0.01
	120	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>
		±0.01	±0.02	±0.01	±0.00	±0.03	±0.01
180	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>	
	±0.00	±0.04	±0.00	±0.00	±0.03	±0.00	
240	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>	
	±0.00	±0.01	±0.00	±0.00	±0.03	±0.00	
50% US	0	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>	0.71 <sup>ax1α</sup>
		±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01
	60	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.73 <sup>bx1α</sup>	0.74 <sup>bx1α</sup>	0.75 <sup>bx1α</sup>
		±0.01	±0.00	±0.02	±0.00	±0.00	±0.02
	120	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>
		±0.03	±0.00	±0.01	±0.00	±0.01	±0.02
180	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>	
	±0.01	±0.00	±0.04	±0.00	±0.01	±0.03	
240	0.71 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>	
	±0.02	±0.00	±0.01	±0.00	±0.01	±0.02	
100% US	0	0.72 <sup>ax1α</sup>	0.72 <sup>ax1α</sup>	0.72 <sup>ax1α</sup>	0.72 <sup>ax1α</sup>	0.72 <sup>ax1α</sup>	0.72 <sup>ax1α</sup>
		±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00
	60	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.73 <sup>bx1α</sup>	0.74 <sup>bx1α</sup>	0.75 <sup>bx1α</sup>
		±0.01	±0.01	±0.02	±0.00	±0.03	±0.01
	120	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>
		±0.01	±0.01	±0.02	±0.00	±0.03	±0.01
180	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.70 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>	
	±0.01	±0.01	±0.01	±0.00	±0.03	±0.00	
240	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.72 <sup>ax1β</sup>	0.70 <sup>ax1β</sup>	0.74 <sup>cx1α</sup>	0.75 <sup>cx1α</sup>	0.76 <sup>cx1α</sup>	
	±0.01	±0.00	±0.01	±0.00	±0.03	±0.00	

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

The dimensions (length, width, thickness, equivalent diameter and sphericity) of the corn samples varied in different dryers and were found to be significant ( $P \leq 0.05$ ) (Tables 2-6). The dimensions of the corn samples dried in the vacuum dryer decreased more slowly than the corn samples dried in the hot-air convection dryer. The moisture of corn samples dried in vacuum dryer decreased faster than the moisture of corn dried in hot-air convection dryer. While the moisture of the corn in the vacuum decreased during drying, its dimensions were less than the size of the corn dried in the hot-air convection dryer, since no shrinkage was observed.

The size of corn samples decreased rapidly in 0-60 minutes of hot-air convection and vacuum drying ( $P \leq 0.05$ ). The reason for the rapid

reduction in size is thought to be due to the drying of moisture on the surface first, as the maize samples begin to heat up with the warm air around them. The decrease in the size of the corn slowed down with the increasing drying time. It is thought that the reason for the slow decrease in the size of the samples is that the moisture in the corn dries later and this drying takes more time. In some studies, it was reported that the size of cowpea (Ampah, 2011) and paddy (Lilhare and Bawane, 2012) samples decreased with increasing time and temperature during drying. This is quite close to the results of this investigation.

#### *The 1000-kernel weight change during drying*

Table 7 shows the results of the thousand kernel weight of corn samples during the drying in

different pre-treatment applications and hot-air convection and vacuum dryers at different temperatures.

During hot-air convection drying, when the temperature increased from 80 to 100 °C, the thousand kernel weight of the conventional, 50 and 100% US-soaked corn samples decreased from 370.25 to 272.86 g, from 371.73 to 269.72 g and from 372.46 to 263.54 g, respectively. When the temperature increased from 80 to 100 °C during vacuum drying, the thousand kernel weight of the conventional, 50 and 100% US-soaked corn samples decreased from 370.25 to 268.19 g, from 371.73 to 265.78 g and from 372.46 to 260.20 g, respectively. The decrease in thousand kernel weights in ultrasound power, temperature, time and dryer changes was found to be significant ( $P \leq 0.05$ ). It is thought that as the moisture is removed from the corn samples during drying, the weight of the corn samples

decreases proportionally to the thousand kernel weight (Table 7).

A significant ( $P \leq 0.05$ ) decrease was observed in thousand kernel weights of corn samples dried in hot-air convection and vacuum dryer depending on the time. It was observed that as the temperature and ultrasound power increased, the drying time was shortened and the thousand kernel weights decreased. The thousand kernel weights of the corn samples dried in the vacuum dryer decreased faster than the corn samples dried in the hot-air convection dryer. In the literature studies, it has been reported that the drying time was shortened with the increase in temperature, and the weight of cowpea (Ampah, 2011) and artichoke slices (Alibaş, 2012) decreased depending on the temperature and also this is quite close to the results of this investigation.

Table 7. Thousand kernel weight (g) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	370.25 <sup>ex1α</sup> ±0.68	370.25 <sup>ex1α</sup> ±0.68	370.25 <sup>ex1α</sup> ±0.68	370.25 <sup>dx1α</sup> ±0.68	370.25 <sup>ex1α</sup> ±0.68	370.25 <sup>dx1α</sup> ±0.68
	60	312.88 <sup>dz3β</sup> ±0.11	310.80 <sup>dy3β</sup> ±0.65	303.09 <sup>dx3β</sup> ±0.25	307.54 <sup>cz3α</sup> ±0.13	302.80 <sup>dy2α</sup> ±0.25	292.05 <sup>cx2α</sup> ±0.77
	120	287.31 <sup>cz3β</sup> ±0.05	285.92 <sup>cy3β</sup> ±0.40	278.35 <sup>cx3β</sup> ±0.40	285.90 <sup>bz3α</sup> ±0.39	282.27 <sup>cy2α</sup> ±0.71	276.07 <sup>bx3α</sup> ±1.10
	180	282.12 <sup>bz3β</sup> ±0.11	280.20 <sup>by3β</sup> ±0.90	274.04 <sup>bx3β</sup> ±0.30	278.62 <sup>az3α</sup> ±0.39	276.88 <sup>by3α</sup> ±0.50	270.33 <sup>ax2α</sup> ±1.02
	240	279.78 <sup>az3β</sup> ±0.08	277.75 <sup>ay3β</sup> ±0.13	272.86 <sup>ax3β</sup> ±0.23	276.13 <sup>az3α</sup> ±1.23	274.90 <sup>ay3α</sup> ±0.91	268.19 <sup>ax3α</sup> ±1.38
	50% US	0	371.73 <sup>ex21α</sup> ±0.48	371.73 <sup>ex21α</sup> ±0.48	371.73 <sup>dx21α</sup> ±0.48	371.73 <sup>ex21α</sup> ±0.48	371.73 <sup>ex21α</sup> ±0.48
60	306.23 <sup>dz2β</sup> ±0.35	303.67 <sup>dy2β</sup> ±0.31	298.65 <sup>cx2β</sup> ±0.66	302.79 <sup>dy2α</sup> ±0.04	299.80 <sup>dy2α</sup> ±0.25	290.74 <sup>dx2α</sup> ±0.45	
120	285.86 <sup>cz2β</sup> ±0.04	281.20 <sup>cy2β</sup> ±0.01	273.55 <sup>bx2β</sup> ±1.39	284.69 <sup>cz2α</sup> ±0.35	282.27 <sup>cy2α</sup> ±0.71	272.06 <sup>cx2α</sup> ±0.55	
180	279.06 <sup>bz2β</sup> ±0.16	275.66 <sup>by2β</sup> ±0.25	270.27 <sup>ax2β</sup> ±0.85	275.90 <sup>bz2α</sup> ±0.04	273.92 <sup>by2α</sup> ±0.21	268.91 <sup>bx2α</sup> ±0.73	
240	277.40 <sup>az2β</sup> ±0.74	274.89 <sup>ay2β</sup> ±0.04	269.72 <sup>ax2β</sup> ±0.94	274.00 <sup>az2α</sup> ±0.09	270.99 <sup>ay2α</sup> ±0.01	265.78 <sup>ax2α</sup> ±0.31	
100% US	0	372.46 <sup>ex2α</sup> ±0.72	372.46 <sup>dx2α</sup> ±0.72	372.46 <sup>dx2α</sup> ±0.72	372.46 <sup>ex2α</sup> ±0.72	372.46 <sup>ex2α</sup> ±0.72	372.46 <sup>dx2α</sup> ±0.72
	60	300.10 <sup>dz1β</sup> ±1.00	290.96 <sup>cy1β</sup> ±0.91	284.56 <sup>cx1β</sup> ±0.83	296.49 <sup>dz1α</sup> ±0.23	286.15 <sup>dy1α</sup> ±0.78	281.29 <sup>cx1α</sup> ±0.23
	120	276.71 <sup>cz1β</sup> ±0.17	271.07 <sup>by1β</sup> ±0.81	269.87 <sup>bx1β</sup> ±0.42	274.55 <sup>cz1α</sup> ±0.41	269.71 <sup>cy1α</sup> ±0.81	267.19 <sup>bx1α</sup> ±0.85
	180	272.42 <sup>bz1β</sup> ±0.13	266.36 <sup>ay1β</sup> ±0.28	264.36 <sup>ax1β</sup> ±0.06	271.63 <sup>bz1α</sup> ±0.45	264.30 <sup>by1α</sup> ±0.29	261.32 <sup>ax1α</sup> ±1.04
	240	270.67 <sup>az1β</sup> ±0.04	265.44 <sup>ay1β</sup> ±0.04	263.54 <sup>ax1β</sup> ±0.32	269.06 <sup>az1α</sup> ±0.54	262.79 <sup>ay1α</sup> ±0.57	260.20 <sup>ax1α</sup> ±1.00

