

ISSN 1308-7576  
e-ISSN 1308-7584

# YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

YYÜ TAR BİL DERG

YUZUNCU YIL UNIVERSITY  
JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

YYU J AGR SCI

Cilt (Volume): 30 Sayı (Number): Ek Sayı (Additional Issue) Aralık  
(December) 2020

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 65080 Van, Türkiye  
Van Yuzuncu Yil University Agriculture Faculty, 65080 Van, Turkey  
<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

*Previous Names of the Journal:* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (Yuzuncu Yil University, Agriculture Faculty Journal of Agriculture Science) and Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Yuzuncu Yil University, Journal of Agriculture Faculty)

Dergimiz CAB Abstracts, FAO AGRIS/CARIS ve TÜBİTAK/ULAKBİM Veri Tabanlarına girmektedir. Ulrich's Directory, EBSCO, ISC, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ISI Thompson Master Journal List (Zoological Record) ve SCOPUS'a dahildir.

Our Journal is abstracted in CAB Abstracts, FAO AGRIS/CARIS and TUBITAK/ULAKBİM Data Bank. Listed in Ulrich's Directory, EBSCO, ISC, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ISI Thompson Master Journal List (Zoological Record) and SCOPUS.

**YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**  
(Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences)

SAHİBİ (OWNER)

YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ ADINA  
(Behalf on Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture)

(Dekan /Dean)

Prof. Dr. Semra DEMİR

Sorumlu Müdür (Manager in Charge) / Baş Editor (Chief Editor)

Prof. Dr. Suat ŞENSOY

**Yardımcı Editörler (Associated Editors)**

ERDİNÇ, Çeknas (Assoc. Prof. Dr.)  
ÇAKMAKCI, Talip (Dr.)

Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN

**Yayın Kurulu (Editorial Board)**

ARPALI, Diğdem (Prof. Dr.)  
ERDİNÇ, Çeknas (Assoc. Prof. Dr.)  
KARACA, Serhat (Assoc. Prof. Dr.)  
KAYA, İlhan (Prof. Dr.)  
KURT, Şener (Prof. Dr.)  
KURTAR, Ertan Sait (Prof. Dr.)  
ÖZASLAN PARLAK, Altıngül (Prof. Dr.)  
ÖZGÖKÇE, M. Salih (Prof. Dr.)  
TERİN, Mustafa (Assist. Prof. Dr.)  
TÖLÜ, Cemil (Assoc. Prof. Dr.)  
TÜRKOĞLU, Nalan (Prof. Dr.)

Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, HATAY  
Selçuk University, Faculty of Agriculture, KONYA  
Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, ÇANAKKALE  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, ÇANAKKALE  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN

**İstatistik Editörleri (Statistical Consultants)**

TAKMA, Çiğdem (Prof. Dr.)  
YEŞİLOVA, Abdullah (Prof. Dr.)

Ege University, Faculty of Agriculture, İZMİR  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN

**Konu Editörleri ve Bilimsel Danışma Kurulu (Section Editors and Scientific Board)**

ALP, Şevket (Prof. Dr.)  
ALYOKHIN, Andrei V. (Assoc. Prof. Dr.)  
AYGÜN, Turgut (Prof. Dr.)  
DANESH, Younes Rezaee (Prof. Dr.)  
DEMİREL, Murat (Prof. Dr.)  
GÜLSER, Füsün (Prof. Dr.)  
JAVED, Khalid (Prof. Dr.)  
KAZANKAYA, Ahmet (Prof. Dr.)  
KOCŞIS, László (Prof. Dr.)  
ŞEN, Fazıl (Prof. Dr.)  
RÖSCH, Roland (Dr.)  
TEPE, Işık (Prof. Dr.)  
TUNÇTÜRK, Murat (Prof. Dr.)  
TUNÇTÜRK, Yusuf (Prof. Dr.)  
TUFENKÇİ, Şefik (Prof. Dr.)  
TÜRKOĞLU, Nalan (Prof. Dr.)  
YILDIRIM, İbrahim (Prof. Dr.)  
YILDIZ, Mehtap (Assoc. Prof. Dr.)

Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture, Van Yüzüncü Yıl University  
Uyg. Entomoloji (Applied Entomology) / Maine Univ., Orono ME, USA  
Hayvan Yetiştirme ve Islahı / Animal Breeding, Van Yüzüncü Yıl University  
Bitki Koruma / Plant Protection, Urmia University, Iran  
Hayvan Besleme / Animal Nutrition, Van Yüzüncü Yıl University  
Top. Bil. ve Bit. Bes. / Soil Science and Plant Nutrition, Van Yüzüncü Yıl University  
Veterinerlik ve Hayvan Bilimleri Üniv., (Animal Science) / Lahore, Pakistan  
Bahçe Bitkileri / Horticulture, Ahi Evran University  
Bağcılık (Viticulture)/ Georgikon Fak.Pannonia Univ., Keszthely, Hungary  
Su Ürünleri / Fisheries, Van Yüzüncü Yıl University  
Balıkçılık Araş. İst (Fisheries) / Baden-Württemberg Langenargen, Germany  
Bitki Koruma / Plant Protection, Van Yüzüncü Yıl University  
Tarla Bitkileri / Field Crops, Van Yüzüncü Yıl University  
Gıda Mühendisliği / Food Science, Van Yüzüncü Yıl University  
Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering, Van Yüzüncü Yıl University  
Süs Bitkileri / Ornamental Plant Production, Van Yüzüncü Yıl University  
Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics, Van Yüzüncü Yıl University  
Tarımsal Biyoteknoloji /Agricultural Biotechnology, Van Yüzüncü Yıl University

**Bu Sayının Hakem Listesi (Referee List in This Number)**

AKGÜL, Davut S. (Assoc. Prof.)  
AKKURT, Murat (Assoc. Prof.)  
ALABOZ, Pelin (Dr.)  
ATAK, Mehmet (Prof. Dr.)  
ATASOY, Ahmet (Prof. Dr.)  
ATICI, Ataman A. (Assist. Prof. Dr.)  
BALKAN, Alpay (Assoc. Prof.)  
BALTA, Fikret M. (Prof. Dr.)  
ÇAKMAKÇI, Özlem (Dr.)  
ÇİĞ, Arzu (Assoc. Prof.)  
DAĞDEMİR, Vedat (Prof. Dr.)  
EKİNCİ, Melek (Assoc. Prof.)  
EKİNCİALP, Aytekin (Assoc. Prof.)  
ERBAŞ, Derya (Dr.)  
ERPER, İsmail (Assoc. Prof.)

Çukurova University, Faculty of Agriculture, ADANA  
Ankara University, Faculty of Agriculture, ANKARA  
Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agriculture, ISPARTA  
Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, HATAY  
Harran University, Faculty of Engineering, ŞANLIURFA  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Fisheries, VAN  
Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, TEKİRDAĞ  
Ordu University, Faculty of Agriculture, ORDU  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Siirt University, Faculty of Agriculture, SİİRT  
Atatürk University, Faculty of Agriculture, ERZURUM  
Atatürk University, Faculty of Agriculture, ERZURUM  
Van Yüzüncü Yıl University, Başkale Vocational School, VAN  
Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agriculture, ISPARTA  
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, SAMSUN

GAZİOĞLU ŞENSOY, Ruhan İ. (Assoc. Prof.)  
GÜRSOY, Songül (Assoc. Prof.)  
İPEK, Muzaffer (Assoc. Prof.)  
KABAY, Turgay (Assoc. Prof.)  
KARADENİZ, Turan (Prof. Dr.)  
KAYA, Sevim (Prof. Dr.)  
KÖSE, Bülent (Assoc. Prof.)  
PARUĞ, Şenol Ş. (Assist. Prof. Dr.)  
TUNCER, Burcu (Assoc. Prof.)  
YAVIÇ, Adnan (Assist. Prof. Dr.)  
YANKOV, Peter (Assoc. Prof.)  
YAZAR, Kevser (Dr.)  
YETİŞEMİYEN, Atilla (Prof. Dr.)  
YILDIRIM, Ertan (Prof. Dr.)  
YILDIRIM, İbrahim (Prof. Dr.)  
YILDIZ, ADİL K. (Dr.)

Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Dicle University, Faculty of Agriculture, DİYARBAKIR  
Selçuk University, Faculty of Agriculture, KONYA  
Van Yüzüncü Yıl University, Erciş Vocational School, VAN  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, BOLU  
Gaziantep University, Faculty of Engineering, GAZİANTEP  
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, SAMSUN  
Kastamonu University, Faculty of Fisheries, KASTAMONU  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Technical University of Varna, Faculty of Agriculture, VARNA  
Selçuk University, Faculty of Agriculture, KONYA  
Ankara University, Faculty of Agriculture, ANKARA  
Atatürk University, Faculty of Agriculture, ERZURUM  
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, VAN  
Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, YOZGAT

**Yayın Koordinatörleri (Typesetting)**

Arş. Gör. M. Reşit KARAGEÇİLİ  
Ziraat Yüksek Mühendisi Yekbun ALP  
Ziraat Yüksek Mühendisi Yağmur YILMAZ

**Web Sorumlusu (Internet Office)**

Arş. Gör. M. Reşit KARAGEÇİLİ  
Ziraat Yüksek Mühendisi Yekbun ALP  
Ziraat Yüksek Mühendisi Yağmur YILMAZ

**Yayın Türü (Publication Type)**

Uluslararası Süreli Bilimsel Yayın (International Scientific Periodical)

**Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi (Correspondence Address)**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, (Agriculture Faculty) Ziraat Fakültesi, Zeve Yerleşkesi, 65080, VAN

**Cilt (Volume): 30**

**Sayı (Number): Ek Sayı  
(Additional Issue)**

**Aralık (December) 2020**

**Telefon (Phone)**

+90 (432) 2251056; 2251024

**Belgegeçer (Fax)**

+90 (432) 2251104

**e-posta (e-mail)**

vyuagrsci@gmail.com

**İnternet adresi: <http://dergipark.gov.tr/vyutbd>**

**ISSN 1308-7576 e-ISSN 1308-7584**

**Basıldığı Yer ve Tarih (Press and Date):** Efe Kırtasiye, Aralık (December) 2020, VAN

**“Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi”** önceden yayınlanan **“Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi”** ve **“Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi”**nin devamıdır. **Previous names of the journal: “Yuzuncu Yıl University, Agriculture Faculty Journal of Agriculture Sciences”** and **“Yuzuncu Yıl University, Journal of Agriculture Faculty”**



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Research Article (Araştırma Makalesi)

**The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Lead (Pb) Applications on Eggplant Seedling Growth and Nutrient Uptake**

**Fatih ERDOĞAN<sup>\*1</sup>, Mustafa PAKSOY<sup>2</sup>, Önder TÜRKMEN<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bati Akdeniz Agricultural Research Institute , Antalya, Turkey

<sup>2</sup>Selcuk University, Agricultural Faculty, Horticultural Department, Konya, Turkey

<sup>2,3</sup>Kyrgyzstan Turkey Manas University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Bishkek/Kyrgyzstan

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7996-6606> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6852-8659> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-3218-6551>

\*Corresponding Author: ferdoganx@hotmail.com

**Article Info**

Received: 18.08.2020

Accepted: 20.11.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.782115

**Keywords**

Fertilization,  
*Gigaspora margarita* (Gm),  
*Glomus intraradices* (Gi),  
Heavy metal,  
Lead,  
Seedling development.

**Abstract:** There are many factors, which negatively affect plant development. One of these factors is lead (Pb), which causes toxic effects on plants during the seedling period. Mycorrhizas (AMF) contribute positively to plant growth. In eggplant seedlings, it has been researched whether to tolerate the negative effects of lead with mycorrhizas. In the study, *Gigaspora margarita* (Gm) and *Glomus intraradices* (Gi) mycorrhizal races were applied before seeds were sown. After the first true leaves appeared, 5 different doses of Pb (0, 100, 200, 400 and 800 ppm) were given. As a result, the earliest true leaf appearance time, the widest cotyledon and longest cotyledon, were taken from Gm application. In terms of other seedling development parameters, the highest values were obtained from Gm-0 ppm Pb application. In addition, it was observed that the control 0 and 100 Pb ppm applications received high values. As expected, due to the toxic effect of lead, no plants could be obtained in Control-800 ppm Pb application. However, the plants continued to develop by tolerating the toxic effect of lead in Gm-800 ppm and Gi-800 ppm applications especially. The other criteria that we examined were the intake of important nutrients N, P, K and Ca with mycorrhizal even in high-dose lead conditions. It was observed that the lead was taken into the plant by mycorrhizal. Lead content in the root was more than the lead content in the shoot. In general, it was seen that low Pb dose in Gi application can be partially tolerable for seedling growth and nutrient content.

**Arbusküler Mikorizal Fungus ve Kurşun (Pb) Uygulamalarının Patlıcan Fide Gelişimi ve Besin Alımı Üzerine Etkileri**

**Makale Bilgileri**

Geliş: 18.08.2020

Kabul: 20.11.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.782115

**Anahtar kelimeler**

Gübreleme,  
*Gigaspora margarita* (Gm),  
*Glomus intraradices* (Gi),  
Ağır Metal,

**Özet:** Bitkilerin gelişimini olumsuz etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerden biri de fide döneminde bitkiye toksik etkiye sebep olan kurşun (Pb)'dur. Mikorizalar ise bitki gelişimine olumlu yönde katkı sağlamaktadır. Patlıcan fidesinde, mikorizanın kurşunun olumsuz etkisinin tolere edip etmeyeceği araştırılmıştır. Bu çalışmada, *Gigaspora margarita* ve *Glomus intraradices* mikoriza ırkları tohum ekiminden önce uygulanmıştır. İlk gerçek yaprak görüldükten sonra kurşunun 5 farklı dozu (0, 100, 200, 400 ve 800 ppm) verilmiştir. Sonuç olarak gerçek yaprak görünme süresi, en geniş kotiledon ve en uzun kotiledon *Gigaspora margarita* uygulamasından alınmıştır. Diğer fide gelişim parametreleri bakımından, en yüksek değerler *Gigaspora margarita*-0 ppm Pb uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca kontrolde 0 ve 100 ppm Pb

Kurşun,  
Fide Gelişimi.

uygulamalarında yüksek değer aldıkları görülmüştür. Beklenildiği gibi kurşunun toksik etkisi sebebiyle Kontrol-800 ppm Pb uygulamasından bitki elde edilememiştir. Fakat her iki mikoriza türünün 800 ppm'lik uygulamalarında kurşunun toksik etkisini tolere ederek gelişimine devam ettikleri görülmüştür. İncelediğimiz diğer kriterler, N, P, K ve Ca gibi önemli besin elementlerin yüksek dozda kurşun şartlarında bile mikorizalar aracılığıyla bitkiye alınmasıdır. Kurşununda, mikorizalar tarafından bitkiye alındığı görülmüştür. Kökteki Pb içeriği, sürgündeki Pb içeriğinden daha fazladır. Genel olarak fide gelişimi ve besin elementleri içerikleri olumlu etki Gi uygulamasında elde edildiği görülmüştür.

## 1. Introduction

Factors such as a rapidly growth in the population, nutritional deficiencies, irregular urbanization, people's desire for excessive consumption, and developing technology cause the environmental pollution problem (Sağlam and Cihangir, 1995). As in many areas, heavy metal pollution is observed in agricultural areas for various reasons. The most important industrial activities that cause the release of heavy metals to the environment are cement production, iron and steel industry, thermal power plants, glass production, garbage and sludge incineration plants. Considering the natural dispersion of heavy metals, it is reported that heavy metal excretion to the biosphere occurs at different process levels of different sectors (Kahvecioğlu et al., 2002). One of the most remarkable elements, especially among heavy metals, is lead (Pb) (Akıncı et al., 2010). According to Aydın (2002), heavy metals have become an environmental problem in terms of human and community health. Lead that enters the plant through plant roots and stomata accumulates in different parts of the plant. In this way, by entering the food chain, it can affect human health indirectly or through respiration (Çavuşoğlu et al., 2009). Lead contamination rates in nature; it is listed as 10% water, 15% air, 20% food and 55% soil (Anonymous, 2010a). Plant species have different capacities in accumulating and transporting heavy metals. There are studies related to subject. It has been reported that, if plants take these heavy metals as essential nutrients, they pose a serious risk to human health. It is not deemed appropriate for the species in the Solanaceae family to be cultivated near industrial areas. The products in the Solanaceae family can take considerable amounts of heavy metals from the soil with their roots, leaves and fruits (Farooq et al., 2008). In a study conducted on plants belonging to the same family, it was reported that the highest Ni and Cu were in tomato, Co and Cd in potato, and Pb, Zn and Mn in eggplant (Shilev and Babrikov, 2005). Plants grown in soils with high lead content become pale and small-leaved (Sesli, 2003). It causes a reduction in the intake of essential nutrients in the roots and immobilization in the roots. Therefore, significant nutrient deficiency appears on the stem. According to Uysal and Taner (2007), heavy metals negatively affect plants during their growth and development periods. In addition, its effects are more important in germination and seedling stages. Because at this stage, the reactions of plants to stress or toxic factors may be more pronounced (Akıncı and Çalışkan, 2010). In the researches, it was determined that the amount of lead in the root is more than the amount of lead in the leaf. It was reported that this difference between them showed a significant restriction in the transportation of metals from roots to shoots and green leaves (Dahmani et al., 2000). The annual eggplant has an important share among the vegetables produced. Studies on lead toxicity are limited. Plants are fertilized from soil with macro and micronutrients. Using the elements found in the soil is a more realistic approach in terms of both environmental health and natural resources. Mycorrhizal fungi contribute significantly to plant development by supplying water (George et al., 1992). Arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) contributes to plants' slow uptake of nutrients from the soil, especially phosphorus. It has been found that mycorrhizal intake nutrients such as phosphorus, zinc and copper when they interact effectively with the plant (Ortaş, 1998). Besides, arbuscular mycorrhizal fungus improves uptake of immobilized plant nutrition, especially phosphorus (Goltapeh et al., 2008; Sawers et al., 2008; Eke et al., 2016; Erdinç et al., 2017). In addition, mycorrhizal has undertaken a protective function against the stress factors and pathogens of the plant with the changes in plant physiology. AMF hyphae contribute to soil conservation by entering the areas that the roots cannot penetrate and improving the soil structure in this way (Dodd and Haas, 1983; Ortaş et al., 2000). There are some studies on this subject. In a study where 0, 75, 150 and 300 mg / l lead doses were applied to tomato seedlings, it caused an increase in lead concentration

in leaves, shoots and roots. The content of lead in the tissues of seedlings in low-dose lead application has increased. These values were 312 mg/kg at the roots, 130 mg/kg at the shoot and 510 mg/kg at the roots. In addition, they obtained 917–1750 mg/kg in leaves, 750–1022 mg/kg in exile and 1438–2520 mg/kg in root in high and medium dose lead applications. With the increase of lead, nutrient deficiency has emerged by causing a decrease in the presence of elements such as Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu and Mn (Akıncı et al., 2010). In another study conducted in Faisalabad of Pakistan, the concentration of lead in the leaves of spinach, lettuce, cauliflower, radish, coriander and cabbage grown around industrial areas is 2.251 mg / kg, 2.411 mg / kg, 1.331 mg / kg, 2.035 mg / kg, 2.652 mg/kg and 1.921 mg/kg respectively (Farooq et al., 2008). Demir (1998), on the other hand, revealed that the compatibility and development parameters of mycorrhizal in tomato, pepper and eggplant plants grown under greenhouse conditions are higher than those without mycorrhizal.

The negative effects of heavy metals that are more effective during germination and seedling period on plants have been seen in researches. For this reason, the research was carried out during the seedling period. In this study, *Gigaspora margarita* and *Glomus intraradices* AMF inocula, which are known to have good interaction with eggplant, were studied. The effects of these mycorrhizas on eggplant seedling growth and plant nutrient content in high doses of lead applications were investigated.

## 2. Materials and Methods

This study was carried out in the greenhouses of Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. Plant nutrient analysis was done in the Soil Science and Plant Nutrition Department laboratories. Kemer eggplant variety was used as plant material. *Glomus intraradices* race were observed 165 spores in 10 g soil. *Gigaspora margarita* race were determined 100 spores in 10 g of soil. The growth medium was used for germinating seeds and growing seedlings consists of 1: 1 peat and perlite. This growth medium was filled into 250 ml pet cups. The Gi and Gm types were applied in the specified amounts. At this stage, real leaf appearing time, hypocotyl length, cotyledon length and cotyledon widths were measured. Then, when the seedlings started to see the first true leaves, lead (Pb) doses were determined and applied (0, 100, 200, 400 and 800 ppm). Lead acetate ((CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb.3H<sub>2</sub>O) (Pb = 207.34 g) was used as the lead source. 50 ml of lead acetate was given to plants with injector. Applications were given by irrigation times in three stages, 20 to 26 days after sowing. In this process, cultural procedures were carried out to continue the development of seedlings (Vural et al., 2000). Plants fertilized twice with a Hoagland nutrient solution (about 200-250 cc plant<sup>-1</sup>). Study was set up with 3 repetitions according to the random parcels trial pattern. Twenty pots (20 plants) were kept in each repeat. Seedling transplanting stage, shoot diameter, shoot fresh weight, shoot dry weight, leaf number, root fresh weight, root dry weight, contents of N, P, K, Ca, and Pb elements in shoot and root were examined. At this stage after the plant samples were dried in the oven at 65 °C for 48 hours, was ground with a robot. Grinded shoots and roots are weighed in sensitive scales, weighed 0.2 g, and placed in linear tubes. 5 ml nitric acid and 2 ml hydrogen peroxide were added to them and the tubes were tightly closed. The tubes were then left in the microwave (MARSXpress device) for 15 minutes. The tubes coming out of the microwave oven were opened under the fume hood and placed in falcon tubes. Then 20 ml of distilled water was added. The samples were poured on filter papers and filtered. The filtered samples were read N, P, K, Ca and Pb on the ICP-AES device (Lindsay and Norwell, 1978). Determination of nitrogen was determined by Kjeldahl (6.25 x N) method (Bayraklı, 1987).

In order to determine the effect of the values obtained because of the study according to the application topics, the JMP statistical analysis package program was subjected to variance analysis (Howell, 1987). Trial subjects that were statistically significant in F control were grouped with 5% LSD test.

## 3. Results and Discussion

The data that we obtained from all parameters were subjected to variance analysis. The results, which were found significant, were compared with the literature below. Before lead application, the tree leaf appearance time was obtained from Gm application with the earliest 16.73 days. Also at this stage, the longest hypocotyls were taken from Gm and control applications with 20.27 mm and 19.29 mm. The maximum cotyledon width (11.03 mm) and cotyledon length (30.50 mm) were measured from Gm

applications (Table 1). Fytianos et al. (2001) reported that high heavy metal concentrations in the soil can disrupt important physiological functions in plants and may cause food imbalance.

In our study, as the heavy metal density increases, the development of plants and the distribution of the amount of elements changed negatively (Tables 1, 2 and 3). If we examine the interactions of lead doses and mycorrhizal applications in Table 2, the highest values were obtained from Gm-0 ppm application. Shoot length, shoot diameter, number of leaves, shoot and root fresh weight, shoot and root dry weight, were measured as 14.27 mm, 2.80 mm, 5.32 pcs / plant, 76.10 g, 13.29 g, 7.64 g, and 1.10 g, respectively in Gm-0 ppm application. Control-0 and control-100 ppm applications follow these values. Şen (2008) observed that Gi applications have positive effects on seedling shoot length, shoot diameter, number of leaves, shoot age weight, shoot dry weight, root fresh weight and root dry weight. In another study conducted by Keskin (2009), it was stated for some of the criteria examined higher values were obtained from Gm application, while for some other criteria Gi application was better. It is similar in our study. The positive interactions of mycorrhizal with those in the Solanaceae family are mentioned in Demir (1998). In our study, it was seen that there was coherence between AMF and eggplant. If we examine Table 3, the application of Gi was better than Gm application for K element uptake. Similarly, the increase in shoot P content (3322.4 ppm) is the highest in Gi-0 ppm application. The root phosphorus content (3682.9 ppm) and nitrogen content (6.69%) has reached the highest values in Gm -800 ppm application. However, in general, when the parameters were examined, it was seen that the data obtained with increasing lead doses in Gi application had higher values than Gm and control. According to these results, the data we obtained shows the efficacy of mycorrhizal in different lead doses. Mycorrhizal symbiosis plays an effective role in the uptake of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), which are essential elements in plant nutrition (Ames et al., 1983; Ortaş, 1998). In the study conducted by Şen (2008), it is reported that the possible negative effects of NaCl on eggplant seedling development and seedling nutrient content can be significantly reduced by Gi applications in salty soil conditions. Similarly, in our study, *Glomus intraradices* (Gi) and *Gigaspora margarita* (Gm) applications significantly reduced the negative effects of Pb. In another study conducted by Dahmani et al., (2000) the major differences in leaf and root concentrations of lead showed a significant restriction in transporting metals from roots to shoots and green leaves. Akıncı et al. (2010), the intake of elements by roots and leaves of tomato seedlings, was negatively affected by the increase of lead concentration, especially in 300 mg / l Pb. Low lead levels in the plant were found to be 510 mg/kg in the roots, 130 mg/kg in the shoots and 312 mg/kg in the leaves. In addition, medium and high lead application of the plant was found to be 917–1750 mg/kg in leaves, 750–222 mg/kg in shoots and 1438–2520 mg/kg Pb in shoots. Shilev and Babrikov (2005) reported that Solanaceae family plants can take considerable amounts of heavy metals from soil by their roots, leaves and fruits, and the amounts of Pb, Zn and Mn were found to be the highest. Our study shows parallel results with this study. The highest values of Ca (33538.8 ppm in shoot and 24165.6 ppm in root) and Pb (1692.14 ppm in shoot and 29601.6 ppm in root) were obtained from Gm application. As shown in Table 3, Pb content has reached high values in eggplant, and AMF have been found to increase the value of Pb content in shoots and root.

The results of Al-Chaarini et al., (2009) showed that the rate of unwashed samples of heavy metal changed from high to undetectable to 3.0904 mg / g. Moreover, in this study leafy vegetables, subsoil vegetables or aboveground vegetables were compared, and it was seen that all heavy metals polluted the leafy vegetables at significantly higher levels. In Ergün and Öncel (2009), it was determined that in bread wheat the inhibition of root and seedling growth was in parallel with the increase of heavy metal concentration and application time. Zengin and Munzuroğlu (2004) reported that copper and lead applied in the form of chlorine salt has a significantly negative effect on the growth of root, stem and leaf of bean seedlings. Dodd and Haas (1983) mentioned indirect effects of mycorrhizal resistance for heavy metal toxicity. Our findings have been parallel to this study.

Table 1. Effects of mycorrhizal on some growth parameters of seedling period.

Applications	True leaf appearance time (day)	Hypocotyl length (mm)	Cotyledon width (mm)	Cotyledon length (mm)
<i>Gigaspora margarita</i>	16.73c	19.29a	11.03a	30.50a
<i>Glomus intraradices</i>	20.47a	15.84b	8.61b	24.74b
Control	19b	20.27a	10.36a	29.13a
LSD	0.70	0.94	0.66	3.23

Table 2. The effects of lead and mycorrhizal applications on some growth parameters of seedling and root.

AMF Application	Pb Dose	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Number of leaf (number/plant)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)
<i>Gigaspora margarita</i>	0	14.27a	2.80a	5.32a	76.10a	13.29a	7.64a	1.10a
	100	11.87b	2.33bc	4.62bc	50.88c	10.30bc	4.76b	0.73cde
	200	11.27b	2.07def	4.13ef	40.28d	9.22cd	3.37c	0.69cde
	400	8.85cde	1.94fgh	4.06fg	31.04ef	7.60de	2.85cd	0.57ef
	800	4.24h	1.41j	2.72i	4.87i	0.70g	0.42g	0.07h
<i>Glomus intraradices</i>	0	9.34cd	2.14de	4.42cd	38.05de	6.56ef	3.21cd	0.44fg
	100	8.14ef	1.99efg	4.43cd	30.21f	5.68ef	2.44de	0.39g
	200	8.30def	1.90gh	4.35de	29.19fg	6.16ef	2.64cde	0.42fg
	400	7.65fg	1.72i	3.83g	22.38gh	4.45f	1.74ef	0.31g
	800	6.78g	1.78hi	3.38h	16.08h	4.42f	1.38f	0.34g
Control	0	13.31a	2.45b	4.72b	66.08b	12.32ab	5.50b	0.78cd
	100	13.59a	2.20cd	4.75b	54.57c	13.16a	5.31b	1.01ab
	200	9.69c	1.96fg	4.18def	32.52ef	11.17abc	3.50c	0.84bc
	400	9.17cde	1.91fgh	3.96fg	29.95f	9.15cd	2.81cd	0.63de
	800	-	-	-	-	-	-	-
LSD		1.20	0.17	0.25	7.10	2.25	0.95	0.17

Table 3. The effects of lead and mycorrhizal applications on macro and micronutrient element contents of seedling and root development.

AMF Application	Pb Dose	Shoot N (%)	Shoot P (ppm)	Shoot Pb (ppm)	Shoot K (ppm)	Shoot Ca (ppm)	Root N (%)	Root P (ppm)	Root Pb (ppm)	Root K (ppm)	Root Ca (ppm)
<i>Gigaspora</i>	0	5.89a	3268.46a	14.31i	28858.5g	31210.3abc	2.74c	2939.5b	15.1g	13793.8f	10460.7c
	100	3.56cd	2537.46b	225.88gh	34468.4efg	33538.8a	2.57c	2572.9bcd	2846.4def	19599.2e	10381.2c
	200	4.25c	2292.05bcd	306.6fg	40971.9de	27990.6cd	2.79c	2103.9ef	4593.4cde	20298.4e	11047.7c
	400	3.63cd	1797.01e	594.21c	36718.4efg	30940.9abc	2.69c	2010.1f	6901.6c	26849.2d	11388.8c
	800	5.49ab	1898.33de	1692.14a	39604.2def	31846.4ab	6.69a	3682.9a	29601.6a	32912.4c	24165.6a
<i>Glomus intraradice</i>	0	3.79cd	3322.40a	29.90i	59004.1ab	21149.4fg	3.82bc	2994.8b	264.8fg	50320.5a	10917.3c
	100	4.31bc	2960.42a	122.34hi	59973.3a	20252.3g	4.41bc	2946.9b	1075.4fg	52769.9a	11073.4c
	200	3.53cd	2365.25bc	248.59fg	56673.6ab	25370.3de	4.57bc	2457.6cdef	2077.6efg	51436.0a	11183.3c
	400	3.75cd	2410.15bc	506.26cd	57975.0ab	21409.3fg	6.28a	2543.7bcde	5889.1c	53050.1a	12174.2c
	800	3.41cd	2043.24cde	1083.07b	51483.3bc	25554.7de	4.45b	2199.9def	12559.8b	43490.1b	18792.5b
Control	0	3.81cd	3204.27a	26.08i	52468.9abc	24116.7ef	2.78c	2919.4bc	25.1g	40856.2b	11830.3c
	100	2.92d	2324.02bc	205.96gh	32677.6fg	28589.1bcd	2.49c	2715.6bcd	4892.6cd	24486.3de	11770.2c
	200	2.74d	2200.11bcde	350.47ef	34297.2efg	26376.6de	2.42c	2439.8cdef	4321.0cde	24058.6de	10591.9c
	400	3.24cd	1856.63e	451.98de	45971.7cd	25260.8de	2.88c	2183.1def	6660.4c	39880.5b	11414.4c
	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD		1.24	422.70	115.56	8054.9	3480.0	1.46	451.1	2709.7	5132.7	2070.0

#### 4. Conclusion

In our study, the negative effects of lead, which is one of the important heavy metals, on seedling growth and seedling parameters in eggplant were determined. In addition, until control-400 ppm the intake of lead was observed in the eggplant seedling period in both shoot and root. In the control-800 ppm application, the plants did not develop and dried due to the high toxicity of lead. According to the data obtained in our study, AMF was found to be effective in soils containing lead. *Glomus intraradices* were found to be more effective among mycorrhizal species especially in eggplant

#### Acknowledgment

It is a master thesis project with reference number 275166, which is registered in Higher Education Institution. In addition, Selçuk University Scientific Research Project (BAP) supported Project 10201099.



## References

- Akıncı, İ. E., Akıncı, S. & Yılmaz, K. (2010). Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to lead toxicity: Growth, element uptake, chlorophyll and water content. *African Journal of Agricultural Research*, 5(6): 16 – 423.
- Akıncı, İ. E., & Çalışkan, Ü. (2010). Kurşunun bazı yazlık sebzelerde tohum çimlenmesi ve tolerans düzeyleri üzerine etkisi. *Ekoloji* 19(74), (pp. 164–172).
- Al-Chaarini, N., El-Nakat, J. H., Obeid P. J. & Aouad, S. (2009). Measurement of levels of heavy metal contamination in vegetables grown and sold in selected areas in Lebanon. *Jordan Journal of Chemistry*, 4(3): 303–315.
- Ames, R. N., Reid C. P., Porter, L. K. & Cambardella, C. (1983). Hyphal uptake and transport of nitrogen from two <sup>15</sup>N-labelled sources by *Glomus mosseae* a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytologist*, 95(3): 381–396.
- Anonim, 2010a. Kurşun zehirlenmesi. <https://www.centro.com.tr/wp-content/uploads/2018/12/Kur%C5%9Fun-Zehirlenmesi.pdf> Access date: 18.07.2016.
- Aydın, A. (2002). *Mikorizanın sera koşullarında domatestede bitki besin maddesi alımı fide gelişimi ve verime etkisinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı. Adana.
- Bayraklı, F. (1987). *Toprak ve Bitki Analizleri* (Çeviri ve Derleme). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun (17).
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S. & Kılıç, M. (2009). Taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin çam ve sedir yapraklarının anatomisi üzerine etkileri. *Biological Diversity and Conservation*, 2(3): 92-98.
- Dahmani, M., Van Oort, H. F., Gelie, B. & Balanbane, M. (2000). Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter. *Environmental Pollution*, 109(2): 231–238.
- Demir, S. (1998). *Bazı kültür bitkilerinde Vesiküler Arbusküler Mikorhizae (VAM) oluşumu ve bunun bitki gelişimi ve dayanıklılıktaki rolü üzerinde araştırmalar*. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Dodd, J. K. & Haas, J. (1983). Relative effectiveness indigenous populations of Vesicular –Arbuscular Mycorrhizal fungi from four sites in the stress in the Negev. *Israel Journal of Botany*, 32(1): 10-21.
- Eke, P., Chatue, G. C., Wakam, L. N., Kouipou, R. M. T., Fokou, P. V. T., & Boyom, F. F. (2016). Mycorrhizal consortia suppress the fusarium root rot (*Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biological Control*, 103, 240-250.
- Ergün, N. & Öncel, I. (2009). Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) ilk gelişme döneminde kök ve gövde büyümesi üzerine bazı ağır metal ve ağır metal-hormon uygulamalarının etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 19(1): 11-17.
- Erdinc, C., Durak, E. D., Ekincialp, A., Şensoy, S., & Demir, S. (2017). Variations in response of determinate common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(1): 1-9.
- Farooq, M., Anwar, F. & Rashid, U. (2008). Appraisal of heavy metal contents different vegetables grown in the vicinity of an industrial area. *Pak. J. Bot.*, 40(5): 2099-2106.
- Fytianos, K., Katsianis, P., Triantafyliou, P. & Zachariadis, G. (2001). Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 67(3): 423–430.
- George, E., Haussler, K. L., Vetterlei, D., Gorgus, E. & Marschner, H. (1992). Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. *Canadian Journal of Botany*, 70(11): 2130-2137.
- Goltapeh EM, Danes YR, Prasad R, Varma A (2008). *Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know?* In: Varma A, editor. Mycorrhizal. 3rd ed. Heidelberg, Germany: Springer, 3-28.
- Howell, D. C. (1987). *Statistical methods for psychology* Boston: PWS.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. & Timur, S. (2002). Metallerin çevresel etkileri-1. *İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Dergisi*. İstanbul.
- Keskin, L. (2009). *Bazı patlıcan genotiplerinde fide gelişimi ve besin elementi içeriklerine Arbuscular mycorrhizal fungus uygulamalarının etkisi*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, yüksek lisans tezi. Konya.

- Lindsay, W. L. & Norwell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Amer. Jour.* 42(3): 421–28.
- Ortaş, İ. (1998). Workshop kurs notları. Ç. Ü. Ziraat Fak. Toprak Bölümü. 20–22 Mayıs, 61 s. Adana.
- Ortaş, İ., Kaya, Z., Sarı, N., Gök, M., Çakmak, İ., Almaca, A., Ergün, B., Ortakçı, D., Köse, Ö., Ercan, S. & Bolat, H. (2000). Doğal Bir Gübre Olan mikoriza uygulamasının bitkisel verim ve mineral gübre tasarrufundaki rolü ve mikorizaya bağımlılık duyan kültür bitkilerinin seleksiyonu. DPT-Toprak Biyoteknolojisi Araştırma Projesi. 96 K 120–580 no’lu projenin kesin sonuç raporu. Adana.
- Sağlam, N. & Cihangir, N. (1995). Ağır metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(11): 157–161.
- Sawers RJH, Yang SY, Gutjahr C, Paszkowski U (2008). *The molecular components of nutrient exchange in Arbuscular Mycorrhizal interactions*. In: Siddiqui ZA, Akhtar MS, Futai K, editors. *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry*. Dordrecht, Netherlands: Springer, 37-60.
- Sesli, M. (2003). Soma ilçesinde yol kenarında yetişen tütünlerde kurşun miktarlarının araştırılması. <http://www.bayar.edu.tr/~somamyo/files/4sayi1.pdf> Access date: 16.06.2018.
- Shilev, S. & Babrikov, T. (2005). Heavy metal accumulation in Solanaceae plants grown at contaminated area. Department of Microbiology and Environmental Biotechnologies, Department of Vegetable Growing, Agricultural University of Plovdiv.
- Şen, Ö. (2008). *Tuz stresi altında yetiştirilen patlıcan fidelerinin gelişimi ve besin elementi içerikleri üzerine Arbuscular mikorizal fungus uygulamaların etkisi*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek lisans tezi. Konya.
- Uysal, Y. & Taner, F. (2007). The effect of cadmium ions on the growth rate of the freshwater macrophyte duckweed *Lemna minor*. *Ekoloji*, 16(62): 9-15.
- Zengin, F. K. & Munzuroğlu, Ö. (2004). Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kurşun (Pb<sup>++</sup>) ve bakır (Cu<sup>++</sup>)’ın etkileri. *G. U. Fen Bilimleri Dergisi*, 17(3): 1–10.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

**Batman Merkez İlçede Yetiştirilen Dut Türlerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi**

Sevgi SÜMERLİ<sup>1</sup>, Ahmet KAZANKAYA<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

<sup>2</sup>Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9707-8810> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1081-4281>

\*Sorumlu yazar e-posta: ahmetkazankaya@hotmail.com

**Makale Bilgileri**

Geliş: 17.04.2020

Kabul: 20.11.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.722167

**Anahtar kelimeler**

Batman,  
Dut,  
Fenolojik,  
Morfolojik,  
Pomolojik.