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.



*Hectoliter weight change during drying*

In Table 8, the corn was dried for 240 minutes in a hot-air convection and vacuum dryer at different pre-treatment applications and at different temperatures, and the hectoliter weight during drying is given. When comparing the conventional, 50 and 100% US-soaking pre-treated corn samples during hot-air convection drying at 80 °C, the hectoliter weight values decreased from 70.59 to 63.45 kg hl<sup>-1</sup>, from 69.89 to 61.00 kg hl<sup>-1</sup> and from 68.76 to 60.02 kg hl<sup>-1</sup>, respectively. When comparing the conventional, 50 and 100% US-soaking pre-treated corn samples during vacuum drying at 80 °C, the hectoliter weight values decreased from 70.59 to 58.49 kg hl<sup>-1</sup>, from 69.89 to 57.63 kg hl<sup>-1</sup> and from

68.76 to 56.68 kg hl<sup>-1</sup>, respectively. It was observed that when the temperature increased from 80 to 100 °C, the hectoliter value of conventional, 50 and 100% US-soaked samples in the hot-air convection dryer decreased from 70.59 to 57.28 kg hl<sup>-1</sup>, from 69.89 to 56.01 kg hl<sup>-1</sup>, from 68.76 to 55.56 kg hl<sup>-1</sup>, respectively while it decreased from 70.59 to 54.97 kg hl<sup>-1</sup>, from 69.89 to 53.84 kg hl<sup>-1</sup>, from 68.76 to 52.72 kg hl<sup>-1</sup>, respectively in the vacuum dryer. Similar decreases in hectoliter weights were obtained for 90 and 100 °C hot-air convection and vacuum drying. The changes in temperature, ultrasound power, time and drier showed significant decrease in hectoliter weight of corn samples during drying (P≤0.05).

Table 8. Hectoliter weight (kg hl<sup>-1</sup>) values of corn for different pre-treatments, temperatures and times during hot-air convection and vacuum drying.

Pre-treatment	Time (min)	Hot-air convection drying			Vacuum drying		
		80 °C	90 °C	100 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Without US	0	70.59 <sup>ex2α</sup> ±0.11	70.59 <sup>ex2α</sup> ±0.12	70.59 <sup>ex2α</sup> ±0.13	70.59 <sup>ex2α</sup> ±0.14	70.59 <sup>ex2α</sup> ±0.13	70.59 <sup>ex2α</sup> ±0.11
	60	66.87 <sup>dz3β</sup> ±0.05	64.09 <sup>dy3β</sup> ±0.11	63.04 <sup>dx3β</sup> ±0.11	64.18 <sup>dz3α</sup> ±0.09	62.11 <sup>dy2α</sup> ±0.14	60.25 <sup>dx3α</sup> ±0.05
	120	65.14 <sup>cz3β</sup> ±0.06	61.88 <sup>cy3β</sup> ±0.10	59.16 <sup>cx3β</sup> ±0.21	60.15 <sup>cz3α</sup> ±0.08	58.98 <sup>cy2α</sup> ±0.10	56.99 <sup>cx3α</sup> ±0.09
	180	64.10 <sup>bz3β</sup> ±0.04	60.80 <sup>by3β</sup> ±0.11	58.17 <sup>bx3β</sup> ±0.12	59.24 <sup>bz3α</sup> ±0.06	57.94 <sup>by3α</sup> ±0.16	55.81 <sup>bx3α</sup> ±0.12
	240	63.45 <sup>az3β</sup> ±0.07	59.13 <sup>ay3β</sup> ±0.04	57.28 <sup>ax3β</sup> ±0.12	58.49 <sup>az3α</sup> ±0.07	56.89 <sup>ay3α</sup> ±0.21	54.97 <sup>ax3α</sup> ±0.23
	0	69.89 <sup>ex21α</sup> ±0.56	69.89 <sup>ex21α</sup> ±0.56	69.89 <sup>ex21α</sup> ±0.56	69.89 <sup>ex21α</sup> ±0.56	69.89 <sup>ex21α</sup> ±0.56	69.89 <sup>ex21α</sup> ±0.56
	60	65.63 <sup>dz2β</sup> ±0.09	63.61 <sup>dy2β</sup> ±0.01	62.14 <sup>dx2β</sup> ±0.07	63.51 <sup>dz2α</sup> ±0.11	62.11 <sup>dy2α</sup> ±0.20	59.97 <sup>dx2α</sup> ±0.21
	120	63.98 <sup>cz2β</sup> ±0.09	60.43 <sup>cy2β</sup> ±0.18	58.86 <sup>cx2β</sup> ±0.17	59.73 <sup>cz2α</sup> ±0.13	58.98 <sup>cy2α</sup> ±0.14	55.91 <sup>cx2α</sup> ±0.11
	180	62.40 <sup>bz2β</sup> ±0.11	59.27 <sup>by2β</sup> ±0.10	57.04 <sup>bx2β</sup> ±0.21	58.46 <sup>bz2α</sup> ±0.07	56.98 <sup>by2α</sup> ±0.03	54.44 <sup>bx2α</sup> ±0.02
	240	61.00 <sup>az2β</sup> ±0.16	58.00 <sup>ay2β</sup> ±0.21	56.01 <sup>ax2β</sup> ±0.11	57.63 <sup>az2α</sup> ±0.07	55.81 <sup>ay2α</sup> ±0.02	53.84 <sup>ax2α</sup> ±0.02
100% US	0	68.76 <sup>dx1α</sup> ±0.61	68.76 <sup>dx1α</sup> ±0.61	68.76 <sup>dx1α</sup> ±0.61	68.76 <sup>dx1α</sup> ±0.61	68.76 <sup>dx1α</sup> ±0.61	68.76 <sup>dx1α</sup> ±0.61
	60	64.69 <sup>dz1β</sup> ±0.20	62.79 <sup>cy1β</sup> ±0.15	61.97 <sup>cx1β</sup> ±0.23	62.42 <sup>dz1α</sup> ±0.28	60.29 <sup>dy1α</sup> ±0.26	58.76 <sup>dx1α</sup> ±0.23
	120	62.15 <sup>cz1β</sup> ±0.23	59.92 <sup>by1β</sup> ±0.11	57.84 <sup>bx1β</sup> ±0.19	58.86 <sup>cz1α</sup> ±0.11	56.91 <sup>cy1α</sup> ±0.25	54.74 <sup>cx1α</sup> ±0.21
	180	61.07 <sup>bz1β</sup> ±0.21	58.19 <sup>ay1β</sup> ±0.12	56.21 <sup>ax1β</sup> ±0.18	57.96 <sup>bz1α</sup> ±0.15	55.98 <sup>by1α</sup> ±0.21	53.88 <sup>bx1α</sup> ±0.20
	240	60.02 <sup>az1β</sup> ±0.15	57.62 <sup>ay1β</sup> ±0.10	55.56 <sup>ax1β</sup> ±0.21	56.68 <sup>az1α</sup> ±0.17	54.99 <sup>ay1α</sup> ±0.10	52.72 <sup>ax1α</sup> ±0.21

\*Without US: Soaking without ultrasound, \*\*50% US: Soaking with 50% amplitude ultrasound, \*\*\*100% US: Soaking with 100% amplitude ultrasound. Differences between values shown in the same column in the Table with different numbers (1-3, ultrasound) and letters (a-e, time) and with different letters in the same line (x-z, temperature) and letters (α-β, dryer) are significant according to the 0.05 confidence limit.

The hectoliter weights of corn samples dried in hot-air convection and vacuum dryers decreased significantly depending on the time ( $P \leq 0.05$ ). As the temperature and ultrasound power increased, it was observed that the hectoliter weights decreased because the drying time was shortened. The hectoliter weights of corn samples dried in vacuum dryer decreased faster than corn samples dried in convection hot-air dryer. Peplinski et al. (1994), determined that the hectoliter weight of corn grains dried at 25-100 °C decreased as the temperature increased. The research is in agreement with this study.

## Conclusion

In this study, the physical characteristics of corn grains grown in Mardin region were examined. Although the effect of ultrasound pre-treatment on the size of the corn kernels during drying was insignificant ( $P > 0.05$ ), the effect on the moisture content, thousand kernel weight and hectoliter weight values was found to be significant ( $P \leq 0.05$ ). At the same time, the increase in ultrasound amplitude (from 50 to 100%) was significant ( $P \leq 0.05$ ) effect on the decrease in the moisture content, thousand grain weight and hectoliter weight of the samples. Both in hot-air convection and vacuum dryers, as the drying time increased, the decrease in the size of the corn kernels, moisture content, thousand kernel weight and hectoliter weight were found to be significant ( $P \leq 0.05$ ). The reduction in the size of the corn kernels were insignificant ( $P > 0.05$ ) during hot-air convection and vacuum drying with temperature increase, but the reduction in moisture content, thousand kernel weight and hectoliter weight were determined to be significant ( $P \leq 0.05$ ). It was observed that the moisture content, thousand grain weight and hectoliter weight values of corn kernels dried in vacuum dryer decreased faster than those dried in hot air convection dryer. The effect of temperature and ultrasound was observed in the hot air dryer, but the effect of vacuum was observed more in the vacuum dryer. It is

estimated that the use of ultrasound in direct drying, instead of ultrasound pre-treatment, will affect drying better in the drying of corn kernels.

## Acknowledgments

This work was supported by HÜBAP. Project No: 18173.

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Author Contributions:** Ali YILDIRIM was contributed as the thesis supervisor. The Master's thesis student Zana KARABOĞA carried out the preparation of samples, analyses, reporting, and writing and correction of literature sources. Both of authors were responsible for interpretation and discussion of the results. Both of authors approved the submitted version.

## REFERENCES

- Adebowale, K. O., Olu-Owolabi, B. I., Olawumi, E. K. & Lawal, O. S. (2005). Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus Artilis*) starch. *Industrial Crops and Products*, 21, 343-351.
- Algül, I. (2012). Mısır ununda aflatoksin, oflatoksin A ve ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve kemometrik olarak değerlendirilmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Alibaş, I. (2012). sıcak havayla kurutulan enginar (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus*) dilimlerinin kuruma eğrilerinin tanımlanmasında yeni bir modelin geliştirilmesi ve mevcut modellerle kıyaslanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 49-61.
- Altinel, B. (2002). Sanayide kullanılan mısır ile kuru öğütme ve ürünlerinin bazı özellikleri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 91s.
- Ampah, J. (2011). Effect of rewetting and drying on selected physical properties of asontem cowpea variety. Master of Science in Food and Postharvest Engineering. Department of Agricultural Engineering. Kwame Nkrumah University, 128p.
- Anonymous, (1999). American association of cereal chemists. approved methods of the AACC Method 55-10.01.
- Association of Official Analytical Chemists International (AOAC) (1990). Official methods of analysis. 15th edn (edited by. k. helrich). Arlington, VA: *Association of Official Analytical Chemists Inc.* Pp: 1028-1039.