**Öz:** Bu çalışma 2017-2018 yılları arasında Batman merkez ilçede yetiştiriciliği yapılan *Morus alba L.*, *Morus nigra L.* ve *Morus rubra L.* türlerin bazı fenolojik, pomolojik ve morfolojik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Genotiplere ait fenolojik özellikler; tomurcuk patlama zamanı 5-15 Mart, ilk çiçeklenme 20-28 Mart, tam çiçeklenme 13-30 Nisan, hasat başlangıç zamanı 25 Nisan-18 Mayıs, hasat sonu 28 Haziran-10 Ağustos ve yaprak dökümü 10-20 Aralık olarak kaydedilmiştir. Tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen süre 85-100 gün arasında belirlenmiştir. Genotiplere ait pomolojik özellikler; meyve çapı 10.17-20.96 mm, boyu 13.30-32.60 mm, sap kalınlığı 0.98-1.69 mm, sap uzunluğu 3.50-23.30 mm, meyve hacmi 8-40 ml (ml/10adet meyve), meyve yoğunluğu 0.45-1.40 g/ml, meyve ağırlığı 0.54-4.09 g, titre edilebilir asit (TEA) 0.27-0.11 g/100 ml, suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) %14.10-21.87 ve pH 4.79-7.76 olarak belirlenmiştir. Araştırmaya konu olan genotiplerin morfolojik özellikleri; ağaçların tahmini yaşı 5-100 yıl, gövde yükseklikleri 1.5-4 m, gövde çevresi 35-210 cm, taç yüksekliği 4-15 m, taç genişliği 4-12 m, yıllık sürgün uzunluğu 8.90-18.40 cm arasında tespit edilmiştir.

**Determination of The Phenological, Pomological and Morphological Characteristics of Mulberry Species Grown in Center District of Batman Province**

**Article Info**

Received: 17.04.2020

Accepted: 20.11.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.722167

**Keywords**

Batman,  
Mulberry,  
Phenological,  
Morphological,  
Pomological.

**Abstract:** The aim of this study, carried out 2017-2018, was to determine some phenological, pomological and morphological characteristics of *Morus alba L.*, *Morus nigra L.* and *Morus rubra L.* mulberry species grown in the central district of Batman. Phenological characteristics of genotypes; their bud burst time was 5-15 March, first flowering was 20-28 March, while full bloom was 13-30 April, the start time of harvest was 25 April-18 May, in addition, the end of harvest was 28 June-10 August and the time of defoliation was recorded as 10-20 December. The period from full bloom to harvest was determined between 85 and 100 days. Pomological characteristics of genotypes; fruit diameter was determined as 10.17-20.96 mm, fruit length was 13.30-32.60 mm, whereas stalk thickness was 0.98-1.69 mm and stalk length was 3.50-23.30 mm, fruit volume was 8-40 ml (ml/10 fruit), fruit density was 0.45-1.40 g/ml, fruit weight was 0.54-4.09 g, titratable acid (TEA) 0.27-0.11 g/100 ml, soluble solid content (SSC) %14.10-21.87 and pH was 4.79-7.76. Morphological features of the genotypes subject to research; the tree's estimated age was found to be 5-100 years, body height to be 1.5-4 m, trunk circumference 35-210 cm, crown height 4-15 m, crown width 4-12 m, whereas annual shoot length was 8.90-18.40 cm.

\*\*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

## 1. Giriş

Dut; 15 m'ye kadar boylanabilen, hızlı büyüeyebilen, silindirik gövdeli, gövde üzerindeki kabuklar dik, kalın ve çatlaklı yapıya sahip, 6-8 metreye ulaşabilen taç yapısına sahip, seyrek ve top görünümlü bir bitkidir. Son zamanlarda sağlık üzerine yapılan çalışmalarla önemi anlaşılan dut, *Urticales* takımının *Moreceae* familyasının *Morus* cinsine dâhil bir meyve türüdür. *Moreceae* familyasının 73 cinsi, bu cinslerinde, çoğunun sıcak ve tropik bölgelere yayılmış, 100 kadar türü tanımlanmıştır (De Candolle, 1967). Dut, Güney yarım kürenin tropik bölgelerinden Kuzey yarımkürenin subtropik bölgelerine kadar farklı sıcaklıklarda ve çok çeşitli iklim, topografik ve toprak şartlarında yetişebilir. Ayrıca deniz seviyesinden çok yükseklerle kadar geniş bir alana yayılmıştır (Ercişli ve Orhan, 2007). Ülkemizde dut ağaçlarının %95'i *M. alba* L., %3'ü *M. rubra* L. ve %2'si ise *M. nigra* L. türüne aittir (Ercişli, 2004). Ülkemizde dut meyvesinden taze ve kurutulmuş olarak yararlanılmaktadır. Meyvesinden pekmez, reçel, dut ezmesi, pestil, cevizli sucuk (köme), sirke, meyve suyu konsantresi, dondurma imalatı, şarap ve ispirto gibi ürünler de elde edilmektedir. Genel olarak dut ülkemizde %70 pekmez, %10 köme, %3 pestil üretiminde, %4 kuru dut, %5 de sofralık ve kalan %8'lik oran ise diğer üretim kollarında değerlendirilmektedir (Anonim, 2016). Dut, toprak ve iklim koşulları bakımından fazla seçici olmadığından ülkemizin hemen her yerinde yetiştiriciliği kolaylıkla yapılabilmektedir (Anonim, 2016). Bu çalışmada Batman merkez ilçede yetiştiriciliği yapılan *M. alba* L., *M. nigra* L. ve *M. rubra* L. dut türlerine ait genotiplerin bazı fenolojik, pomolojik ve morfolojik özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırmanın materyalini, 2017 ve 2018 yıllarında Batman Merkez İlçede yetiştirilen *M. alba* L., *M. nigra* L. ve *M. rubra* L. dut türlerine ait 30 genotip oluşturmuştur. İncelemede her türden 10'ar ağaç işaretlenerek belirlenen ağaçlardan 50'şer adet meyve örneği alınarak gerekli analizler yapılmıştır. Araştırmada, üzerinde çalışılan dut meyvelerin fenolojik, morfolojik, pomolojik ve biyokimyasal özellikleri belirlenmiştir. İlk çiçeklenme zamanı, tam çiçeklenme zamanı, hasat başlangıç zamanı, hasat sonu ve yaprak döküm tarihleri belirlenmiştir. Her genotipten 10 adet yıllık sürgünlerden, sürgün uzunluğu ve sürgün çapı ise 0,01 mm ye duyarlı dijital kumpasla ölçülerek ortalamaları kaydedilmiştir. Yaprak eni, yaprak boyu, yaprak sap uzunluğu, gövde kalınlığı, yaprak kalınlığı, ağacın taç yüksekliği ve genişliği metre ve cetvel yardımıyla tespit edilmiştir. Meyve sap kalınlığı, meyve sap uzunluğu, SÇKM, TEA (sitrik asit) ve pH değerleri belirlenmiştir (Erdem, 2015). Çalışma sonucunda elde edilen değerlerde istatistik analiz yapılmamış ve sonuçlar ortalama değerler üzerinden ifade edilmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. Fenolojik gözlemler

Yıllara göre değişmekle birlikte Mart ayının ortasında patlayan tomurcuklardan yaklaşık iki hafta sonra ilk çiçeklenme başlamıştır. İlk meyvelerin hasat olgunluğuna gelmesi Batman koşullarında 2017 yılında 18 Mayıs, 2018 yılında ise 25 Nisan olarak gözlemlenmiştir. Hasat 2017 yılında Ağustos ayının ilk haftasına kadar devam ederken 2018 yılında ise Haziranın sonunda bitmiştir. Ancak meyve yoğunluğu açısından Haziran ayı en fazla meyvenin hasat edildiği dönemdir. Karadut genotiplerinin meyveleri beyaz dut ve mor dut genotiplerinin meyvelerine göre daha geç olgunlaştıklarını gözlemlenmiştir.

Çizelge 1. Batman ekolojisindeki genotiplerin bazı fenolojik özellikleri

Fenolojik Safhalar	2017 yılı	2018 yılı
1- İlk Çiçeklenme	28-Mar	20-Mar
2- Tam Çiçeklenme	27-30 Nisan	13-15 Nisan
3- Hasat Başlangıç Zamanı	18-May	25-Nis
4- Hasat Sonu	2-10 Ağustos	28-30 Haziran
5- Tam Çiçeklenmeden Hasada Kadar Geçen Gün Sayısı	95-100	85-90
6- Yaprak Dökümü	10-20 Aralık	15-25 Aralık

### 3.2. Morfolojik özellikler

Çalışma sonunda elde edilen verilere göre genotiplerin gövde yüksekliği 1.5-4.0 m arasında, gövde kalınlıkları 35-210 cm arasında bulunmuştur. Taç yüksekliği 4-15 m arasında, taç genişliği 4-12 m arasında, tahmini yaşı ise 5-100 arasında değiştiği saptanmıştır. 2017 yılında genotiplerin sürgün uzunluğu 8.90-18.40 cm arasında iken 2018 yılında genotiplerin sürgün uzunluğu 4.80-18.20 cm arasında olduğu saptanmıştır.

Çizelge 2. Genotiplerin bazı morfolojik özellikleri

Genotip	GY (cm)	GÇ (cm)	TY (m)	ATG (m)	ThY	2017		2018			
						SU (cm)	SK (cm)	SU (cm)	SK (cm)		
Beyaz Dut Ağaçları	B-1	150	140	12	8	50	13.90	3.19	15.80	4.29	
	B-2	210	36	6	5	6	16.70	3.63	14.90	3.16	
	B-3	360	80	5	6	40	18.40	3.71	18.20	3.73	
	B-4	400	74	8	11	30	17.30	2.97	12.40	2.54	
	B-5	200	95	7	5	30	14.60	3.78	11.40	3.68	
	B-6	285	90	5	4	25	11.60	2.80	12.20	2.87	
	B-7	175	140	7	6	45	12.50	2.64	12.90	2.66	
	B-8	285	60	5	4	15	13.00	3.23	13.60	3.39	
	B-9	340	210	9	8	100	14.40	2.72	15.30	2.95	
	B-10	290	120	12	10	50	9.30	3.31	9.90	3.12	
Ortalama	269	104	7.6	6.7	39.1	14.17	3.198	13.66	3.239		
Kırmızı Dut Ağaçları	K-11	170	83	7	6	25	16.30	3.28	10.40	2.71	
	K-12	220	87	8	5	30	15.90	4.77	13.30	3.08	
	K-13	270	68	7	6	20	15.60	4.17	11.00	2.67	
	K-14	275	45	5	4	13	11.00	2.95	11.40	2.91	
	K-15	235	45	4	4	10	11.10	2.93	11.90	2.96	
	K-16	180	80	15	8	20	11.10	3.34	11.70	2.70	
	K-17	230	160	15	12	80	11.00	2.09	11.30	2.20	
	K-18	225	80	5	5	20	10.30	3.12	12.10	3.36	
	K-19	335	115	7	6	50	10.80	3.65	11.60	3.69	
	K-20	225	75	6	6	15	10.20	2.64	11.00	2.85	
Ortalama	236.5	83.8	7.9	6.2	28.3	12.33	3.294	11.57	2.913		
Mor Dut Ağaçları	M-21	198	70	5	5	10	14.70	2.87	12.11	2.70	
	M-22	400	85	15	9	40	13.90	1.87	4.80	2.28	
	M-23	180	35	8	6	5	10.50	1.88	11.10	1.99	
	M-24	235	130	5	5	40	12.30	2.35	13.40	2.68	
	M-25	175	110	8	7	35	11.50	2.77	11.60	3.04	
	M-26	210	105	7	6	25	10.80	2.40	11.10	2.77	
	M-27	270	95	9	12	30	8.90	3.08	9.30	3.19	
	M-28	165	85	5	6	25	9.60	2.33	10.40	2.63	
	M-29	250	100	15	8	30	8.90	2.29	9.70	2.48	
	M-30	160	45	7	6	8	12.80	2.38	12.90	2.40	
Ortalama	224.3	86	8.4	7	24.8	11.39	2.422	10.641	2.616		
Beyaz Dut Ağaçları	B-1	8.75	12.20	0.35	3.30	2.30	10.66	14.84	0.33	3.14	2.19
	B-2	6.90	9.90	0.41	4.15	1.80	6.97	10.13	0.29	3.35	1.75
	B-3	9.80	10.85	0.36	3.67	2.43	9.81	13.05	0.37	3.52	2.28
	B-4	7.40	11.85	0.32	3.35	1.71	7.55	12.02	0.34	3.50	1.78
	B-5	9.35	13.65	0.38	4.72	2.29	9.95	13.71	0.39	4.80	2.28
	B-6	9.98	15.50	0.42	4.02	2.60	10.25	15.90	0.42	4.30	2.73
	B-7	10.20	11.42	0.40	3.92	2.63	10.80	13.17	0.40	3.95	2.70
	B-8	6.61	9.19	0.39	2.62	1.80	6.65	9.63	0.35	2.78	1.79
	B-9	7.24	10.13	0.40	3.76	2.16	7.21	10.19	0.39	3.87	2.23
	B-10	8.38	10.95	0.39	2.28	2.15	7.23	11.15	0.39	2.90	2.23

GY: Gövde Yüksekliği (cm), GÇ: Gövde Çevresi (cm), TY: Taç Yüksekliği (m), ATG: Ağaç Taç Genişliği (m), ThY: Tahmini Yaş, SU: Sürgün Uzunluğu (cm), SK: Sürgün Kalınlığı (cm).

Çizelge 2. Genotiplerin bazı morfolojik özellikleri (devam)

Genotip	2017					2018					
	YE (cm)	YB (cm)	YK (mm)	YSU (cm)	YSK (mm)	YE (cm)	YB (cm)	YK (mm)	YSU (cm)	YSK (mm)	
Ortalama	8.461	11.564	0.382	3.579	2.187	8.708	12.379	0.367	3.611	2.196	
Kırmızı Dut Ağaçları	K-11	7.80	11.50	0.28	3.25	1.80	8.35	11.50	0.32	3.30	1.85
	K-12	5.50	8.75	0.35	2.80	1.82	6.30	8.75	0.36	3.10	1.88
	K-13	9.41	13.30	0.39	4.17	2.44	9.23	13.05	0.40	4.32	2.42
	K-14	8.60	11.05	0.40	3.11	2.34	8.87	12.65	0.39	3.25	2.29
	K-15	8.35	11.94	0.36	3.51	2.28	8.35	12.73	0.36	3.59	2.36
	K-16	11.69	15.26	0.41	4.45	2.91	12.10	15.15	0.40	4.50	2.98
	K-17	9.85	13.20	0.37	3.58	2.30	10.07	13.49	0.37	3.67	2.21
	K-18	6.87	9.42	0.53	2.58	2.11	7.18	9.77	0.37	2.78	2.15
	K-19	10.27	12.85	0.35	2.67	2.42	10.85	12.21	0.34	2.76	2.74
	K-20	7.70	11.10	0.38	3.47	2.11	7.84	11.35	0.40	3.21	2.22
Ortalama	8.604	11.837	0.382	3.359	2.253	8.914	12.065	0.371	3.448	2.31	
Mor Dut Ağaçları	M-21	8.90	11.85	0.31	4.53	2.06	9.15	12.65	0.32	3.85	2.16
	M-22	3.91	6.83	0.37	2.59	1.39	4.95	6.63	0.38	2.84	1.42
	M-23	8.07	12.41	0.37	2.37	2.15	8.38	12.70	0.38	2.79	2.22
	M-24	7.10	11.80	0.41	3.40	2.13	7.42	11.90	0.41	3.57	2.17
	M-25	7.71	10.92	0.36	3.80	2.13	8.17	11.50	0.39	3.75	2.21
	M-26	7.45	11.50	0.41	3.45	2.11	7.60	12.00	0.42	3.50	2.17
	M-27	8.48	12.15	0.37	3.71	2.34	8.61	12.28	0.37	3.86	2.36
	M-28	7.21	11.20	0.39	3.40	2.00	7.46	11.90	0.39	3.48	2.10
	M-29	6.40	10.05	0.43	2.85	1.83	6.56	9.85	0.42	3.00	1.76
	M-30	8.91	13.02	0.30	3.52	2.22	8.75	13.07	0.29	3.52	2.17
Ortalama	7.414	11.173	0.372	3.362	2.036	7.705	11.448	0.377	3.416	2.074	

YE: Yaprak Eni (cm), YB: Yaprak Boyu (cm), YK: Yaprak Kalınlığı (mm), YSU: Yaprak Sap Uzunluğu (cm), YSK: Yaprak Sap Kalınlığı (mm)

### 3.3. Pomolojik özellikler

2017 yılına ait genotiplerin ağırlıkları 0.54-4.09 g arasında değiştiği görülmektedir. Kırmızı dut genotiplerinin ortalama meyve ağırlığı beyaz ve mor dut genotiplerine oranla daha yüksek, beyaz dut genotiplerinin ortalama meyve ağırlığı ise mor dut genotiplerinden fazla olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılına ait dut genotiplerinin meyve çapı 10.21-17.42 mm arasında, meyve boyu ise 14.10-30.40 mm arasında değişmiştir. 2018 yılına ait dut genotiplerinin meyve çapı 10.17-20.96 mm aralığında, meyve boyu ise 13.30-32.60 mm aralığındadır.

Çizelge 3. Genotiplerinin bazı pomolojik özellikleri

	Genotip	2017					2018						
		MÇ (mm)	MB (mm)	MSK (mm)	MSU (mm)	MH (ml)	MY (g/ml)	MÇ (mm)	MB (mm)	MSK (mm)	MSU (mm)	MH (ml)	MY (g/ml)
Beyaz Dut Ağaçları	B-1	12.97	19.80	1.27	10.30	22	0.90	13.07	20.40	1.27	10.30	23	0.91
	B-2	12.61	17.50	1.07	7.80	15	0.80	14.09	22.90	1.07	7.80	20	1.15
	B-3	14.46	26.10	1.30	9.30	30	0.93	15.39	26.20	1.30	9.30	30	0.90
	B-4	12.94	19.90	1.24	6.90	15	1.03	13.02	20.70	1.24	6.90	17	1.03
	B-5	15.06	25.20	1.39	10.90	30	0.90	15.01	25.60	1.39	10.90	30	1.12
	B-6	16.31	24.90	1.54	5.00	35	0.85	13.03	22.80	1.54	5.00	20	0.94
	B-7	15.07	26.30	1.31	10.20	30	0.93	13.84	23.30	1.31	10.20	20	1.03
	B-8	13.86	24.00	1.16	7.30	25	0.92	13.17	22.10	1.16	7.30	20	0.90
	B-9	13.53	23.80	1.47	3.50	20	1.03	13.33	27.80	1.47	3.50	30	1.09
	B-10	14.39	25.80	1.38	11.80	25	0.92	13.02	23.90	1.38	11.80	20	0.96
Ortalama		14.12	23.33	1.313	8.3	24.7	0.921	13.697	23.57	1.313	8	23	1.003
Kırmızı Dut Ağaçları	K-11	13.04	30.40	1.30	7.70	20	1.20	13.06	29.10	1.30	7.70	20	1.12
	K-12	13.23	22.60	1.56	5.70	25	0.80	13.38	21.70	1.56	5.70	29	0.89
	K-13	17.25	26.40	1.55	8.70	40	0.95	16.78	25.80	1.55	8.70	40	0.94
	K-14	13.24	21.00	1.20	12.20	20	0.85	14.64	19.80	1.20	12.20	20	1.02
	K-15	14.28	26.20	1.41	13.70	30	0.90	12.73	26.10	1.41	13.70	22	1.12
	K-16	14.54	25.80	1.21	10.90	28	0.92	14.11	32.60	1.21	10.90	30	1.08
	K-17	13.68	24.00	1.33	10.80	15	0.45	13.37	24.50	1.33	10.80	20	0.90
	K-18	16.40	30.20	1.69	7.70	40	0.92	13.16	27.80	1.69	7.70	25	1.06
	K-19	17.42	27.50	1.60	3.50	40	1.00	20.96	30.70	1.60	3.50	38	1.00
	K-20	14.68	23.60	1.33	7.00	25	0.94	14.26	24.30	1.33	7.00	20	1.22
Ortalama		14.776	25.77	1.418	8.79	28.3	0.893	14.645	26.24	1.418	8.79	26.4	1.035
Mor Dut Ağaçları	M-21	15.08	23.00	1.16	23.30	31	0.77	14.13	23.70	1.16	23.30	25	1.08
	M-22	10.21	14.30	0.98	5.30	8	0.87	10.17	13.30	0.98	5.30	9	0.86
	M-23	11.67	17.60	1.37	8.00	15	0.78	12.41	19.70	1.37	8.00	20	0.70
	M-24	14.53	25.40	1.69	5.00	27	0.96	15.73	27.10	1.69	5.00	30	1.10
	M-25	14.20	25.20	1.36	6.80	26	0.98	16.04	26.10	1.36	6.80	25	1.04
	M-26	14.28	23.50	1.20	12.70	25	1.04	15.41	27.20	1.20	12.70	30	1.10
	M-27	13.73	20.20	1.26	6.90	17	0.98	13.45	19.90	1.26	6.90	17	1.06
	M-28	15.07	24.20	1.11	10.50	30	0.80	11.65	17.80	1.11	10.50	10	1.20
	M-29	12.32	14.10	1.07	5.80	12	1.04	11.55	22.00	1.07	5.80	10	1.40
	M-30	12.47	19.30	1.01	6.00	15	0.84	12.38	19.00	1.01	6.00	14	0.92
Ortalama		13.356	20.68	1.221	9.03	20.6	0.906	13.292	21.58	1.221	9.03	19	1.046

MSK: Meyve Sap Kalınlığı (mm), MSU: Meyve Sap Uzunluğu (mm), MH: Meyve Hacmi (ml), MY: Meyve Yoğunluğu (g/ml), MB: Meyve Boyu

Çizelge 4. Genotiplerin bazı biyokimyasal içerikleri

Genotip	Ağırlık (g)		ŞÇKM (%)		pH		TEA		
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	
Beyaz Dut Ağaçları	B-1	1.91	2.09	18.55	19.20	5.86	6.23	0.19	0.20
	B-2	1.24	2.30	20.12	20.81	5.92	6.40	0.21	0.22
	B-3	2.80	2.73	18.70	18.80	6.00	6.05	0.17	0.16
	B-4	1.57	1.79	20.60	21.87	6.10	6.82	0.18	0.19
	B-5	2.74	3.38	19.12	18.53	5.85	6.16	0.24	0.27
	B-6	3.06	1.87	18.80	19.65	5.80	5.82	0.23	0.25
	B-7	2.63	2.14	20.36	21.05	6.10	6.14	0.19	0.11
	B-8	2.38	1.79	19.86	20.17	6.25	6.33	0.17	0.16
	B-9	2.02	3.26	20.46	20.35	5.75	6.02	0.21	0.22
	B-10	2.42	1.89	19.20	19.00	5.82	5.86	0.23	0.23
Ortalama	2.28	2.32	19.58	19.94	5.95	6.18	0.20	0.20	
Kırmızı Dut Ağaçları	K-11	2.39	2.26	17.55	17.42	5.40	5.12	0.19	0.18
	K-12	2.01	2.51	16.20	15.40	5.14	4.79	0.17	0.16
	K-13	3.84	3.76	16.50	16.27	5.26	5.55	0.18	0.19
	K-14	1.71	2.06	18.15	18.6	6.05	6.11	0.18	0.17
	K-15	2.78	2.46	18.30	17.84	5.49	5.30	0.17	0.17
	K-16	2.60	3.26	19.20	18.12	5.00	5.04	0.12	0.11
	K-17	2.03	1.94	17.50	14.34	5.30	5.24	0.18	0.16
	K-18	3.69	2.59	18.10	17.40	5.52	5.79	0.21	0.22
	K-19	4.09	3.97	19.00	18.64	5.75	6.00	0.23	0.23
	K-20	2.37	2.45	17.30	16.28	5.60	5.59	0.18	0.18
Ortalama	2.75	2.73	17.78	17.03	5.45	5.45	0.18	0.18	
Mor Dut Ağaçları	M-21	2.33	2.73	18.12	17.30	5.81	6.25	0.18	0.19
	M-22	0.54	0.58	16.25	14.10	6.52	7.15	0.17	0.16
	M-23	1.22	1.40	18.56	18.80	6.20	6.31	0.21	0.21
	M-24	2.64	3.34	18.42	18.30	6.60	7.35	0.20	0.22
	M-25	2.59	2.66	19.20	19.30	6.24	6.57	0.22	0.21
	M-26	2.63	3.34	15.78	14.50	6.75	7.28	0.18	0.17
	M-27	1.68	2.09	20.05	19.90	6.60	6.81	0.23	0.26
	M-28	2.39	1.18	19.00	19.14	6.74	7.76	0.24	0.24
	M-29	1.26	1.48	16.16	15.84	5.38	5.54	0.18	0.13
	M-30	1.29	1.31	15.1	14.22	5.86	6.00	0.17	0.16
Ortalama	1.86	2.01	17.67	17.14	6.27	6.70	0.20	0.20	

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Fenolojik özellikleri açısından; tomurcuk patlama zamanı 5-15 Mart, ilk çiçeklenme 20-28 Mart, tam çiçeklenme 13-30 Nisan, hasat başlangıç zamanı 25 Nisan-18 Mayıs, hasat sonu 28 Haziran-10 Ağustos, tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı 85-100 ve yaprak dökümü 10-20 Aralık olarak kaydedilmiştir. Van'da yapılan bir çalışmada tomurcuk kabarma tarihleri 5-17 Mayıs, tomurcukların patlama tarihleri 6-18 Mayıs, çiçeklenme tarihleri 20 Mayıs-3 Haziran ve meyvelerin olgunlaşmaya başladığı periyot 18 Haziran-10 Temmuz tarihleri arasında bulunmuştur (Çam, 2004). İzmir'de yapılan diğer bir çalışmada ise tomurcuk kabarmasının Nisan ayının ilk haftası, meyvelerin hasada başlama tarihi Mayıs ayı sonları olarak belirlemiştir (Lale, 1992). Yaprak ölçümlerine ait verilerde yaprak eni 3.91-11.69 cm, yaprak boyu 6.63-15.90 cm, yaprak kalınlığı 0.28-0.53 mm, yaprak sap uzunluğu 2.28-4.80 cm ve yaprak sap kalınlığı 1.39-2.98 mm arasında olduğu tespit edilmiştir. Uzun ve Bayır (2009) dut yapraklarında yapılan ölçümlerde ortalama yaprak enini 84.4 mm, yaprak boyunu 105.3 mm ve yaprak sap uzunluğunu 28.70 mm olarak ölçmüştür. Ilgın ve Ağca (2017) dut yapraklarında sap uzunluğunun 37.60-26.74 mm arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Bu denemedeki yaprak ölçümlerine ait veriler incelendiğinde Uzun ve Bayır (2009) ve Ilgın ve Ağca (2017)'nin yapmış oldukları çalışmayla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Meyve ağırlığının 0.54-4.09 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda Çam (2004) 1.38-2.62 g, Aslan (1998) 1.46-2.32 g, Özgen ve ark. (2009) 8.2-4.5 g. Uzun ve Bayır (2009)



2.35-5.76 g, İslam ve ark. (2006) 2.12-4.72 g, Güneş ve Çekiç (2003) 3.02-8.70 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar Çam (2004) ve Aslan (1998)'in yaptıkları çalışmalarda meyvelerden daha ağır, İslam ve ark (2006)'nın çalışmalarındaki meyveler ile paralel iken, Özgen ve ark (2009), Uzun ve Bayır (2009) ve Güneş ve Çekiç (2003)'in çalışmalarına oranla daha düşük olduğu görülmüştür. Meyve çapı 10.17-20.96 mm, meyve boyu 13.30-32.60 mm, meyve sap kalınlığı 0.98-1.69 mm ve meyve sap uzunluğu 3.50-23.30 mm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Van Gölü havzasında yapılan bir çalışmada meyve eni 6.65-10.11 mm, meyve boyu ise 12.66-19.52 mm arasında değiştiği (Gündoğdu ve ark. 2012), Uzun ve Bayır (2009)'in karadut ağaçlarında yaptıkları çalışmada meyve eni 13.5-19.6 mm, meyve boyu 20.9-25.4 mm arasında değiştiği, Ulubey ilçesinde yapılan çalışmada ise karadut meyvelerin enleri 13.037-16.567 mm arasında, boyları ise 16.703-23.473 mm arasında değiştiği (Erkaleli, 2015) araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar; Uzun ve Bayır (2009) ve Erkaleli (2015)'in yapmış oldukları çalışmalarla paralel sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir.

Genotiplerin TEA miktarı (sitrik asit olarak) 2017 yılında 0.12-0.24, 2018 yılında ise 0.11-0.27 g/100 ml, SÇKM miktarı 2017 yılında %15.10-20.60, 2018 yılında %14.10-21,87 ve pH miktarı 2017 yılında 5.00-6.75, 2018 yılında ise 4.79-7.76 arasında değiştiği saptanmıştır. Çam (2004) pH değeri miktarının 6.2-7.4, SÇKM miktarının 16.62-19.16 ve TA miktarının 0.167-0.264 arasında, Polat (2005) SÇKM miktarının 13.73-16.01, pH miktarının 4.39-6.16 ve TA miktarının 0.06-1.00, Lale (1992) pH miktarının 3.31, SÇKM miktarının 14.30, TA miktarının 2.24, Uzun ve Bayır (2009) pH miktarının 3.3-3.8, SKÇM miktarının 15.6-17.6 ve TA miktarının 1.94-2.23 arasında değiştiğini saptamışlardır. Elde edilen sonuçların pH değeri, Çam (2004) ve Polat (2005)'in elde ettiği sonuçlarla paralellik gösterirken, Lale (1992) ve Uzun ve Bayır (2009)'in yapmış oldukları çalışmadan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca SÇKM değeri açısından bu çalışmanın sonuçları Çam (2004), Uzun ve Bayır (2009), Polat (2005) ve Lale (1992)'nin çalışmalarının sonuçları ile uyumlu olduğu, TEA değeri açısından ise Polat (2005)'in yaptığı çalışmadan yüksek, Uzun ve Bayır (2009), Çam (2004) ve Lale (1992)'nin yaptığı çalışma ile paralel olduğu görülmüştür. Dut genotipleri üzerine yapılan birçok çalışmada görüldüğü gibi, sonuçlar üzerinde farklı tür, iklim, ekoloji ve çevresel faktörler etki etmektedir.

## Teşekkür

Maddi desteğinden dolayı Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (Proje No: FYL-2017-6100) teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Anonim, (2016). <http://tarimsalstatistik.com/tr-TR/Sayfa/dut-yetistiriciligi>. Erişim tarihi: 11.01.2016.
- Aslan, M. M. (1998). *Malatya, Elazığ, Erzincan ve Tunceli İllerine Bağlı Bazı İlçelerden Ümitvar Dut Tiplerinin Seçimi*. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Çam, İ. (2004). Edremit ve Gevaş yöresi dutlarının bazı fenolojik ve pomolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (YYUJAGRSCI)*. 14(2), 127-131.
- De Candolle, A. (1967). *Origin Of Cultivated Plants*. New York and London. P 149-153.
- Erdem, S. (2015). *Bulancak karası dutunun bazı meyve özelliklerinin belirlenmesi ve çelikle çoğaltılması üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 38s.
- Erdoğan, Ü., & Pırlak, L. (2005). Ükümüzde dut (*Morus spp.*) üretimi ve değerlendirilmesi, *Alatarım*. 4(2), 38-43.
- Ercişli, S., & Orhan, E. (2007). Chemical composition of white, red and black mulberry fruits. *Food Chemistry*. 103(4), 1380-1384.
- Ercişli, S. (2004). A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 51 (4), 419-435.
- Erkaleli, Z.Ö. (2015). *Uşak ili Ulubey ilçesinde yetişen karadutların (morus nigra L.) morfolojik, fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. 53s.

- Erkaleli, Z.Ö., & Dalkılıç, Z. (2016). Uşak İli Ulubey İlçesinde yetişen karadutların (*morus nigra* L.) morfolojik, fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 13 (1), 89–106.
- Güneş, M., & Çekiç, Ç. (2003). Tokat yöresinde yetiştirilen farklı dut türlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. In: *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu Bildirileri*. 23-25, Ekim. Ordu.
- Gündoğdu, M., Yılmaz, H., Geçer, MK., & Kayakeser, U. (2012). *Van Gölü havzasındaki dut türlerinin farklı olgunluk dönemlerindeki bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi*. In: IV. Ulusal Üzümsü Meyveler Sem. Bildirileri. 3-5 Ekim. Antalya.
- İlgın, M., & Ağca, İ. (2017). Türkiye'nin değişik yerlerinden selekte edilen bazı dut (*Morus* spp.) türlerinin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde performanslarının belirlenmesi. *Manas J AgrVet Life Sci*. 7 (2), 45-57.
- İslam, A., Turan, A., Şişman, T., Kurt, H., & Aygün, A. (2006). *Giresun Şebinkarahisar' da dut seleksiyonu*. In: II. Üzümsü Meyveler Sem. Bildirileri. 14-16 Eylül. Tokat.
- Lale, H. (1992). *Dut Türlerinin Pomolojik, Fenolojik ve Bazı Meyve Kalite Özellikleri Üzerinde bir Çalışma*. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 68 s.
- Özgen, M., Güneş, M., Akça, Y., Türemis, N., İlgın, M., Kızılcı, G., Erdoğan, Ü., & Serçe, S. (2009). Morphological characterization of several *Morus* species from Turkey. *Hort. Environ. Biotechnol*. 50(1), 9-13.
- Polat, A. (2005). *Hatay'ın Antakya ilçesinde yetiştirilen bazı dut tiplerinin meyve özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). Mustafa Kemal Üniversitesi, 3 Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Hatay.
- Uzun, H., & Bayır, A. (2009). *Farklı dut genotiplerinin bazı kimyasal özellikleri ve antiradikal aktiviteleri*. III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu Bildirileri. 10-12 Haziran. Kahramanmaraş.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Bazı *Allium* Türlerinin Morfolojik Ölçümleri, Stoma ve Polen Özellikleri ile Polen Canlılığının Belirlenmesi**

**Ezelhan ŞELEM<sup>1\*</sup>, Lütfi NOHUTÇU<sup>2</sup>, Rüveyde TUNÇTÜRK<sup>3</sup>, Murat TUNÇTÜRK<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 65090, Van, Türkiye  
<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4227-5013> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-2250-2645> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-3759-8232>  
<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-7995-0599>

\*Sorumlu yazar e-posta: ezelhansalem@hotmail.com

**Makale Bilgileri**

Geliş: 08.09.2020  
Kabul: 20.10.2020  
Online Yayınlanma 31.12.2020  
DOI: 10.29133/yyutbd.791621

**Anahtar kelimeler**

*Allium*,  
Adaptasyon,  
Polen,  
Stoma.

**Öz:** *Allium* türleri çok çeşitli alanlarda kullanılmasına karşın Doğu Anadolu Bölgesi'nde baharat, kan şekerini düzenleyici, bağırsak sorunlarını giderici, ağrı kesici, yara iyileştirici, akne tedavisi ile otlu peynir yapımında kuru veya yaş olarak sıkça tercih edilmektedir. Bu çalışmada ülkemizde özellikle aroması ve antimikrobiyal özelliğinden kaynaklı yoğun olarak kullanılan bazı *Allium* türlerinin morfolojik ölçümleri (bitki boyu, sap boyu ve çapı, yaprak boyu ve çapı, yaprak sayısı, umbella çapı, pedisel uzunluğu), stoma ve polen özellikleri ile polen canlılığının belirlenmesi amaçlanmıştır. 2016 yılında Van ve çevresinde yapılan arazi gezmeleri sırasında doğal ortamlarından toplanan *Allium akaka*, *A. giganteum*, *A. kharputense*, *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*, *A. vineale* ve *A. sintensii* türleri Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıbbi Bitkiler Bahçesi'nde hazırlanan parsellere ekilmiş ve kültüre alınmıştır. Sonuç olarak, bitkilerin bulunduğu gözlem parsellerinde yapılan ölçüm ve değerlendirmelere göre morfolojik özellikler bakımından iyi bir adaptasyonun olduğu görülmüş, *A. kharputense* ve *A. sintensii* türlerinin diğerlerine kıyasla daha zayıf bir gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Yüksek tohum veriminde önemli bir parametre olan polen miktarı ve canlılık oranlarında ise *A. vineale* ve *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* türlerinin ön plana çıktığı görülmüştür. Adaptasyon ve fotosentezde önemli bir rolü olan stomaların yoğunluğu en fazla *A. kharputense* türünde olup, en yüksek ölçülere ise *A. vineale* türünün sahip olduğu görülmüştür.

**Determination of Morphological Measurements, Stoma and Pollen Characteristics with Pollen Viability of Some *Allium* Species**

**Article Info**

Received: 08.09.2020  
Accepted: 20.10.2020  
Online Published 31.12.2020  
DOI: 10.29133/yyutbd.791621

**Keywords**

*Allium*,  
Adaptation,  
Pollen,  
Stomata.

**Abstract:** Although *Allium* species are used in a wide variety of fields, they are frequently preferred as dry or fresh spices for intestine disorders, loss of appetite, for regulating blood sugar, pain reliever, wound healing, acne treatment and herby cheese making in the Eastern Anatolia region. In this study, it was aimed to determine of morphological measurements (plant length, stem length and diameter, leaf length and diameter, number of leaves, umbella diameter, pedicel length), stoma and pollen characteristics and pollen viability of some *Allium* species which are used extensively in our country especially due to their aroma and antimicrobial properties. *Allium akaka*, *A. giganteum*, *A. kharputense*, *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*, *A. vineale* and *A. sintensii* species collected from their natural habitat they were cultivated and planted in plots prepared in the Van Yüzüncü Yıl University Medicinal and Aromatic Plants Garden during the field

trips from Van and surrounding cities in 2016. As a result, according to the measurements and evaluations made in the observation plots where the plants are located, it has been observed that there is a good adaptation in terms of morphological features, it was determined that *A. kharputense* and *A. sintensii* species showed a weaker growth than others. In terms of pollen amount and vitality, which is an important parameter in high seed yield, it was observed that *A. vineale* and *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* species came to the fore. It has been observed that stomata, which play an important role in adaptation and photosynthesis, have the highest density of *A. kharputense* species and the highest measure is *A. vineale*.

## 1. Giriş

*Allium* cinsi soğanlı bitkiler, Amaryllidaceae familyasında 600'den fazla tür ile temsil edilmekte olup, ülkemizde 72 tanesi endemik olmak üzere toplam 180 türe sahiptir (Kaya, 2014). Organosülfür bileşikler ve polifenoller gibi biyoaktif bileşiklerce zengin olduğu bilinen *Allium* türleri antioksidan, antifungal, antimikrobiyal, antiviral, antitumörjenik, antidiyabetik ve prebiyotik gibi özellikler göstermektedirler (Rosello-Soto ve ark., 2018; Putnic ve ark., 2019). Ayrıca antitrombotik, antihipertansif, hipolipidemik, hipokolesterolemik ve anti-hiperhomosisteinik etkileri nedeniyle kardiyovasküler hastalık riskini azaltmaya da yardımcı oldukları bilinmektedirler (Saljoughian ve ark., 2017). Tür sayısı bakımından çeşitlilik gösteren *Allium* cinsinin diğer türleri, yörelere göre farklı amaçlarla kullanılmak üzere doğadan toplanmaktadır. Yaprak, sürgün ve soğanları tüketilen *Allium* türleri Anadolu'da 'kurad', 'sirmo', 'sirim', 'sirik', 'körmen', 'soryaz', 'handuk', 'luş', 'çorin' gibi yöresel olarak adlandırılmaktadır. *Allium* türleri gıda olarak tüketimlerinin yanı sıra süs bitkisi, yara iyileştirici, ağrı kesici, kan şekerini düzenleyici, kolesterol düşürücü olarak da kullanılmaktadırlar (Ekşi ve ark., 2020; Tunçtürk ve Tunçtürk, 2020). Van Gölü Havzası'nda ise birçok *Allium* türü daha çok otlu peynir yapımında kullanılmakta olup, son yıllarda yoğun toplamaya maruz kalarak doğadaki sürdürülebilirliği riske girmiştir.

*Allium* türlerinde yapılan çalışmalar *Allium cepa* (soğan), *Allium porrum* (pırasa), *Allium sativum* (sarımsak), *Allium schoenoprasum* (frenk soğanı) ve *Allium ascalonicum* (arpacık soğanı) üzerinde yoğunlaşmıştır (Poojary ve ark., 2017). *Allium* cinsi çok sayıda türe sahip olmasına karşın ticari olarak belirli türlerin kültürü yapılırken birçok türleri de doğadan bilinçsizce toplanmaktadır. Dolayısıyla yapılan bilinçsiz toplamamanın önüne geçmek açısından türlerin kültürünün yapılması önem taşımaktadır. Yapılan bu çalışma ile doğal ortamlarından alınarak yetiştirme parsellerine dikilen soğanların adaptasyon yeteneğinin belirlenmesi ve yapılacak diğer çalışmalara hem materyal sağlanması hem de kısıtlı olan literatürü zenginleştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma materyalini Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait geofit bahçesinde yetiştirilen altı *Allium* türü oluşturmaktadır. Çalışma materyalini oluşturan bitkilerin yetiştirme parsellerindeki görselleri Şekil 1.'de gösterilmiştir. 2016 yılında Van Gölü Havzası'nda yapılan arazi çalışmaları sırasında doğal ortamlarından toplanan *Allium* türleri Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde ilgili literatür doğrultusunda teşhis edilmiş olup VANF herbaryumlarındaki örnekler ile karşılaştırılmıştır. Tür düzeyinde teşhisleri yapılan bitkilere ait soğanlar sonbaharda dikilmek üzere geofit bahçesine aktarılmış, adaptasyon yeteneğinin belirlenmesi amacıyla yetiştirilmiştir. 2m<sup>2</sup>lik parsellerde yetiştirilen türlerden kenar tesiri çıkarılarak rastgele seçilen 10 bitki üzerinde gerekli gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Çalışmada kullanılan türler; *Allium akaka*, *A. giganteum*, *A. kharputense*, *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*, *A. vineale* ve *A. sintensii*'dir.

### 2.1. Morfolojik ölçümler

Morfolojik ölçümler geofit bahçesinde yetiştirilen bitkilerde 10 tekerrürlü olarak dijital kumpas yardımı ile yapılmıştır. Bitki boyu, sap boyu ve çapı, yaprak boyu ve çapı, yaprak sayısı, umbella çapı ve pedisel boyu ölçülmüştür.

## 2.2. Stoma ölçümleri

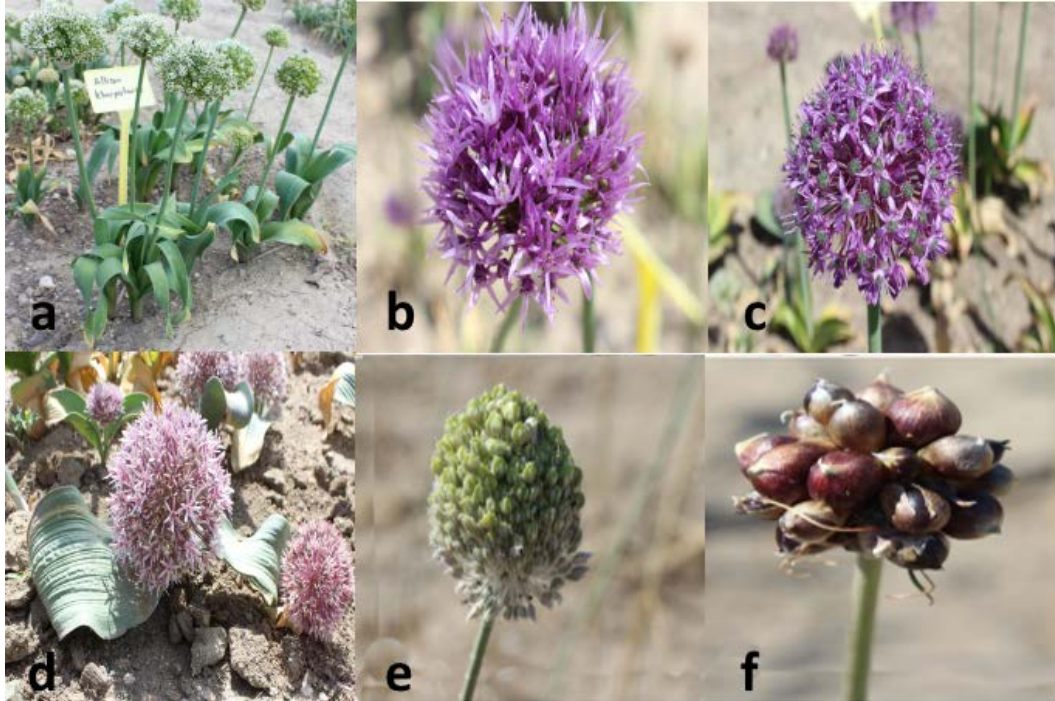
Bitkilerden alınan yaprak örnekleri stoma analizleri için Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait Fizyoloji ve Sitoloji Laboratuvarları'na taşınmıştır. Polen ve stoma ölçümlerinde Leica DM500 ışık mikroskobu, mikroskoba bağlı Leica ICC50 HD kamera ile Leica LAS EZ (versiyon 3.0) yazılımı kullanılmıştır. Stoma yoğunluklarını belirlemek amacıyla bitkinin 2. yapraklarının alt kısmına tırnak cilası sürülmüş ve kuruduktan sonra alınıp lam üzerine konularak mikroskopta incelenmiştir. Alana düşen stoma sayısı mm<sup>2</sup>'lik alana düşen sayı olarak belirlenmiştir.

## 2.3. Polen canlılığı

Açmak üzere olan çiçekler, polen canlılık testlerinin yapılması için Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait Fizyoloji ve Sitoloji Laboratuvarları'na getirilmiştir. Anterler, cam şişelerde güneş alan bir ortamda 24 saat bekletildikten sonra üzerine 10 ml damıtık su ilave edilip homojenliği sağlamak amacıyla eser miktarda da deterjan eklenip karıştırılmıştır (Eti, 1990). Karışım 1 saat bekletildikten sonra polen sayımı yapılmıştır. Canlılık testinde İKI testi (iyotlu potasyum iyodür) uygulanmıştır. Çözelti 100 ml saf suda 1 g potasyum iyodür (IKI) ve 0.5 g iyot (I) eritilerek hazırlanmıştır. Mikroskopta koyu kahverengine sahip polenler canlı açık ve renksiz görünenler ise cansız olarak kabul edilmiştir. (Eti, 1990).

## 2.4. İstatistik analiz

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre 3 tekerrürlü her tekerrürde 3 bitki olacak şekilde varyans analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen varyans analizi sonuçları F testine göre değerlendirilmiş ve önemli çıkan uygulamalar LSD çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır (IBM SPSS 22.0).



Şekil 1. Van YYÜ geofit bahçesinde yetiştirilen *Allium* türleri a. *A. kharputense*, b. *A. sintensii*, c. *A. giganteum*, d. *A. akaka*, e. *A. vineale*, f. *A. scorodoprasum* subsp. *Rotundum*.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Morfolojik ölçümler

Çalışmada *Allium* türlerine ait incelenen tüm özellikler bakımından türler arasında istatistiksel olarak  $P < 0.05$  seviyesinde önemli farklılıkların olduğu Çizelge 1 ve 2’de görülmektedir. Yapılan ölçümlerde en yüksek bitki boyu (78.8 cm) *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* türünden elde edilirken, *A. giganteum* ve *A. vineale* türleri ile aralarında istatistiksel olarak bir farklılığın olmadığı ve aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 1). En yüksek sap uzunluğu (75.0 cm) *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* türünde tespit edilirken, *A. vineale* türü ile aynı grup içerisinde yer almaktadır. Çalışmada en düşük bitki boyu (14.2 cm) ve sap uzunluğu (5.80 cm) *A. akaka* türünden tespit edilmiştir. Sap çapı bakımından en yüksek değer 12.2 mm olarak *A. giganteum* türünden ölçülmüş olup aralarında *A. akaka* türü ile istatistiksel olarak farklılığın olmadığı ve bu türlerin bu özellikleri bakımından aynı grup içerisinde yer aldığı görülmektedir (Çizelge 1). En düşük sap çapı değeri ise 3.85 cm ile *A. vineale* türünden belirlenmiştir. Yaprak boyu değerleri bakımından en yüksek değeri (25.0 cm) ile *A. vineale* türünden, en düşük değer ise (15.6 cm) ile *A. giganteum* türünde belirlenirken, *A. vineale* dışındaki diğer tüm türler aynı grup içerisinde yer almıştır. Çalışmada en yüksek yaprak eni değeri (6.96 cm) *A. akaka* türünden, en düşük değer (0.54 cm) ise *A. vineale* türünden elde edilmiştir. En fazla yaprak sayısı 6.80 adet ile *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* türünden, en az yaprak sayısı ise 2.40 adet ile *A. akaka* türünden belirlenmiştir.

Umbella çapı ve pedisel uzunluğu bakımından en yüksek değerler sırasıyla 95.4 mm ve 33.2 mm olarak *A. akaka* türünde belirlenmiş olup her iki parametre için de *A. akaka* ve *A. giganteum* türü ile aralarında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı, aynı grup içerisinde yer aldığı Çizelge 1’de izlenebilmektedir. Bu parametrelere ait en düşük değerler ise sırasıyla; 25.2 mm ve 12.5 mm olarak *A. vineale* türünde ölçülmüştür.

Yapılan çalışmada ölçülen parametrelere bakılarak türlerin adaptasyon yetenekleri gözlemlenmiş, literatür kıyaslamalarında *A. kharputense* türünün daha düşük bir gelişim gösterdiği ve yapılacak kültürel uygulamalar ile adaptasyonunun geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 1. Bazı *Allium* türlerinin morfolojik ölçüm ortalama değerleri ve oluşan gruplar

Çeşit adı	Bitki boyu (cm)	Sap uzun. (cm)	Sap çapı (mm)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak çapı(cm)	Yaprak sayısı (adet)	Umbella çapı (mm)	Pedisel boyu (mm)
<i>A. kharputense</i>	38.8 c	28.4 d	6.21 b	19.0 b	2.88 b	5.20 d	58.3 b	26.3ab
<i>A. sintensii</i>	50.6 b	42.6 c	4.87 bc	18.8 b	2.36 bc	4.60 d	52.0 bc	21.7b
<i>A. giganteum</i>	69.8 a	58.1 b	12.2 a	15.96 b	1.00 d	5.20 b	90.5 a	33.1a
<i>A. akaka</i>	14.2 d	5.80 e	11.8 a	16.0 b	6.96 a	2.40 d	95.4 a	33.2a
<i>A. vineale</i>	73.3 a	70.8 a	3.85 c	25.0 a	0.54 d	3.60 c	25.2 d	12.5c
<i>A. scorodoprasum</i> subsp. <i>rotundum</i>	78.8 a	75.0 a	5.90 b	20.4 b	1.54 cd	6.80 a	47.5 c	16.0c
Ortalama	54.3	46.8	7.47	19.2	2.54	4.63	61.3	23.7
F değeri	69.41**	94.27**	86.97**	8.69**	139.68**	34.18**	107.38**	19.32**
LSD	8.67	7.99	1.13	3.34	0.57	0.75	7.57	5.87
CV (%)	12.24	13.09	11.57	13.35	17.24	12.46	9.46	19.02

\*\* $p < 0.01$ .

#### 3.2. Stoma ve polen morfolojisi ile polen canlılık durumu

Yapılan çalışmada *Allium* türlerinde stomaların yaprakların alt yüzeyinde yoğunlaştığı görülmüştür. Geofitlerde iyi bir adaptasyonun sağlanması için bitki su dengesinin korunması önem taşımakta olup stoma yoğunluğu ve sayısı bu hususta ön plana çıkmaktadır. Stoma eni bakımından en yüksek değer 43.3  $\mu\text{m}$  ile *A. vineale* türünden tespit edilirken, en düşük değer ise 18.5  $\mu\text{m}$  ile *A. kharputense* türünden tespit edilmiş olup *A. sintensii*, *A. giganteum* ve *A. akaka* türleri ile aynı grup içerisinde yer almıştır. En yüksek stoma boyu ( 51.6  $\mu\text{m}$ ) *A. vineale* türünden ölçülmüştür. En düşük değer (36.3  $\mu\text{m}$ ) *A. akaka* türünden elde edilmiş olup diğer dört tür ile aynı grup içerisinde yer aldıkları



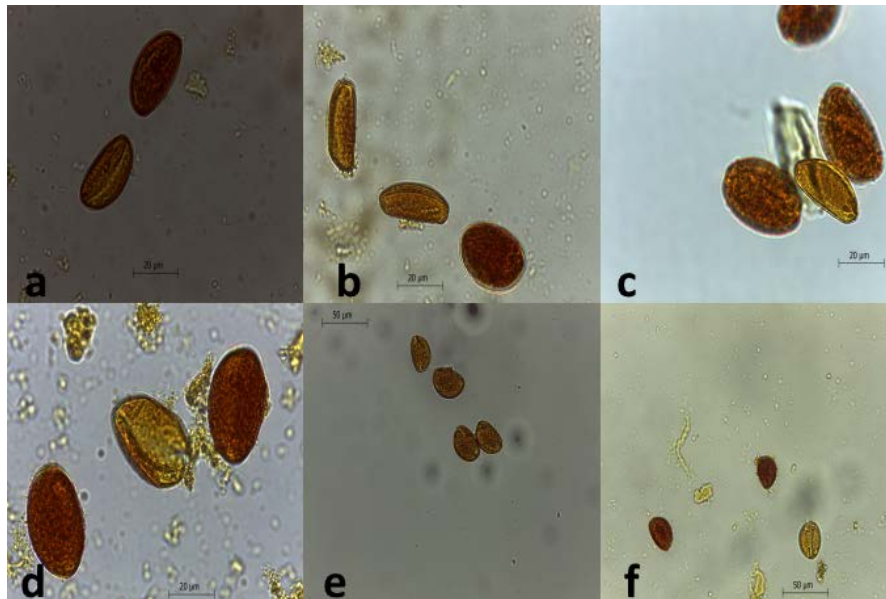
Çizelge 2' de görülmektedir. Stoma sayıları türlere göre değişiklik göstermekte olup en fazla *A. kharputense* türünde 1665.3 adet/mm<sup>2</sup>, en az stoma sayısı ise *A. akaka* türünde 663.3 adet/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Bazı *Allium* türlerinin stoma ve polen özelliklerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

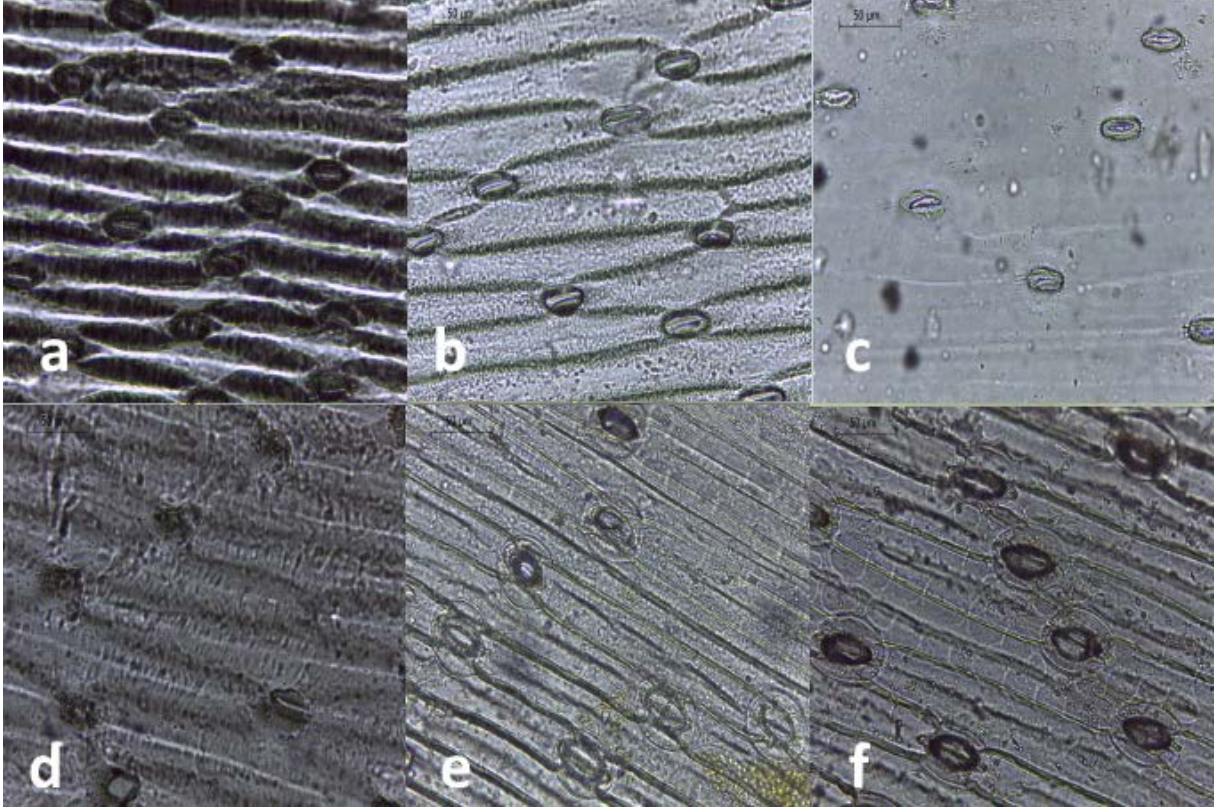
Çeşit adı	Stoma çapı (µm)	Stoma boyu (µm)	Stoma sayısı (mm <sup>2</sup> /adet)	Polen çapı (µm)	Polen boyu (µm)	Polen sayısı (0.1 mm <sup>2</sup> /adet)	Polen canlılık oranı (%)
<i>A. kharputense</i>	18.5 c	37.6 b	1665.3 a	16.7 b	29.9 d	410.0 d	67.8 b
<i>A. sintensii</i>	20.9 c	41.2 b	979.3 b	23.8 a	35.6 bc	595.1 b	65.6 b
<i>A. giganteum</i>	19.2 c	38.6 b	680.7 c	24.7 a	37.6 b	735.5 a	85.1 a
<i>A. akaka</i>	21.6 c	36.3 b	663.3 c	26.8 a	41.5 a	191.4 e	51.0 c
<i>A. vineale</i>	43.3 a	51.6 a	879.6b c	23.7 a	33.8 c	185.4 e	47.8 c
<i>A. scorodoprasum</i> subsp. <i>rotundum</i>	33.9 b	41.4 b	726.2 c	25.1 a	32.5 cd	484.5 c	70.5 b
Ortalama	26.3	41.1	923.4	23.4	35.2	433.7	64.6
F değeri	77.72**	13.89**	32.46**	12.67**	14.81**	79.33**	27.06**
LSD	3.34	4.31	194.42	2.85	3.09	71.88	7.66
CV (%)	9.74	8.04	15.97	9.36	6.73	12.69	9.09

\*\* p<0.01.

Çizelge 2'de görüleceği gibi türlerin polen morfolojisi ve yoğunluğu farklılıklar göstermiştir. Yapılan ölçümlerde en yüksek polen eni 26.8 µm ile *A. akaka* türünde tespit edilmiştir. Ancak, *A. kharputense* türü dışındaki diğer tüm *Allium* türleri ile aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük polen eni değeri ise 16.7 µm ile *A. kharputense* türünde tespit edilmiştir. Çalışmada, en uzun polenler 41.5 µm ile *A. akaka* türünde, en kısa polenler 29.9 µm ile *A. kharputense* türünde tespit edilmiştir. Polen sayısı bakımından en fazla polen sayısı 735.5 adet/mm<sup>2</sup> *A. giganteum* türünden elde edilirken, en az polen sayısı değeri 185.4 adet/mm<sup>2</sup> *A. vineale* türünde belirlenmiş ve *A. akaka* türü ile aynı grup içerisinde yer aldığı görülmektedir (Çizelge 2). Polenlerde yapılan İKI canlılık testinde türlere göre en yüksek polen canlılık oranı % 85.1 ile *A. giganteum* (% 85.1) türünde elde edilmiştir. En düşük polen canlılığı ise % 47.8 ile *A. vineale* türünden elde edilirken *A. akaka* türü ile aynı grup içerisinde yer almıştır.



Şekil 2. Canlılık testi uygulanan polenlerin genel görünümü (Açık renkliler cansız, koyu renkliler canlı polenlerdir. a. *A. kharputense*, b. *A. sintensii*, c. *A. giganteum*, d. *A. akaka*, e. *A. vineale*, f. *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*).



Şekil 3. Stomaların genel görünümü ( a. *A. kharputense*, b. *A. sintensii*, c. *A. giganteum*, d. *A. akaka*, e. *A. vineale*, f. *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çok sayıda araştırmacı *Allium* türlerinin morfoloji ve anatomileri üzerine araştırmalar yapmış olup incelenen özelliklere ait ölçüm ve gözlemlerin türlere göre farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir (Uysal, 1999; Pektaş, 2007; Özkur, 2009; Fırat ve Genç, 2016). Guldigen ve Sensoy (2016), yaptıkları çalışmada sap uzunluğunu *A. vineale* ve *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* türlerinde 100 cm olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada yukarıda bahsi geçen aynı türlerde (*A. vineale* ve *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*) sap uzunluğu araştırmacıların sonuçlarına kıyasla daha düşük olmakla birlikte, diğer *Allium* türlerine bakıldığında en uzun bitki boyuna ve sap uzunluğuna sahip türler olarak ön plana çıkmışlardır. Tuncer ve ark. (2016), *A. kharputense*, *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* ve *A. vineale* türlerinde sırasıyla umbella çapı (2.5-8.5, 1-6, 1.5-3 cm), sap uzunluğu (30-50, 25-90, 30-120cm), yaprak sayısı (2-3, 2-5, 3-4), yaprak genişliği (7-40, 8-15, 2-4 mm) ve pedisel uzunluğunu (1.5-2.4, 3.2-3.6, 0.8-2 cm) gibi özellikleri inceledikleri çalışmada elde ettikleri bulgular ile araştırma sonuçlarımız uyumludur. Yapılan geniş literatür taramasına göre şimdiye kadar yapılan çalışmalarda sınırlı sayıda *Allium* türü ele alınmıştır. Bu çalışmada daha önceden literatür bilgisine rastlanmayan *Allium* türleri de çalışmaya dahil edilerek bundan sonra yapılacak çalışmalara önemli bir kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, Yang ve ark. (2017), *A. fistulosum* L.'un stoma boyunu 51.59 µm, stoma enini 38.97 µm ve stoma yoğunluğunu 55 adet olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda; *Allium* türlerinde stoma yoğunluğunun kuraklıktan etkilendiği, miktarında düşüşlerin olduğu, aynı zamanda stoma yoğunluğundaki azalmaların kuraklık direncini artırabileceği ve fotosentetik kapasiteyi etkileyebileceği bildirilmiştir (Franks ve ark., 2015; Yang ve ark., 2017). Bazı araştırmacılar, stoma sayısı ve boyutlarının yaprağın alınma konumu (güneş/gölge), sulama, çevre koşulları ve gübreleme gibi uygulamalardan kaynaklı farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir (Eriş ve Soylu, 1990, Marasalı ve Aktekin, 2003, Uyak ve ark., 2015; Doğan ve ark., 2020). Pektaş (2007) yaptığı çalışmada stomaların adaptasyon açısından önemli olduğunu ve *Allium* türlerinde stoma boyutlarının farklılıklar gösterdiğini vurgulamıştır.

Kocakaya (2019) yaptığı çalışmada *A. ampeloprasum* türünde polen canlılık oranının %52 - 86 arasında değiştiğini ve polen canlılığı ile tohum verimi arasında doğru bir orantı olduğunu bildirmiştir.



Benzer şekilde Özhatay ve Koçyiğit (2009), 23 *Allium* türünde polen morfolojisini inceledikleri çalışmada türler arasında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar polen ölçülerinin en düşük *A. guttatum* subsp. *guttatum* (25.75 × 19.22 µm) ve en yüksek *A. roseum* (2.30 × 51.19 µm) türünde olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan türlerden olan *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* (34.8 x 31.15 - 21.75x 26.6 µm) ve *A. vineale* (29.33 x 33.35 – 20.3 x 23.2 µm) türlerinin ölçüleri bahsi geçen çalışma ile paralellik göstermiştir. Polen yoğunluğunun ve canlılık oranının tohum bağlama açısından önemli bir parametre olduğu ve ıslah çalışmalarında özellikle androgenesiste büyük önem taşıdığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Kaska 2013; Kocakaya, 2019).

Anadolu, endemik türlerin de bulunduğu birçok *Allium* türüne ev sahipliği yapmaktadır. Türler doğal alanlarından bilinçsiz olarak toplanmakta ve hızlı bir şekilde risk kategorilerine girmektedir. Biyoçeşitliliğin korunması açısından Anadolu'da yaygın olarak kullanılan türlerin kültüre alınması büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada altı *Allium* türünün adaptasyon yeteneği belirlenmiş ve kültür ortamında üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Polen miktarı ve canlılık oranları verim ile doğrudan ilintili karakterlerdir. Bu özellikler açısından ve stoma sayısı ile ebatlarında *A. vineale* ve *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum* türlerinin ön plana çıktığı görülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda ele alınan *Allium* türlerinin incelenen morfolojik özelliklerine göre *A. scorodoprasum* subsp. *rotundum*, *A. vineale* ile *A. giganteum* türlerinin ticari olarak üretilebileceği ve pazara sunulabileceği kanaatine varılmıştır. Bu çalışmada ele alınan *Allium* türlerinin yetiştiriciliğinin yapılması durumunda yöre halkı için alternatif bir gelir kaynağı olacağı ve türlerin doğadaki sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından da oldukça önemli bir adım atılacağı görülmüştür.

## Kaynakça

- Doğan, A., Uyak, C., Akçay, A., Keskin, N., Gazioglu Şensoy, R., Çelik, F., Kunter, B., Çavuşoğlu, Ş., Özrenk, K. (2020). Hizan (Bitlis) Koşullarında Yetiştirilen Üzüm Çeşitlerinin Klorofil Miktarları ve Stoma Yoğunluklarının Belirlenmesi . *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (4) , 652-665 . DOI: 10.29133/yyutbd.698508.
- Ekşi, G., Özkan, A. M. G., & Koyuncu, M. (2020). Garlic and onions: an eastern tale. *Journal of Ethnopharmacology*, 112675.
- Eriş, A., & Soyulu, A. (1990). Stomatal density in various Turkish grape cultivars. *Vitis*, 382-389.
- Eti, S. 1990. Çiçek tozu miktarını belirlemede kullanılan pratik bir yöntem. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1990, 5(4), 49-58.
- Fırat, M., & Genç, İ. (2016). Türkiye'de doğal yayılış gösteren bazı soğan *Allium* L.-Amaryllidaceae türleri üzerine taksonomik notlar. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 3(3), 4-10.
- Franks, P. J., W. Doheny-Adams, T., Britton-Harper, Z. J., & Gray, J. E. (2015). Increasing water-use efficiency directly through genetic manipulation of stomatal density. *New Phytologist*, 207(1), 188-195.
- Guldigen, O., & Sensoy, S. (2015). *Sirmo (Allium spp.)*, wild herb species used in herby cheese. VII International Symposium on Edible Alliaceae Niğde.
- Kaska, A., Toprak, F. C., & Alan, A. R. (2013). Gynogenesis induction in leek (*Allium ampeloprasum* L.) breeding materials. *Current Opinion in Biotechnology*, (24), S42.
- Kaya, E. (2014). *Türkiye Geofitleri Cilt 1*. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü. Yayın No. 96, Yalova.
- Kocakaya, V. (2019). *Ginogenik pırasa (Allium ampeloprasum L.) hatlarının karakterizasyonu*. (MSc), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye.
- Marasalı, B., & Aktekin, A. (2003). Sulanan ve sulanmayan bağ koşullarında yetiştirilen üzüm çeşitlerinde stoma sayısının karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (3), 370-372.
- Özhatay, N & Koçyiğit, M. (2009). Pollen morphology of *Allium* species (*Liliaceae*) in European Turkey and around Istanbul. *Phytologia Balcanica*, 15 (2), 199 – 208, Sofia.
- Özkur, F. N. (2009). *Türkiye'de doğal olarak yetişen Allium cassium boiss., Allium isauricum hub-mor. ve Allium ertugrulii Demirelma ve Uysal.(Alliaceae) türleri üzerine anatomik, morfolojik ve palinolojik çalışmalar*. (PhD), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye..
- Pektaş, A. (2007). *Tuz Gölü (Cihanbeyli-Konya) Allium L.(Liliaceae) taksonlarının morfolojik, anatomik ve ekolojik özellikleri*. (PhD), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.

- Poojary, M. M., Putnik, P., Kovačević, D. B., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Dias, D. A., & Shpigelman, A. (2017). Stability and extraction of bioactive sulfur compounds from *Allium* genus processed by traditional and innovative technologies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 61, 28-39.
- Putnik, P., Gabrić, D., Roohinejad, S., Barba, F. J., Granato, D., Mallikarjunan, K. & Kovačević, D. B. (2019). An overview of organosulfur compounds from *Allium* spp.: From processing and preservation to evaluation of their bioavailability, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. *Food chemistry*, 276, 680-691.
- Rosello-Soto, E., Barba, F. J., Putnik, P., Bursac Kovacevic, D., Lorenzo, J. M., & Cantavella-Ferrero, Y. (2018). Enhancing bioactive antioxidants' extraction from "Horchata de Chufa" by-products. *Foods*, 7(10),
- Saljoughian, S., Roohinejad, S., Bekhit, A. E.-D. A., Greiner, R., Omidzadeh, A., Nikmaram, N., & Mousavi Khaneghah, A. (2017). The effects of food essential oils on cardiovascular diseases: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–18.
- Tuncer, B., Firat, M., Yarali, F., & Sarikamis, G. (2016). Morphology and utilization of *Allium* L. species used as herbs in cheese around Van province in Turkey. *Acta Horticulturae*, (1143), 171–178.
- Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. 2020. Van otlı peyniri ve yapımında kullanılan bitkiler ile ilgili genel bir değerlendirme. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 238-244.
- Uyak, C., Keskin, N., Doğan, A., İlknur, R., Şensoy, G., & Başdinç, M. A. (2015). *Van ekolojisinde yetişen bazı üzüm çeşitlerinin stoma yoğunlukları ve klorofil miktarlarının belirlenmesi*. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi (Özel sayı), Cilt II. Çanakkale..
- Uysal, İ. (1999). Morphological, anatomical and ecological studies on the two Turkish endemic species collected from Kazdağı (B1 Balıkesir) *Allium sibthorpiatum* Schultes & Schultes Fill. And *Allium reuterianum* Boiss. *Tr J of Botany*, 23,137-148.
- Yang, L., Liu, Q., Wang, Y., & Liu, L. (2017). Identification and characterization of a glossy mutant in Welsh onion (*Allium fistulosum* L.). *Scientia Horticulturae*, 225, 122-127.



## Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Research Article (Araştırma Makalesi)

### The Effects of Magnetic Compounds on Growth and Yield of Cucumber under Greenhouse Conditions

Mohammad AHMADI<sup>1</sup>, Sahebali BOLANDNAZAR<sup>2</sup>, Jaber PANAHANDEH<sup>3</sup>, Seyedeh Somayyeh SHAFIEI MASOULEH<sup>\*4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>4</sup>Department of Genetics and Breeding, Ornamental Plants Research Center (OPRC), Horticultural Sciences Research Institute (HSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5476-604x> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9396-7373> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-7788-5300>

<sup>4</sup><http://orcid.org/0000-0001-5455-0970>

\*Corresponding author e-mail: shafiee.masouleh@areeo.ac.ir; shafyii@gmail.com

#### Article Info

Received: 05.08.2020

Accepted: 03.11.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.777105

#### Keywords

*Cucumis sativus*,

Growth,

Photosynthesis,

Yield

**Abstract:** This study was performed to examine the effects of different concentrations of magnetic nano-chitosan (MNC) and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (NF) on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. 'Negin'). The sizes of nano-particles were in the range of 20 nm to 50 nm, and their concentrations ranged between 10 to 100 mg L<sup>-1</sup>. The experiment was designed with nine treatments of MNC (10, 25, 50 and 100 mg L<sup>-1</sup>), NF (10, 25, 50 and 100 mg L<sup>-1</sup>) and one control treatment (iron chelate; IC: 60 mg L<sup>-1</sup>). The results showed that the foliar application of MNC and NF could improve yield and plant growth in cucumber, as well as iron chelate. The results of the present study suggest that the foliar application of nano-fertilizers similar to iron chelate could improve the plant growth and yield of the greenhouse cucumber. As regards toxicity of iron chelates, especially in high doses in the soil, the application of MNC may be safer in sustainable agriculture and even could be better than NF, because it has the combined effects of magnetism, chitosan and being nano-size.

### Manyetik Bileşiklerin Sera Koşullarında Hıyarın Büyüme ve Verimine Etkileri

#### Makale Bilgileri

Geliş: 05.08.2020

Kabul: 03.11.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.777105

#### Anahtar kelimeler

*Cucumis sativus*,

Büyüme,

Fotosentez

Verim

**Öz:** Bu çalışma, farklı konsantrasyonlarda manyetik nano-kitosan (MNC) ve nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (NF)'nin hıyarın (*Cucumis sativus* L. cv.' Negin') büyüme ve verimi üzerindeki etkilerini incelemek için yürütülmüştür. Nano parçacıkların boyutları, 20 nm ile 50 nm aralığında ve konsantrasyonları 10 ile 100 mg/L arasında yer almıştır. Denemede, MNC (10, 25, 50 ve 100 mg/L), NF (10, 25, 50 ve 100 mg/L) uygulamaları ve bir kontrol uygulaması (demir şelat; IC: 60 mg/L) dahil toplam dokuz uygulama yer almıştır. Sonuçlar, demir şelatta olduğu gibi MNC ve NF'nin yapraktan uygulanmasının, hıyarda verim ve bitki büyümesini iyileştirebileceğini göstermiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları, demir şelata benzer şekilde nano gübrelerin yapraklara uygulanmasının, sera hıyarının bitki büyümesini ve verimini

artırabileceğini önermektedir. Özellikle topraktaki yüksek dozlarda demir şelat toksisitesi ile ilgili olarak, MNK'nin uygulanması, sürdürülebilir tarımda daha güvenli ve hatta manyetizma, kitosan ve nano boyutlu olmanın birleşik etkilerine sahip olduğu için NF'den daha iyi olabilecektir.

## 1. Introduction

Cucumber is one of the main vegetables in Iran that is predominantly cultivated in plastic greenhouses also it constitutes the fourth most important vegetable crop after tomatoes, cabbage, and onion in Asia (Eifediyi and Remison, 2010). Correspondingly, the increasing world population requires an equal increase in food production. Therefore, to add to existing food production levels, it is necessary to employ a range of diverse technologies in agriculture.

The fertilizers have an important role in increasing food production, and particularly the foliar application of micronutrients has a positive effect in increasing fruit yield and quality. Researchers have indicated that foliar spraying of macro and micronutrients have been used as a means to improve the yield and quality of fruits (Kumar et al., 2014). The fertilizers derived from nanotechnology in agriculture have garnered excessive attention and have a fast-growing field. Interestingly, nanotechnology has been used in different agricultural fields such as production, packaging, and transport of agricultural products (De Rosa et al., 2010; Baruah and Dutta, 2009; Srilatha, 2011). Nano-fertilizers simply dissolve in solution and release the nutrient(s) as soluble ions. Furthermore, the use of nano-fertilizers leads to increased efficiency of the elements and improved growth, with improved fruit set and yield. This potential contribution of nano-fertilizers in improving growth and yield is derived from greater absorbance and high reactivity.

Iron is an essential element for plants that plays a critical role in oxidizing and reducing systems. In addition, iron is a basic element in the synthesis of chlorophyll, which is essential for the maintenance of chloroplast structure and function (Sawan et al., 2001). Iron deficiency is a major problem in plants that result in the yellowing of leaves, poor growth, and reduced yield. During iron deficiency, chlorophyll production in leaves decreases and this is the primary cause of leaf chlorosis. Correspondingly, in proper concentrations, magnetic fluids play a positive effect on photosynthesis capacity, and similarly, iron ions in the structure of magnetic fluids play a significant role in plant metabolism (Răcuciu and Creangă, 2007; Shafiee-Masouleh et al., 2014).