- Babaoğlu, M. (2005). Mısır ve tarımı. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Edirne.
- Bayram, M., Öner, M. D. & Kaya, A. (2004). Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulgur production. *Journal of Food Engineering*, 61, 331-339.
- Chen, Z., Guo, X. & Wu, T. (2016). A novel dehydration technique for carrot slices implementing ultrasound and vacuum drying methods. *Ultrasonics Sonochemistry*, 30, 28-34.
- Correa, P. C., Botelho, M. F., Oliveira, H. H. G., Goneli, D. L. A., Resende, O. & Campos, C. S. (2011). Mathematical modeling of the drying process of corn ears. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, 33(4), 575-581.
- Dađhan, Ş., Yıldırım, A., Yılmaz, M. F., Vardın, H. & Karaaslan, M. (2018). The effect of temperature and method of drying on isot (urfa pepper) and its vitamin C degradation kinetics. *Italian Journal of Food Science*, 30, 504-521.
- Dedebaş, T., Çapar, T. D., Ekici, L. & Yalçın, H. (2021). Yağlı tohumlarda ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi ve avantajları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 313-322.
- Fırouz, M. S., Farahmandi, A. & Hosseinpour, S. (2019). Recent advances in ultrasound application as a novel technique in analysis, processing and quality control of fruits, juices and dairy products industries: a review. *Ultrason Sonochem*, 57, 73-88.
- Huang, G., Chen, S., Dai, C., Sun, L., Sun, W., Tang, Y., Xiong, F., He, R. & Ma, H. (2017). Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 144-149.
- Jafari, A. & Zare, D. (2017). Ultrasound-Assisted fluidized bed drying of paddy: energy consumption and rice quality aspects. *Drying Technol.*, 35(7), 893-902.
- Li, H. & Moray, R. V. (2013). Thin layer drying of yellow dent corn. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 27 (2), 581-585.
- Lilhare, S. F. & Bawane, N. G. (2012). Drying rate analysis of different size paddy processed under various drying conditions in L.S.U dryer. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 1(7), 2278-0181.
- Mckenzie, T. G., Karımı, F., Ashokkumar, M. & Qiao, G. G. (2019). Ultrasound and sonochemistry for radical polymerization: sound synthesis. *Chem Eur J*, 25(21), 5372-5388.
- Miano, A. C., Ibarz, A. & Augusto P. E. D. (2017). Ultrasound technology enhances the hydration of corn kernels without affecting their starch properties. *Journal of Food Engineering*, 197, 34-43.
- Mohsenin, N. (1986). Physical properties of plants and animal materials. *Gordon and Breach Science Publishers*, 278-286.
- Özler, S., Ergüneş, G. & Tarhan, S. (2006). Mısırdaki farklı ön işlemlerin kuruma hızına etkisi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 160-166.
- Pan Z, Eckhoff, S. R., Paulsen, M. R. & Litchfield, J. B. (1996). Physical properties and dry-milling characteristics of six selected high-oil maize hybrids. *Cereal Chemistry*, 73(5), 517-520.
- Peplinski, A. J., Paulis, J. W., Bietz, J. A. & Pratt, R. C. (1994). Drying of high-moisture corn: changes in properties and physical quality. *Cereal Chemistry*, 71(2), 129-133.
- Peplinski, A. J., Paulsen, M. R. & Bouzaher, A. (1992). Physical, chemical, and dry-milling properties of corn of varying density and breakage susceptibility. *Cereal Chemistry*, 69(4), 397-400.
- Polatçı, H., Altuntas, E. & Tarhan, S. 2020. Water absorption and physical characteristics of maize (*Zea mays* L.) varieties. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 37(3), 123-129.
- Saygı, M. & Toklu, F. (2016). Çukurova koşullarında yetiştirilen bazı atdışı mısır (*Zea mays indentata* Sturt.) çeşitlerinin önemli bitkisel karakterler, verim komponentleri ve dane verimi yönünden değerlendirilmesi. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34, 3-163.
- Singh, B., Pandey, S., Pal, A. K., Singh, J. & Rai, M. (2005). Correlation and path coefficient analysis in asiatic carrot. *Veg. Sci.*, 32(2), 136-139.
- Szadzińska, J., Techtańska, J., Kowalski, S. J. & Stasiak, M. (2017). The effect of high power airborne ultrasound and microwaves on convective drying effectiveness and quality of green pepper. *Ultrason. Sonochem.*, 34, 531-539.
- Tekin, Z. H., Başlar, M., Karasu, S. & Kılıçlı, M. (2017). Dehydration of green beans using ultrasound assisted vacuum drying as a novel technique: drying kinetics and quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41 (6), 145-8892.
- Tüfekçi, S. & Özkal, S. G. (2015). Gıdaların kurutulmasında ultrases kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimi Dergisi*, 21(9), 408-413.
- Üçer, N., Kılıçkan, A. & Yalçın, B. (2010). Effects of moisture content on some physical properties of red pepper (*Capsicum Annuum* L.) seed. *African Journal of Biotechnology*, 9(24), 3555-3562.
- Ulusoy, K. & Karakaya, M. (2011). Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *Gıda*, 36(2), 113-120.
- Vartanlı, S. & Emeklier, H. Y. (2007). Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3), 195-202.
- Williams, P. C., Nakoul, H. & Singh, K. B. (1983). Relationship between cooking time and some physical characteristics in chick peas (*Cicer Arietinum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 492-496.
- Wua, L., Orikasa, T., Ogawa, Y. & Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83, 422-429.
- Yıldırım, A. & Atasoy, A. F. (2017). Change in weight and dimensions of cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.) during soaking. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri*, 21(4), 420-430.
- Yıldırım, A., Öner, M. D. & Bayram, M. (2010). Modeling of water absorption of ultrasound applied chickpeas (*Cicer arietinum* L.) using Peleg's equation ultrason. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, 278-286.
- Yıldırım, A., Öner, M. D. & Bayram, M. (2011). Fitting Fick's model to analyze water diffusion into chickpeas during soaking with ultrasound treatment. *Journal of Food Engineering*, 104(1), 134-142.

- Yıldırım, A., Oner, M. D. & Bayram, M. (2013). Effect of soaking and ultrasound treatments on texture of chickpea. *Journal of Food Science and Technology*, 50(3), 455-465.
- Yılmaz, G. (2016). Ultrason ön işleminin elma dilimlerinin kuruma karakteristiği üzerine etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 59s.
- Youssef, M. M. (1978). A study of factors affecting the cook ability of faba beans (*Vicia Faba L.*). Ph. D. Thesis, College of Agricultural University of Alexandria, Alexandria, EGYPT.
- Yüksel, Y. & Elgün, A. (2013). Buğdayın islatılması sırasında ultrason işlemi uygulamanın tanenin su absorpsiyonu üzerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 1-14.

# HARRAN TARIM ve GIDA BİLİMLERİ DERGİSİ

## YAZIM KURALLARI

1. Makale, **Microsoft Word programında, Calibri** yazı karakterinde, **1.15 satır aralığında, 12 punto** düz metin ve tek sütun olarak yazılmalıdır.
2. Kenar boşlukları; **sol, sağ, alt ve üst- 3 cm** bırakılarak, her satıra ardışık olarak **satır numarası** verilerek hazırlanmalıdır.
3. Yazar(lar) makalenin ne türde bir yazı (**Araştırma makalesi, derleme, teknik not vb.**) olduğunu belirtmelidir.
4. **Türkçe başlık 14 punto (koyu ve ortalı)** küçük harflerle (Başlığın sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük) ve düz yazılmalıdır. **İngilizce başlık 12 punto** ve ortalı yazılmalıdır.
5. Yazar isimleri **Adı SOYADI** kuralına göre Türkçe başlık sonrası **12 punto (koyu, ortalı ve düz)** ve bir boşluk bırakılarak yazılmalı, yazar isimlerinin sonuna adres için üst simge olarak rakam, sorumlu yazarı belirtmek için ise \* simgesi verilmelidir. **Adres satırı** yazar isimleri sonrasında 1 boşluk bırakılarak **10 punto (normal, düz ve ortalı)** yazılmalıdır.
6. Adres satırından sonra 1 boşluk bırakılarak yazarların ORCID numaraları yazılmalıdır. ORCID satırının altına, sorumlu yazar e-posta adresi belirtilmelidir.
7. Metin genel olarak;
  - **Öz,**
  - **Abstract,**
  - **Giriş,**
  - **Materyal ve Metot,**
  - **Araştırma Bulguları ve Tartışma,**
  - **Sonuçlar,**
  - **Ekler**
  - **Kaynaklar** şeklinde olmalıdır.
8. Ana başlıkların yazımında koyu olarak kelimelerin sadece baş harfleri büyük yazılmalıdır. İkincil ve üçüncül başlıklarda sadece ilk kelimenin baş harfi büyük, diğer kelimeler küçük, koyu değil ve italik yazılmalıdır. Metin ana başlıkları, metin başlangıcı ve sonunda olmak üzere 1' er boşluk bırakılmalıdır. Alt başlıklardan önce 1 boşluk bırakılmalı, ancak sonrasında boşluk bırakılmamalıdır. Tüm başlıklar girinti verilmeden sola yaslı olarak yazılmalıdır.
9. **Metin içerisinde kaynak gösterimi (Yazar, yıl)** esasına göre yapılmalıdır. Metin içerisinde iki yazarlı bir kaynağın gösteriminde, metin Türkçe ise (**ilk yazar soyadı ve ikinci yazar soyadı, yıl**) kuralı uygulanmalıdır. İkiyden fazla yazarın bulunduğu kaynakların gösteriminde (**ilk yazarın soyadı ve ark., yıl**) kuralı uygulanmalıdır.  
Örneğin: (Mamay, 2020), (İkinci ve Bolat, 2018); (Söylemez ve ark., 2019),
10. Makale İngilizce olarak yazılacaksa (**ilk yazar and ikinci yazar, yıl**) ve (**ilk yazarın soyadı et al., yıl**) kuralı uygulanmalıdır.  
Örneğin: (Söylemez, 2018), (Bolat and Mamay, 2015), (Mamay et al., 2010).
11. Metin içerisinde birden fazla kaynağa aynı anda atıf yapılacak ise; kaynaklar yayınlandıkları yıl dikkate alınarak kronolojik olarak sıralanmalıdır.
12. **ÖZ (ABSTRACT):** Başlık sola yaslı olmalı, 10 punto, koyu, paragraf başında girinti verilmemelidir. Türkçe ve İngilizce metin 300 kelimeyi aşmayacak şekilde, 10 punto ve 1 satır aralığında yazılmalıdır. Öz ile Anahtar Kelimeler ve Abstract ile Key Words arasında tek