Chitosan is one of the biodegradable compounds, which is a deacetylated form of chitin. It exists abundantly as a natural polymer that is derived from crustaceous shells such as crabs and shrimps. Moreover, chitosan is biocompatible and non-toxic compound and used in the formulation of slow-release fertilizers and late-degradable (Wu and Liu, 2008). Several studies have evidenced foliar-applied chitosan promoted growth and yield of various crops such as bean plants (Sharifa, 2013), cabbage (Hirano, 1988), radish (Farouk et al., 2008), and cucumber (Ghoname *et al.*, 2010). Similarly, *in vitro* use of chitosan showed an increase in photosynthesis in *Vitis vinifera* L. (Barka et al., 2004). Shafiee-Masouleh et al. (2014) used the magnetic nano-chitosan and carboxymethyl chitosan in various concentrations with a nutrient solution of lily during yearling bulblets and forcing sized bulbs production, and they proposed 15 mg L<sup>-1</sup> magnetic nano-chitosan (the highest assayed concentration) for increasing size of bulblets and bulbs. In another study, Hatamzadeh and Shafiei-Masouleh (2019) applied both compounds during forcing of lily bulbs to produce cut flowers and reported that both the compounds at 10 and 15 mg L<sup>-1</sup> had the highest effects of the soluble carbohydrates and amylases of flower buds without toxicity and for morphological effects needed to use higher concentrations. In a study on artichoke, between three levels of chitosan (0, 150, or 300 ppm), the highest concentration caused the more growth such as head yield (Elsharkawy and Ghoneim, 2019). They explained the reason on the effect, the direct and indirect role of chitosan on plant physiology. Xu and Mou (2018) reported the highest photosynthesis rate and gas exchanges with highest concentration of chitosan. Therefore, chitosan effects on plant growth can be well interpreted as before mentioned.

Up to now, the effects of foliar application of chitosan as nano-magnetic compound and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> were not studied in the soil culture of cucumber in the greenhouse. Therefore, this study aimed to determine the effects of different concentrations of magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> as a

foliar spray on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. 'Negin') compared to a usual iron chelate that is applied in farms and greenhouses.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Plant materials

The study was carried out at the Agricultural Research Center of Yazd (31° 49' 9.65" N, 54° 21' 52.30" E), Iran. Cucumber (cv. Negin) plants were planted under a glass greenhouse. Plants were grown with natural light conditions, approximate day/night temperatures of 26/16°C, and 60% relative humidity during the experiment. The study was conducted based on a completely randomized design with totally nine treatments, including magnetic nano-chitosan (MNC: 10, 25, 50, and 100 mg L<sup>-1</sup>), nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (NF: 10, 25, 50, and 100mg L<sup>-1</sup>) and one control treatment (IC: 60 mg L<sup>-1</sup>) and three replications. Seeds were sown in 48-cell seed germination trays filled with peat and perlite (V:V; 50:50). Then, each seedling was transferred to a pot whose size was 55 × 35 × 20 cm. Some of the physicochemical properties of the soils are shown in Table 1. The N-P-K fertilizers were applied in 4 g L<sup>-1</sup> (20-20-20; vegetative phase) and 5 g L<sup>-1</sup> (15-5-30; reproductive phase). For the control plants, 6% chelated iron was used.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil.

Organic matter (%)	pH	Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	EC (ds m <sup>-1</sup> )	Field capacity (%)	Extractable DTPA-Fe (mg Kg <sup>-1</sup> )
1.06	8.1	1.2	52	34.5	13.5	1.7	24	4.9

### 2.2. Preparation of magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and foliar application

The preparation of the nano-particles of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> was implemented according to Kang et al. (1996). Briefly, concentrated HCl (37%) and deionized water (30 mL) were deoxygenated by N<sub>2</sub> for 45 mins. FeCl<sub>3</sub> (5.4 g) and FeCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O (3.25 g) were added and dissolved completely. This solution was dripped to NaOH (1.5 M, 250 mL) within one hour at the deoxygenated conditions with N<sub>2</sub>, and the end of the reaction, the black precipitate was formed. The product was washed with distilled water and dispersed in deionized water and kept at 4 °C up to drying at 55°C. To analyze the size and morphology of nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, SEM (Scanning Electron Microscopy, XL-30, Philips, Eindhoven, USA) was used (Figure 1a). For the preparation of magnetic nano-chitosan, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> by carboxymethyl chitosan (see its preparation in Shafiee-Masouleh et al. (2014)) was encapsulated according to Chang and Chen (2005). The size and morphology of the nanoparticles were analyzed with SEM (Figure 1b). The mentioned concentrations of each compound were separately sprayed on the plant leaves and fruits with a commercial hand-held sprayer. Sprays were repeated at weekly intervals, starting from two weeks after transplanting. The plants were sprayed enough to cover all of leaves.

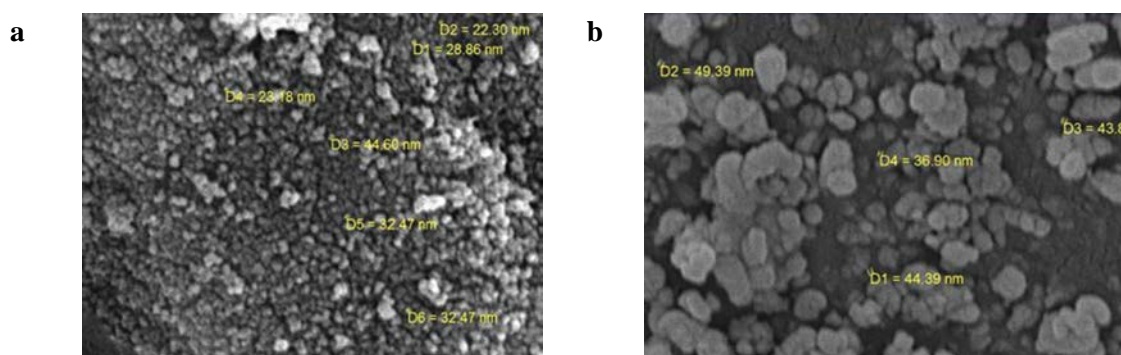


Figure 1. SEM images of nanoparticles; size and morphology of a) nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and b) magnetic nano-chitosan.

### 2.3. Measurement of plant physical characteristics

The dry weight, after drying in an oven at 70°C for 48 h, was measured for the shoot (leaves and stem). The leaf area of the plant was recorded with a leaf area meter (Model AM 100-002). The chlorophyll content was measured with the SPAD (Spad-502 plus, Konica Minolta, Tokyo, Japan). The plant height was recorded on the day of the harvest with a measuring tape.

### 2.4. Measurement of fruit physical and chemical characteristics

A sample of 10 mature fruits was taken to measure physical quality parameters such as diameter (cm), length (cm), and fruit shape (L/D). Fruit juice was extracted to analyze the total soluble solids and titratable acidity (Xie et al., 2011). The total soluble solids were measured using a hand refractometer at room temperature (Zhu et al., 2017).

### 2.5. Statistical analysis

The variance analysis was conducted using SAS software 9.1 and the means were compared with Duncan's multiple range test at the levels of  $p \leq 0.01$  or  $p \leq 0.05$ , according to the variance analysis.

## 3. Results

### 3.1. Growth and yield

Variance analysis of different concentrations of MNC and NF with control treatment (60 mg L<sup>-1</sup> iron chelate) had significant effects ( $p \leq 0.01$ ) on the yield and shoot dry weight and also significant effect ( $p \leq 0.05$ ) on the leaf area, chlorophyll content and fresh weight (Table 2). The effects of magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> foliar application on yield and growth parameters are reported in Table 3. The application of MNC significantly influenced on growth characters (leaf area, shoot fresh and dry weights). The highest shoot fresh weight (565.60 g) was recorded by foliar application of MNC at a rate of 50 mg L<sup>-1</sup> and the lowest shoot fresh weight (413 g) was found in treatment with 100mg L<sup>-1</sup> MNC and there were significant differences ( $p < 0.05$ ) between the two treatments. The application of MNC significantly improved the shoot dry weight, and the maximum shoot dry weight was observed in MNC50 that was non-significant with IC. The minimum shoot dry weight was observed in MNC10. The highest leaf area (645.00 cm<sup>2</sup> plant<sup>-1</sup>) was recorded by foliar spraying of MNC at the concentration of 25 mg L<sup>-1</sup>. However, the lowest leaf area (395.00 cm<sup>2</sup> plant<sup>-1</sup>) was observed in NF100.

Table 2. Variance analysis of yield and growth parameters of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. 'Negin') under the application of magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Source of variation	df	Yield	Leaf area	Plant height	Shoot fresh weight	Shoot dry weight	Chlorophyll content (SPAD)
Treatments	8	0.238**	23219*	0.26 <sup>ns</sup>	7221.3*	9.93**	50.08*
Error		0.064	8782.7	0.30	2726.7	2.32	17.77
CV(%)		6.540	16.8	15.64	10.3	10.01	10.51

\* and \*\* indicate significant differences at 5 and 1% probability levels, respectively.

The effect of foliar application with different concentrations showed that the highest and the lowest yields were obtained from plant sprayed with MNC50 and NF10 (4.35 and 3.40 kg plant<sup>-1</sup>), respectively. The results showed the application of MNC in some characteristics was not significant compared to other treatments, but it seems that 50 mg L<sup>-1</sup> NMC is more effective compared to the other treatments. Chlorophyll content was significantly affected by MNC and NF treatments. At the end of the growth period, the relative amount of chlorophyll increased up to 46.00 when plants were

treated with 100 mgL<sup>-1</sup> MNC, while chlorophyll content was lowest (35.00) for plants that received 10 mgL<sup>-1</sup> NF.

Table 3. Effects of magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> on yield and growth parameters.

Treatments	Yield (kg plant <sup>-1</sup> )	Leaf area (cm <sup>2</sup> plant <sup>-1</sup> )	Plant height (m)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Chlorophyll content (SPAD)
IC	4.15 ab	610.00 ab	3.38 ab	523.60 ab	17.53 ab	37.50 bc
NF10	3.40 c	600.00 ab	3.96 a	524.40 ab	13.66 c	35.00 c
NF25	3.80 abc	560.00 abc	3.70 ab	512.20 ab	14.20 bc	36.00 c
NF50	3.85 abc	470.00 abc	3.60 ab	483.10 ab	15.86 ab	44.50 ab
NF100	3.50 bc	395.00 c	3.10 b	470.00 ab	13.63 c	39.90 abc
MNC10	3.65 bc	450.00 bc	3.60 ab	467.00 ab	12.73 c	35.80 c
MNC25	3.90 abc	645.00 a	3.20 b	562.00 a	16.13 ab	38.00 bc
MNC50	4.35 a	620.00 a	3.90 a	565.60 a	18.00 a	41.00 abc
MNC100	3.65 c	555.00 abc	3.33 ab	413.00 b	15.23 abc	46.00 a

Mean separation by a differ letter in column are different based on Duncan's multiple range test (p < 0.05).

### 3.2. Fruit quality

Variance analysis of fruit parameters under the effects of NF and MNC foliar application are presented in Tables 4 and in Table 5. It seems that more concentrations in both compounds should need to achieve the significant effects on parameters of fruit quality.

Table 4. Variance analysis of cucumber fruit parameters under the effect of treatment with magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Source of variation	df	TSS	TA	Fruit diameter	Fruit length	Fruit shape (L/D)
Treatments	8	0.10 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.049 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
Error		0.19	0.06	0.064	1.87	0.48
CV (%)		13.2	27.3	8.32	8.38	12.88

<sup>ns</sup> non-significant.

Table 5. Effect of magnetic nano-chitosan and nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> on fruit parameters.

Treatments	TSS (%)	TA (%)	Fruit diameter (cm)	Fruit length (cm)	Fruit shape (L/D)
IC	3.23 a	0.90 a	3.30 a	16.43 a	5.02 a
NF10	3.2 a	0.95 a	2.97 a	16.06 a	5.44 a
NF25	3.53 a	1.02 a	3.10 a	16.66 a	5.46 a
NF50	3.33 a	0.91 a	3.03 a	15.33 a	5.06 a
NF100	3.2 a	1.01 a	2.86 a	16.25 a	5.68 a
MNC10	3.1 a	0.93 a	3.00 a	15.86 a	5.29 a
MNC25	3.66 a	1.00 a	3.16 a	17.03 a	5.43 a
MNC50	3.13 a	0.82 a	3.03 a	15.66 a	5.18 a
MNC100	3.16 a	1.06 a	2.95 a	15.83 a	5.39 a

Mean separation by a differ letter in column are different based on Duncan's multiple range test (p < 0.05).

## 4. Discussion and Conclusion

In the present study, the obtained data revealed that foliar sprays with MNC have similar effects with control treatment in terms of growth and yield of cucumber. The highest values of yield, the fresh and dry weights of shoots were recorded by foliar spraying of MNC at a concentration of 50 mg L<sup>-1</sup>.

Improving the growth and productivity of various crops by application of chitosan was recorded by several studies such as on cabbage (Hirano, 1988), *Lilium* (Shafiee-Masouleh et al., 2014), grape (Gornik et al., 2008), sweet basil (Kim, 2005), strawberry (Abd El Mawgoud et al., 2010)

and sweet pepper plants (Ghoname et al., 2010). According to Shafiee-Masouleh et al. (2014), it seems that chitosan has a role to increase the photosynthesis by promoting the nutrient element uptake, and then this would increase growth and yield of the plant. In a study, it was reported that the vegetative growth and leaf chlorophyll content of tomato improved by the application of chitosan, as well as goal manure and farmyard manure (El Tantawy, 2009). He stated that the effect of chitosan is due to increasing immunity system, photosynthesis pigments and photosynthesis rate, as well as promoting growth. Significant improvement has been observed by the application of different concentrations of chitosan in growth rates and yield of Chinese cabbage (Chandrkrachang et al., 2003). The positive influence of chitosan treatment in the yield was observed in soybean sprouts (Lee et al., 2005). They observed the highest growth of sprouts (hypocotyl and root length) in the seeds that treated with high molecular weight of chitosan as soaking, compared to low and medium molecular weight of chitosan and the control. They said that high molecular weight of chitosan increased the respiratory rate of seeds compared to other treatments. Therefore, being high molecular weight of chitosan cannot be explained that have effects on growth, but more respiratory rate increased the use of seed storage. Therefore, this is not in contrast with our results, which magnetic nano-chitosan with low molecular weight and in nano-size particles. Shafiee-Masouleh et al. (2014) reported that magnetic chitosan increased growth and development of bulb and yearling bulblets in *Lilium*. They found that treatment by 15 mg L<sup>-1</sup> MNC compared to other concentrations, including 0, 1, 2.5, 5 and 10 mg L<sup>-1</sup> in both of the experimented compounds (MNC and carboxymethyl chitosan (CMC)) and the control, has a positive and significant effects on fresh and dry weights of shoots and basal roots, diameter and fresh weight of bulblets. Mondal et al. (2012) reported that yield attributes and fruit yield increased significantly with increasing concentration of chitosan up to 100 ppm (the concentrations of 0, 50, 75, 100 and 125 ppm were investigated) in okra. Peyvendi et al. (2011) reported that foliar spray with nano-chelated iron (1, 3 or 5 kg ha<sup>-1</sup>) compared to iron chelated fertilizer (1.5, 4.5 or 7.5 kg ha<sup>-1</sup>) increased the mean dry and fresh weights of stems, roots, and leaves in levels less than 5 kg ha<sup>-1</sup>. It was similar to the highest iron chelated fertilizer (7.5 kg ha<sup>-1</sup>). Application of iron into the soil or on the foliage as chelate or sulfates improved the vegetative growth, yield, and fruit quality of various crops (Ma and Hong, 1998). It seems that some positive effects of nano-fertilizers in improving growth and yield of various crops are based on its ability for greater uptake by roots and high reactivity.

To conclude, according to the results, the significant effects of magnetic treatments towards the control are not evident in vegetative quality and high yield and also there is no significant difference for changing the biochemical structure of plants (quality parameters of fruits). In other words, organic and environment-friendly compounds had similar effects to iron chelate (control treatment), and in some cases it is more obvious to be towards the more effects. According to previous our results (Shafiee-Masouleh et al., 2014; Hatamzadeh and Shafiei-Masouleh, 2019), we achieved the best results at high concentrations of magnetic nano-chitosan, It seems that better results may achieve if higher concentrations of magnetic nano-chitosan, however, it needs to assay for a safe recommendation. Furthermore, it may be explained that the safe structure of magnetic nano-chitosan in making the nutritional and biochemical balance of the plant makes it an alternative to iron chelates and inorganic iron fertilizers in the near future. There are reports about toxicity of the chelated iron when apply in the soil and foliar applications in high doses (Siebach et al., 2015; Ren et al., 2018), but there is not any report about magnetic nano-compounds when apply in safe conditions, i.e. without magnetic fields. However, both of the use type, including in the soil or as a foliar application of magnetic nano-chitosan have indicated a safe range of application of nano-materials, and is the promising for sustainable agriculture. It could be concluded that MNC, as well as IC, is more effective than NF for yield and quantitative characteristics of cucumber under the experimental conditions. This could be due to the combined effects of MNC on supplying the iron source by magnetic core (magnetite) and increasing another element uptake for the plant by chitosan. This role of chitosan when uses as root application can be interpreted for its chelating role, but to know the cause of its effect in foliar application for increase in the growth (mechanism), more studies are needed. Furthermore, MNC was a suitable compound compared to NF. This research showed that nano-fertilizer could play an important role in the plant growth and yield of cucumber. Because both chitosan and magnetite are environment-friendly and low-cost compounds and for their synergic



effects into one compound could be used as supplementary fertilizer to promote the efficiencies of other fertilizers.

## References

- Abdel Mawgoud, A. M. R., Tantawy, A. S., El-Nemr, M. A., & Sassine, Y. N. (2010). Growth and yield Responses of strawberry plants to Chitosan application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1), 170-177.
- Barka, E. A., Eullaffroy, P., Clément, C., & Vernet, G. (2004). Chitosan improves development and protects *Vitis vinifera* L against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports*, 22, 608-614.
- Baruah S., & Dutta, J. (2009). Effect of seeded substrates on hydrothermally grown ZnO nanorods. *The Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 50, 456.
- Chandrkrachang, S., Sompongchaikul, P., & Teuntai, S. (2003). *Effect of chitosan applying in multiculture crop plantaion* Paper presented at the proceeding of the National Chitin–Chitosan Conference, Bangkok.
- Chang, Y. C., & Chen, D. H. (2005). Preparation and adsorption properties of monodisperse chitosan-bound Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles for removal of Cu (II) ions. *The Journal of Colloid and Interface Science*, 283, 446-451.
- De Rosa, M. C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*, 5(2), 91.
- Eifediyi E.K., & Remison S.U. (2010). Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativum* L.) as influenced by farm yard manure and inorganic fertilizer. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2(7), 216-220.
- Elsharkawy, G. A., & Ghoneim, I. M. (2019). Effect of Chitosan and Gibberellic Acid Applications on Yield, Quality and Yield Pattern of Globe Artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Egyptian Journal of Horticulture*, 46(1), 95-106.
- El-Tantawy, E. M. (2009). Behavior of tomato plants as affected by spaying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12, 1164-1173.
- Farouk, S., Ghoneem, K. M., & Abeer, A. (2008). Induction and expression of systematic resistance to downy mildew disease in cucumber plant by elicitors. *The Egyptian Journal of Phytopathology*, 1-2, 95-111.
- Ghonaime, A. A., El-Nemr, M. A., Abdel-Mawgoud, A.,M.,R., & El-Tohamy, W. A. (2010). Enhancement of sweet pepper crop growth & production by application of biological organic and nutritional solutions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 349-355.
- Gornik, K., Grzesik, M., & Duda, B. R. (2008). The effect of chitosan on rooting of grape vine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16, 333-343.
- Hatamzadeh, A., & Shafiei-Masouleh, S. S. (2019). The use of organic nano-supplements of fertilizer for lily forcing period. *Advances in Horticultural Science*, 33(2), 215-226.
- Hirano, S. (1988). The activation of plant cells and their self-defense function against pathogens in connection with chitosan. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan*, 62, 293-295.
- Kang, Y. S., Risbud, S., Rabolt, J. F., & Stroeve, P. (1996). Synthesis and characterization of nanometer-size Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles. *Chemistry of Materials*, 8, 2209-2211.
- Kim, H. J. (2005). *Characterization of bioactive compounds in essential oils fermented anchovy sauce and edible plants and induction of phytochemicals from edible plants using methyl jasmonate (MeJA) and chitosan*. (PhD), Clemson University, USA.
- Kumar, A., Maurya, B. R., & Raghuvanshi, R. (2014). Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3, 121–128.
- Lee, Y. S., Kim, Y. H., & Kim, S. B. (2005). Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. *HortScience*, 40(5), 1333-1335.

- Ma, C., & Hong, F. (1998). Preliminary studies on the effects of Hg zş on the germination and growth of wheat seedlings. *J. Acta Bot. Ecol.*, 22(4), 373-378.
- Mondal, M. M. A., Malek, M. A., Puteh, A. B., Ismail, M. R., & Ashrafuzzaman, M. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*, 6, 918-921.
- Peyvendi, M., Parande, H., & Mirza, M. (2011). Comparison of the effects of nano-iron chelated with iron chelate on growth parameters and antioxidant enzyme activity of *Ocimum Basilicum*. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 1(4), 89-98.
- Răcuciu, M., & Creangă, D. E. (2007). TMA-OH coated magnetic nanoparticles internalized in vegetal tissue. *Romanian Journal of Physics*, 52, 395-402.
- Ren, L., Eller, F., Lambertini, C., Guo, W. Y., Sorrell, B. K., & Brix, H. (2018). Minimum Fe requirement and toxic tissue concentration of Fe in *Phragmites australis*: A tool for alleviating Fe-deficiency in constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 118, 152-160.
- Sawan, Z. M., Hafez, S. A., & Basyony, A. E. (2001). Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelated zinc and calcium on seed protein and oil yields and oil properties of cotton. *The Journal of Agricultural Science*, 136, 191-198.
- Shafiee-Masouleh, S. S., Hatamzadeh, A., Samizadeh, H., & Rad-Moghadam, K. (2014). Enlarging Bulblet by Magnetic and Chelating Structures of Nano-Chitosan as Supplementary Fertilizer in *Lilium*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(6), 437-444.
- Sharifa, S. A. (2013). Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under water stress conditions. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3, 192-199.
- Siebach, S., Zalapa, J., Covarrubias-Pazaran, G., Harbut, R., Workmaster, B., DeVetter, L. W., Steffan, S., Guédot, C. & Atucha, A. (2015). Toxicity of chelated iron (Fe-DTPA) in American cranberry. *Journal of Horticulture*, 2 (128), 2376-0354.
- Srilatha, B. (2011). Nanotechnology in agriculture. *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology*, 2, 123.
- Wu, L., & Liu, M. (2008). Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Carbohydrate Polymers*, 72, 240-247.
- Xie, L., Ye, X., Liu, D., & Ying, Y. (2011). Prediction of titratable acidity, malic acid, and citric acid in bayberry fruit by near-infrared spectroscopy. *Food Research International*, 44(7), 2198-2204.
- Xu, C., & Mou, B. (2018). Chitosan as soil amendment affects lettuce growth, photochemical efficiency, and gas exchange. *HortTechnology*, 28(4), 476-480.
- Zhu, N., Nie, Y., Wu D., He, Y., & Chen, K. (2017). Feasibility study on quantitative pixel-level visualization of internal quality at different cross sections inside postharvest loquat fruit. *Food Analytical Methods*, 10(2), 287-297.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

**Evaluation of the Utilization of Mechanization in the Agricultural Enterprises in Terms of Productivity**

Süheyla AĞIZAN<sup>\*1</sup>, Cennet OĞUZ<sup>2</sup>, Kemalettin AĞIZAN<sup>3</sup>, Zeki BAYRAMOĞLU<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 42130, Konya, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9210-1671> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7846-4866> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-2340-2614>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-3258-3848>

\*Sorumlu yazar e-posta: [agizansuheyla@gmail.com](mailto:agizansuheyla@gmail.com)

**Article Info**

Received: 14.02.2020

Accepted: 05.10.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.688772

**Keywords**

Mechanization,  
Productivity,  
Tractor.

**Abstract:** Productivity in agricultural enterprises is mainly achieved by increasing the productivity of seed, fertilizer, pesticide, labor and mechanization inputs. The aim of this study was to determine the productivity of the use of mechanization which has a significant share and limitation in production costs. For this purpose, in Karapınar, Çumra and Altınekin districts, which have 24% of the mechanization equipment used in the province of Konya, work was carried out. According to stratified random sampling method, 107 agricultural enterprises were interviewed. As a result of the surveys conducted with these enterprises, demographic and capital structures of the enterprises were examined, and annual activity results were calculated. According to the results of the annual activities, the land, labor and capital efficiency of the enterprises were calculated and the productivity of all three production factors increased in parallel with the growth of the enterprise scale. In order to determine the mechanization utilization productivity, which is the main purpose of the study, tractor draw force, working hours, age and usage costs were calculated. As a result of the analysis, it was determined that the mechanization productivity increased as the scale of the enterprise grew and the use of mechanization of the enterprises having land of 200 decares and above was in European standards. According to this result, it has been determined that the choice of tractor suitable for land and enterprise scale should be made. For this reason, a machine park model has been proposed to facilitate the utilization of new technologies.

**Tarım İşletmelerinde Mekanizasyon Kullanımının Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi**

**Makale Bilgileri**

Geliş: 14.02.2020

Kabul: 05.10.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.688772

**Anahtar kelimeler**

Mekanizasyon,  
Traktör,  
Verimlilik.

**Özet:** Tarım işletmelerinde verimlilik başta tohum, gübre, ilaç, işgücü ve mekanizasyon girdilerinin verimliliklerinin artırılmasıyla sağlanmaktadır. Bu girdiler arasında üretim maliyetleri içerisinde önemli paya ve sınırlılığa sahip olan mekanizasyon kullanımının verimliliğinin belirlenmesi çalışmanın temel amacıdır. Bu amaca yönelik olarak Konya ilinde kullanılan mekanizasyon ekipmanlarının %24'üne sahip olan Karapınar, Çumra ve Altınekin ilçelerinde tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenen 107 tarım işletmesiyle görüşülmüştür. Bu işletmelerle yapılan anketler sonucunda işletmelerin demografik ve sermaye yapıları incelenmiş olup, yıllık faaliyet sonuçları hesaplanmıştır. Buna göre elde edilen yıllık faaliyet sonuçlarına göre işletmelerin arazi, işgücü ve sermaye verimlilikleri hesaplanmış olup, işletme ölçeğinin büyümesine paralel olarak her üç üretim faktörünün verimliliğinin arttığı

belirlenmiştir. Çalışmanın temel amacı olan mekanizasyon kullanım verimliliğini belirlemek için de traktör çeki gücü, traktör çalışma saati, traktör yaşı ve traktör kullanım maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda işletme ölçeğinin büyüdükçe mekanizasyon verimliliğinin arttığı belirlenmiş olup, 200 dekar ve üzeri araziye sahip işletmelerin mekanizasyon kullanımının Avrupa standartlarında oldukları belirlenmiştir. Bu sonuca göre arazi ve işletme ölçeğine uygun traktör seçiminin yapılması gerektiği ortaya konulmuş olup, bu noktada yeni teknolojilerden yararlanmayı kolaylık sağlayacak olan makine parkı model önerisi sunulmuştur.

---

Etik Kurul İzin Belgesi verilerin 2015 yılına ait olması nedeniyle bulunmamaktadır.

## 1. Introduction

The agricultural sector has a significant role in terms of meeting the food needs of the population and its contribution to national income, employment and foreign trade. Therefore, increasing the productivity in the sector is critical. In 2017, the world population is 7.5 billion. It is estimated to increase to 8.5 billion in 2030 and to 9.7 billion in 2050 (FAO, 2017). Meeting the nutritional needs of the increasing world population is greatly associated with increasing the productivity together with expanding arable lands. In recent years, arable land shows a tendency to decrease. In developed countries, the amount of agricultural land per capita in the last 50 years has declined from 0.70 hectares (ha) to 0.46 hectares. It is foreseen that it will decrease to 0.4 ha area by 2050 (Tarmakbir, 2018). For this reason, the meeting the food requirement of population depend greatly on the increase of productivity per unit area, which needs high capacity production material, skilled workforce, chemical input, mechanization usage etc. The use of mechanization does not directly affect the increase in productivity, like other inputs such as soil, water, seeds, fertilizer, and agricultural chemicals.

The technology used in the agricultural sector consists of two components. These components are biological and mechanical technologies. Biological technology includes all kinds of breeding activities such as seeds, fertilizers and drugs. Especially with this technology, it is possible to improve the products which are healthier and more durable besides high-productivity products. Mechanical technology usually consists of mechanization. In the presence of mechanization, there are tractors, tractor-used tools-machines, irrigation equipment and livestock equipment. With mechanization applications, labor, time and production costs are saved in agricultural enterprises. In addition, these applications can minimize negative climate conditions. It provides environmentally friendly and less resource production. For example, in the Çukurova region, the harvesting of 150 decares of width and 5 rows of cotton fields lasts an average working day with mechanization, while the number of labor needed to do the same job in a day is 450 people (Tarmakbir, 2018). In addition, the share of mechanization practices within the costs varies from region to region but it is between 25-40% (Oğuz et al., 2017; Olçay et al., 2016; Özgüven et al., 2010; Tarmakbir, 2018). Considering the ratio of the use of mechanization in production and enterprise costs, it is necessary to determine the productivity in the use of mechanization.

Productivity is one of the important performance measurement dimensions for the solution of the macroeconomic problems of the countries and the realization of the social development goals. Productivity is the ratio of the output obtained at the end of a given production process to the sum of the inputs or inputs used to obtain this output. Overall, productivity, which is a measure of how productively inputs are transformed into outputs, measures how well resources are used (Alrwis et al., 2015; Deng et al., 2018; Oguz & Yener, 2018; Singh et al., 2015).

There is no study on mechanization productivity when the studies on productivity have been examined (Alrwis et al., 2015; Canan & Ceyhan, 2016; Deng et al., 2018; Oguz & Yener, 2018; Özden & Armağan, 2005; Parlakay et al., 2015; Singh et al., 2015). Since mechanization fuel, repair maintenance, fixed capital interest and depreciation costs in agricultural enterprises have a high share in production costs. Productivity of mechanization in agricultural enterprises needs to be studied. In the study, the utilization levels of the agricultural production factors were determined, and the mechanization utilization productivities of the enterprises were compared and analyzed according to different enterprise width groups. Within the scope of the study, the measurement part of labor, capital, land, and mechanization productivity has been defined as productivity and as a result of the productivity

analyzes, a machine park development model for mechanization applications in rural areas has been proposed.

## 2. Materials and Methods

Primary and secondary data were used as part of the study. Secondary data were obtained by taking into consideration all kinds of printed publications and institutions' reports about mechanization. The primary data were obtained by survey and belong to 2015 year of manufacture. In the research, the surveyed area was determined as purposive sampling method. Altınekin, Karapınar and Çumra districts, which are the research area, constitute 24.73% of the total mechanization used in Konya. Therefore, the survey was conducted in three districts. The stratified random sampling method was used to determine the sample number of the enterprises to be surveyed, and the sample number was calculated with the formula below (Oğuz & Karakayacı, 2017). This method was used because the coefficient of variation was over 70%. In order to ensure homogeneity between the layers, the enterprises were examined in four groups. In determining the sample size, 95% confidence limits and 5% margin of error were studied and a total of 107 agricultural enterprises were surveyed (Table 1).

$$n = \frac{(\sum Nh.Sh)^2}{N^2.D^2 + \sum (Nh.Sh^2)} \quad D^2 = d^2 / z^2 \quad (1)$$

In the formula; "n" is the number of samples, "N" number of enterprises in population, "Nh" number of enterprises in the h'th layer, "Sh" is the variance of the h th layer, "d" represents the allowable margin of error from the population mean, "z" refers to the z value in the standard normal distribution table according to the error rate.

Table 1. Sample size distribution of the investigated farms enterprises

	Nh	Sh	Avg.	CV	Nh. Sh	Nh (Sh*Sh)	n
0-50	3 643	10.54	31.92	33.02	38 397.10	404 704.18	6.47
51-100	4 391	14.77	73.29	20.15	64 849.06	957 731.72	10.93
101-200	4 737	28.64	142.84	20.05	135 681.63	3 886 321.41	22.87
201+	3 780	105.33	320.11	32.90	398 151.67	41 937 764.44	67.11
Total	16 551				637 079.45	47 186 521.76	107.38

Prepared by the authors.

Land, labor and capital productivity were determined as follows:

- Land productivity = Production Value / Land Quantity
- Labor productivity = Production Value / Male Labor Force Unit (MLU)
- Capital productivity = Production Value / \$ 1 000

The term Production Value in the formula refers to the proceeds generated from the production activities in agricultural enterprises. Gross production value (GPV) is the most important criterion in total value of agricultural enterprises. In the scope of the study, gross production Value (GPV), net income (NI), gross margin (GM), agricultural income (AI) and net profit (NP) are calculated. The land, labor and capital productivity of all of these criteria were determined separately. In addition, while in the literature land and labor productivity is calculated over the production amount, the total gross production values are taken into consideration due to the high product variety.

The GPV is determined by the addition of the production value of plant and animal products and the increase in inventory of plant and animal productive stock value (PSV). Gross product (GP) is defined as the monetary statement of all the final goods and services produced in the enterprise a year. The gross production value of the gross product item is determined by adding housing rent and non-farm agricultural income. Another success criterion, net product, is obtained by subtracting the enterprise costs from gross product. In net product, enterprises are free of charge and without debt. Gross margin is one of the clearest success criteria used in the comparison of production activities or enterprises. As a matter of fact, gross margin is obtained by subtracting the variable costs from the GPV and the continuity of the production process in agricultural enterprises is generally interpreted by gross

margin. Net profit is defined as the profit of the entrepreneur and is obtained by deducting the production costs from the revenue generated as a result of the goods and services obtained during a production period. It demonstrates the success of the manager and is shown as the clearest benchmark (Karakayacı, 2019). Finally, agricultural income shows the income from agricultural production activities (Oğuz & Bayramoğlu, 2018). In calculation of monetary values, the exchange rate of \$ 1 to TL 2.72 were used (TCMB, 2019).

In the study, the amount of land was measured over hectare, and the capital amount shows the productivity obtained against each invested \$ 1 000, and co-productives were used in the calculation of man working day's. These co-productives are used in order to standardize the calculation of the labor force quantity of the employees who are in different ages and genders. Male and female workers in the 7-14 age group were multiplied by 0.50, male workers of 15-49 age group by 1.00 and female workers with 0.75, male workers of 50 and over were 0.75 and female workers were 0.50 male. Man Power Unit (MPU) hours was calculated by multiplying the average working day (280 days) in the agricultural enterprises by the obtained MLU (Oğuz & Mülayim, 1997).

In order to determine the mechanization productivity, the tractor value, tool machine value, tractor power, tractor age and tractor usage time (hours) were taken into consideration. The statements of the manager were considered in the calculation of these values. Mechanization productivity was determined by proportioning the product amounts obtained from agricultural enterprises with these values.

### 3. Results

Productivity, at the macro level, countries demonstrate the performance of enterprises at the micro level. For this reason, some productivity indicators are used in the comparison of enterprises performances. The calculation of productivity indicators in agricultural holdings is necessary in order to reveal the level of competition of the enterprises, to compare the enterprises and to develop strategies. It is possible to control and improve the performances at the level of enterprise units with the obtained productivity indicators. In addition, it allows to adjust production capacity, resource requirement and cost estimates according to budget objectives. For this purpose, in order to use the productivity indicators of agricultural holdings within the scope of the study, annual activity results and accordingly, land, labor, capital and mechanization productivity were calculated.

Labor productivity is increasing because production is continuous in non-agricultural sectors. In the agricultural sector, productivity decreases because production is interrupted. In recent years, the increase in the productivity per arable land with the developing technology leads to an increase in production quantity and total productivity. The basis of this increase in productivity is not only the marginal productivity of capital but also the increase in marginal productivity of labor and land (Karancaş et al., 2014).

The mechanization productivity of the enterprises is given at Table 2. As the enterprise scale grows, per hectares GPV, GP, NP, GM, NP and TI are increasing. This situation is seen in other studies (Ağızan & Bayramoğlu, 2019; Ağızan & Bayramoğlu, 2018; Arisoy et al., 2017; Aydın & Unakıtan, 2016; Aydın & Unakıtan, 2018; Erdoğan & Bayramoğlu, 2017; Karakayacı, 2020; Oğuz et al., 2017; Topcu, 2018). Increase in income with the growth of the enterprise scale in agricultural enterprises can be explained by productivity and efficiency. As the success of the production inputs used increases, there will also be an increase in total revenue. For example, it is seen that there is a positive correlation between income and the increase in the use of mechanization, which is one of the inputs of production. For this reason, the choice of mechanization should be done according to the needs of the enterprise. Otherwise, the mechanization will cause the equipment's to remain idle. Oğuz and Kaya (2016) have determined that the technical productivity of milk Enterprises is low against the proper size of their activities. The reason of low technical productivity is the lack of technical knowledge and management.

Enterprise scales do not differ much in terms of the number of tractors per hectare. However, the number of machine tools per hectare, tractor towing power and usage time are increasing with the increasing scale of the enterprise. Small-scale enterprises usually dry conditions grain crops are grown. In large-scale enterprises, generally irrigated agriculture is widespread and sugar beet, potato, silage maize, and alfalfa, perennial plants are grown. Therefore, the duration of tractor use increases according to the scale of the enterprise.

Table 2. Land productivity by enterprise' size

	0-50	51-100	101-200	201-+	Average of Enterprises	
Land Productivity	GPV per ha (\$)	3 980.05	4 854.04	5 061.92	5 293.04	5 239.86
	GP per ha (\$)	4 653.24	5 317.07	5 343.86	5 466.76	5 398.26
	NP per ha (\$)	1 086.10	2 163.15	2 555.39	2 961.01	2 827.95
	GM per ha (\$)	2 204.65	3 062.02	3 186.37	3 344.15	3 306.63
	NP per ha (\$)	-686.36	483.56	1 268.38	1 754.49	1 592.16
	TI per ha (\$)	-329.83	1 679.30	2 009.62	2 315.63	1 939.84
	Tractor Number per ha (Number)	0.83	0.81	0.69	0.83	0.80
	Number of Machine Tools per ha (Number)	6.56	5.54	5.91	7.88	7.14
	Tractor Towing Power per Ha Amount (HP)	38.87	32.10	39.57	50.67	45.71
	Tractor Usage Period per Ha (hour)	36.72	67.40	140.93	410.52	296.33

In general, there is an inverse relationship between mechanization and labor. These production factors can substitute for each other. As the technology level increases, the amount of labor required in the enterprise decreases. The increase in mechanization levels in parallel with the growth of the enterprise scale increases productivity and efficiency. Similar results were obtained in this study. In Table 3 shows the amount of production value and the productivity of mechanization per labor force. In the study, MLU was considered when calculating the labor force of the family members in agricultural holdings. According to the table, all the financial indicators per MLU increased in line with the growth of the enterprise scale. With the growth of the enterprise scale, the workforce is used more productivity and productively. In parallel with the growth of the enterprise scale, the fact that the products which are more in need of labor force are included in the production pattern accelerate this situation more. Depending on the increase in enterprise scale, the number of tractors per MLU, the number of tools, the amount of tractor draws power and the period of use of tractors have increased.

Table 3. Labor productivity by enterprise' size

	0-50	51-100	101-200	201-+	Average of Enterprises	
Labor Productivity	GPV per MLU (\$)	46.60	147.01	272.68	714.38	488.29
	GP per MLU (\$)	54.48	161.03	287.87	737.83	503.05
	NP per MLU (\$)	12.72	65.51	137.66	399.64	263.53
	GM per MLU (\$)	25.81	92.79	171.65	451.33	308.13
	NP per MLU (\$)	-8.04	14.64	68.33	236.80	148.37
	AI per MLU (\$)	-3.86	50.89	108.26	312.52	180.77
	Number of Tractors per MPU (Number)	0.01	0.02	0.04	0.11	0.08
	Number of Machine Tools per MLU (Number)	0.08	0.17	0.32	1.06	0.76
	Tractor Towing Power per MLU Amount (HP)	0.46	0.97	2.13	6.84	4.87
	Tractor Usage Period per MLU (hour)	0.43	2.04	7.59	55.41	36.56

The family population is of high importance in meeting the need for labor in agricultural enterprises. Because agricultural production is interrupted, the amount of labor required is not always the same. In addition, since family labor wages are treated as fixed costs and enterprisers make production by considering the changing costs, the quantity of family labor in enterprises is very important.

The most used method of determining the productivity of capital use in agricultural enterprises is of invested \$ 1 and the value obtained against the multiples. In terms of meaningful interpretation of the results, the productivity of capital in the study was determined with the production value obtained for the sum of \$ 1 000. In the scope of the study, GPV, GP, NP, GM, NP and AI, which are expressed as revenue in agricultural enterprises, were determined and the amounts of these values were calculated as per \$ 1 000 (Table 4). The amounts of these calculated values per unit capital increase due to the increase in the enterprise scales. In other words, the capital used in the enterprise is used more rationally with the growth of the enterprise scale.

Table 4. Capital productivity by enterprise' size

	0-50	51-100	101-200	201-+	Average of Enterprises
GPV per \$ 1 000 (\$)	12.27	35.08	73.09	167.99	125.19
GP per \$ 1 000 (\$)	14.35	38.43	77.16	173.50	128.98
NP per \$ 1 000 (\$)	3.35	15.63	36.90	93.97	67.57
GM per \$ 1 000 (\$)	6.80	22.14	46.01	106.13	79.00
NP per \$ 1 000 (\$)	-2.12	3.49	18.31	55.68	38.04
AI per \$ 1 000 (\$)	-1.02	12.14	29.02	73.49	46.35
Tractor Value Per \$ 1 000 (\$)	51.29	161.76	398.53	1 254.78	890.87
Machine, Tool Value Per \$ 1 000 (\$)	48.18	122.30	440.96	2 298.99	1 549.61

In terms of capital usage, the tractor and tool machine value per 1 000 \$ were determined in mechanization productivity. The share of these values in unit capital has increased depending on the enterprises scale. Arisoy et al. (2017) in their study in Konya province, they determined that enterprises are economically sustainable without public support as the land width increases. Oguz and Yener (2018), investigated the productivity of dairy cattle farms in Çumra, Karapınar and Ereğli counties. They found that productivity increased due to the increase in the number of animals in the enterprises. Canan and Ceyhan (2016) demonstrated their innovation and change in paddy-producing enterprises in Bafra district in Samsun with total factor productivity. In medium and large enterprises, total factor productivity is higher than small enterprises. The reason for this is that medium and large enterprises adapt to innovation and technology. With the increase in the amount of capital in agricultural enterprises, the productivity of capital and other production factors is increasing. As a matter of fact, technological developments provide ease of substitution between land, labor and capital. This status increases the elasticity of factor-demand (Karacan et al., 2014). The possibilities of substitution that will occur with the use of technology in agriculture are given in the figure. Accordingly, while the other production factors are fixed, the increase in the amount of capital in the land allows for the use of less labor and larger tractors. In case of decrease in the amount of capital, traditional production is made with more labor force. Substitution between capital and labor is never complete. As a matter of fact, it is not possible to produce without labor (Figure 1). Karabacak and Direk (2009) stated in their study that the developments in agricultural production technology will replace the labor force of capital and the demand for labor force will decrease. In addition, they showed that the decrease in the need for labor force would lead to an increase the optimal enterprises size within the framework of the scale economy.

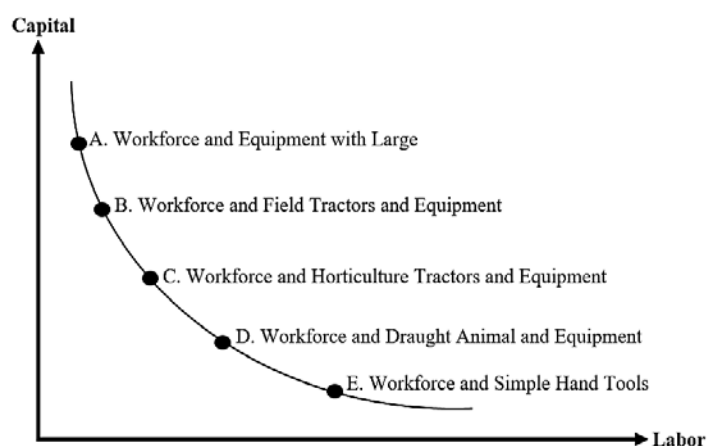


Figure 1. Technological Alternatives in Agriculture (Karacan et al., 2014).

The most important factor limiting production decisions in agricultural enterprises is capital. The inadequacy of capital structures of agricultural enterprises and the fact that production factors such as mechanization require expensive investments limit the use of these inputs. In order to obtain these inputs, the producers turn to external sources of finance and enable their enterprises to benefit from the technologies. Because technological applications are expensive investments, it is important to plan



capital use. The use of more capital than needed increases in depreciation and interest expenses in enterprises, resulting in increased enterprise costs. As a matter of fact, the success of the enterprise can be increased by making appropriate planning in agricultural enterprises.

In Table 5, mechanization productivity is given according to enterprises size groups. In order to be productive in mechanization use in agricultural enterprises, criteria used are tractor working hours, powers (HP), age and annual cost of use. Tractor power (HP) and age directly affect productivity in production. With the increase in tractor power, more work can be done per unit time and the productivity of the equipment's used can be increasing. In addition, being the high of tractor draw power in hard topographic conditions enables the production to be carried out with mechanization. For this reason, there must be a linear relationship between the towing power of the tractor to be purchased and the amount of land to be processed. The tractor can remain idle only if the tractors with higher traction are preferred without considering the land scale and topographical conditions. In this case, interest and depreciation costs of the enterprise are increasing.

Table 5. Mechanization productivity by enterprise' size

		0-50	51-100	101-200	201+	Average of Enterprises
Mechanization Productivity	Average Working Hours (hours)	51.39	120.45	240.65	528.93	398.19
	GPV/Working hours (\$)	238.80	291.24	303.72	317.60	314.40
	Agricultural Income / Working Hours (\$)	-19.79	100.82	120.58	138.94	116.39
Mechanization Productivity by Tractor Power	Average Tractor Power (HP)	54.33	57.36	61.48	67.37	64.35
	GPV / Tractor Power (\$)	225.86	611.56	1 188.87	2 493.38	1 945.64
	Agricultural Income / Tractor Power (\$)	-18.72	211.71	471.99	1 090.77	720.27
Mechanization Productivity according to tractor age	Average Tractor Age	13.33	12.45	10.91	10.09	10.69
	GPV/ Tractor Age (\$)	920.39	2 816.76	6 697.47	16 649.58	11 709.54
	Agricultural Income (AI) / Tractor Age	-76.27	975.10	2 658.94	7 283.63	4 334.87
Mechanization Productivity according to The Annual Utilization Cost	Average Annual Enterprise Cost of the Tractor Utilization	2 361.83	4 195.35	5 629.44	8 016.54	6 793.51
	Annual Costs According to Enterprise Working Hours (\$)	45.96	34.83	23.39	15.16	20.68
	Share in Enterprise Costs (%)	21.47	18.41	13.98	10.08	12.41
	According to Tractor Power / Annual Cost of Use (\$)	43.47	73.14	91.57	118.99	105.58

It was determined that the working hours of tractors increased in the investigated enterprises in parallel with the enterprise scale. As a result of this situation, an increase was observed in GPV and AI. The annual working hours of tractors in Turkey are average 500-550 hours (Tarmakbir, 2018). Therefore, it is seen that only large enterprises use their tractors rationally. In other enterprises, tractors remain idle and this raises enterprise costs.

Another indicator of the mechanization productivity is the age of the tractors used. The age of the tractors is important in terms of cost and time. Although it is not possible to use the old tractor efficiently, these tractors bring additional costs to the enterprises in fuel consumption and maintenance costs are very high. As a result of the aging of a tractor, an average of 700 L of fuel and an average of 100 hours of work loss occurs. Repair and maintenance costs are approximately \$ 735.29. These factors' costs to enterprises is higher than \$ 3 676.47 (Yalçın et al., 2007). In addition, the use of elderly tractors adversely affects human health. In European countries, 69% of tractor accidents occurred with tractors older than 12 years (Tarmakbir, 2018). In Table 5, as the enterprise size increases, the tractor age decreases and in parallel with the enterprise size, young tractors are used more efficiently. The economic life of a tractor is 10 000-12 000 hours in international standards and the average annual working time in Turkey is 500-550 hours. According to these values, the maximum life of a tractor in Turkey is 24 years. This situation reveals that the tractors in the investigated enterprises are below average and that they have tractors that can be used.

The last criterion of mechanization productivity is annual cost of use, and the best criterion for productivity is this. In the sub-components of this criterion, the average tractor usage cost is included. In addition, the share of this cost in the enterprise costs was calculated according to the working hours and tractor power. According to the results obtained, the usage time of the tractor increases with the increase in the scale of the enterprise and accordingly the usage cost increases. However, it is necessary to pay attention to the cost of tractor usage per hour. According to the table, per unit hours the usage cost of the tractor decreasing while the increasing of the scale of the enterprise. This also applies to

enterprise costs. The share of the use cost of tractors in enterprises costs decreases with the increase of the enterprises scale. Because tractors are strong and new in the investigated enterprises, the costs of tractor use are inversely proportional to the working hours. As the enterprise scale increases, the cost of tractor use per unit tractor power increases as well. This allows more land to be processed depending on the tractor's towing power.

#### 4. Conclusion

Small and fragmented agricultural lands in Turkey restricts the use of mechanization in agriculture. This complicates the choice and acquisition of mechanization. As a matter of fact, the fact that the land is small and fragmented prevents the decrease in income and the use of mechanization due to the physical properties of the land. This situation causes a decrease in productivity in agricultural production. The mechanization used to ensure productivity should increase profitability in enterprise. As a result of the study, as the size of the land increases, the productivity of the mechanization used increases and profitability increases. In addition, there is productivity in the use of labor force and capital, and it is determined that the production factors are used rationally in parallel with the growth of the enterprise scale.

In line with the results obtained, the use of high-tech mechanization tools and equipment is recommended in agriculture in Turkey. Since the cost of these equipment is high and the capital structure of agricultural enterprises of Turkey is not at the level to meet these equipment, new strategies need to be developed. This strategy is "Cooperation in Machine Use Models". With this development model, there will be no investment costs of the machines. In addition, with the renewal of mechanization tools and equipment's in a short time, the latest technologies will be used in the enterprises. With "Cooperation in Machine Use" mechanization costs will be minimized and high depreciation and interest costs in fixed capital will be reduced. Reduction of costs, technological developments will increase profitability in enterprises.

The development model, expressed as Cooperation in Machine Use, has started to be implemented in the 2000s and the first examples have failed for various reasons. However, the organization called CUMA in France increased the use of tractor 2.5 times and increased it to 1 000 hours. In recent years, necessary attention has been given to this issue in Turkey. Among the successful examples;

- "Cooperation in Machine Usage Park Project" Of Suruç District Governorship,
- Bayburt Provincial Directorate of Agriculture and Forestry for the use of common machinery Park Formation,
- The work of the Association of cattle breeding in Amasya to exploit the equipment's in the Cooperation in Machine Park at low cost to the producers is located.

Recently, applications for "Cooperation in Machine Use" are not enough against the increase. To increase the use of common machinery.

- Enterprise width, production patterns, irrigation facilities, labor supply and existing mechanization levels should be established.
- It should be explained that the product diversity and productivity increase will be provided to the producers with the use of mechanization.
- The number of institutions / organizations that can offer "Cooperation in Machine Park" to producers should be increased and these institutions / organizations should be introduced to producers.
- Producers should be given the ability to act together and cooperation should be ensured between them.

#### References

- Ağızan, K., & Bayramoğlu, Z. (2019). Tarım İşletmelerinde Girişimciliğin Belirleyicileri Üzerine Bir Çalışma; Konya İli Ereğli İlçesi Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 294-305.

- Ağızan, S., & Bayramoğlu, Z. (2018). *Sulama Sistemlerinin Tercihini Etkileyen Faktörlerin Analizi*. Paper presented at the Uluslararası Su ve Çevre Kongresi SUÇEV, Bursa.
- Alrwis, K. N., Aldawdahi, N. M., & Ahamad, S. A. B. (2015). Estimate the production efficiency of the dairy plants in Saudi Arabia using Data Envelopment Analysis (DEA). *Custos e Agronegocio On Line*, 11(3), 298-315.
- Arisoy, H., Bayramoglu, Z., Karakayaci, Z., & Oguz, C. (2017). The effect of agricultural support on the economic sustainability of agricultural enterprises. *Custos e agronegocio on line*. 13 (3), 233-253.
- Aydin, B., & Unakitan, G. (2016). Trakya Bölgesinde faaliyet gösteren tarım işletmelerinin karsilastirmali ekonomik analizi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2), 223.
- Aydın, B., & Unakitan, G. (2018). Efficiency analysis in agricultural enterprises in Turkey: case of Thrace Region. *Custos e @gronegocio on line*, 14(2), 137-160.
- Canan, S., & Ceyhan, V. (2016). Total factor productivity change and innovation in farms producing paddy in Bafra District of Samsun, Turkey. *Custos e Agronegocio On Line*, 12(1), 201-219.
- Deng, R., Ran, G., Zheng, Q., & Wu, X. (2018). The Nonlinear Effect of Agricultural Informatization on Agricultural Total Factor Productivity in China: A Threshold Test Approach. *Custos e Agronegocio On Line*, 14(2), 213-236.
- Erdoğan, F., & Bayramoğlu, Z. (2017). Tarım İşletmelerinde Finne-Kinney Yöntemi ile Risk Analizi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 19-28.
- FAO. (2017). In FAO Statistical Yearbook 2017. Retrieved from [www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.html](http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.html) Erişim Tarihi: 15.02.2018.
- Karabacak, A., & Direk, M. (2009). *Tarımda Küreselleşme ve Türkiye*. Paper presented at the Journal of Azerbaijani Studies.
- Karacan, R., Doğan, B. B., Erdoğan, S., Yumuşak, İ. G., Ak, R., Genç, S. y., Türk, A., Ateş, H., & Yumuşak, İ. G. (2014). *Tarım Ekonomisi ve Tarımsal Politikalar: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri*.
- Karakayaci, Z. (2020). Socio-Economic Analysis of Dairy Cattle Enterprises in Urban Sprawl. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 26(1), 135-142. doi:10.9775/kvfd.2019.22459
- Karakayacı, Z. (2019). Determination of the Efficiency of Resource Utilization of Agricultural Enterprises in Urban Sprawl; in Case of Konya Province. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 450-457.
- Oguz, C., & Kaya, S. (2016). Factors affecting milk production in dairy farming enterprises and effectiveness analysis: A case study in Konya Province of Turkey. *Custos e Agronegocio*, 12, 121-136.
- Oguz, C., & Yener, A. (2018). Productivity Analysis of Dairy Cattle Farms in Turkey: Case Study of Konya Province. *Custos e Agronegocio*, 14(1), 298-319.
- Oğuz, & Mülayim. (1997). Konya'da Sözleşmeli Şeker Pancarı Yetiştiren Tarım İşletmelerinin Ekonomik Durumu. *SS Konya Pancar Ekicileri Eğitim ve Sağlık Vakfı Yayınları*, Yayın(4).
- Oğuz, C., & Bayramoğlu, Z. (2018). *Tarım Ekonomisi Kitabı* (Vol. 3.Baskı). Konya: Atlas Kitapevi
- Oğuz, C., Bayramoğlu, Z., Ağızan, S., & Ağızan, K. (2017). Tarım İşletmelerinde Tarımsal Mekanizasyon Kullanım Düzeyi, Konya İli Örneği. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 63-72.
- Oğuz, C., & Karakayacı, Z. (2017). *Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örnekleme Metodolojisi*. Konya: Atlas Akademi.
- Olçay, N., Bayhan, A. K., & Gökdoğan, O. (2016). Karaman İlinde Kuru Fasulye Yetiştiriciliğinde Mekanizasyon Girdi ve Maliyetlerinin Belirlenmesi *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2016(33), 42-51.
- Özden, A., & Armağan, G. (2005). Aydın İli Tarım İşletmelerinde Bitkisel Üretim Faaliyetlerinin Verimliliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11(2), 111-121.
- Özgüven, M. M., Türker, U., & Beyaz, A. (2010). Türkiye'nin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 89-100.
- Parlakay, O., Semerci, A., & Çelik, A. D. (2015). Estimating technical efficiency of dairy farms in Turkey: a case study of Hatay Province. *Custos e Agronegocio Online*, 11, 106-115.

- Singh, S., Kiran, R., & Goyal, D. (2015). Market share, R & D and determinants of productivity: firm based analysis of agri-biotech sector of Punjab in India. *Custos e Agronegocio Online*, 11(3), 166-182.
- Tarmakbir. (2018). Tarım Makinaları Sektör Raporu. Retrieved from <http://www.tarmakbir.org/haberler/tarmakbirsekrap.pdf> Erişim Tarihi: 23.04.2019.
- TCMB. (2019). Türkiye'de Döviz Kuru. Retrieved from [http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/201512/Dec\\_tr.html](http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/201512/Dec_tr.html) Erişim Tarihi: 19.04.2019.
- Topcu, Y. (2018). Erzurum ili süt sığırcılığı işletmelerinin sermaye yapısına dayalı risk düzeyleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(2), 154-160.
- Yalçın, H., Aykas, E., İsmet, Ö., & Evcim, Ü. (2007). Reduced Tillage Systems on Second Crop Cotton in Aegean Region. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(4), 233-238.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Erciş Üzüm Çeşidinde Farklı Ürün Yükü ve Etefon Dozlarının Verim ve Kalite ile Bazı Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkileri**

**Şerif KARATEKE<sup>1</sup>, Cüneyt UYAK<sup>2\*</sup>, Adnan DOĞAN<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0151-8488> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6101-6845> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-8623-0629>

\*Sorumlu yazar e-posta: [cuneytyyak@gmail.com](mailto:cuneytyyak@gmail.com)

**Makale Bilgileri**

Geliş: 31.08.2020

Kabul: 20.11.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.788417

**Anahtar kelimeler**

Ben düşme,  
Etefon,  
Fenolik bileşik,  
Organik asit.

**Öz:** Bu araştırma, Erciş üzüm çeşidinde farklı ürün yükü ve etefon dozlarının verim ve kalite ile bazı biyokimyasal özellikler üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla 2017 yılında yürütülmüştür. Kendi kökleri üzerinde goble terbiye sistemine sahip asmalara tane tutumunun ardından salkım seyreltme yoluyla iki farklı ürün yükü (20 ve 30 salkım/asma) uygulanmıştır. Ben düşme tarihinden sonraki 7. ve 14. günlerde iki kez dört farklı dozda (0-100-500-1000 ppm) sadece salkımlara püskürtme yoluyla etefon uygulaması yapılmıştır. Erciş üzüm çeşidinde ürün yükü ve etefon uygulamalarının asma verimi, salkım eni, 100 tane ağırlığı, tane boyu, tane eni, L\* ve b\* değeri ile sirinjik ve p-kumarik asit miktarları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki ürün yükünde de etefon dozlarının kontrole göre asma verimi, salkım ağırlığı, salkım boyu, salkım eni, tane boyu, tane eni, 100 tane ağırlığı, tartarik asit, malik asit, pH ve toplam asitlikte genel olarak azalmaya, suda çözünebilir kuru madde miktarında ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

**Effects of Different Crop-load and Ethephon Treatments on Yield, Quality and Biochemical Parameters of Erciş Grape Cultivar**

**Article Info**

Received: 31.08.2020

Accepted: 20.11.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.788417

**Keywords**

Veraison,  
Ethephon,  
Phenolic compound,  
Organic acid.

**Abstract:** This study was conducted to investigate the effects of different crop-load and ethephon treatments on yield, quality and biochemical characteristics of Erciş grape cultivar in 2017. Experimental vines were grown on their own roots and trained in gobble style. Following the fruit-set, cluster thinning was performed as to have two different fruit loads (20 and 30 cluster/vine). Ethephon (CEPA 2-Chloroethylphosphonic acid) was sprayed externally only to the clusters in 4 different doses (0-100-500-1000 ppm) twice 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> days after veraison. Crop loads and ethephon treatments had significant effects on vine yield, cluster width, 100-berry weight, berry length and width, L\* and b\* values, syringic and p-coumaric acid contents of Erciş grapes. In both crop loads, as compared to the control, ethephon doses generally decreased vine yield, cluster weight, length and width, berry length, width and 100-berry weight, tartaric and malic acid contents, pH and total acidity and increased soluble solid contents.

**1. Giriş**

Tarımsal ürünlerin çoğunda olduğu gibi bağcılıkta da birim alandan en yüksek verim ve kalitenin elde edilmesi temel amaçlar arasında yer almaktadır. Bu amaca ulaşmak için ıslah çalışmalarıyla verim ve kalitesi yüksek yeni üzüm çeşitleri elde edilmeye çalışılırken, mevcut çeşitlerde de verim ve kalitenin artırılmasına yönelik çalışmalar da hızla devam etmektedir. Günümüzde bu

bağlamda birçok teknik ve kültürel uygulama hayata geçirilmiş olup başarıyla uygulanmaktadır. Bu konudaki en eski uygulama asmaların gelişme kuvvetlerine uygun ürün yükü ile yüklenmeleridir. Ürün yükü ayarlanması ile asmanın verim ve kalitesinin artırılabilceği birçok araştırmayla ortaya konmuştur (Kurtural ve ark., 2006; Miele ve Rizzon, 2013; Shalan, 2013).

Kültürel ve teknik uygulamalar dışında verim ve kalitenin artırılmasına yönelik olarak kimyasal bileşiklerin kullanımı da oldukça yaygın bir yöntemdir. Bu amaçla kullanılan kimyasal bileşikler içerisinde bitki büyüme düzenleyicileri önemli bir yere sahiptir. Günümüzde doğal veya sentetik bitki büyüme düzenleyicilerinin dışsal uygulamaları ile fizyolojik yapıda meydana gelen değişimlerin araştırılması ve bunlardan yetiştiricilikte yararlanmaya yönelik çalışmalar hızla devam etmektedir. Bağcılıkta bitki büyüme düzenleyicilerin dışsal uygulamalarının verim ve kalite üzerine olan etkileri, çeşide, kullanılan kimyasal maddenin yapısına, tipine, dozuna, uygulama zamanına ve şekline göre önemli ölçüde değişmektedir (Ağaoğlu, 1976; Uzun, 1996). Bu yüzden bitki büyüme düzenleyicilerin bağ yetiştiriciliğinde etkin şekilde kullanılmaları bu kimyasalların asma üzerinde farklı doz, zaman ve uygulama şekillerinin yaratacağı etkilerin bilinmesine bağlıdır. Öte taraftan çeşitlerin bitki büyüme düzenleyicilerine verecekleri tepkiler farklı olup bu farklılıkların çeşitler bazında ortaya konması pratikte önem taşımaktadır.

Etilenin bitki fizyolojisi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasından sonra bu hormonun dışsal uygulamalarda kullanılması amacıyla birçok yapay formları üretilmiş olup bunlar içerisinde uygulamada en çok kullanılan 2-Kloroetilfosfonik asit veya etefon (CEPA) dur. Bağcılıkta etefonun verim ve kalite, meyve kompozisyonu, tane kabuk rengi, olgunlaşma, vejetatif gelişme, tane absisyonu ve çeliklerde köklenme üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla birçok araştırma yürütülmüştür (Lavee ve ark., 1977; El-Zeftawi, 1982; Szyjewicz ve Kliwer, 1983; Ezzahouani, 1997; Çoban, 2008; Kaura ve ark., 2013; Ferrara ve ark., 2016). Son yıllardaki teknolojik gelişmeler ve disiplinler arası çalışmalar birçok üründe biyokimyasal özelliklerin ayrıntılı olarak incelenmesine imkân vermiştir. Bu çalışma, dışsal etefon uygulamalarının olgunlaşmayı hızlandırma, asma verim ve kalitesi üzerine olan etkilerinin yanı sıra biyokimyasal özellikleri üzerine olan etkilerini ayrıntılı olarak ortaya koyması bakımından önem taşımaktadır.

Yöre bağcılık açısından kısıt faktörleri bünyesinde barındırmaktadır. Bölgenin farklı lokasyonlarında halk tarafından beğenilerek sofralık olarak tüketilen ve yetiştirilen mahalli çeşit olması nedeniyle Erciş üzüm çeşidi çalışmaya konu teşkil etmiştir. Bu çalışmada, Erciş üzüm çeşidinde farklı ürün yükü ve etefon dozlarının verim ve kalite ile bazı biyokimyasal özellikler üzerine olan etkileri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma, 2017 yılında Doğu Anadolu Bölgesi Van Gölü Havzası'nda ticari üretim yapılan bir bağ alanında yürütülmüştür. Van Gölü Havzası, 1725 m rakıma sahip 38° 28' enlem ve 43° 21' boylam dereceleri arasında bulunan etrafı yüksek dağlarla çevrili, karasal iklimin hüküm sürdüğü bir havzadır. Denemede araştırma materyali olarak, bölgede yaygın olarak yetiştirilen, Erciş üzüm (*Vitis vinifera* L) çeşidi kullanılmıştır. Erciş üzüm çeşidinin salkımları kanathı, sık yapılı, taneleri mavimsi siyah renkte, basık küresel şekilli, sulu, ince kabuklu ve üzeri pusuludur. Ortalama salkım ağırlığı 280 g tane ağırlığı ise 3.20 g'dır (Kelen, 1991). Denemenin yürütüldüğü bağdaki omcalar 20 yaşında olup, aşısız fidanlarla 2 x 1,5 m dikim sıklığında tesis edilmiş ve goble şeklinde terbiye edilmiştir. Araştırma yılına ait yıllık ortalama sıcaklık 10.43 °C, en sıcak ay ortalaması (Temmuz) 23.3 °C, en soğuk ay ortalaması (Ocak) - 2 °C, gelişme dönemi ortalama sıcaklığı (Nisan- Ekim arası) 17.44 °C, yıllık yağış miktarı ise 416.5 mm olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2018).

### 2.2. Yöntem

Deneme bağında kış budaması sırasında birbirine yakın kuvvette gelişme gösteren, sağlıklı asmalar belirlenmiş olup üç tekerrürlü ve her tekerrürde dört asma olacak şekilde planlama yapılmıştır. Omcalar 3-4 göz üzerinden kısa budamaya tabi tutulmuş olup, istenen ürün yüklerine ulaşmak amacıyla omcalar üzerinde 25-30 göz bırakılmıştır. Tane tutumunun ardından asmalara 20 ve 30 salkım/asma

olacak şekilde salkım seyreltme yoluyla iki farklı ürün yükü uygulanmıştır. Her iki ürün yükünde de ben düşme tarihinden sonraki 7. ve 14. günlerde olmak üzere iki kez dört farklı dozda (0-100-500-1000 ppm) sadece salkımlara püskürtme yoluyla etefon (CEPA 2-Kloroetilfosfonik asit) uygulaması yapılmıştır (Ağaoğlu ve Çelik, 1977; Çoban, 2008). Uygulamalar sabah saatlerinde yapılmış olup kontrol gruplarına saf su püskürtülmüştür. Etefon uygulamalarının verim, kalite ve biyokimyasal özellikler üzerine olan etkilerini ortaya koymak amacıyla kontrol uygulamalarının hasat tarihi baz alınarak hasat gerçekleştirilmiştir. Hasatta genel kriter sofralık üzümde %16-18 değerlerine ulaştığında hasat öngörülmektedir (Çelik ve ark., 1998). Her iki ürün yükünde de kontrol uygulamalarının %16-17 kuru madde miktarlarına ulaşması ile birlikte tüm uygulamalar tek seferde hasat edilmiştir. Hasat '20 salkım/asma' ürün yüküne sahip uygulamalarda 21.09.2017 tarihinde '30 salkım/asma' ürün yüküne sahip uygulamalarda ise 26.09.2017 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Gelişme dönemi içerisinde asmalar iki kez salma sulama yöntemi ile sulanmış ve iki kez toprak işleme yapılmıştır. Külleme hastalığına karşı asmalar, tane tutum sonrası ve ben düşme öncesi dönemleri arasında iki kez sistemik etkili bir fungusit ile ilaçlanmıştır.

Uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla; asma verimi (g/asma), ortalama salkım ağırlığı (g), salkım boyu ve eni (cm), tane boyu ve eni (mm), tane kabuk rengi ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri), 100 tane ağırlığı (g), fenolik bileşikler, toplam fenolik madde miktarı, organik asitler, suda çözünebilir kuru madde miktarı (%), toplam asitlik (g/l) ve şıra pH'sı değerleri belirlenmiştir. Asma verimi (g/asma); tekerrürlerdeki asmalardan elde edilen ürünün tartılmasıyla, salkım ağırlığı ve boyutları tekerrürlerdeki asmalardan alınan 10'ar adet salkımda yapılan ölçümler ile tane boyutları ve tane kabuk rengi ise 100 adet tanede belirlenmiştir. Tane kabuk rengi Konica Minolta CR-400 marka renk ölçer cihazı ile belirlenmiştir.  $L^*a^*b^*$  renk modelinde,  $L^*$ , rengin açıklık ve koyuluğunu (beyaz-siyah),  $a^*$  değeri rengin kırmızı ve yeşil aralığını,  $b^*$  değeri ise sarılık ve maviliğini gösterir. Suda çözünebilir kuru madde miktarı ise dijital refraktometre ile belirlenmiştir. Analizlerde kullanılacak örnekler tekerrürlerdeki asmaların değişik yönlerindeki gölge ve güneş gören salkımlarının uç, orta ve dip kısımlarındaki tanelerden alınmıştır. Organik asit ve fenolik bileşik analizlerinde kullanılan standartlar kromatografik saflıkta (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) temin edilmiştir.

### 2.2.1. Fenolik bileşiklerin belirlenmesi

Uygulamalardan alınan meyve örneklerinde (kabuk + meyve eti) gallik asit, protokateşik asit, klorojenik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, 0-kumarik asit, vanilik asit, sirinjik asit ve resveratrol miktarları tespit edilmiştir. Fenolik bileşiklerin HPLC ile ayrılmasında Rodriguez-Delgado ve ark. (2001) tarafından belirlenen yöntem kullanılmıştır. 2 g üzüm örneği (kabuk +meyve eti) homojenizatörde parçalandıktan sonra 1:1 oranında distile su ile sulandırılmış ve 15 dk. 15000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Daha sonra üstte kalan kısım 0.45 µm millipor filtreden geçirilerek viallere doldurulmuştur. Kromatografik ayırım, Agilent 1100 HPLC sisteminde, DAD dedektörü ve 250\*4.6 mm, 4 µm ODS kolon kullanılarak gerçekleştirilecektir. Mobil faz olarak 280 ml metanol + 20 ml asetik asit + 700 ml ultra saf su kullanılmıştır. Ayırım 254 ve 280 nm dalga boylarında gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.2. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Uygulamalardan alınan 5 g meyve örneğine 25 ml metanol eklenip 2 dakika boyunca homojenizatör ile orta hızda homojenize edildikten sonra 30 dk oda sıcaklığında karanlık koşullarda bekletilmiştir. Örnekler filtre kâğıdıyla süzülerek efendorf tüplere aktarılmış ve analiz yapıncaya kadar -80 °C' de muhafaza edilmişlerdir. Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemiyle spektrofotometrede belirlenmiştir (Swain ve Hillis, 1959). Çözeltilerin spektrofotometrede 725 nm dalga boyunda absorban değerleri okunmuş, toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri (GAE) mg/100 g yaşı ağırlık olarak ifade edilmiştir.

### 2.2.3. Organik asitlerin belirlenmesi

Etefon uygulamaları sonrasında elde edilen meyve örneklerinde (kabuk + meyve eti) organik asitlerden tartarik asit, malik asit ve sitrik asit miktarları belirlenmiştir. Organik asitlerin ekstarksiyonunda Bevilacqua ve Califano (1989) tarafından verilen metot modifiye edilerek

kullanılmıştır. Elde edilen üzüm örneklerinden (kabuk+meyve eti) 1 g alınarak santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Bu örnekler üzerine 20 ml 0.009 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenerek, homojen hale getirilmiştir. Daha sonra çalkalayıcı üzerinde 1 saat karıştırılmış ve 15 dakika 15000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra süpernatant kısım önce kaba filtre kâğıdından, daha sonra iki kez 0.45 µm membran filtreden ve son olarak SEP-PAK C<sub>18</sub> kartuşundan geçirilmiştir. Organik asitler, Bevilacqua ve Califano (1989) tarafından verilen yöntem kullanılarak HPLC cihazında analize tabi tutulmuştur. HPLC sisteminde Aminex HPX - 87 H, 300 mm x 7.8 mm kolon kullanılmıştır. Sistemdeki detektör 214 ve 280 nm dalga boylarına ayarlanmış ve mobil faz olarak 0.009 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılmıştır.

### 2.3. İstatistiki Analiz

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Elde edilen veriler Statgraphics istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiş ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Uygulamaların asma verimi üzerine olan etkileri istatistiki olarak önemli bulunurken, asma verim değerlerinin 5485.35 g/asma (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) ile 8828.21 g/asma (30 salkım/asma-kontrol) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ürün yükündeki artışa paralel olarak asma veriminin arttığı ve her iki ürün yükünde de etefon uygulamalarının kontrole göre asma veriminde kayıplara neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Szyjewicz ve Kliewer (1983), Chenin Blanc çeşidinde (çiçeklenmeden sonraki 0, 1, 2 ve 3. haftalarda), Ağaoğlu (1977), Hamburg Misketi çeşidinde etefon uygulamalarının asma veriminde kayıplara neden olduğunu bildirmişlerdir. Kaur ve ark. (2013), Flame Seedless çeşidinde % 75 ve % 50 ürün yüklerinde 400 ve 500 ppm etefon dozlarının verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Üzüm veriminde meydana gelen kayıpların ya aşırı dozlardan ya da çok erken dönemdeki uygulamalardan kaynaklandığı bildirilmiştir (Szyjewicz ve Kliewer, 1983).

Salkım ağırlığı ve salkım boyu üzerine uygulamaların etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunurken salkım eni üzerine olan etkileri önemli bulunmuştur. '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulaması en düşük salkım ağırlığı ve boyunu (sırasıyla 256. 83 g ve 15.33 cm) veren uygulama olurken, '20 salkım/asma-kontrol' uygulaması ise en yüksek salkım ağırlığı ve boyunu (sırasıyla 304. 88 g ve 16.73 cm) veren uygulama olmuştur. En düşük salkım eni 7. 13 cm ile '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulamasında en yüksek salkım eni ise 8. 90 cm ile '20 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulamasında ölçülmüştür. Her iki ürün yükünde de etefon uygulamalarının kontrole göre salkım ağırlığı, salkım boyu ve salkım eninde (20 salkım/asma + 100 ppm etefon uygulaması hariç) azalmalara neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Kök ve Bal (2018), Red Globe üzüm çeşidinde 300 mg/l etefon uygulamasının kontrole göre salkım ağırlığını azalttığını, salkım boyunu ve enini ise arttırdığını tespit etmişlerdir. Szyjewicz ve Kliewer (1983), Chenin Blanc üzüm çeşidinde çiçeklenmeden sonraki 0, 1, 2 ve 3. haftalarda yapılan etefon uygulamalarının salkım ağırlığını azalttığını sonraki haftalarda yapılan uygulamaların ise arttırdığını bildirmişlerdir. Kaur ve ark. (2013), Flame Seedless üzüm çeşidinde etefon uygulamalarının (400 ve 500 ppm) tüm ürün yüklerinde (% 50-75 ve 100) kontrole göre salkım ağırlığını, salkım boyunu ve enini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Uygulamaların tane boyu, tane eni ve 100 tane ağırlığı üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tane boyu 15.22 mm (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) ile 16.76 mm (20 salkım/asma-kontrol), tane eni 14.92 mm (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) ile 16.68 mm (30 salkım/asma-kontrol), 100 tane ağırlığı ise 205.91 g (30 salkım/asma + 500 ppm etefon) ile 251.57 g (20 salkım/asma-kontrol) değerleri arasında değişim göstermiştir. Her iki ürün yükünde de etefon uygulamalarının kontrole göre tane boyu, tane eni ve 100 tane ağırlığında kayıplara neden olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmamız ile aynı uygulama şekli ve uygulama zamanını kullanan Çoban (2008), Trakya İlkeren çeşidinde etefon uygulamalarının kontrole göre tane ağırlığı ve boyutlarını arttırdığını, Ağaoğlu ve Çelik (1977), ise Alfons Lavallee çeşidinde etefon uygulamalarının tane ağırlığı ve boyutlarını azalttığını bildirmişlerdir. Kaur ve ark. (2013), Flame Seedless çeşidinde etefon dozlarının (400 ve 500 ppm) tüm ürün yüklerinde (% 50, 75 ve 100) tane ağırlığını arttırdığını tespit etmişlerdir. Tane ağırlığındaki azalmaların aşırı dozlar veya erken uygulamalardan kaynaklandığı bildirilmiştir (El-Zeftawi, 1982; Szyjewicz ve Kliewer, 1983). Tarafımızca yapılan çalışmada her iki



ürün yükünde ortaya çıkan verim kayıpları etefon uygulamaları sonucunda salkım ağırlığı, tane boyutları ve tane ağırlığında ortaya çıkan kayıplardan kaynaklanmış olabilir.