satır boşluk (10 punto, düz) bırakılarak metnin hemen altında en fazla 5 adet **Anahtar Kelimeler (Key Words)** yazılmalıdır. Key Words ile ana metin (Giriş) arasında iki satır boşluk bırakılmalıdır.

13. Makalelerde fotoğraf, grafik, çizim vb. “**Şekil**” olarak, Tablolar ise “**Çizelge**” olarak ifade edilmelidir.
14. Çizelge ve Şekiller ardışık olarak numaralandırılmalıdır (Şekil 1. veya Çizelge 1.). “Şekil” ve “Çizelge” içerikleri 1 satır aralıklı ve **10 punto** olarak hazırlanmalıdır.
15. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde, şekil başlıkları ise şekillerin altında ilk harf büyük olacak şekilde 1 satır aralıklı **10 punto** olarak yazılmalıdır.
16. **Türkçe yazılmış makalelerde Şekil ve Çizelge başlıklarının İngilizceleri, Türkçe başlığın hemen altında *italik* olarak yazılmalıdır.** (Makale İngilizce olarak yazılmışsa, Şekil ve Çizelge başlıklarının Türkçe karşılıkları yazılmayacaktır)

Şekil 1. Araştırma bahçesinde tespit edilen ortalama sıcaklık, ortalama nispi nem ve aylık yağış miktarı ortalaması değerleri (2007-2011 yılları ortalaması)

Figure 1. The average temperature, average relative humidity and average monthly rainfall data detected in the research garden (average of the years 2007-2011)

Çizelge 2. Şeftali çeşitlerinin 2007 - 2011 yılları arasındaki fenolojik gözlem sonuçları

Table 2. Phenological observation results of peach cultivars for between 2007 and 2011

**Türkçe yazılmış makalelerde** Çizelge ile Şekillerin içerisinde bulunan parametrelerin İngilizce karşılıkları bu parametrelerin hemen altına *italik* olarak yazılmalıdır. (Makale İngilizce olarak yazılmışsa, Şekil ve Çizelgelerin içerisinde belirtilen parametrelerin Türkçe karşılıkları yazılmayacaktır.)

Çizelge 3. Denemede yer alan şeftali çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri

Table 3. Some pomological properties of peach varieties

Çeşitler Varieties	Meyve ağırlığı(g) Fruit weight (g)	Meyve eni (mm) Fruit width (mm)	Meyve boyu(mm) Fruit length (mm)	Çekirdek ağırlığı (g) Kernel weight (g)
Cardinal	78.19 f	50.73 d	48.48 c	5.06 d
Cresthaven	129.58 b	61.69 bc	59.56 b	8.31 bc

17. Makale metni ve Çizelge-Şekil içerisinde bildirilen ondalık rakamlar, **nokta** ile ayrılmalıdır. (123.87; 0.987 vb.).
18. Çizelge-Şekillerden önce ve sonra **bir satır boşluk** bırakılmalıdır.
19. Makale yazımında “**Uluslararası Birim Sistemi**” (SI)’ye uyulmalıdır. Buna göre; g/l yerine **g l<sup>-1</sup>**, mg/l yerine **mg l<sup>-1</sup>** ya da **ppm** kullanılmalıdır. Yüzde ile belirtilen ifadeler açıklayıcı olmalıdır. Örneğin; %3 yerine **%3 (w/v)**, **%3 (v/v)**, **%3 (w/w)** şeklinde belirtilmelidir.
20. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Kaynaklar listesinin bildirişinde APA Formatını kullanmaktadır.** Buna göre kaynaklar listesi aşağıdaki kurallar çerçevesinde hazırlanmalıdır.

## 1. DERGİ YAYINLARINA ATIF VERME

### 1.1. Tek yazarlı makale

Mamay, M. (2015). Nar yaprakbiti [*Aphis punicae* Passerini (Hemiptera: Aphididae)]’nin Şanlıurfa ili nar bahçelerindeki bulaşıklık haritası. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(3), 159-166.

### **1.2. İki yazarlı makale**

Soylemez, S., & Pakyurek, A. Y. (2017). Responses of rootstocks to nutrient induced high EC levels on yield and fruit quality of grafted tomato cultivars in greenhouse conditions. *Applied ecology and environmental research*, 15(3), 759-770. DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503\\_759770](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_759770)

### **1.3. İki den fazla yazarlı makale**

Mamay, M., Ünlü, L., Yanık, E., Doğramacı, M., & İkinci, A. (2016). Efficacy of mating disruption technique against carob moth, *Apomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in pomegranate orchards in Southeast Turkey (Şanlıurfa). *International Journal of Pest Management*, 62(4), 295-299.

İkinci, A., Mamay, M., Unlu, L., Bolat, I., & Ercisli, S. (2014). Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia. *Erwerbs-Obstbau*, 56(4), 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-014-0220-8>

## **2. KİTAPLARI KAYNAK GÖSTERME**

### **2.1. Kaynak kitap ise,**

Mohsenin, N. N. (1970). *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers.

### **2.2. Kaynak kitaptan bir bölüm ise,**

Author, A. A. (Year). Chapter title. In E. E. Editor (Ed.), *Title of book: And subtitle* (pp. pages). Place: Publisher.

### **2.3. Editörlü kitap**

Yeşilyaprak, B. (Ed. ). (2003). *Gelişim ve öğrenme psikolojisi*. Ankara: Pegema Yayıncılık.

### **2.4. Yazarı bilinmeyen kaynakları veya internet kaynaklarını kaynak olarak gösterme;**

Anonymous (2005). Tereyağı, diğer süt yağı esaslı sürülebilir ürünler ve sadeyağ tebliği. Türk Gıda Kodeksi, Tebliğ No: 2005/19, Ankara.