Uygulamaların  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken,  $a^*$  değeri üzerine olan etkileri önemsiz bulunmuştur. Uygulamalardan ölçülen  $L^*$  değerleri 28.31 (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) ile 30.20 (30 salkım/asma-kontrol),  $a^*$  değerleri 0.974 (30 salkım/asma-kontrol) ile 1.324 (20 salkım/asma + 100 ppm etefon),  $b^*$  değerleri ise -1.696 (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) ile -2.997 (30 salkım/asma-kontrol) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Her iki ürün yükünde de tüm etefon dozları kontrole göre  $L^*$  değerinde düşüğe neden olmuşlardır. '30 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre tüm etefon dozları  $a^*$  değerini yükseltirken,  $b^*$  değerini düşürmüştür. '20 salkım/asma' ürün yükünde ise kontrole göre 100 ppm etefon dozu  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde artışa, diğer dozlar (500 ve 1000 ppm) her iki değerinde de ( $a^*$  ve  $b^*$ ) düşüğe yol açmıştır (Çizelge 1). Leao ve ark. (2014), Crimson Seedless çeşidinde etefon uygulamalarının  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerine olan etkilerinin yıllara göre değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ferrara ve ark. (2016), Thompson Seedless ve Crimson Seedless üzüm çeşitlerinde etefon uygulamalarının (1445 ve 2890 mg/l) kontrole göre  $L^*$  değerini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Zahedi ve ark. (2013), etefon uygulamalarının Perlette çeşidinde  $L^*$  değerini arttırdığını, Yaghuti çeşidinde ise azalttığını tespit etmişlerdir. Araştırmamızda her iki ürün yükünde de tüm etefon dozlarında  $L^*$  değerinin kontrole göre daha düşük değerler alması etefon uygulamalarının tane kabuk rengini koyulaştırdığını göstermektedir. Bu bulgu etefonun fenolik bileşiklerin birikimini teşvik ederek tane kabuk rengini etkilediğini bildiren araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisindedir (Nikolaou ve ark., 2003; Lombard ve ark., 2004; Uzquiza ve ark., 2015).

Çizelge 1. Farklı ürün yükü ve etefon dozlarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Asma verimi (g/asma)	Salkım ağırlığı (g)	Salkım boyu (cm)	Salkım eni (cm)	Tane boyu (mm)	Tane eni (mm)
20 salkım/asma (kontrol)	6097.71 ± 1495.71 c	304.88 ± 74.78	16.73 ± 1.91	7.83 ± 1.59 bc	16.76 ± 1.35 a	16.01 ± 1.60 b
20 salkım/asma + 100 ppm Etefon	6051.87 ± 1375.73 c	302.59 ± 68.78	16.66 ± 2.13	8.90 ± 2.24 a	16.12 ± 1.02 bc	15.40 ± 1.24 c
20 salkım/asma + 500 ppm Etefon	5900.09 ± 1483.88 cd	295.00 ± 74.19	16.33 ± 2.08	7.76 ± 1.52 bc	15.48 ± 1.22 de	15.14 ± 1.60 cd
20 salkım/asma + 1000 ppm Etefon	5485.35 ± 1750.46 d	274.26 ± 87.52	16.43 ± 2.37	7.83 ± 1.64 bc	15.22 ± 1.25 e	14.92 ± 1.36 d
30 salkım/asma (kontrol)	8828.21 ± 2031.47 a	294.27 ± 67.71	16.40 ± 1.97	8.55 ± 1.74 ab	16.54 ± 1.05 ab	16.68 ± 1.23 a
30 salkım/asma + 100 ppm Etefon	8541.20 ± 2499.10 ab	284.70 ± 83.30	15.66 ± 2.66	8.00 ± 1.78 abc	15.99 ± 1.14 c	16.24 ± 1.23 ab
30 salkım/asma + 500 ppm Etefon	7705.11 ± 1971.01 b	256.83 ± 65.70	15.33 ± 2.12	7.13 ± 1.61 c	15.77 ± 1.53 cd	15.94 ± 1.70 b
30 salkım/asma + 1000ppm Etefon	7927.84 ± 1987.68 ab	264.26 ± 66.25	15.86 ± 2.68	7.20 ± 2.13 c	16.16 ± 1.23 bc	16.62 ± 1.26 a
F değeri	15.22 *	1.75**	1.47**	3.34*	12.89 *	16.21 *
Uygulamalar	100 tane ağırlığı (g)	L*	a*	b*		
20 salkım/asma (kontrol)	251.57 ± 22.67 a	29.07 ± 1.81 b	1.271 ± 0.44	-1.930 ± 0.664 b		
20 salkım/asma + 100 ppm Etefon	243.74 ± 20.12 ab	28.68 ± 1.17 b	1.324 ± 0.34	-1.947 ± 0.727 b		
20 salkım/asma + 500 ppm Etefon	225.14 ± 27.79 bc	28.47 ± 1.55 bc	1.167 ± 0.24	-1.713 ± 0.828 b		
20 salkım/asma + 1000 ppm Etefon	221.95 ± 34.95 bc	28.31 ± 1.23 c	1.135 ± 0.37	-1.696 ± 0.701 b		
30 salkım/asma (kontrol)	240.24 ± 30.11 ab	30.20 ± 1.26 a	0.974 ± 0.45	-2.997 ± 0.539 a		
30 salkım/asma + 100 ppm Etefon	224.80 ± 26.42 bc	28.96 ± 1.68 b	1.224 ± 0.54	-2.205 ± 0.757 b		
30 salkım/asma + 500 ppm Etefon	205.91 ± 26.97 c	28.85 ± 1.48 b	1.063 ± 0.46	-2.190 ± 0.996 b		
30 salkım/asma + 1000ppm Etefon	225.14 ± 27.79 bc	28.66 ± 1.24 bc	1.144 ± 0.25	-2.232 ± 0.806 b		
F değeri	4.21*	2.38*	1.15**	4.37*		

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05). \* ortalamalar arasındaki fark önemli; \*\* fark önemli değil (p<0.05).

Uygulamaların sirinjik asit ve p-kumarik asit miktarları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken, diğer fenolik bileşik miktarları üzerine olan etkileri ise önemsiz bulunmuştur. Uygulamalardaki gallik asit miktarları 13.54 µg/g (20 salkım/asma + 100 ppm etefon) ile 26.83 µg/g (30 salkım/asma + 100 ppm etefon) arasında değişim göstermiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre gallik asit miktarında 1000 ppm dozu artışa diğer dozlar (100 ve 500 ppm) azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise tüm dozlar artışa neden olmuştur (Çizelge 2). Uygulamalar arasında klorojenik asidin en düşük miktarı 1.23 µg/g ile '30 salkım/asma- kontrol' uygulamasında en yüksek değeri ise 1.87 µg/g ile '20 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulamasında belirlenmiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre 500 ppm dozu klorojenik asit miktarını etkilemezken, 100 ppm dozu artışa, 1000 ppm dozu azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise tüm dozlar artışa neden olmuştur (Çizelge 2). Sirinjik asidin en düşük miktarı 0.13 µg/g ile '20 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulamasında en yüksek miktarı ise 0.70 µg/g ile '30 salkım/asma-kontrol' uygulamasında ölçülmüştür. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre 1000 ppm dozu sirinjik asit miktarını etkilemezken, 100 ppm dozu azalmaya, 500 ppm dozu artışa, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise tüm dozlar azalmaya neden olmuştur (Çizelge 2). Uygulamalardaki p kumarik asit miktarları 0.03 µg/g (20 salkım/asma + 100 ppm etefon) ile 0.15 µg/g (30 salkım/asma + 500 ppm etefon) arasında değişim göstermiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre 1000 ppm dozu p kumarik asit miktarını etkilemezken, diğer dozlar (100 ve 500 ppm) azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise 1000 ppm dozu artışa, diğer dozlar (100 ve 500 ppm) azalmaya yol açmıştır (Çizelge 2). Ferulik asidin en düşük miktarını 0.06 µg/g ile '20 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulaması en yüksek miktarını ise 0.32 µg/g ile '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulaması vermiştir. Her iki ürün yükünde de kontrole göre ferulik asit miktarında 100 ppm dozu azalmaya, diğer dozlar (500 ve 1000 ppm) ise artışa sebebiyet vermiştir (Çizelge 2). Uygulamalardaki o kumarik asit miktarları 0.04 µg/g (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) ile 0.37 µg/g (20 salkım/asma + 100 ppm etefon) arasında değişim göstermiştir. Her iki ürün yükünde de kontrole göre o kumarik asit miktarında 100 ppm dozu artışa, diğer dozlar (500 ve 1000 ppm) ise azalmaya neden olmuşlardır (Çizelge 2). Protokateşik asidin en düşük miktarı 0.30 µg/g ile '20 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulamasında en yüksek miktarı ise 1.28 µg/g ile '30 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulamasında ölçülmüştür. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre protokateşik asit miktarında 500 ppm dozu artışa, diğer dozlar (100 ve 1000 ppm) azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise tüm dozlar artışa yol açmıştır (Çizelge 2). Vanilik asidin en düşük miktarı 2.59 µg/g ile '20 salkım/asma + 100 ppm etefon' uygulamasından, en yüksek miktarı ise 3.72 µg/g ile '20 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulamasından elde edilmiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre vanilik asit miktarında 500 ppm dozu artışa, diğer dozlar (100 ve 1000 ppm) azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise tüm dozlar azalmaya sebebiyet vermiştir (Çizelge 2). Uygulamalardaki resveratrol miktarları 2.23 µg/g (20 salkım/asma + 100 ppm etefon) ile 3.44 µg/g (20 salkım/asma + 1000 ppm etefon) arasında değişim göstermiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre resveratrol miktarında 1000 ppm dozu artışa, diğer dozlar (100 ve 500 ppm) azalmaya, neden olurken '30 salkım/asma' ürün yükünde ise kontrol uygulaması dışındaki diğer uygulamalarda resveratrol tespit edilememiştir (Çizelge 2). Uygulamaların fenolik bileşik miktarları üzerine olan etkileri çok değişkenlik göstermiştir. Her iki ürün yükünde de etefon dozları ile fenolik bileşik miktarları arasında kesin bir ilişki tespit edilememiştir. Uygulamaların toplam fenolik madde miktarları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulamalardaki toplam fenolik madde miktarları 240.30 mg GAE/100 g ile (30 salkım/asma-kontrol) 257.80 mg GAE/100 g (20 salkım/asma + 100 ppm etefon) arasında değişim göstermiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre toplam fenolik madde miktarında 100 ppm dozu artışa, diğer dozlar (500 ve 1000 ppm) azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise tüm dozlar artışa neden olmuştur (Çizelge 2). Kök ve Bal (2018), Red Globe üzüm çeşidinde 300 mg/l etefon uygulamasının toplam fenolik madde miktarını kontrole göre % 28.87 oranında arttırdığını bildirmişlerdir. Gallegos ve ark. (2006), Tempranillo üzüm çeşidinde 700 mg/l etefon dozunun toplam fenolik bileşik indeksini kontrole göre azalttığını, 1400 mg/l etefon dozunun ise arttırdığını rapor etmişlerdir.

Uygulamaların tartarik asit, malik asit ve sitrik asit üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tartarik asidin en düşük değeri 5247 µg/g ile '20 salkım/asma + 1000 ppm etefon' uygulamasında en yüksek değeri ise 5773 µg/g ile '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulamasında ölçülmüştür. Uygulamalar arasında '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulaması dışında kalan tüm uygulamalarda tartarik asit miktarlarının kontrole göre daha düşük olduğu

gözlemlenmiştir (Çizelge 2). '20 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulaması malik asit miktarının en düşük (4876 µg/g) '30 salkım/asma-kontrol' uygulaması ise en yüksek (5510 µg/g) olduğu uygulamalar olmuştur. Her iki ürün yükünde de tüm etefon dozlarında malik asit miktarının kontrole göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Sitrik asidin en düşük miktarı 323.3 µg/g ile '30 salkım/asma + 1000 ppm etefon' uygulamasından en yüksek miktarı ise 401.4 µg/g ile '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulamasından elde edilmiştir. '20 salkım/asma' ürün yükünde kontrole göre sitrik asit miktarında 100 ppm dozu artışa, diğer dozlar (500 ve 1000 ppm) azalmaya, '30 salkım/asma' ürün yükünde ise 1000 ppm etefon dozu azalmaya, diğer dozlar ise artışa yol açmıştır (Çizelge 2). Shulman ve ark. (1985), Carignane çeşidinde etefon uygulamalarının tartarik asit miktarını arttırdığını, malik asit miktarını azalttığını, Gallegos ve ark. (2006), Tempranillo çeşidinde tartarik asit miktarını 700 ppm etefon dozunun azalttığını, 1400 ppm dozunun arttırdığını, her iki dozunda malik asit miktarını azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda her iki ürün yükünde de etefon dozları malik asit miktarını azaltmıştır. Bu bulgu Shulman ve ark. (1985) ve Gallegos ve ark. (2006)'nın sonuçları ile uyum içerisindedir. Malik asit miktarındaki azalma etefon tarafından salınan etilenin solunum hızını arttırması ve buna bağlı olarak malik asidin parçalanmasındaki artıştan kaynaklanmış olabilir (Ruffner, 1982).

Uygulamaların pH, toplam asitlik ve suda çözünebilir kuru madde miktarı üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalardaki pH değerleri 3.44 (30 salkım/asma + 100 ppm etefon) ile 3.61 (30 salkım/asma + 1000 ppm etefon) değerleri arasında değişim göstermiştir. Uygulamalar arasında '30 salkım/asma + 1000 ppm etefon' uygulaması dışında kalan tüm uygulamalarda pH değerlerinin kontrole göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). En düşük toplam asitlik 6.36 g/l ile '20 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulamasından, en yüksek toplam asitlik ise 7.85 g/l ile '20 salkım/asma-kontrol' uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamalar arasında '30 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulaması dışındaki tüm uygulamalarda toplam asitliğin kontrole göre daha düşük değerler gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Suda çözünebilir kuru maddenin en düşük miktarı % 16.36 ile '30 salkım/asma-kontrol' uygulamasında en yüksek miktarı ise % 18.50 ile '20 salkım/asma + 500 ppm etefon' uygulamasında ölçülmüştür. Tüm uygulamalarda suda çözünebilir kuru madde miktarının kontrole göre daha yüksek değerler gösterdikleri belirlenmiştir. Ezzahouani (1997), Ruby Seedless çeşidinde; Kaura ve ark. (2013), Flame Seedless çeşidinde, Kök ve Bal (2018), Red Globe çeşidinde etefon uygulamalarının suda çözünebilir kuru madde miktarı ve pH değerini arttırdığını toplam asitliği ise azalttığını bildirmişlerdir. Zahedi ve ark. (2013), etefon uygulamalarının suda çözünebilir kuru madde miktarını Perlette çeşidinde arttırdığını, Yahuti çeşidinde azalttığını, toplam asitliği ise Perlette çeşidinde azalttığını, Yahuti çeşidinde arttırdığını belirlemişlerdir.

Çalışmamızda etefon uygulamaları her iki ürün yükünde de suda çözünebilir kuru madde miktarını kontrole göre değişen oranlarda arttırırken, toplam asitliği kontrole göre değişen oranlarda (30 salkım/asma + 500 ppm uygulaması hariç) azaltmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz bu sonuçların aksine etefon uygulamalarının suda çözünebilir kuru madde miktarını azalttığı, toplam asitliği ise arttırdığı yönünde araştırma bulgularıda mevcuttur. Bu bulgular çiçeklenme veya meyve tutum döneminde yapılan erken etefon uygulamaları ile ilişkilendirilmiştir (Hale ve ark., 1970; Coombe ve Hale, 1973; Szyjewicz ve Kliewer, 1983). Etefonun meyve olgunluğu ve kompozisyonu üzerine olan etkilerinin uygulama metodu, konsantrasyon, zaman ve çeşit gibi birçok faktöre bağlı olarak oldukça farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Hale ve ark., 1970; Coombe ve Hale, 1973; El-Zeftawi, 1982; Szyjewicz ve Kliewer, 1983).

'20 salkım/asma' ürün yüküne sahip uygulamalar '30 salkım/asma' ürün yüküne sahip uygulamalardan beş gün önce hasat olgunluğuna ulaşmıştır. Düşük ürün yükünün yüksek ürün yüküne göre olgunluğu hızlandırdığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Heil, 1998; Pehlivan ve Uzun, 2015). Araştırmamızda etefon uygulaması yapılmış asmaların hasat döneminde her iki ürün yükünde de kontrol gruplarından daha yüksek kuru madde miktarına ve daha düşük toplam asitliğe sahip oldukları gözlemlenmiştir. Bu bulgu her iki ürün yükünde de etefon uygulamalarının kontrole göre olgunluğu öne aldığını göstermektedir. Etefon uygulamalarının olgunlaşmayı hızlandırdığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Hale ve ark., 1970; Coombe ve Hale, 1973).

Çizelge 2. Farklı ürün yükü ve etefon dozlarının biyokimyasal özellikler üzerine etkileri

Uygulamalar	Gallik Asit (µg/g)	Klorojenik Asit (µg/g)	Siringik Asit (µg/g)	P-kumarik Asit (µg/g)	Ferulik Asit (µg/g)	o-kumarik Asit (µg/g)	Protokateşik Asit (µg/g)	Vanilik Asit (µg/g)
20 salkım/asma (kontrol)	22.09 ± 6.00	1.55 ± 0.44	0.19 ± 0.05 c	0.07 ± 0.01 bc	0.25 ± 0.16	0.25 ± 0.26	0.45 ± 0.47	2.86 ± 0.73
20 salkım/asma + 100 ppm Etefon	13.54 ± 9.29	1.87 ± 0.14	0.13 ± 0.00 c	0.03 ± 0.00 c	0.06 ± 0.03	0.37 ± 0.24	0.30 ± 0.05	2.59 ± 0.45
20 salkım/asma + 500 ppm Etefon	15.55 ± 7.40	1.55 ± 0.51	0.29 ± 0.12 c	0.04 ± 0.01 c	0.29 ± 0.09	0.21 ± 0.33	0.93 ± 0.33	3.72 ± 0.14
20 salkım/asma + 1000 ppm Etefon	27.57 ± 4.05	1.36 ± 0.07	0.19 ± 0.01 c	0.07 ± 0.00 bc	0.29 ± 0.19	0.04 ± 0.00	0.39 ± 0.30	2.75 ± 0.50
30 salkım/asma (kontrol)	21.31 ± 4.27	1.23 ± 0.29	0.70 ± 0.30 a	0.07 ± 0.00 bc	0.19 ± 0.03	0.15 ± 0.13	0.69 ± 0.73	3.39 ± 0.79
30 salkım/asma + 100 ppm Etefon	26.83 ± 10.04	1.61 ± 0.37	0.37 ± 0.08 bc	0.05 ± 0.00 bc	0.12 ± 0.11	0.26 ± 0.08	1.28 ± 0.53	2.97 ± 0.50
30 salkım/asma + 500 ppm Etefon	22.31 ± 4.52	1.60 ± 0.07	0.65 ± 0.00 ab	0.15 ± 0.05 a	0.32 ± 0.08	0.12 ± 0.04	0.96 ± 0.04	2.79 ± 0.44
30 salkım/asma + 1000ppm Etefon	24.00 ± 5.15	1.65 ± 0.42	0.59 ± 0.02 ab	0.11 ± 0.04 ab	0.25 ± 0.16	0.14 ± 0.10	1.10 ± 0.33	2.89 ± 0.75
F değeri	0.52**	0.66**	7.08 *	4.12 *	2.08**	0.66**	1.51**	0.84**
Uygulamalar	Resveratrol (µg/g)	Top. Fenolik (mgGAE/100g)	Tartarik asit (µg/g)	Malik Asit (µg/g)	Sitrik Asit (µg/g)	pH	Toplam asitlik (g/l)	SÇKM (%)
20 salkım/asma (kontrol)	3.06 ± 0.09	254.80 ± 9.89	5691.5 ± 775.6	5267.0 ± 504.8	365.4 ± 38.11	3.56 ± 0.07	7.85 ± 1.00	16.38 ± 1.98
20 salkım/asma + 100 ppm Etefon	2.23 ± 0.31	257.80 ± 10.66	5516.0 ± 721.2	5094.0 ± 972.9	370.9 ± 34.43	3.54 ± 0.11	7.27 ± 1.01	17.55 ± 1.43
20 salkım/asma + 500 ppm Etefon	3.04 ± 0.92	247.80 ± 11.31	5502.5 ± 770.7	4876.0 ± 707.1	359.5 ± 19.44	3.50 ± 0.18	6.36 ± 1.75	18.58 ± 1.90
20 salkım/asma + 1000 ppm Etefon	3.44 ± 0.09	254.05 ± 10.76	5247.5 ± 755.8	4974.5 ± 709.2	345.5 ± 27.63	3.52 ± 0.02	7.11 ± 0.47	17.40 ± 1.04
30 salkım/asma (kontrol)	2.88 ± 0.63	240.30 ± 16.26	5741.0 ± 714.1	5510.0 ± 165.4	388.4 ± 64.84	3.53 ± 0.13	7.11 ± 1.56	16.36 ± 0.96
30 salkım/asma + 100 ppm Etefon	T.E.	244.30 ± 13.33	5411.5 ± 389.6	5032.5 ± 464.5	391.2 ± 56.99	3.44 ± 0.08	6.46 ± 0.94	17.88 ± 1.29
30 salkım/asma + 500 ppm Etefon	T.E.	240.80 ± 14.10	5773.0 ± 282.8	5347.5 ± 714.1	401.4 ± 32.52	3.53 ± 0.12	7.18 ± 1.03	17.18 ± 2.42
30 salkım/asma + 1000ppm Etefon	T.E.	253.80 ± 16.76	5619.0 ± 350.7	5236.0 ± 787.7	323.3 ± 25.95	3.61 ± 0.05	6.68 ± 1.49	18.40 ± 0.94
F değeri	1.41**	0.30**	0.20**	0.23**	0.12**	1.16**	0.94**	1.63**

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05). \* ortalamalar arasındaki fark önemli; \*\* fark önemli değil (p<0.05).

#### 4. Sonuç

Erciş üzüm çeşidinde ürün yükü ve etefon uygulamalarının asma verimi, salkım eni, 100 tane ağırlığı, tane boyu, tane eni, L\* değeri ve b\* değeri gibi fiziksel özellikler ile biyokimyasal özelliklerden sirinjik ve p-kumarik asit değerlerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ürün yükündeki artışa paralel olarak asma veriminde de artışın olduğu buna karşın salkım ve tane özelliklerinde azalmaların olduğu gözlemlenmiştir. Her iki ürün yükünde de etefon uygulamalarının kontrole göre asma verimi, salkım ağırlığı, salkım boyu, salkım eni, tane boyu, tane eni ve 100 tane ağırlığı gibi fiziksel özellikler ile biyokimyasal özelliklerden tartarik asit, malik asit, pH ve toplam asitlikte genel olarak azalmaya, suda çözünebilir kuru madde miktarında ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Her iki ürün yükünde de etefon uygulamaları sonucunda elde edilen verim değerleri, etefonun fiziksel özelliklerde neden olduğu kayıplar nedeniyle kontrol gruplarından elde edilen verim değerlerin göre azalış göstermiştir. Uygulamaların fenolik bileşikler üzerine olan etkileri çok değişkenlik göstermiş olup, her iki ürün yükünde de etefon dozları ile fenolik bileşik miktarları arasında belirgin bir ilişki tespit edilememiştir. Etefon uygulamalarının her iki ürün yükünde de tane kabuk rengi üzerine olumlu etkilerinin olduğu ve olgunlaşmayı hızlandırdığı belirlenmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2017-6226 nolu yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

#### Kaynakça

- Ağaoğlu, Y.S. (1976). Çeşitli sentetik kimyasal maddelerin asmalarda mahsulün bazı kalite özelliklerine etkileri üzerinde araştırmalar II. Cycocel ve Alar'ın çeşitli dozlarının etkileri. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 26 (2), 261-274.
- Ağaoğlu, Y.S. (1977). Hamburg misketi üzüm çeşidinde Ethrel'in uygulama zaman ve dozlarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 28 (1), 360-375.
- Ağaoğlu, Y.S., & Çelik, H. (1977). Ethrel'in değişik uygulama şekilleri ve dozlarının asmalarda mahsulün bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 27 (3-4), 588-604.
- Anonim, (2018). Van Meteoroloji İstasyonları Kayıtları. İl Meteoroloji Müdürlüğü, Van.
- Bevilacqua, A.E., & Califano, A.N. (1989). Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 54, 1076-1079.
- Coombe, B.G., & Hale, C.R. (1973). The hormone content of ripening berries and the effect of growth substance treatments. *Plant Physiol.* 51: 629-634.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Maraslı, B., & Söylemezoğlu, G. (1998). *Genel Bağcılık*, Sun Fidan Aş. Mesleki Kitaplar Serisi, 253 s.
- Çoban, H. (2008). Effect of Phosphonic Acid (2-Chloroethyl) on physical and chemical characteristics of Trakya ilkeren and Red globe table grapes (*Vitis vinifera* L.). *Asian Journal of Chemistry*, 20 (4), 2955-2961.
- EI-Zeftawi, B.M. (1982). Effects of ethephon on cluster loosening and berry composition of four wine grape cultivars. *J. Hortic. Sci.*, 57, 457-463.
- Ezzahouani, A. (1997). The effect of ethephon on ruby seedless grapes. *Actes Inst. Agron. Veto (Maroc)*, 17 (4), 227-230.
- Ferrara, G., Mazzeo, A., Matarresa, A.M.S., Pacucci, C., Trani, A., Fidelibus, M.W., & Gambacorta, G. (2016). Ethephon as a potential abscission agent for table grapes: effects on pre-harvest abscission, fruit quality and residue. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-7.
- Gallegos., J.I., Gonzalez, R., Gonzalez, M.R., & Martin, P. (2006). Changes in composition and colour development of 'Trempranillo' grapes during ripening induced by ethephon treatments at véraison. *Acta Hort.* 727, 505-512.
- Hale, C.R., Coombe, B.G., & Hawker, J.S. (1970). Effects of ethylene and 2-chloroethylphosphonic acid on the ripening of grapes. *Plant Physiol.* 45, 620-623.

- Heil, R.M. (1998). *Effect of training system and pruning severity on the growth yield and fruit composition of Vitis vinifera L. Cabernet Sauvignon grapevines*. (PhD), California State University, Fresno.
- Kaur, M., Gill, M.I.S., & Arora, N.K. (2013). Effect of pre-harvest treatment on yield, maturity and quality of Flame Seedless grape (*Vitis vinifera* L.). *J. Hortl. Sci.*, 8 (1), 35-40.
- Kelen, M. (1991). *Researches on viticulture of Van province and ampelographic properties of grape varieties grown here*. (PhD), Van Yüzüncü Yıl University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Turkey.
- Kök, D., & Bal, E. (2018). Enhancing skin color and phenolic compounds of cv. Red Globe table grape (*V. vinifera* L.) utilizing of different preharvest treatments. *Erwerbs-Obstbau*, 60, 75–81.
- Kurtural, K.S, Dami, A.I., & Taylor, H.B. (2006). Effects of pruning and cluster thinning on yield and fruit composition of ‘Chambourcian’ grapevines. *Hort Technology*, 16 (2), 233-240.
- Lavee, S., Erez, A., & Shulman, Y. (1977). Control of vegetative growth of grapevines (*Vitis vinifera*) with 2- chloroethylphosphonic acid (ethephon) and other growth inhibitors. *Vitis*, 16, 89-96.
- Leao, P.C.D.S., Lima, M.A.C., Costa, J.P.D., & Trindade, D.C.G. (2014). Abscisic acid and ethephon for improving red color and quality of Crimson Seedless grapes grown in a tropical region. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66, 37–45.
- Lombard, P.J., Viljoen, J.A., Wolf, E.E., & Calitz, F.J. (2004). The effect of ethephon on berry colour of ‘Flame Seedless’ and ‘Bonheur’ table grapes. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 25, 1–12.
- Miele, A., & Rizzon, A.L. (2013). Pruning and cluster thinning intensity on the composition of Cabernet Sauvignon grape. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 4 (35), 1081-1092.
- Nikolaou, N., Zioziou, E., Stavrakas, D., & Patakas, A. (2003). Effects of ethephon, methanol, ethanol and girdling treatments on berry maturity and colour development in Cardinal table grapes. *Austr. J. Grape Wine Res.* 9, 12–14.
- Pehlivan, E.C., & Uzun, H.İ. (2015). Shiraz üzüm çeşidinin verim ve kalite özellikleri üzerine salkım seyreltmenin etkileri. *Van YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 25 (2), 119-126.
- Rodriguez-Delgado, M.A., Malovana, S., Perez, J.P., Borges, T., & Garcia-Montelongo, FJ. (2001). Separation of phenolic compounds by high-performance liquid chromatography with absorbance and fluorimetric detection. *Journal of chromatography*. 912, 249-257.
- Ruffner, H.P. (1982). Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*. *A Rev.-Part b. Vitis*, 21, 346-358.
- Shalan, A.M. (2013). Performance of *Vitis vinifera* cultivar Flame Seedless grapevines under different node load per centimeter square of trunk cross-sectional area. *Asian Journal of Crop Science*, 5(2), 139-152.
- Shulman, Y., Cohen, S., & Loinger, C. (1985). Improved maturation and wine quality of Carignane grapes by ethephon treatments. *Am. J. Enol. Vitic.*, 36 (4), 264-267.
- Swain, T., & Hillis, W.E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63– 68.
- Szyjewicz, E., & Kliewer, W.M. (1983). Influence of timing of ethephon application on yield and fruit composition of Chenin Blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 34 (2), 53-56.
- Uzquiza, L., González, R., González, M.R., Fidelibus, M.W., & Martín, P. (2015). A preharvest treatment of ethephon and methyl jasmonate affects mechanical harvesting performance and composition of ‘Verdejo’ grapes and wines. *Eur. J. Hort. Sci.* 80, 97–102.
- Uzun, H.İ. (1996). *Bağcılık*. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 69, Türkiye.
- Zahedi, M., Mortazavi, S., Moallemi, N., & Abdosi, V. (2013). Effect of pre-harvest application of gibberellic acid and ethephon on the quality of table grape. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3 (2), 125-131.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

**Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkilerinde Eksojen Askorbik Asit Uygulamasının Etkileri**

**Ali DOĞRU<sup>1\*</sup>, Ebru TORLAK<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sakarya, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0060-4691> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9871-0072>

\*Sorumlu yazar e-posta: [adogru@sakarya.edu.tr](mailto:adogru@sakarya.edu.tr)

**Makale Bilgileri**

Geliş: 21.04.2020

Kabul: 04.09.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.724730

**Anahtar kelimeler**

Antioksidan enzim,  
Askorbik asit,  
Mısır,  
Tuz toleransı,  
*Zea mays*.

**Öz:** Tuz stresi (50 mM NaCl) altındaki mısır (*Zea mays* L.) genotipinde (ADA9510) eksojen askorbik asit uygulamasının temel antioksidan enzimler, fotosentetik pigment miktarı, hidrojen peroksit ve malondialdehit üzerine etkileri araştırılmıştır. Tuz stresi klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarı ile süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz ve glutatyon redüktaz aktivitesini azaltmıştır. Ancak malondialdehit ve hidrojen peroksit miktarını artırmıştır. Bu sonuçlar tuz stresinin mısır yapraklarında oksidatif strese ve fotosentetik pigmentlerin parçalanmasına neden olduğunu göstermektedir. Ancak eksojen askorbik asit uygulaması klorofil a ve toplam klorofil miktarını artırmış, antioksidan enzimlerin aktivitelerini, malondialdehit ve hidrojen peroksit miktarını azaltmıştır. Bu değişimler eksojen olarak uygulanan askorbik asidin oksidatif stresle direkt olarak etkileşime girdiğini göstermektedir. Sonuç olarak, eksojen askorbik asit uygulamasının tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde tuz toleransını geliştirdiği söylenebilir.

**Effects of Exogenous Ascorbic Acid Application in Maize Plants under Salt Stress**

**Article Info**

Received: 21.04.2020

Accepted: 04.09.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.724730

**Keywords**

Antioxidant enzyme,  
Ascorbic acid,  
Maize,  
Salt tolerance,  
*Zea mays*.

**Abstract:** The effects of the exogenous ascorbic acid application on major antioxidant enzymes, photosynthetic pigment content, malondialdehyde and hydrogen peroxide were investigated in salt-stressed (50 mM NaCl) maize genotype (ADA9510). Salt stress significantly decreased chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and total carotenoid content and the activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase. Conversely, malondialdehyde and hydrogen peroxide contents were increased by salt stress. These results showed that salinity led to the oxidative stress and destruction of photosynthetic pigments in maize leaves. Ascorbic acid application, on the other hand, caused to the increased chlorophyll a and the total chlorophyll content, decreased level of antioxidant enzymes, malondialdehyde and hydrogen peroxide content. This kind of changes may indicate that the exogenous ascorbic acid counteract the oxidative stress directly. Thus, it may be concluded that the exogenous ascorbic acid application improves salt tolerance in maize plants under salt stress.

**1. Giriş**

Tuz stresi kurak ve yarı-kurak bölgelerde bitki büyüme ve gelişmesini kısıtlayan tarımsal bir problemdir. Munns ve Tester (2008), yeryüzünde yaklaşık 45 milyon hektarlık bir alanın tuz stresinden



etkilendiğini ve her yıl yaklaşık 1,5 milyon hektarlık alanın da topraktaki tuz birikiminden dolayı tarımsal amaçlar doğrultusunda kullanılamaz duruma geldiğini rapor etmiştir. Tuz stresi bitkilerde fizyolojik kuraklığa, spesifik iyon toksisitesine, mineral madde beslenmesinde bozulmalara, oksidatif strese, membranlarda yapısal ve fonksiyonel bozulmalara, hücre bölünmesinde inhibisyona ve genotoksositeye neden olabilmektedir (Hasegawa ve ark., 2000; Munns, 2002; Zhu, 2007; Uzal ve Yıldız, 2013; Fidan ve Ekinçialp, 2017; Kıpçak ve ark., 2019). Bunun dışında tuz stresine maruz kalan bitkilerde fotosentez, protein sentezi, enerji ve lipid metabolizması gibi temel fizyolojik olaylar da olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Parida ve Das, 2005). Tuz stresine maruz kalan bitkilerde başlangıçta fizyolojik kuraklık ve bunun devamında yaprak genişlemesinde bir yavaşlama gözlenmektedir. Tuz stresinin ozmotik etkisi olarak bilinen bu durum, bitkilerin tuz stresine maruz kaldıkları süre boyunca etkisini sürdürmekte, hücre bölünmesinin inhibisyonu ile stomaların kapanmasına yol açmaktadır (Munns, 2002; Flowers, 2004). Tuz stresine uzun süre maruz kalan bitkilerde ortaya çıkan iyon toksisitesi ise olgun yaprakların erken senesense uğraması ile birlikte fotosentetik aktivitenin azalmasına neden olmaktadır (Cramer ve Nowak, 1992). Bitki hücrelerinde sodyum ve klor iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda birikim göstermesi enzim aktivitelerinin inhibisyonu, hücrelerin şişmesi ve enerji üretiminin azalması ile sonuçlanmaktadır (Doğru ve Canavar, 2020).

Bitkilerde tuz toleransının indüksiyonu ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Geleneksel seleksiyon ve ıslah teknikleri kullanılarak bitkilerde tuz toleransının geliştirilmesi konusunda kayda değer ilerlemeler sağlanmıştır (Noble ve ark., 1984; Shannon, 1998; Ashraf, 2002). Seleksiyon prosedürlerinin çoğu verim, bitki boyu, canlılığın sürdürülmesi, yaprak alanı, yaprak hasarı ve nispi büyüme hızı gibi tarımsal karakterlere dayanmaktadır (He ve Cramer, 1992; Noble ve Rogers, 1992; Cramer ve ark., 1993; Franco ve ark., 1993; Munns, 1993). Ancak Yeo (1994) fizyolojik kriterlerin tarımsal kriterlerle karşılaştırıldığında daha objektif bilgiler sağlayabileceğini, Munns (1993) ise bitkilerde tuz toleransının geliştirilmesinin sadece ilgili genlerin karakterizasyonu ile mümkün olabileceğini ileri sürmüştür. Bazı araştırmacılar da bitki, doku ve hücre seviyesinde tuz toleransı ile ilgili ayırt edici belirteçlerin bulunması durumunda başarılı bir seleksiyon yapılabileceğini bildirmişlerdir (Ashraf, 2002; Munns, 2002). Ancak tarımsal bitkilerde tuz toleransının geliştirilebilmesi için bitki ıslahçıları tarafından kullanılabilir belirteç özellikler tam olarak tanımlanamamıştır. Bu durum kısmen tuz tolerans mekanizmasının oldukça karmaşık olmasından kısmen de tuz toleransı bakımından mevcut varyasyonların sadece türler arasında değil aynı zamanda aynı türün farklı çeşitleri arasında bile bulunmasından kaynaklanmaktadır (Ashraf, 2002; Doğru ve Yılmaz Kaçar, 2019).

Günümüzde tuz stresinin bitkiler üzerinde neden olduğu olumsuz etkilerin azaltılması amacıyla askorbik asit gibi enzimatik olmayan antioksidan moleküllerin uygulanması alternatif bir yol olarak değerlendirilmektedir (Khan ve ark., 2006). Askorbik asit bütün bitkilerde bulunur ve birçok tarımsal bitki türünde tuz stresinin büyüme ve gelişme üzerindeki olumsuz etkisini azaltma konusunda önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Hamada, 1998). Genel olarak askorbik asidin bitkilerde tuz stresinin olumsuz etkilerini iyileştirmesi konusundaki rolü bazı enzimatik reaksiyonları aktive etmesine bağlanmaktadır (İrfan ve ark., 2019). Bunun dışında askorbik asidin fotosentetik pigmentleri ve fotosentetik aygıtı oksidatif stresin olumsuz etkilerinden koruduğu ve stabilizasyonunu sağladığı da bilinmektedir (Hamada, 1998).

Bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde kök yoluyla uygulanan askorbik asidin antioksidan kapasite ve fotosentetik pigment metabolizması üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada bitki materyali olarak mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin tescilli ve sertifikalı bir çeşidi olan ADA9510 kullanılmıştır. Tohumlar ıslahçı kurum olan Sakarya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. ADA9510 at dişi tane yapısına sahip, orta-geççi (125-130 gün), tane verimi 1250-1550 kg da<sup>-1</sup>, silaj verimi 8-9 ton da<sup>-1</sup> olan ulusal bir mısır çeşididir. Tuz toleransı hakkında bir bilgi yoktur.

## 2.1. Büyüme koşulları ve deneysel plan

Eşit büyüklükte ve sağlam olan tohumlar seçilerek cam petri kaplarında bidistile su ile ıslatılmış kurutma kağıtları arasına yerleştirilmiştir. Petri kapları 24 °C ve %40-50 oransal neme sahip olan iklim dolabında karanlık ortamda çimlenmeye bırakılmıştır. Üç gün sonra birörnek fideler perlit ve ½ oranında sulandırılmış Hoagland besin çözeltisi içeren saksılara aktarılarak 25/18 °C sıcaklık (gündüz/gece), 16/8 saat fotoperiyot (gündüz/gece), %50±5 oransal nem ve 200 µmol foton m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> ışık şiddetine sahip iklim dolabına yerleştirilmiştir. On günlük olan bitkiler dört gruba ayrılmıştır. Birinci grupta bulunan kontrol bitkileri çalışmanın sonuna kadar ½ oranında sulandırılmış Hoagland besin çözeltisi ile sulanırken; ikinci gruptaki bitkilere tuz (50 mM NaCl) stresi, üçüncü gruptaki bitkilere Hoagland besin çözeltisine karıştırılarak askorbik asit (ASA; 100 ppm), dördüncü gruptaki bitkilere ise tuz stresi ile birlikte askorbik asit uygulaması (50 mM NaCl+100 ppm ASA) yapılmıştır. Yapılan ön çalışmalarda 50 mM'lık NaCl konsantrasyonu kullanılan mısır çeşidinde büyümeyi belirli derecede inhibe eden ancak ölüme neden olmayan tuz konsantrasyonu, 100 ppm'lik ASA konsantrasyonu ise büyümeyi olumlu yönde etkileyen konsantrasyon olarak belirlenmiştir. 3-4 yapraklı evreye ulaşan bitkiler hasat edilerek yapraklar analizlere kadar -80 °C'de muhafaza edilmiştir.

## 2.2. Fotosentetik pigment analizi

Fotosentetik pigment ekstraksiyonu yaprak parçacıkları kullanılarak %100'lük aseton içerisinde yapılmıştır. Özütlere 10 000 g ve 4 °C'de 10 dk santrifüj edildikten sonra absorbans değerleri Shimadzu mini 1240 UV visible spektrofotometre kullanılarak 470, 644.8 ve 661.6 nm'de ölçülmüştür. Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları Lichtenthaler (1987)'ye göre mg g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak hesaplanmıştır.

## 2.3. Malondialdehit (MDA) ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) analizi

MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı sırasıyla Heath ve Packer (1968) ve Ohkawa ve ark. (1979)'a göre belirlenmiştir. Taze yaprak materyali (0.1 g) 6 ml %5'lik TCA (trikloro asetik asit) ile homojenize edildikten sonra 10 000g'de 15 dk santrifüjlenmiş ve üst fazlar toplanmıştır. 0.5 ml üst faz, 0.5 ml 0.1 M Tris-HCl (pH 7.6) ve 1 ml TCA-TBA (tiobarbitürik asit) ile karıştırılmış ve bir saat boyunca 95 °C sıcaklığındaki sıcak su banyosunda bekletildikten sonra buz banyosunda hızla soğutulmuştur. 10 000 g'de 5 dklık santrifüjden sonra üst fazların absorpsiyonu spektrofotometre yardımıyla 532 ve 600 nm'de belirlenmiştir. MDA miktarı ekstinksiyon katsayısı (155 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>) kullanılarak nmol g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak hesaplanmıştır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarının belirlenmesi için 0.5 ml üst faz ile 0.5 ml 0.1 M Tris-HCl (pH 7.6) ve 1 ml 1 M KI karıştırılmış ve karışımın absorbans değeri 90 dk sonra 390 nm'de ölçülmüştür. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı standart grafik yardımıyla nmol g<sup>-1</sup> taze ağırlık olarak hesaplanmıştır.

## 2.4. Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi

Yaprak örneklerinin protein konsantrasyonları, Bradford metoduna (Bradford, 1976) göre sığır serum albümini (BSA) standardı kullanılarak belirlenmiştir.

Toplam süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi Beyer and Fridovich (1987)'e göre belirlenmiştir. Yaklaşık 0.3 g taze yaprak dokusu, sıvı azotla öğütülmüş ve 1.5 ml, 100 mM K-PO<sub>4</sub> (pH 7.0), %2'lik polivinilpirolidon (PVP) ve 1 mM Na<sub>2</sub>EDTA içeren ekstraksiyon çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Homojenat, 14 000 g ve 4 °C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Son hacim 1030 µl olacak şekilde 100 mM K-PO<sub>4</sub> tamponu (pH 7.8), 9.9x10<sup>-3</sup> M metionin, 5.7x10<sup>-5</sup> M nitroblue tetrazolyum (NBT), %1'lik triton-X-100 ve enzim karışımından oluşan bir reaksiyon çözeltisi hazırlanmıştır. Reaksiyon 0.9 µM riboflavin ilavesi ile başlatılmış, bu karışım 15 dk boyunca 375 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> şiddetinde ışığa maruz bırakıldıktan sonra 560 nm'de absorbans değerleri belirlenmiştir. Toplam SOD aktivitesi daha önce hazırlanmış olan standart grafikten faydalanarak hesaplanmıştır (U mg protein<sup>-1</sup>).

Toplam askorbat peroksidaz (APOD) aktivitesi Wang ve ark. (1991)'a göre belirlenmiştir. Yaklaşık 0.3 g taze yaprak dokusu, sıvı azotla öğütülmüş ve 1.5 ml, 50 mM Tris-HCl (pH 7.2), %2'lik PVP, 1 mM Na<sub>2</sub>EDTA ve 2 mM askorbat içeren ekstraksiyon çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Homojenat, 12 000 rpm ve 4 °C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Son hacim 1000 µl olacak şekilde 50 mM

K-PO<sub>4</sub> tamponu (pH 6.6), 2.5 mM askorbat, 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 100 µg protein içeren enzim karışımından oluşan reaksiyon çözeltisi hazırlanmıştır. Reaksiyon, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin eklenmesiyle başlatılmıştır. Askorbat konsantrasyonundaki azalma, spektrofotometrede 290 nm'de yapılan okumalarla enzim özütü içermeyen reaksiyon çözeltisine karşılık kaydedilmiştir. Enzim aktivitesi, askorbatın ekstinksiyon katsayısı kullanılarak reaksiyonun başlangıç hızından hesaplanmıştır (nmol askorbat dk<sup>-1</sup>mg protein<sup>-1</sup>).

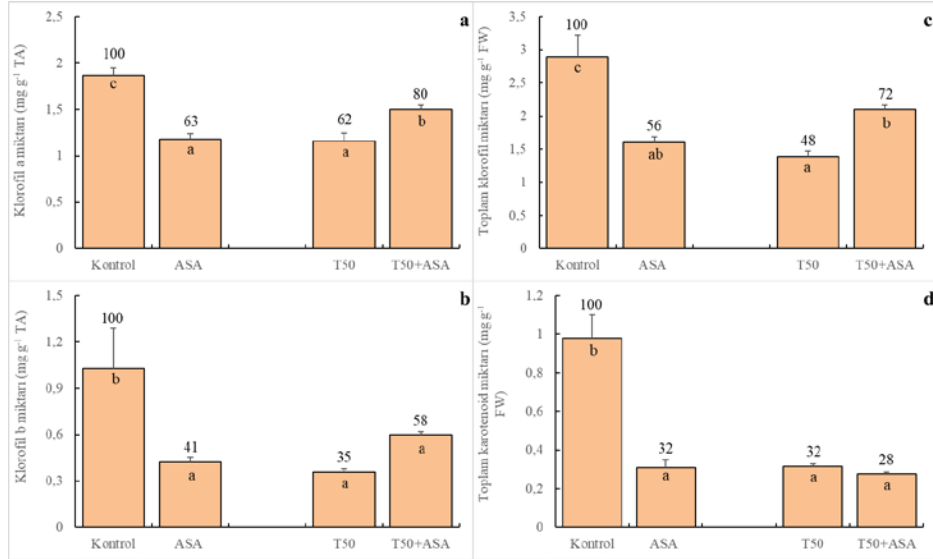
Toplam glutatyon redüktaz (GR) aktivitesi Sgheri ve ark. (1994)'e göre belirlenmiştir. Yaklaşık 0.3 g taze yaprak dokusu, sıvı azotla öğütölmüş ve 1.5 ml, 100 mM K-PO<sub>4</sub> (pH 7.0), %2'lik PVP ve 1 mM Na<sub>2</sub>EDTA içeren ekstraksiyon çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Homojenat, 14 000 rpm ve 4 °C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Son hacim 1000 µl olacak şekilde 100 mM K-PO<sub>4</sub> tamponu (pH 7.8), 2 mM Na<sub>2</sub>EDTA, 0.5 mM okside glutatyon (GSSG), 0.2 mM NADPH ve 100 µg protein içeren enzim karışımından oluşan reaksiyon çözeltisi hazırlanmıştır. Reaksiyon, NADPH'nin eklenmesiyle başlatılmıştır. Enzim aktivitesi spektrofotometrik olarak 340 nm'de yapılan okumalarla ölçölmüştür. Düzeltme, NADPH yokluğunda GSSG oksidasyonu ile yapılmıştır. Enzim aktivitesi, NADPH'nin ekstinksiyon katsayısı kullanılarak reaksiyonun başlangıç hızından hesaplanmıştır (nmol NADPH dk<sup>-1</sup>mg protein<sup>-1</sup>).

## 2.5. İstatistik analizler

Elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart hataları hesaplanmış, daha sonra veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak, istatistiki varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Her bir bağımsız değişken için uygulamaların kontrole göre neden olduğu farkın önem kontrolü (Anlamlı Önemli Fark; AÖF) %5 düzeyinde Duncan testi ile hesaplanmıştır.

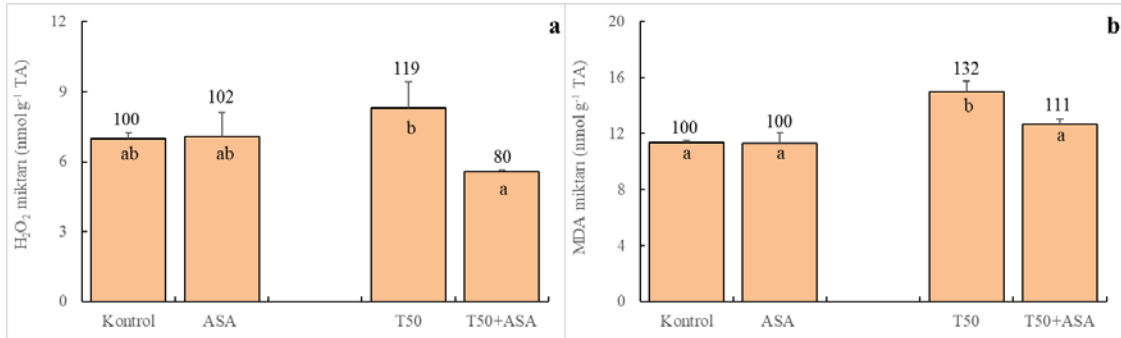
## 3. Bulgular

Tuz stresi (50 mM NaCl) ve ASA (100 ppm) uygulamalarının mısır bitkilerinde fotosentetik pigment miktarı üzerindeki etkileri şekil 1'de verilmiştir. Buna göre kök yoluyla gerçekleştirilen askorbik asit uygulaması yapraklardaki klorofil a miktarını kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında %37, tuz stresi ise %38 oranında azaltmıştır (P<0.05) (Şekil 1a). Tuz stresi altındaki mısır bitkilerine yapılan askorbik asit uygulaması ise klorofil a miktarını sadece tuz stresi uygulanan bitkilere göre %18 oranında artırmıştır (P<0.05). Yapraklardaki klorofil b miktarında meydana gelen değişimlerin de klorofil a miktarına benzer olduğu gözlenmiştir. Yapraklardaki klorofil b miktarı askorbik asit uygulaması sonucunda kontrole göre %59, tuz stresi uygulaması sonucunda ise %65 oranında azalmıştır (Şekil 1b). Bu değişimlerin kontrole göre istatistiksel anlamda farklı olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Tuz stresi altındaki mısır bitkilerine yapılan askorbik asit uygulaması ise, sadece tuz stresi uygulanan bitkilerle karşılaştırıldığında klorofil b miktarının %18 oranında artmasına yol açmıştır. Ancak bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05). Mısır yapraklarındaki toplam klorofil miktarı askorbik asit uygulaması sonucunda kontrole göre %44, tuz uygulaması sonucunda ise %52 oranında azalmıştır (P<0.05) (Şekil 1c). Tuz stresi altındaki bitkilerde ise askorbik asit uygulaması toplam klorofil miktarını, sadece tuz stresi altındaki bitkilerle karşılaştırıldığında %24 oranında artırmış ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Askorbik asit ve tuz stresi uygulamaları mısır yapraklarındaki toplam karotenoid miktarını kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında %68 oranında ve istatistiksel olarak belirgin derecede azaltmıştır (P<0.05) (Şekil 1d). Ancak askorbik asit uygulaması tuz stresi altındaki mısır yapraklarındaki toplam karotenoid miktarını sadece tuz stresi altındaki bitkilerle karşılaştırıldığında %4 oranında azaltmış, ancak bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05).



Şekil 1. Kök yoluyla uygulanan askorbik asidin (100 ppm) tuz stresi (50 mM NaCl) altındaki mısır yapraklarındaki (a) klorofil a, (b) klorofil b, (c) toplam klorofil ve (d) toplam karotenoid miktarı üzerine etkisi (Barların içindeki farklı harfler uygulamalar arasındaki farkın Duncan testine göre P=0.05 seviyesinde farklı olduğunu, barların üzerindeki rakamlar ise kontrole göre değişimi % olarak göstermektedir, kontrol=100; ASA: askorbik asit; T: tuz).

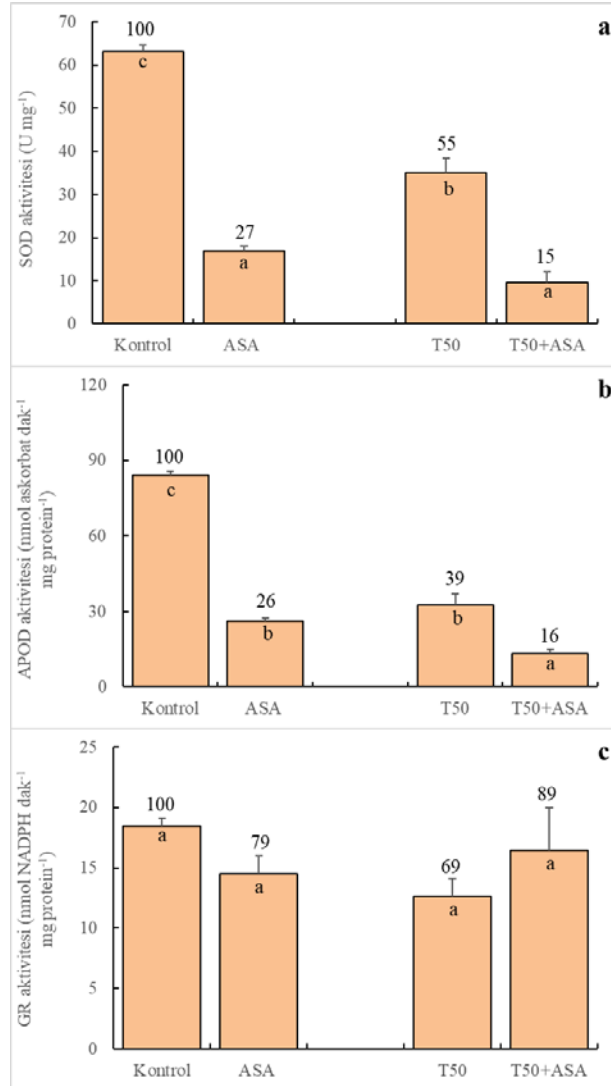
Askorbik asit ve tuz stresi uygulamaları mısır yapraklarındaki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarını kontrole karşılaştırıldığında istatistiksel olarak etkilememiştir (P>0.05) (Şekil 2a). Ancak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı askorbik asit uygulanan bitkilerde kontrole göre %2, tuz uygulanan bitkilerde ise %19 oranında artmıştır. Ancak tuz stresi altındaki mısır bitkilerine yapılan askorbik asit uygulaması yaprak dokularındaki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarını, sadece tuz stresi altındaki bitkilere göre %39 oranında ve önemli derecede azaltmıştır (P<0.05). Benzer şekilde askorbik asit uygulaması mısır yapraklarındaki MDA miktarını kontrole göre etkilememiş (P>0.05), ancak tuz stresi uygulanan bitkilerin yapraklarında %32 oranında ve istatistiksel olarak önemli derecede artırmıştır (P<0.05) (Şekil 2b). Tuz stresi altındaki mısır bitkilerine yapılan askorbik asit uygulaması ise yapraklardaki MDA miktarını sadece tuz uygulanan bitkilerle karşılaştırıldığında %21 oranında azaltmıştır (P<0.05).



Şekil 2. Kök yoluyla uygulanan askorbik asidin (100 ppm) tuz stresi (50 mM NaCl) altındaki mısır yapraklarındaki (a) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve (b) MDA miktarı üzerine etkisi (Barların içindeki farklı harfler uygulamalar arasındaki farkın Duncan testine göre P=0.05 seviyesinde farklı olduğunu, barların üzerindeki rakamlar ise kontrole göre değişimi % olarak göstermektedir, kontrol=100; ASA: askorbik asit; T: tuz).

Askorbik asit uygulanan mısır bitkilerinin yapraklarındaki SOD aktivitesi kontrole göre %73, tuz stresi altındaki bitkilerde ise %45 oranında azalmıştır (Şekil 3a). Bu değişimlerin istatistiksel anlamda önemli olduğu gözlenmiştir (P<0.05). Tuz stresi altındaki mısır bitkilerine uygulanan askorbik asit ise yapraklardaki SOD aktivitesinin sadece tuz stresi altındaki bitkilere göre %40 oranında

azalmasına neden olmuştur ( $P<0.05$ ). Benzer şekilde askorbik asit uygulaması mısır yapraklarındaki APOD aktivitesini kontrole göre belirgin derecede ve %74 oranında azaltmıştır ( $P<0.05$ ) (Şekil 3b). Tuz stresi altındaki mısır yapraklarında ise APOD aktivitesi kontrole göre %61 oranında azalmıştır ( $P<0.05$ ) (Şekil 3b). Tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde askorbik asit uygulaması yapraklardaki APOD aktivitesinin sadece tuz uygulanan bitkilere göre %84 oranında azalmasına yol açmıştır ( $P<0.05$ ). GR aktivitesi askorbik asit uygulanan mısır bitkilerinin yapraklarında kontrole göre %21, tuz stresi uygulanan bitkilerin yapraklarında ise %31 oranında azalmış ve bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $P>0.05$ ) (Şekil 3c). Tuz stresi altındaki bitkilere yapılan askorbik asit uygulaması yapraklardaki GR aktivitesinin sadece tuz stresi altındaki bitkilere göre %20 oranında artmasına neden olmuştur. Ancak bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).



Şekil 3. Kök yoluyla uygulanan askorbik asidin (100 ppm) tuz stresi (50 mM NaCl) altındaki mısır yapraklarındaki (a) SOD, (b) APOD ve (c) GR aktivitesi üzerine etkisi (Barların içindeki farklı harfler uygulamalar arasındaki farkın Duncan testine göre  $P=0.05$  seviyesinde farklı olduğunu, barların üzerindeki rakamlar ise kontrole göre değişimi % olarak göstermektedir, kontrol=100; ASA: askorbik asit; T: tuz).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarının kontrollere göre önemli derecede azaldığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlara benzer olarak bezelye, buğday, domates ve pirinç gibi bitkilerin

yapraklarında da tuz stresi etkisiyle fotosentetik pigment miktarının azaldığı rapor edilmiştir (Ashraf ve ark., 2002; Anuradha ve Rao, 2003; Al-Aghabary ve ark., 2004; Ahmad ve Jhon, 2005). Bybordi (2012) tuz stresine maruz bırakılan bitkilerin yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarında gözlenen azalmanın nedeni olarak yaprak dokularında birikim gösteren sodyum iyonlarının pigment biyosentez mekanizmasını inhibe etmesini göstermiştir. Taibi ve ark. (2016) ise tuz stresi altındaki bitkilerde fotosentetik pigment miktarındaki azalmanın oksidatif stres göstergesi olduğunu ve proteolitik bir enzim olan klorofillazın tuz stresi ile aktive olarak pigmentleri parçaladığını ileri sürmüştür. Buna göre çalışmamızda kullanılan ve tuz stresine maruz bırakılan mısır yapraklarında pigment sentezinin yavaşladığı ve/veya pigment parçalanma hızının arttığı söylenebilir. Diğer bir olasılık da Siddiqui ve ark. (2018)'in belirttiği gibi tuz stresinin kloroplast yapısını bozması ve pigmentlerin tilakoid membranlardan ayrılması olabilir. Nitekim Bybordi (2012) tuz stresine maruz kalan bitkilerin yapraklarında kloroplastların bazı yapısal hasarlara uğradığını bildirmiştir. Elde edilen sonuçlar ayrıca mısır bitkisinde klorofil b moleküllerinin klorofil a moleküllerine göre, karotenoidlerin de klorofillere göre tuz stresine daha duyarlı olduğunu göstermiştir.

Çalışmada mısır bitkilerine kök yoluyla uygulanan askorbik asidin tuz stresinin fotosentetik pigmentler üzerinde neden olduğu olumsuz etkileri kısmen iyileştirdiği belirlenmiştir. Örneğin tuz stresi altındaki mısır bitkilerine kök yoluyla verilen askorbik asit yapraklardaki klorofil a ve toplam klorofil miktarını artırmıştır. Bu sonuç, mısır yapraklarında klorofil a biyosentezi ile parçalanması arasındaki dengenin askorbik asit uygulaması ile biyosentez lehine bozulduğunu ve klorofil a biyosentez yolunun klorofil b ile karşılaştırıldığında askorbik asit uygulamasına daha hızlı cevap verdiğini göstermektedir. Siddiqui ve ark. (2018) askorbik asit uygulamalarının bitkilerde klorofil sentezini indükleyebileceğini rapor etmiştir. Karotenoidler ise bitkilerde oksidatif strese ve pigment kaybına karşı koruma sağladığı bilinen bir pigment grubudur. Çalışmada askorbik asit uygulaması tuz stresi altındaki bitkilerde toplam karotenoid miktarını etkilememiştir. Bu sonuç kullanılan mısır çeşidinde askorbik asit uygulamasının karotenoid biyosentezini indükleme konusunda bir fonksiyona sahip olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak tuz stresi altındaki mısır çeşidinde askorbik asit uygulaması ile karotenoidlere bağlı koruyucu mekanizmanın aktifleşmediği söylenebilir (Doğru ve Çakırlar, 2020a).

SOD bitkilerde enzimatik antioksidan savunma sisteminin ilk basamağını oluşturmaktadır ve süperoksid radikalının dismutasyonundan sorumludur (Doğru ve Çakırlar, 2020b). APOD elektron vericisi olarak askorbatı kullanarak  $H_2O_2$ 'nin su ve oksijene parçalanmasını sağlayan reaksiyonu katalizlemektedir. GR ise okside glutatyonun NADPH'ye bağımlı olarak indirgenmesini sağlayan reaksiyonu katalizlemekten sorumludur. APOD ve GR'nin eşgüdüm halinde askorbat-glutatyon döngüsünde  $H_2O_2$ 'nin parçalanmasından sorumlu olduğu bilinmektedir (Doğru ve Çakırlar, 2020a). Benzer şekilde askorbik asidin de süperoksit ve singlet oksijen gibi radikallerle  $H_2O_2$ 'yi direkt olarak detoksifiye ettiği bilinmektedir (Bybordi, 2012). Çalışmada mısır bitkilerine kök yoluyla gerçekleştirilen askorbik asit uygulaması yapraklardaki SOD ve APOD enzimlerinin aktivitelerini kontrole göre azaltırken, GR aktivitesini etkilememiştir. Buna göre, askorbik asit uygulaması sonucunda mısır bitkilerinin yapraklarında oluşmuş olan radikallerin detoksifiye edildiği, SOD ve APOD enzimlerinin aktivitelerinin bu nedenle azaldığı söylenebilir (Bybordi, 2012). Diğer bir deyişle, askorbik asit uygulaması sonucunda SOD ve APOD aktivitelerinde meydana gelen azalmanın nedeni, bu enzimlerin substratlarının askorbik asit tarafından parçalanması olabilir. Aynı zamanda tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde de yapraklardaki SOD ve APOD aktiviteleri kontrole göre düşük bulunmuştur. Bu sonuç çalışmada kullanılan mısır genotipinin tuz stresine duyarlı bir genotip olduğunu gösteriyor olabilir. Tuz stresi altındaki mısır yapraklarında meydana gelen  $H_2O_2$  ve MDA birikimi de bu iddiayı ispatlamaktadır. Azevedo ve ark. (2011), antioksidan enzim aktivitelerindeki artışların bitkilerde stres koşulları altında büyümeye katkıda bulunduğunu ve tuz toleransı belirteci olabileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde askorbik asit uygulaması sonucunda SOD ve APOD aktivitelerinde meydana gelen artışlar, süperoksit dismutasyonu ve  $H_2O_2$  detoksifikasyon etkinliğinin arttığını göstermektedir. Bu bitkilerin yapraklarında  $H_2O_2$  ve MDA miktarlarının azalması da membran bütünlüğünün daha iyi korunduğunu gösterir niteliktedir.

Sonuç olarak, kökten gerçekleştirilen askorbik asit uygulamasının çalışmamızda kullanılan mısır çeşidinde belli oranda tuz toleransı sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar askorbik asit uygulamasının mısır çeşidinde tuz stresinin yol açtığı oksidatif stres seviyesini azalttığını göstermektedir. Buna göre askorbik asidin mısır bitkilerinde tuz toleransının geliştirilmesi amacıyla kök yoluyla kullanılmasının faydalı olacağı söylenebilir.

## Kaynakça

- Ahmad, P. & Jhon R. (2005). Effect of salt stress on growth and biochemical parameters of *Pisum sativum* L. *Archives of Agronomy and Soil Science* 51, 665-672.
- Al-Aghabary, K., Zhu, Z. & Qinhu, S. (2004). Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and antioxidative enzyme activities on tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 2101-2115.
- Anuradha, S. & Rao, S. S. R. (2003). Application of brassinosteroids in rice seeds (*Oryza sativa* L.) reduced the impact of salt stress on growth and improved photosynthetic pigment levels and nitrate reductase activity. *Plant Growth Regulation*, 40, 29-32.
- Ashraf, M. (2002). Salt tolerance of cotton: some new advances. *Critical Rev. in Plant Sci.* 21, 1-30.
- Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., & Kwon, T. R. (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97, 45-110.
- Azevedo, R. A., Carvalho, R. F., Cia, M. C., & Gratao, P. L. (2011). Sugarcane under pressure: an overview of biochemical and physiological studies of abiotic stress. *Trop. Plant Bio.* 4, 42-51.
- Beyer, W. F., & Fridovich, I. (1987). Assaying for superoxide dismutase activity: Some large consequences of minor changes in conditions. *Analytical Biochemistry*, 161, 559-566.
- 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.
- Bybordi, A. (2012). Effect of ascorbic acid and silicium on photosynthesis, antioxidant enzyme activity, and fatty acid contents in canola exposure to salt stress. *Journal of Integrative Agriculture*, 11, 1610-1620.
- Cramer, G. R., & Nowak, R. S. (1992). Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. *Physiologia Plantarum*, 84, 600-605.
- Cramer, G. R., Epstein, E., & Lauchli, A. (1993). Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stresses barley. *Physiologia Plantarum*, 80, 83-88.
- Doğru, A & Canavar, S. (2020). Bitkilerde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal bileşenleri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8, 155-174.
- Doğru, A. & Çakırlar, H. (2020b). Effects of leaf age on chlorophyll fluorescence and antioxidant enzymes in winter rapeseeds leaves under cold acclimation conditions. *Brazilian Journal of Botany*, 43, 11-20.
- Doğru, A., & Çakırlar, H. (2020a). Is leaf age a predictor for cold tolerance in winter oilseed rape plants? *Functional Plant Biology* 47, 250-262.
- Doğru, A., & Yılmaz Kaçar, M. (2019). A preliminary study on salt tolerance of some barley genotypes. *SAU Journal of Science*, 23, 755-762.
- Fidan, E., Ekinci, A. (2017). Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin farklı seviyelerdeki tuz stresine gösterdikleri tepkilerin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4), 558-568.
- Flowers, T. J. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany* 55, 307-319.
- Franco, J. A., Esteban, C., & Rodriguez C. (1993). Effects of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Science*, 68, 899-904.
- Hamada, A. M. (1998). *Effect of exogenously added ascorbic acid, thiamine or aspirin on photosynthesis and some related activities of drought-stressed wheat plants*. In: Proceedings of XI<sup>th</sup> International Photosynthesis Conference. Budapest, Hungary, August, pp. 17-22.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 463-499.
- He, T., & Cramer, G.R. (1993). Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling Brassica species in response to seawater salinity. *Plant and Soil*, 139, 285-294.
- Heath, R. L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophy.* 125, 189-198.

- Irfan, M., Nabeela, Ilyas, M., & Rahman, K. U. (2019). Effects of ascorbic acid against salt stress on the morphological and physiological parameters of *Solanum melongana* (L.). *Pure Applied Biology*, 8, 1425-1443.
- Khan, A., Ahmad, M. S. A., Athar, R. E., & Ashraf, M. (2006). Interactive effect of foliarly applied ascorbic acid and salt stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) at the seedling state. *Pakistan Journal of Botany*, 38, 1407-1414.
- Kıpçak, S., Ekincialp, A., Erdiñ, Ç., Kabay, T., Şensoy, S. (2019). Tuz stresinin farklı fasulye genotiplerinde bazı besin elementi içeriği ile toplam antioksidan ve toplam fenol içeriğine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 136-144.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypothesis. *Plant Cell and Environment*, 16, 15-24.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, 33, 453-467.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Noble, C. L., & Rogers, M. E. (1992). Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant and Soil*, 146, 99-107.
- Noble, C. L., Halloran, G. M., & West, D. W. (1984). Identification and selection for salt tolerance in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 35, 239-252.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, N. Y. (1979). Assay of lipid peroxides in animal tissue by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95, 351-358.
- Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Sgherri, C. L. M., Loggini, B., Puliga, S. & Navari-Izzo, F. (1994). Antioxidant system in *Sporobolus stapfianus*: changes in response to desiccation and rehydration. *Phytochemistry* 35, 561-565.
- Shannon, M.C. (1998). Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy*, 60, 75-119.
- Siddiqui, M. H., Alamri, S. A., Al-Khaishany, Y. Y., Al-Qutami, M. A., & Ali, H. M. (2018). Ascorbic acid application improves salinity stress tolerance in wheat. *Chiang Mai Journal of Science*, 45, 1-11.
- Taibi, K., Taibi, F., Abderrahim, L. A., Annejah, A., Belkhodja, M., & Mulet, J. M. (2016). Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence system in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, 105, 306-312.
- Uzal, Ö., Yıldız, K. (2013). Changes in micronutrients, chlorophyll contents and plant growth of some strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* L.) under salt stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 76-82.
- Wang, S. Y., Jiao, H., & Faust, M. (1991). Changes in ascorbate, glutathione and related enzyme activity during thidiazuron-induced bud break of apple. *Plant Physiology*, 82, 231-236.
- Yeo, A. R. (1994). Physiological criteria in screening and breeding. Springer-Verlag, Berlin.
- Zhu, J.K., (2007). *Plant Salt Stress*. John Wiley & Sons, Ltd.





Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Comparison of the Compositions of Butter and Butter Oil Produced in the Province of Hakkari\*\***

**Evin SEVMİŞ<sup>1</sup>, Seval ANDIÇ<sup>2\*</sup>, Şehriban OĞUZ<sup>3</sup>**

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

<sup>2,3</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7812-8870> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8306-0222> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-6889-9487>

\*Corresponding author e-mail: [sevalandic@yyu.edu.tr](mailto:sevalandic@yyu.edu.tr)

**Article Info**

Received: 22.04.2020

Accepted: 08.09.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.717665

**Keywords:**

Butter,  
Butter oil,  
Cholesterol,  
Water activity,  
Peroxide value (PV),  
Thiobarbituric acid (TBA).

**Abstract:** The aim of this study was to determine and compare certain properties of various butter and butter oils obtained from the province of Hakkari in Turkey. Butter and butter oil samples were produced by local producers using traditional methods from the same raw materials. Fat percentage and total dry matter were determined using the gravimetric method, peroxide values (PV), thiobarbituric acid (TBA), and cholesterol levels were measured using spectrophotometry, and acidity was determined by titration. The water activities ( $a_w$ ) of the samples were measured using a water activity meter. In addition, coliform bacteria, yeast and mould, and lipolytic microorganism counts were determined. Total dry matter and fat values of the butter oils were significantly higher than those of the butter samples. The fat-free dry matter,  $a_w$ , ADV, cholesterol, and TBA values of the butter samples were generally higher than those of the butter oil samples. The counts of yeast and mould, lipolytic microorganism and coliform bacteria for the butter samples also exceeded those of the butter oil samples. Conversely, peroxide values were higher overall for the butter oil than the butter samples.

**Hakkari Bölgesinden Temin Edilen Tereyağı ve Sadeyağların Bileşimlerinin Karşılaştırılması**

**Makale Bilgileri**

Geliş: 22.04.2020

Kabul: 08.09.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.717665

**Anahtar kelimeler**

Tereyağı,  
Sadeyağ,  
Kolesterol,  
Su aktivitesi,  
Peroksit değeri,  
TBA.

**Öz:** Yapılan bu çalışmada, Hakkari bölgesinden elde edilen tereyağı ve sadeyağların bazı özelliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Tereyağı ve sadeyağ örnekleri, yerel üreticiler tarafından aynı hammaddeden geleneksel yöntemlerle üretilmiştir. Tereyağı ve sadeyağ örneklerinde yağ ve toplam kurumadde tayinleri gravimetrik yöntemle, peroksit değeri, TBA ve kolesterol tayinleri spektrofotometrik yöntemlerle, asitlik tayini ise titrimetrik yöntemle yapılmıştır. Örneklerin su aktiviteleri ( $a_w$ ) su aktivite tayin cihazı ile ölçülmüştür. Bununla birlikte örneklerdeki koliform grubu, maya-küf ve lipolitik mikroorganizma sayıları da belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen analiz bulgularına göre genelde sadeyağların toplam kurumadde ve yağ değerlerinin tereyağlarına göre istatistiki olarak önemli düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur. Tereyağı örneklerinin yağsız kurumadde,  $a_w$ , asitlik, ADV, kolesterol, TBA değerlerinin genelde sadeyağ örneklerinden yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca tereyağı örneklerine ait koliform bakteri, maya-küf ve lipolitik mikroorganizma sayılarının da sadeyağ örneklerinden daha yüksek olduğu

tespit edilmiştir. Buna karşın, peroksit değerlerinin genellikle sadeyağlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

---

\*\* Bu çalışma, Evin SEVMİŞ'in "Hakkari Bölgesinden Temin Edilen Tereyağı ve Sadeyağların Bileşimlerinin Karşılaştırılması" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## 1. Introduction

Milk is produced by mammals after they give birth and constitutes a vital source of nourishment for their offspring. It is of high nutritional value and can be converted into more stable products to increase its longevity as well as into products with distinct aromatic and structural properties (Mehta, 2015). Milk-based products were discovered by chance in the distant past and have been used by humans ever since. Until the development of industrial techniques for food production, dairy products had always been produced in small batches using traditional techniques. As with other food products, however, they are now frequently manufactured on an industrial scale using standardized methods, reflecting modern technological developments in food processing and serving the needs of growing populations with their concomitant increase in demand for food. Heat processing during production, fermentation, and the concentration of certain nutrients are some of the techniques used alone or in combination with industrial food production. Butter, the subject of the present paper, is one dairy product frequently subjected to industrial methods of food production (Fox et al., 2017).

While some dairy products are produced directly from milk, without changing the proportions of any of its components, others are made by increasing the concentration(s) of one or more of its components. Butter contains higher percentages of milk fats than other dairy products and is generally produced by churning and kneading the cream derived from milk. The qualities of a given butter vary according to the properties of the raw materials, such as ripened or non-ripened cream or yogurt (Muehlhoff et al., 2013).

Butter is a dairy product that is 80-90% milkfat by weight, 0-2% fat-free dry milk substances, and maximum 16% water by weight as defined by the Turkish Food Codex (Notification No. 2005/19) (Turkish Food Codex, 2005). To produce butter using modern industrial techniques, milk cream is pasteurized and pre-fermentation is carried out using a starter culture. Salt may be added to butter for taste. The end product should be packed using proper materials in such a way as to prevent contamination. The shelf life of butter, which is limited in even the best of circumstances (such as during refrigeration) and particularly brief under suboptimal conditions, depends on the correct application of the aforementioned methods; water activity is also a factor. When butter is produced using traditional domestic methods, the cream is usually processed in its raw form and is prone to contamination by numerous microorganisms present in the immediate environment. For this reason, butter, a valuable dairy product, is converted to butter oil, especially in hot climates and/or in locations with inadequate cooling facilities.

Butter oil is called as a dairy product produced from milk and/or dairy products, from which almost the entirety of its fat-free dry matter and water has been removed, and thus contains 99-100% milk fat by weight (Turkish Food Codex, 2005). Certain dairy products similar to butter oil are also produced in Africa, Asia, and the Middle East. In India, butter oil is called "ghee", in the Middle East it is known as "maslee" or "samn", and "roghan" in Iran. The types of milk used to produce these different butter oils also vary (Atasoy and Türkoğlu, 2010).