FAO, (2015). Statistical data of FAO. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.asp>.

## **3. YÜKSEK LİSANS ve DOKTORA TEZLERİNE ATIF VERME**

Doktora ya da yüksek lisans tezlerine elektronik veri tabanlarından, kurumsal arşivlerden ve kişisel web sayfalarından erişilebilir. Eğer bir teze ProQuest doktora ve yüksek lisans tezleri veri tabanından ya da diğer bir kaynaktan erişildiyse, atıfta bu bilgi verilmelidir. Bir veri tabanı servisinde mevcut olan bir doktora ya da yüksek lisans tezi için aşağıdaki kaynak gösterme biçimi kullanılır:

### 3.1. Yayınlanmamış tez

Mamay, M. (2013). *Determination of population development and infestation ratio of carob moth [Apomyelois ceratoniae Zell. (Lepidoptera:Pyralidae) in pomegranate orchards in Sanliurfa province and using mating disruption technique for its control* (Yayımlanmamış doktora tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Söylemez, S. (2014). *Effects of nutrient induced salinity levels and rootstocks on plant growing, yield and some fruit quality features at soilless grown grafted tomatoes* (Yayımlanmamış doktora tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

### 3.2. Yayınlanmış tez

May, B. (2007). *A survey of radial velocities in the zodiacal dust cloud*. Bristol, UK: Canopus Publishing.

## 4. SEMPOZYUM VE TOPLANTI BİLDİRİLERİNE ATIF VERME

Mamay, M. (2017). Population density of overwintering larvae of Carob Moth [*Apomyelois (=Ectomyelois) ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae)] in pomegranate orchards in Southeastern Anatolia. SEAB 2017. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, (pp. 235), 05-08 July 2017, Minsk, Belarus.

İkinci, A. & Mamay, M. (2017). Effects of fruit thinning on morphological, physico-chemical properties, bioactive compounds, antioxidant activity and pest & disease control in pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies*, (pp. 642), 15-17 May 2017, Cappadocia, Turkey.

Sönmez, C., Mamay, M. & Söylemez, S. (2019). Determination of the effect of different hydroponic culture and different NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub> ratio on the density of aphid [*Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae)] population in greenhouse lettuce. *1<sup>st</sup> International Gobeklitepe Agriculture Congress (IGAC-2019)*, (pp. 599-604), 25-27 November, Şanlıurfa, Turkey.

**Not: Yukarıda yer alan kaynak gösterimlerde bulamadığınız farklı materyal veya konu başlıklarındaki kaynak bildirişleri için internetteki APA Kaynak Gösterimi ile ilgili web sayfalarından ya da aşağıdaki linkteki bilgilerden yararlanabilirsiniz.**

[https://libguides.library.usyd.edu.au/ld.php?content\\_id=47913440](https://libguides.library.usyd.edu.au/ld.php?content_id=47913440)

Şencan, İ., ve Doğan, G. (2017). Bilimsel yayınlarda kaynak gösterme, tablo ve şekil oluşturma rehberi: APA 6 Kuralları. *Türk Kütüphaneciliği Dergisi*, Ankara.

[https://www.tk.org.tr/APA/apa\\_2.pdf](https://www.tk.org.tr/APA/apa_2.pdf)



**HARRAN TARIM ve GIDA BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**YAZAR REHBERİ**

1. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler Dergi Yayın Kurulu tarafından belirlenen yazım kurallarına göre yazılmalıdır.
2. Makaleler, **Dergipark Sistemi üzerinden online** olarak yüklenmelidir.
3. Tüm yazarlar tarafından imzalanan **Telif Hakkı Devir Sözleşmesi** ve **Makale Kontrol Listesi** (sorumlu yazar tarafından imzalanacak) makale ile birlikte sisteme yüklenmelidir.
4. **iThenticate Programı Benzerlik Raporu** (**%20**'yi geçmemelidir) ve gerekli ise **Etik Kurul Kararı** makale ile birlikte sisteme yüklenmelidir.
5. Hazırlanacak olan makale metni genel olarak;

- **Öz,**
- **Abstract,**
- **Giriş,**
- **Materyal ve Metot,**
- **Araştırma Bulguları ve Tartışma,**
- **Sonuçlar,**
- **Ekler,**
- **Beyanlar**
  - **Çıkar Çatışması**
  - **Yazar Katkısı**
- **Kaynaklar** bölümlerinden oluşmalıdır.

6. **Başlık:** Kısa ve açıklayıcı olmalı, **Calibri** yazı karakterinde, **14 punto, koyu**, düz, ortalanarak ve küçük harflerle (Başlığın sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük) yazılmalıdır. Başlık tercihen 15 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılamalı, 12 punto ve koyu yazılmalıdır.

7. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi'ne yayınlanması için makalenin ilk gönderiminde **yazar isimleri, kurum isimleri, adresleri, ORCID numaraları ve e-posta bilgileri yer almamalıdır.**

8. Makalenin hakem değerlendirmesi tamamlandıktan ve makale Yayın Kurulu tarafından kabul edildikten sonra, 7. maddede yer alan yazar isimleri ve diğer bilgiler, hakem önerilerine göre yeniden düzenlenmiş olan makale sayfası üzerine yazıldıktan sonra, Dergi web sayfasında yer alan düzenlenmiş makaleyi gönder sayfasından Dergi sistemine yüklenmelidir. **Kontrol edilmiş veya düzeltilmiş olan makale, yeni bir makale gibi Dergi web sayfasından yüklenmemelidir.**

9. Yazar isimleri **Adı SOYADI** kuralına göre Türkçe başlık sonrası **12 punto (koyu, ortalı ve düz)** ve bir boşluk bırakılarak yazılmalı, yazar isimlerinin sonuna adres için üst simge olarak rakam, sorumlu yazarı belirtmek için ise \* simgesi verilmelidir. Adres satırı yazar isimleri sonrasında 1 boşluk bırakılarak **10 punto (normal, düz ve ortalı)** yazılmalıdır. Adres satırından sonra 1 boşluk

birakılarak yazarların ORCID numaraları yazılmalıdır. ORCID satırının altına sorumlu yazar e-posta adresi belirtilmelidir.

10. **ÖZ:** Çalışmanın yürütüldüğü yer ve zamanını, amacını, yöntemini ve sonuçları içermelidir. Sola yaslı, 10 punto, koyu, paragraf başında girinti verilmemelidir. Türkçe ve İngilizce metin 300 kelimeyi aşmayacak şekilde 10 punto ve 1 satır aralığında yazılmalıdır. Öz ile Anahtar Kelimeler ve Abstract ile Key Words arasında tek satır boşluk (10 punto, düz) bırakılarak, metnin hemen altında en fazla 5 adet **Anahtar Kelimeler (Key Words)** yazılmalıdır. Key Words ile ana metin (Giriş) arasında iki satır boşluk bırakılmalıdır.

11. **Giriş:** Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile doğrudan ilgili önceki çalışmalar ve çalışmanın amacı verilir. Bu bölümde; çalışmanın konusu özetlenmeli, konu hakkındaki mevcut bilgi doğrudan ilişkili önceki çalışmalarla değerlendirilmeli ve bilgi üretimine ihtiyaç duyulan hususlar vurgulanıp çalışma ile ilişkilendirilmelidir. Son olarak çalışmanın amacı net ve açık bir şekilde ifade edilmelidir.

12. **Materyal ve Metot:** Bu bölümde; çalışmada kullanılan canlı ve cansız materyaller, uygulanan yöntemler, değerlendirilen ölçütler, uygulanan deneme desenleri veya örnekleme yöntemleri ile istatistiksel analizler gerektiğinde kaynaklarla da desteklenerek, açık ve net biçimde anlatılmalıdır. Yeni veya değiştirilmiş yöntemler, aynı konuda çalışanlara araştırmayı tekrarlama olanağı verecek nitelikte açıklanmalıdır. Bu amaçla gerektiğinde alt başlık kullanılmalıdır.

13. **Araştırma Bulguları ve Tartışma:** Çalışmada elde edilen bulgular şekil ve çizelgeler yardımıyla ve istatistiksel analizlere dayalı olarak açık ve net bir biçimde verilmelidir. İstatistikî olarak önemli bulunan faktörler, uygulanan istatistik analiz tekniğine uygun karşılaştırma yöntemi ile yorumlanarak ilgili istatistikler üzerinde harflendirme yapılmalıdır. Aynı veriler hem grafik hem de çizelge ile verilmemeli, konuya en uygun araç seçilmeli, anlatımda tekrarlayan cümle ve ifadelerden kaçınılmalıdır. Tartışma kısmında, uyum ve zıtlık açısından önceki çalışmalarla karşılaştırılmalı, doldurduğu bilgi açığı vurgulanmalı, önceki bölümlerdeki ifadelerin olduğu gibi tekrarından kaçınılmalıdır.

14. **Sonuçlar:** Bu bölümde; elde edilen nihai sonuçlar ve varsa öneriler, bilime ve uygulamaya katkısıyla birlikte kısa ve öz olarak verilmelidir.

15. **Ekler:** Çalışmayı destekleyen kurum ve kuruluşlar ile çalışmaya katkı sağlayanlar bu kısımda ifade edilmelidir. Ayrıca, makalenin lisansüstü tezlerden üretilip üretilmediği, abstract olarak kongre ve sempozyumlarda sunulup sunulmadığı da Ekler bölümünde belirtilmelidir.

#### 16. **Beyanlar (Declarations)**

**Çıkar Çatışması:** Kişiler makalelerin etik ilkeler çerçevesinde değerlendirilebilmesi ve bağımsız bir süreç yürütülebilmesi için olası çıkar çatışmaları ile ilgili olarak yayın kurulunu bilgilendirmelidir. Ekonomik veya kişisel fayda sağlanan durumlar çıkar çatışmasını meydana getirir. Bilimsel sürecin ve yayınlanan makalelerin güvenilirliği; bilimsel çalışmanın planlanması, uygulanması, yazılması, değerlendirilmesi, düzenlenmesi ve yayınlanması sırasında çıkar çatışmalarının objektif bir şekilde ele alınmasıyla doğrudan ilişkilidir. Makale ile ilgili çıkar çatışması söz konusu değilse, "**makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder**" ifadesi yazılmalıdır.

**Yazar Katkısı:** Çalışmanın tasarlanması, planlanması, kurulması, yürütülmesi, verilerin analizi ve

makalenin yazılmasında içeriğe bilimsel açıdan katkı sağlayan her bir yazarın makaleye katkı şekli belirtilmelidir. Yazar katkıları, örnek olarak “**MM çalışmayı tasarlayarak denemeleri kurmuş, MM ve AA çalışmayı yürütmüş, BB verileri analiz etmiş, MM, AA ve BB makaleyi yazmıştır**” şeklinde ifade edilebilir.

17. **Kaynaklar:** Makalede atıfta bulunulan literatürlere Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Yayın Kurulu tarafından belirlenen **yazım kurallarına göre** yazılmalıdır.

Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Yazım Kuralları için ...

18. **Kısaltmalar ve Semboller:** Makale başlığı ve başlıklarda kısaltma kullanılmamalıdır. Gerekli olan kısaltmalar kavramların ilk geçtiği yerde parantez içinde verilmelidir. Kısaltmalarda ve sembollerin kullanımında ilgili alanın evrensel kurallarına uyulması zorunludur.

19. **Formüller:** Makalelerde formüller “Eşitlik” olarak adlandırılmalı ve italik olarak yazılmalıdır. Makalede birden fazla eşitlik varsa numaralandırılmalı, numara formülün yanında sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir.

20. Makaleye ardışık olarak **satır ve sayfa numarası** verilmelidir.

21. **Calibri** karakterinde, **12 punto** ve **1.15 satır** aralıklı yazılan makale **20 sayfa**yı geçmemelidir.

22. Yayınlanmasına karar verilen eserler, sadece şekilsel olarak, yukarıda yer alan bilgiler doğrultusunda yeniden düzenlenmeli, yazar(lar)ca herhangi bir eklenti ya da çıkartma yapılmamalıdır.

23. Makale içerisinde, dergi basıldığı haliyle görünen hataların sorumluluğu yazarlara aittir. Yayın Kurulundan kaynaklanan basım hataları için ise düzeltme yayınlanabilir.

24. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi; yazarlardan makale gönderimi, değerlendirilmesi ve basım aşamalarında herhangi bir basım ücreti almamaktadır.

## MANUSCRIPT WRITING RULES

1. The manuscript should be written in Microsoft Word program, in Calibri font, **1.15** line spacing, **12** pt. plain text and a single column.
2. Margins; **Left, right, bottom and top 3 cm** should be left, and each row should be prepared consecutively by giving the line number.
3. Author (s) should indicate the type of manuscript (**Research Manuscript, Review, Technical Note** etc.).
4. **The English title should be written in 14 pt (bold and centered)** lowercase letters (only the first word of the title is capitalized) and in plain text. The Turkish title should be written in 12 font size and centered.
5. Author names should be written in **12 pt. (Bold, centered and plain)** and a space after the title according to the Name SURNAME rule, followed by a number as superscript for the address and a \* symbol to indicate the corresponding author. Address line should be written after the author names, leaving **1 space and 10 pt (normal, straight and centered)**.
6. Authors' ORCID numbers should be written, leaving 1 space after the address line. Under the ORCID line, the responsible author e-mail address must be specified.
7. The text should generally be in the following form;
  - **Abstract**
  - **Introduction**
  - **Material and Method,**
  - **Results and Discussion,**
  - **Conclusions**
  - **Acknowledgement**
  - **References**
8. In the writing of main titles, only the initials of the words should be capitalized in bold. In secondary and tertiary titles, only the first letter of the first word should be capitalized, other words should be in small, not bold and italic. There should be 1 space each, including the main headings of the text, the beginning and the end of the text. 1 space should be left before subtitles, but no spaces should be left after them. All titles should be left justified without indenting.
9. Reference should be cited **in the text based on (Author, year) rule**. In the presentation of a reference with two authors in the text, the rule (**first author's surname and second author's surname, year**) should be applied. In the display of sources with more than two authors (**first author's surname et al., year**) rule must be applied.

For example; (Bilgili, 2020), (Bilgili and vanEs, 2018); (Bilgili et al., 2019).

10. If more than one reference will be cited at the same time in the text; Referencens should be ordered chronologically, considering the year they were published.

11. **ABSTRACT:** Title should be left justified, 10 pt, bold, not indented at the beginning of the paragraph. Turkish and English texts should be written in 10 font size and 1 line spacing, not exceeding 300 words. **A maximum of 5 Key Words** should be written just below the text, leaving a single line space (10 pt., Plain) between Abstract and Keywords, and Öz (Turkish Abstract) and Key Words. Two lines of space should be left between Key Words and the main text.

12. Photographs, graphics, drawings, etc. should be expressed as "Figure" and Tables as "Tables".

13. Tables and Figures should be numbered consecutively (Figure 1. or Table 1.). Contents of "Figure" and "Table" should be prepared with 1 line spacing and 10 pt.

14. Table titles should be written above the table, and figure titles should be written below the figures in 10 pt, 1 line spacing with the first letter capital.

15. Figure and Table titles should be written in italics;

*Figure 1. The average temperature, average relative humidity and average monthly rainfall data detected in the research garden (average of the years 2007-2011) Table 2. Phenological observation results of peach cultivars for between 2007 and 2011*

16. Decimal numbers in the manuscript text and Table-Figure should be separated by **a period**. (123.87; 0.987 etc.).

17. One blank line should be left before and after the table-figures.

18. Manuscript writing should comply with the "International Unit System" (SI). According to this; Use g l-1 instead of g / l, and mg l-1 or ppm instead of mg / l. Percentages should be descriptive. For example; It should be specified as 3% (w / v), 3% (v / v), 3% (w / w) instead of 3%.

19. Harran Journal of Agriculture and Food Sciences uses **APA Style** in the submission of the sources list. Accordingly, the list of references should be prepared in accordance with the following rules.

19.1. **Citation to journal publications;**

19.1.1. Single author manuscripts;

Mamay, M. (2015). Infestation map of pomegranate aphid [*Aphis punicae* Passerini (Hemiptera: Aphididae)] in Şanlıurfa province pomegranate orchards. Turkey Entomology Bulletin, 5(3), 159-166.

#### 19.1.2. Two-author manuscripts;

Soylemez, S., & Pakyurek, A. Y. (2017). Responses of rootstocks to nutrient induced high EC levels on yield and fruit quality of grafted tomato cultivars in greenhouse conditions. Applied Ecology and Environmental Research, 15(3), 759-770. DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503\\_759770](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_759770)

#### 19.1.3. Manuscripts with more than two authors;

İkinci, A., Mamay, M., Unlu, L., Bolat, I., & Ercisli, S. (2014). Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia. Erwerbs-Obstbau, 56(4), 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-014-0220-8>.

### 19.2. Referencing Books;

#### 19.2.1. If the source is a book;

Mohsenin, N. N. (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers.

#### 19.2.2. If it is a chapter from the source book;

Author, A. A. (Year). Chapter title. In E. E. Editor (Ed.), Title of book: And subtitle (pp. pages). Place: Publisher.

#### 19.2.3. Edited book;

Yeşilyaprak, B. (Ed.). (2003). Development and learning psychology. Ankara: Pegema Publishing.

### 19.3. Citing sources of unknown author or internet sources;

Anonymous (2005). Butter, other milk fat-based spreads and plain butter notification. Turkish Food Codex, Communiqué No: 2005/19, Ankara.

FAO, (2015). Statistical data of FAO. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.asp>.

### 19.4. Citing Master's and Doctoral theses;

Doctorate or master theses can be accessed from electronic databases, corporate archives and personal web pages. If a dissertation is accessed from the ProQuest database of doctoral and master's theses or any other source, this information should be provided in the reference. For a doctorate or master thesis available in a database service, the following citation format is used;

#### Unpublished thesis;

Mamay, M. (2013). *Determination of population development and infestation ratio of carob moth [Apomyelois ceratoniae Zell. (Lepidoptera:Pyralidae)] in pomegranate orchards in Sanliurfa province and using mating disruption*

*technique for its control* (Unpublished doctoral dissertation). Harran University, Graduate School, Şanlıurfa.

Söylemez, S. (2014). *Effects of nutrient induced salinity levels and rootstocks on plant growing, yield and some fruit quality features at soilless grown grafted tomatoes* (Unpublished doctoral dissertation). Harran University, Graduate School, Şanlıurfa.

**Published thesis;** May, B. (2007). A survey of radial velocities in the zodiacal dust cloud. Bristol, UK: Canopus Publishing.

#### 19.5. Citing Symposium and Meeting Papers

Mamay, M. (2017). Population density of overwintering larvae of Carob Moth [*Apomyelois* (= *Ectomyelois*) *ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae)] in pomegranate orchards in Southeastern Anatolia. SEAB 2017. *Proceedings of the 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, (pp. 235), 05-08 July 2017, Minsk, Belarus.

Ikinci, A. & Mamay, M. (2017). Effects of fruit thinning on morphological, physico-chemical properties, bioactive compounds, antioxidant activity and pest & disease control in pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies*, (pp. 642), 15-17 May 2017, Cappadocia, Turkey.

Sönmez, C., Mamay, M. & Söylemez, S. (2019). Determination of the effect of different hydroponic culture and different NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub> ratio on the density of aphid [*Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae)] population in greenhouse lettuce. *1st International Gobeklitepe Agriculture Congress (IGAC-2019)*, (pp. 599-604), 25-27 November, Şanlıurfa, Turkey.

Note: You can use the web pages related to **APA Referencing Style** on the internet.

## TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ

Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Yayın Kurulu Başkanlığına

Eserin Adı:

Yazar(lar);

- Sunulan makalenin yazar(lar)ın orijinal çalışması olduğunu;
- Tüm yazarların bu çalışmaya bireysel olarak katılmış olduklarını ve bu çalışma için her türlü sorumluluğu aldıklarını;
- Tüm yazarların sunulan makalenin son halini gördüklerini ve onayladıklarını;
- Makalenin başka bir yerde özet dışında basılmadığını veya basılmak için sunulmadığını;
- Makalede bulunan metnin, şekillerin ve dokümanların başkalarına ait Telif Haklarını ihlal etmediğini taahhüt ederler.

Bununla birlikte, yazarların veya varsa yazarların işverenin;

- Patent hakları;
- Yazar(lar)ın kitaplarında veya diğer çalışmalarında makalenin tümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı;
- Makaleyi satmamak koşuluyla kendi amaçları için çoğaltma hakkı gibi fikri mülkiyet hakları saklıdır.
- Makalenin herhangi bir bölümünün başka bir yayında kullanılmasına Harran Tarım ve Bilimleri Dergisi yayımcı kuruluş olarak belirtilmesi ve Dergiye atıfta bulunulması şartıyla izin verilir.

*Ben / Biz, telif hakkı ihlali nedeniyle üçüncü şahıslarla istenecek hak talebi veya açılacak davalarda Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Editörlerinin hiçbir sorumluluğunun olmadığını, tüm sorumluluğun yazarlara ait olduğunu, ayrıca makalede hiçbir suç unsuru veya kanuna aykırı ifade bulunmadığını, araştırma yapılırken kanuna aykırı herhangi bir malzeme ve yöntem kullanılmadığını taahhüt ederim/ederiz.*

<b>1. Yazarın Bilgileri</b>			
Adı SOYADI			
Kurum Adresi			
ORCID Numarası		Tarih	imza

<b>2. Yazarın Bilgileri</b>			
Adı SOYADI			
Kurum Adresi			
ORCID Numarası		Tarih	imza

Telif Hakkı Devir Sözleşmesi tüm yazarlarca imzalandıktan sonra tek bir form olarak sisteme yüklenmelidir)

Lütfen arka sayfaya geçiniz.



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

e-ISSN: 2587-1358