According to recent data, the quantity of butter produced in Turkey is 57,609 tons/year (TÜİK, 2016). This figure excludes butter produced by individual households and small- and medium-sized enterprises, which are also the primary producers of butter oil; hence, no statistical data regarding production quantities of the latter exists. Butter is a valued product due to its organoleptic properties and nutritional value. It is especially valued for its distinct and preferred flavor, although its essential fatty acids (linoleic, linolenic, and arachidonic acids), fat-soluble fatty acids (A, D, E, and K), and conjugated acid contents all pose potential health implications (Palmquist, 2006). Butter is also controversial due to its cholesterol content; excessive consumption has been linked to an increased risk of cardiovascular diseases and cancer (Nestel et al., 2005). Moreover, butter is highly susceptible to microbial contamination as a result of its high water activity.

Numerous studies have been published on butter and butter oil produced outside of Turkey. Although many studies have analyzed butter from Turkey, few studies have been conducted on Turkish butter oil. The number of articles investigating the differences between butter and butter oil, both of which are derived from the same raw materials, is limited as well. No study examining the differences between butter and butter oil samples which produced from the same batch of raw materials under normal conditions of production has been published.

In eastern and southeastern Turkey, small household enterprises that raise livestock and produce dairy products convert a portion of the butter they produce into butter oil either for immediate consumption or to store for later. The decision to convert butter into butter oil may be influenced by an inability to properly store butter and/or personal preferences; butter oil has extended longevity at room temperature, whereas butter requires either refrigeration, freezing, or salinization to preserve it for long periods. There are no standardized methods, however, for the kind of production performed in small household enterprises (Kirazcı and Javidipour, 2008; Fındık and Andiç, 2017). These producers may apply excessive heat to the product or keep it at elevated temperatures for too long. Scientific studies should be conducted to determine the changes undergone by dairy products as a result of such practices. In one study, the researchers investigated the differences between butter oils processed under laboratory conditions using standard methods and butter produced under normal production conditions and used as raw materials for the aforementioned butter oils. The authors of the study concluded that there were significant differences between the butter and butter oils in respect of their contents (Fındık and Andiç, 2017). The present study also attempts to detect dissimilarities between butter and butter oil samples which produced under normal production conditions.

The aim of this study was to determine certain microbiological and chemical properties of butter and butter oils produced by small family establishments using the same raw materials in uncontrolled conditions. Ten samples of butter produced by 10 different family enterprises located in the Hakkari region of Turkey and the butter oils made from them were analyzed. Chemical and microbiological tests were carried out on the butter and butter oil samples produced using traditional methods, and the results were then compared.

## **2. Materials and Methods**

In this study, the butter and butter oil samples to be analyzed were supplied by local producers from the province of Hakkari in southeastern Turkey. Butter samples (1 kg) produced by local producer in uncontrolled conditions and the butter oil samples (1 kg) derived from them were placed into sterile containers and transferred to the Dairy Technology Lab of the Food Engineering Department, Engineering Faculty, Van Yüzüncü Yıl University, maintaining an unbroken cold chain.

### **2.1. Physicochemical analysis of butter and butter oil**

Fat percentage and fat-free dry matter analyses of the samples were performed using the relevant ISO (International Organization of Standardization) reference methods (ISO, 2003). The acidity (lactic acid) analysis was also analyzed according to the ISO standard method (ISO, 2012). Water activity values of the samples were determined by using AquaLab LITE brand device (Decagon Devices, Inc., Washington, USA), while the amount of free fatty acids was analyzed using the BDI (Bureau of Dairy Industries) method (IDF, 1991).

### **2.2. Determination of peroxide**

The determination of the peroxide values was determined according to the AOAC International standard method. First, 0.3 g of the butter or butter oil samples was placed into a 20 mL glass tube. Chloroform and a methanol mixture (9.6 mL) with a volume ratio of 70:30 (v/v) were then added to the glass tube. These were mixed over a vortex to obtain a solution. A 0.05 mL quantity of ammonium thiocyanate solution (30% volume ratio) and 0.05 mL of ferrous chloride solution (35% volume ratio) containing 2% 10 M HCl were added to the previous mixture. The blanks were prepared by adding all the aforementioned solutions excluding the samples. The absorbance values of all the resulting solutions were measured using a spectrometer set at 500 nm.

To determine the concentrations, a series of ferric chloride solutions with concentrations varying between 0.25-10 mg/L were prepared, and the absorbance values obtained from this series were used. The peroxide values of the set of solutions were specified as meq O<sub>2</sub>/kg fat (Egan et al., 1981).

### 2.3. Determination of cholesterol

The spectrophotometric method was used to determine the cholesterol levels of the samples. Four mL of lipid extract was dehydrated in a water bath at 55-60 °C under nitrogen. Fifteen mL of 15% KOH solution which in 90% ethanol was used to saponify the lipid remnants at 75 °C during 20 minutes. Following this, 5 mL distillate water was added to the sample tubes and cooled to room temperature. The cholesterol in the samples was extracted two times using 10 mL hexane and 4 mL of this extract was transferred to a different tube. The contents of the tube containing extract were again evaporated under nitrogen. 3 mL of 0.25% FeSO<sub>4</sub> which in acetic acid and 1 mL of concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> were added to the tube and then the contents of the tube were mixed and cooled. After 10 minutes, measurements were taken using a spectrophotometer set at 490 nm wavelength. The standart curve was derived from the absorbance values of the serial of cholesterol standards prepared by 30-150 mg/mL concentrations (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) and this curve was used to determine the final results (Searcy and Bergquist, 1960).

### 2.4. Thiobarbituric acid test (TBA test)

10 g sample with 50 mL of water was subjected to maceration for 2 minutes. Following maceration, the sample was washed with 47.5 mL water and transferred to a distillation flask. Two mL of 4 M HCl was introduced in order to reduce the pH value to below 1.5. A few glass beads were placed into the distillation flask to prevent the formation of foams, and distillation was regulated so that 50 mL of distillate was obtained every 10 minutes. Five mL of distillate was transferred to a closed tube and 5 mL of TBA reagent (0.2883 g TBA/100 mL of 90% glacial acetic acid) was added. The tubes were shaken and placed in a water bath for 35 minutes. Afterward, the tubes were cooled in cold water during 10 minutes. The absorbance values (D) were obtained by comparison with the blank prepared by using 5 mL water and 5 mL reagent (1 cm tube diameter).

TBA values (mg malondialdehyde/kg of the sample) were determined to equal D multiplied by a factor of 7.8. Since 450 nm was recommended for green pigments and 532 nm to 538 nm for red pigments, these values were used in the analyses (Kristensen et al., 1999).

### 2.5. Microbiological analysis

A 10 g sample of each butter and butter oil was homogenized in sterile physiological saline solution (0.85% NaCl – 90 mL) at 40 °C, for the microbiological analyses. This solution was used to prepare serial dilutions. The coliform bacteria counts were carried out using MacConkey Agar (Merck, Darmstadt, Germany) and the samples were incubated at 35 °C for 48 hours. Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck, Darmstadt, Germany) was used to determined the yeast and mould counts and its pH was adjust to 3.5 by tartaric acid solution. The Petri dishes were incubated at 21 °C for 7 days. Tributyrin Agar (TBA) (Merck, Darmstadt, Germany) was used to performed the lipolytic microorganisms counts, then samples were incubated at 30 °C for 3 days. The counts of microorganism were transformed by using a logarithmic (log<sub>10</sub>) operation.

### 2.6. Statistical analysis

For the present study, the Kolmogorov-Smirnov test was used to test the normality of grouped data; all 10 groups exhibited normal distribution for all analyses. Because of this, parametric tests and the independent t-test were employed for comparison of the data. The results obtained were analyzed using SPSS software (SPSS, 1999). All samples were analyzed in triplicate and the results of analysis were shown in “mean and standard deviation” format.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Chemical analysis results

The fat ratios of the butter samples ranged from  $67.34\% \pm 0.48$  to  $87.10\% \pm 0.14$ , while those of the butter oils were between  $92.90\% \pm 0.07$  and  $99.44\% \pm 0.22$  (Table 1). The dry matter ratios of varied from  $68.50\% \pm 1.07$  -  $90.19\% \pm 0.06$  and  $99.22\% \pm 0.07$  -  $99.78\% \pm 0.14$  for the different butters and butter oils, respectively (Table 1). From a statistical perspective, the differences between the various butters and the butter oils produced from them with respect to fat ratios and dry matter ratios were significant ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ , respectively). However, the fat ratios of some of the butter and butter oil samples fell below the lower limits set by the Turkish Food Codex (2005) (80% and 99%, respectively). The fat values of the samples were, however, generally consistent with values obtained in similar studies and with related standards (Kirazcı and Javidipour, 2008; Fındık and Andiç, 2017). In terms of fat-free dry matter, there was no statistically significant difference between the butter oils and butter samples used as raw materials for the former ( $p > 0.05$ ) (Table 1).

Our analyses revealed that the degree of acidity of the butter oils was lower than that of the butter samples, a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) (Table 1). Acidity in butter increases in the serum phase; since the serum is removed during the conversion of butter to butter oil, the degree of acidity decreases (Tavlaşlar-Hocalar, 2011). The higher acidity in butter poses a risk because it accelerates hydrolysis reactions and lowers the oxidation stability (Deeth and Fitz-Geralds, 2006). Therefore, the reduced acidity of butter oils constitutes an advantage for product stability. However, given that in uncontrolled conditions each batch of butter produced has a different acidity value and that a different amount of serum is extracted from each butter during the process of butter oil production, the degree of acidity in butter oils differs.

The free fatty acid or acid degree value (ADV) is a measurement of the degree of lipolysis, an important biochemical reaction involving factors such as the water content of fatty foods, enzymes of various origins, and acidity (Egan et al., 1981). In the present study, ADV results for the butter and butter oil samples were  $0.45 \pm 0.02$  -  $14.17 \pm 0.73$  meq/100 g fat and  $0.32 \pm 0.00$  -  $3.05 \pm 0.63$  meq/100 g fat, respectively (Table 1).

An increase in ADV indicates that triglycerides have undergone hydrolysis, the speed and degree of which depend on reaction conditions. The characteristics of the output are affected by the amount and type of diglycerides, monoglycerides, and free fatty acids present. While short-chain fatty acids synthesized by hydrolysis have a major effect on flavor and aroma, unsaturated long-chain fatty acids lead to a decrease in oxidation stability (Nawar, 1996). Atamer and Sezgin (1984) found that aroma defects become clearly noticeable when the ADV reaches 1.8 mg KOH/g fat. Downey (1980) reported that butters with free fatty acid levels below 20 mg NaOH/100 g milk fat were of good quality, while those with free fatty acid levels above 40 mg NaOH/100 g milk fat generated increased lipolytic aroma. The results of our study indicated that a lipolytic aroma was apparent in most butter samples. Water solubility increases as chain length decreases. The reason that free fatty acid values of the butter oils were lower than those of the butter samples might be due to the fact that fatty acids are removed from the latter in conjunction with the serum (Nawar, 1996). Our ADV results were consistent with the findings of Kirazcı and Javidipour (2008) and Fındık and Andiç (2017).

In the present study, cholesterol values for butter and butter oil varied between  $240.64 \pm 0.54$  -  $420.64 \pm 0.53$  mg/100 g fat and  $121.37 \pm 0.80$  -  $376.09 \pm 0.24$  mg/100 g fat, respectively (Table 1). Cholesterol is an important compound associated with cardiovascular disorders. Experiments have shown that the cholesterol ratios of butter oil are usually substantially lower than those of butter. Our results were within the ranges of those obtained by Fındık and Andiç (2017) for commercially made butters (262.62-334.47 mg/100g fat) and the butter oils produced from those butters (214.58-258.59 mg/100 g fat). In the aforementioned study, the cholesterol ratios of all butter oil samples were lower than those of the respective butter samples. However, it should be stressed that the butter oils in their study were manufactured according to standardized processing methods under laboratory conditions, whereas in our study the butter oils were produced under uncontrolled conditions.

Table 1. Results of chemical analyses of butter and butter oil samples produced by using the same raw materials (mean ± standard deviation, n = 3)

Sample No	Butter	Butter oil	Butter	Butter oil	Butter	Butter oil
	Fat (%)		Dry matter (%)		Fat-free dry matter (%)	
1	80.62 ± 0.88 <sup>a</sup>	99.24 ± 0.05 <sup>b*</sup>	84.00 ± 0.38 <sup>a</sup>	99.78 ± 0.14 <sup>b*</sup>	3.38 ± 1.27 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.08 <sup>a</sup>
2	80.60 ± 0.84 <sup>a</sup>	99.05 ± 0.07 <sup>b*</sup>	82.14 ± 1.26 <sup>a</sup>	99.22 ± 0.07 <sup>b*</sup>	1.54 ± 2.11 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.14 <sup>a</sup>
3	84.50 ± 0.70 <sup>a</sup>	99.44 ± 0.22 <sup>b*</sup>	84.93 ± 0.49 <sup>a</sup>	99.71 ± 0.02 <sup>b*</sup>	0.43 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.25 <sup>a</sup>
4	87.10 ± 0.14 <sup>a</sup>	99.17 ± 0.04 <sup>b**</sup>	89.74 ± 0.83 <sup>a</sup>	99.51 ± 0.05 <sup>b*</sup>	2.64 ± 0.68 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.10 <sup>a</sup>
5	79.50 ± 0.70 <sup>a</sup>	92.90 ± 0.07 <sup>b*</sup>	90.19 ± 0.06 <sup>a</sup>	97.45 ± 1.44 <sup>a</sup>	10.69 ± 0.77 <sup>a</sup>	4.55 ± 1.37 <sup>b*</sup>
6	79.62 ± 0.88 <sup>a</sup>	99.34 ± 0.08 <sup>b*</sup>	81.63 ± 0.79 <sup>a</sup>	99.53 ± 0.04 <sup>b*</sup>	2.01 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.12 <sup>a</sup>
7	83.87 ± 0.17 <sup>a</sup>	99.33 ± 0.07 <sup>b**</sup>	84.95 ± 0.77 <sup>a</sup>	99.39 ± 0.11 <sup>b*</sup>	1.07 ± 0.95 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.03 <sup>a</sup>
8	83.88 ± 0.17 <sup>a</sup>	99.28 ± 0.19 <sup>b**</sup>	88.46 ± 0.82 <sup>a</sup>	99.76 ± 0.005 <sup>b*</sup>	4.59 ± 0.99 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.19 <sup>b*</sup>
9	82.60 ± 0.84 <sup>a</sup>	99.36 ± 0.19 <sup>b*</sup>	83.79 ± 0.55 <sup>a</sup>	99.64 ± 0.13 <sup>b*</sup>	1.19 ± 0.29 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.05 <sup>a</sup>
10	67.34 ± 0.48 <sup>a</sup>	99.12 ± 0.17 <sup>b**</sup>	68.50 ± 1.07 <sup>a</sup>	99.54 ± 0.01 <sup>b*</sup>	1.16 ± 1.56 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.19 <sup>a</sup>
	Acidity (%)		ADV (meq/100 g fat)		Cholesterol (mg/100 g fat)	
1	0.06 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.00 <sup>b*</sup>	0.45 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.03 <sup>a</sup>	389.99 ± 0.56 <sup>a</sup>	274.42 ± 0.68 <sup>b**</sup>
2	0.11 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>b*</sup>	1.02 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.00 <sup>b*</sup>	381.03 ± 0.80 <sup>a</sup>	287.48 ± 0.64 <sup>b**</sup>
3	0.08 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.27 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.18 <sup>a</sup>	340.65 ± 0.54 <sup>a</sup>	296.93 ± 0.94 <sup>b*</sup>
4	0.16 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>b*</sup>	1.88 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.64 ± 0.22 <sup>b*</sup>	420.64 ± 0.53 <sup>a</sup>	376.09 ± 0.24 <sup>b*</sup>
5	0.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.00 <sup>b*</sup>	0.99 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.13 <sup>a</sup>	391.92 ± 0.43 <sup>a</sup>	283.09 ± 0.20 <sup>b**</sup>
6	0.43 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.00 <sup>b*</sup>	14.17 ± 0.73 <sup>a</sup>	3.05 ± 0.63 <sup>b*</sup>	300.65 ± 0.62 <sup>a</sup>	121.37 ± 0.80 <sup>b**</sup>
7	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.02 ± 0.00 <sup>b*</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.13 <sup>a</sup>	335.93 ± 0.45 <sup>a</sup>	350.95 ± 0.01 <sup>b*</sup>
8	0.06 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.35 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.10 <sup>b**</sup>	373.70 ± 0.77 <sup>a</sup>	343.95 ± 0.96 <sup>b*</sup>
9	0.33 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.00 <sup>b*</sup>	10.40 ± 0.37 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.28 <sup>b**</sup>	280.61 ± 0.63 <sup>a</sup>	335.93 ± 0.47 <sup>b**</sup>
10	0.17 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.16 <sup>a</sup>	240.64 ± 0.54 <sup>a</sup>	370.83 ± 0.32 <sup>b**</sup>

a, b: Different letters following the mean values for butter and butter oil indicate that the difference is statistically significant.

(\*: p<0.05; \*\*: p<0.01).

Table 2. Results of chemical and microbiological analyses of butter and butter oil samples produced by using the same raw materials (mean  $\pm$  standard deviation, n = 3)

Sample No	Butter	Butter oil	Butter	Butter oil	Butter	Butter oil
	Water activity ( $a_w$ )		Peroxide Values (meq O <sub>2</sub> /kg fat)		Thiobarbituric acid (TBA mg Malondialdehyde /kg sample)	
1	0.99 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.56 $\pm$ 0.01 <sup>b*</sup>	1.15 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	1.42 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>	0.21 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.13 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
2	0.96 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.51 $\pm$ 0.02 <sup>b*</sup>	1.36 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	1.34 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	0.12 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
3	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.50 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>	1.64 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	1.83 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
4	0.81 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.43 $\pm$ 0.01 <sup>b*</sup>	5.48 $\pm$ 0.54 <sup>a</sup>	5.79 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	0.27 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.17 $\pm$ 0.01 <sup>b*</sup>
5	0.93 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.78 $\pm$ 0.01 <sup>b*</sup>	3.06 $\pm$ 0.56 <sup>a</sup>	1.70 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	0.24 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.01 <sup>b*</sup>
6	0.94 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.50 $\pm$ 0.03 <sup>b*</sup>	1.60 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	3.33 $\pm$ 0.34 <sup>b*</sup>	0.26 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.12 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
7	0.96 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.61 $\pm$ 0.02 <sup>b*</sup>	4.87 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>	1.19 $\pm$ 0.05 <sup>b*</sup>	0.36 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.08 $\pm$ 0.00 <sup>b**</sup>
8	0.99 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.46 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>	6.69 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	4.53 $\pm$ 0.18 <sup>b*</sup>	0.32 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.07 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
9	0.93 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.43 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>	1.17 $\pm$ 0.27 <sup>a</sup>	2.40 $\pm$ 0.13 <sup>b*</sup>	0.26 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
10	0.99 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.42 $\pm$ 0.00 <sup>b**</sup>	3.87 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	3.90 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.05 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>
	Yeast and mould (log cfu/g)		Lipolytic Microorganisms (log cfu/g)		Coliform Bacteria (log cfu/g)	
1	2.74 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	1.69 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	7.27 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	3.19 $\pm$ 0.70 <sup>b*</sup>	3.37 $\pm$ 0.00	ND **
2	3.10 $\pm$ 0.09	ND *	5.80 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	5.15 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.17 $\pm$ 0.00	ND **
3	4.09 $\pm$ 0.27	ND *	3.84 $\pm$ 0.21	ND *	1.69 $\pm$ 0.00	ND **
4	3.51 $\pm$ 0.15	ND *	4.19 $\pm$ 0.70	ND *	1.68 $\pm$ 0.01	ND **
5	3.43 $\pm$ 0.18	ND *	4.82 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>	2.73 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	3.32 $\pm$ 0.10	ND **
6	4.82 $\pm$ 0.00	ND **	7.65 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>	4.17 $\pm$ 0.67 <sup>b*</sup>	4.35 $\pm$ 0.15	ND **
7	2.77 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	2.68 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	4.50 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	3.19 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	ND	ND
8	5.24 $\pm$ 0.00	ND **	5.28 $\pm$ 0.58	ND *	2.80 $\pm$ 0.01	ND **
9	3.24 $\pm$ 1.20	ND *	6.04 $\pm$ 0.82 <sup>a</sup>	2.19 $\pm$ 0.70 <sup>b*</sup>	3.61 $\pm$ 0.11	ND **
10	8.70 $\pm$ 0.01	ND **	6.37 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	1.69 $\pm$ 0.00 <sup>b*</sup>	2.65 $\pm$ 0.04	ND**

a, b: Different letters following the mean values for butter and butter oil indicate that the difference is statistically significant.

(\*: p<0.05; \*\*: p<0.01; ND: Not detected; CFU: Colony-forming unit).

The main reason for the lower cholesterol ratios of the butter oil samples compared with those of the butter samples may be that some cholesterol was removed along with sediment when butter was converted to butter oil. Cholesterol is found in milk fats as a component of the complex that comprises the fat globule membrane; in the fat-free portion of milk, it exists within a protein complex (Huppertz and Kelly, 2006).

Another reason for the lower cholesterol levels observed in butter oils could be that the cholesterol was converted into oxidation products as a result of the heat applied during the conversion process since cholesterol is oxidized at elevated temperatures (O'Connor and O'Brien, 2006). In a study by Seçkin and Metin (2005), oxidized cholesterol compounds increased substantially with elevated temperatures (180, 200, 220, and 230 °C) and increased duration of heat exposure (10, 15, and 20 minutes). The cholesterol values for the samples in the present study were generally consistent with those reported in the literature (Seçkin et al., 2005).

The present study found that the water activity of the butter samples ( $0.80 \pm 0.01 - 0.99 \pm 0.03$ ) decreased to  $0.42 \pm 0.00 - 0.78 \pm 0.01$  for the butter oils, the differences being statistically significant ( $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ) (Table 2). Water activity, a measurement of the availability of water content that can be utilized for microbial activity and/or chemical reactions, is one of the primary factors affecting the stability of foods. Only osmophilic yeasts and certain fungus species remain active in foods with a water activity of 0.60-0.65  $a_w$ , and all microbiological activity ceases below 0.50  $a_w$  (Fennema, 1996). From a microbiological perspective, the data obtained in the current study indicated that butter oil is more stable than butter. Our results were consistent with the water activity levels reported by Fındık and Andiç (2017), which were 0.96-1.00 for butter and 0.48-0.82 for butter oil, by Gómez and Salguero (1992) for butter ( $0.904 \pm 0.050$ ), and by Samet-Bali et al., (2009) for traditional Tunisian butter (0.79). The differences between the values obtained for the samples can be attributed to differences in the raw materials and processing conditions.

Hydroperoxide synthesis during the first stage of oxidation was determined by peroxide analysis. Oxidation typically occurs following hydrolysis and is affected by numerous factors, including the ratio of unsaturated fatty acids, heat, light, and the presence of catalysts (Atamer and Sezgin, 1984). Peroxide values of the butter oil samples ranged from  $1.19 \pm 0.05 - 5.79 \pm 0.11$  meq  $O_2$ /kg fat while those for the butter samples varied between  $1.15 \pm 0.33 - 6.69 \pm 0.04$  meq  $O_2$ /kg fat. The reason that peroxide values for butter oil are sometimes higher than those of butter may be due to thermic oxidation caused by the high temperatures applied during production (Nawar, 1996). The Codex Alimentarius (2011) standard does not specify a maximum peroxide value for butter; however, 0.6 meq  $O_2$ /kg fat is given as a maximum peroxide value for butter oil. The peroxide values obtained for the butter and butter oil samples in our study exceeded the maximum international standards, possibly as a result of the production and/or storage conditions of the butter. Our findings were generally consistent with those that have been reported in the literature (Kirazcı and Javidipour, 2008; Fındık and Andiç, 2017; Çakmakçı and Tahmas Kahyaoğlu, 2018).

In the present study, the TBA levels of the butter samples varied from  $0.12 \pm 0.00$  to  $0.36 \pm 0.00$  mg malondialdehyde/kg, while those of butter oils ranged between  $0.00 \pm 0.00$  and  $0.17 \pm 0.01$  mg malondialdehyde/kg. The TBA values of the butter oils were significantly lower than those of the butters from which they were produced ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) (Table 2). Hydroperoxides formed during the initial stage of oxidation decompose into by-products for the remainder of the process. These by-products of lipid oxidation (such as malondialdehyde) are determined using the TBA test (Asha et al., 2015). Malondialdehyde and similar by-products, which contain small molecular structures, are usually removed along with the serum and/or evaporate during the heating process in the production of butter oil. Asha et al. (2015) found that storage temperature ( $6 \pm 2$  °C: T1;  $32 \pm 2$  °C: T2;  $60 \pm 2$  °C: T3) significantly affects the TBA values of butter oil ( $p < 0.01$ ). The TBA values of butter oil obtained in our study were consistent with those reported by Özkanlı and Kaya (2007), while the TBA values of our butter samples were also similar to the results of other studies (Çakmakçı and Tahmas Kahyaoğlu, 2018).

### 3.2. Microbiological analysis results

The yeast and mould counts are presented in Table 2. Our analysis determined that yeast and mould count in butter samples ranged between  $2.74 \pm 0.00$  log cfu/g and  $8.70 \pm 0.01$  log cfu/g, while those of most of the butter oil samples were so minute as to be undetectable. With respect to the yeast



and mould counts, the differences between the butter and butter oils were for the most part statistically significant ( $p < 0.05$  for 5 samples and  $p < 0.01$  for 3 samples). Similar results were also reported by Fındık and Andiç (2017).

The lipolytic microorganism counts of the butter oils were lower than those of the butter samples, the differences being in most cases statistically significant ( $p < 0.05$  for 7 of the 10 samples) (Table 2). The lowest and highest lipolytic bacteria counts for butter were  $3.84 \pm 0.21$  and  $7.65 \pm 0.37$  log cfu/g, respectively. In the majority of the butter oil samples, the lipolytic bacteria count exceeded the detectable limit, being below the detectable limit in only 3 samples.

While the presence of coliform bacteria was confirmed in most of the butter samples, its presence was not detected in any butter oil samples. The differences were statistically significant ( $p < 0.01$ ) for all but one sample in which the presence of coliform bacteria could not be detected (Table 2). Microorganisms could not be identified in butter oil as their counts were below the detectable limit due to the application of heat during production. Certain groups of microorganisms were able to remain alive in butter oils, however, because the lipid component formed a protective barrier for microorganisms (Ray, 2004). Fındık and Andiç (2017) also reported microorganism results consistent with those obtained in our study for butter and butter oils.

#### 4. Conclusion

Upon review of our findings, the higher fat and dry matter ratio of butter oil along with its lower cholesterol levels, coliform bacteria, yeast and mould, and lipolytic bacteria counts all demonstrate its advantages, chemically and microbiologically, compared to butter. Moreover, butter oil is more resistant to chemical reactions and microbiological activity compared to butter due to its considerably lower water activity. Although lipolytic microorganisms and yeast and mould were still detected in some of the butter oil samples, the water activity levels of these samples were below the levels necessary for microbiological and/or fungal activity. Future studies should investigate whether cholesterol oxidation products occur as a result of high temperatures during the production of butter oil and if so should determine what temperature levels are safe for production, sharing the results with producers. Furthermore, peroxide, TBA, and ADV levels obtained in this study indicate that high-quality butter oil cannot be produced from low-quality butter. Therefore, if butter oils are to be produced from butter, both products should be produced under controlled conditions using standardized methods to ensure product quality and safety.

#### References

- Alimentarius, C. (2011). *Milk and milk products*. Rome: WHO and FAO.
- Asha, A., Manjunatha, M., Rekha, R. M., Surendranath, B., Heartwin, P., Rao, J., Magdaline, E. & Sinha, C. (2015). Antioxidant activities of orange peel extract in ghee (butter oil) stored at different storage temperatures. *J. Food Sci. Technol*, 52(12), 8220-8227.
- Atamer, M. & Sezgin, E. (1984). The relation between the acid and peroxide values in determining lipolytic and oxidative deterioration of butter. *Gıda*, 9(6), 329-334.
- Atasoy, A. F. & Türkoğlu, H. (2010). A study on investigation of free fatty acid contents of Sade Yag (Urfa Yagi) produced and marketed in Sanliurfa. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.*, 14(2), 9-12.
- Çakmakçı, S. & Tahmas Kahyaoğlu, D. (2018). A comparative study on some properties and oxidation stability during storage of butter produced from different animals' milk. *Gıda*, 43 (2), 283-293.
- Deeth, H. C. & Fitz-Geralds, C. H. (2006). Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity. In: P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (pp. 481-556). The USA: Springer Science+Business Media Inc.
- Downey, W. K. (1980). Review of the progress of dairy science: Flavour impairment from pre- and post-manufacture lipolysis in milk and dairy products. *J. Dairy Res.*, 47, 237-252.
- Egan, H., Kirk, R. S. & Sawyer, R. (1981). Oils and fats. In Egan, H. (Chief Ed.), *Pearson's chemical analysis of foods* (pp. 534-539). UK: Churchill Livingstone.
- Fennema, O. R. (1996). Water and ice. In: Fennema O. R. (Chief Ed.), *Food chemistry* (pp. 17-94). The USA: Marcel Dekker Inc.
- Fındık, O. & Andiç, S. (2017). Some chemical and microbiological properties of the butter and the

- butter oil produced from the same raw material. *LWT - Food Sci. Technol.*, 86, 233-239.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of cheese science*. New York, USA: Springer.
- Gómez, R. & Fernández-Salguero, J. (1992). Water activity and chemical composition of some food emulsions. *Food Chem.*, 45(2), 91-93.
- Huppertz, T. & Kelly, A. L. (2006). Physical chemistry of milk fat globules. In: P. F. Fox, P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (pp. 173-204). The USA: Springer Science+Business Media Inc.
- IDF (1991). *International Dairy Federation*. Routine methods for determination of free fatty acids in milk. IDF No. 265, pp. 26-32.
- ISO (2003). Butter - Determination of moisture, non-fat solids and fat contents (ISO 3727-3:2003 / IDF 80-3:2003). [www.iso.org/standard/29475.html](http://www.iso.org/standard/29475.html) Accessed: 16 December 2007.
- ISO (2012). Milk and milk products - Determination of the titratable acidity of milk fat (ISO/TS 22113:2012 / IDF/RM 204:2012). [www.iso.org/standard/56167.html](http://www.iso.org/standard/56167.html) Accessed: 20 October 2018.
- Kirazci, A. & Javidipour, I. (2008). Some chemical and microbiological properties of ghee produced in Eastern Anatolia. *Int. J. Dairy Technol.*, 61, 300-306.
- Kristensen, D. & Skibsted, L. H. (1999). Comparison of three methods based on electron spin resonance spectrometry for evaluation of oxidative stability of processed cheese. *J. Agr. Food Chem.*, 47, 3099-3104.
- Mehta B. M. (2015). Chemical composition of milk and milk products. In: Cheung, P. C. K (Chief Ed.), Mehta, B. M. (Ed.), *Handbook of food chemistry* (pp. 511-553). Germany: Springer-Verlag.
- Muehlhoff, E., Bennett, A. & McMahon, D. (Eds.) (2013). *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Nawar, W. W. (1996). Lipids. In: Fennema O. R. (Chief Ed.), *Food chemistry* (pp. 225-331), the USA: Marcel Dekker Inc.
- Nestel, P. J., Chronopulos, A. & Cehun, M. (2005). Dairy fat in cheese raises LDL cholesterol less than that in butter in mildly hypercholesterolaemic subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 59, 1059-1063.
- O'Connor, T. P. & O'Brien, N. M. (2006). Lipid Oxidation. In: P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (pp. 557-600). The USA: Springer Science+Business Media Inc.
- Özkanlı, O. & Kaya, A. (2007). Storage stability of butter oils produced from sheep's non-pasteurized and pasteurized milk. *Food Chem.*, 100(3), 1026-1031. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.10.052.
- Palmquist, D. L. (2006). Milk fat: origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. In: P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (pp. 43-80). The USA: Springer Science+Business Media Inc.
- Ray, B. (2004). *Fundamental food microbiology*. The USA: CRC Press.
- Samet-Bali, O., Ayadi, M. A. & Attia, H. (2009). Traditional Tunisian butter: Physicochemical and microbial characteristics and storage stability of the oil fraction. *LWT - Food Sci. Technol.*, 42(4), 899-905.
- Searcy, R. L. & Bergquist, L. M. (1960). A new color reaction for the quantitation of serum cholesterol. *Clin. Chem.*, 5, 192-199.
- Seçkin, A. K. & Metin, M. (2005). The effect of process temperature and time on the occurrence of the products of cholesterol oxidation in butter. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 40, 903-906,
- Seçkin, K., Gürsoy, O., Kımık, O. & Akbulut, N. (2005). Conjugated linoleic acid (CLA) concentration, fatty acid composition and cholesterol content of some Turkish dairy products. *LWT - Food Sci. Technol.*, 38, 909-915.
- SPSS, 1999. SPSS Inc. Released (1999). SPSS for Windows, Version 10. Chicago: SPSS Inc.
- Tavlaşlar-Hocalar, B. (2011). *Tereyağı Teknolojisi*. İzmir, Türkiye: Ege Üniveristesi Basımevi.
- Turkish Food Codex (2005). Notification No. 2005/19 on butter, milk butter based products and clarified butter, 12 April 2005 [LEX-FAOC108244].
- TÜİK. (2016). Süt ve süt ürünleri üretimi, Aralık haber bülteni. [www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24682](http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24682) Accessed: 21 March 2017.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Tarsus Koşullarında Yetiştirilen Domat, Gemlik ve Sarı Ulak Zeytin Çeşitlerinin Farklı Tozlayıcı Koşullarındaki Pomolojik Özellikleri\*\***

**Cansu DÖLEK GENCER<sup>1\*</sup>, Mücahit Taha ÖZKAYA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Kozan Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Bölümü, 01960, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 06120, Ankara, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7628-0676> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6571-5985>

\*Sorumlu yazar e-posta: cansudolek.90@gmail.com

**Makale Bilgileri**

Geliş: 02.08.2020  
Kabul: 13.12.2020  
Online Yayınlanma 31.12.2020  
DOI: 10.29133/yyutbd.776531

**Anahtar kelimeler**

Kalite,  
Meyve,  
Tozlama,  
Zeytin.

**Öz:** Zeytin yetiştiriciliğinde, meyve iriliği özellikle sofralık açıdan değerlendirme yapıldığında önem taşımaktadır. Bununla birlikte üreticiler hem verimin hem de kalitenin yüksek olmasını istemektedir. Bu durumda bahçe içerisinde verim artışı için mevcut çeşitlerin hem kendine hem de karşılıklı uyusur olmaları avantaj sağlayacaktır. Çalışma Domat, Gemlik ve Sarı Ulak zeytin çeşitleri kullanılarak yürütülmüştür. Her çeşit için serbest, kendine ve yabancı tozlama uygulamaları yapılmıştır. Bu çeşitlerin karşılıklı birbirini tozlama durumlarının yüksek olduğu varsayılmış ve pomolojik özellikleri bu çalışma ile ortaya konulmak istenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre; serbest tozlanmanın meyve özelliklerini arttırdığı ve farklı tozlayıcı kullanımının kaliteyi etkilediği tespit edilmiştir.

**Pomological Features In Different Pollinating Conditions of Domat, Gemlik and Sarı Ulak Cultivars Cultivated in Tarsus Conditions**

**Article Info**

Received: 02.08.2020  
Accepted: 13.12.2020  
Online Published 31.12.2020  
DOI: 10.29133/yyutbd.776531

**Keywords**

Quality,  
Fruit,  
Pollination,  
Olive.

**Abstract:** In olive cultivation, fruit size is important especially when it is evaluated from the table point of view. However, producers want both efficiency and quality to be high. In this case, both self-compatible and cross-compatible status of olive cultivar provide an advantage to increase the yield of the varieties in the orchard. The study was conducted using olive varieties of Domat, Gemlik and Sarı Ulak. Open, self and cross pollination applications were made for all cultivars. These cultivars are assumed to have high cross pollination conditions. Pomological properties were also intended to be revealed with this study. According to the result of the study; It has been found that open pollination increases fruit properties and the use of different pollinators affects quality.

\*\*Bu çalışma Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde "Gemlik, sarı ulak ve domat zeytin çeşitlerinin döllenme biyolojileri üzerine araştırmalar" adlı tezden üretilmiştir.

**1. Giriş**

Zeytin (*Olea europaea L.*), üzüm, incir, hurma gibi çok eski zamanlardan beri yetiştirilen bir meyve türüdür. Yapılan çalışmalara göre, bu ürünler Akdeniz havzası boyunca 6 bin yıl öncesinden itibaren yayılmaya başlamıştır (Zohary ve Hopf, 2000). Oleacea familyası, Olea cinsinin bir türü olan zeytinin (*Olea europaea L.*) anavatanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni de içine alan Yukarı

Mezopotamya ve Güney Ön Asya'dır. Zeytin buradan tüm dünyaya, ilki Mısır üzerinden Tunus ve Fas; ikincisi Anadolu boyunca Ege Adaları, Yunanistan, İtalya, İspanya ve üçüncüsü de İran üzerinden Pakistan, Çin olmak üzere başlıca 3 koldan yayılmıştır (Özkaya ve ark., 2010)

Zeytin çeşitlerinde kendine verimlilik genellikle düşüktür. Bu konuya ilişkin Ferrara ve ark. (2002), çalışmalarında bazı çeşitlerde pistil aborsiyonuna rastlarken, bazı çeşitleri ise kendine uyumlu olarak belirtmişlerdir. Bu nedenle tek çeşitle bahçe kurulumu sonucunda verimin düşeceği ve hatta hiç ürün alınmayabileceği ifade edilmiştir. Farinelli ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada farklı çeşit, çiçek tomurcuğu oluşumu ve iklim faktörlerinden (ışık, sıcaklık, nem) dolayı kendine uyuma durumunun yıllara göre değişebileceğini gözlemlemişlerdir.

Bir çeşidin meyve özellikleri açısından değerlendirilmesinde irilik, yeşil veya siyah salamuraya uygunluk, et çekirdek oranı gibi bazı özelliklerinin yanında, % yağ içeriği de oldukça önemlidir. Meyve iriliği özellikle çeşidin sofralık, yağlık veya her iki amaçla kullanılmasına olanak sağlayan önemli bir kriterdir (Kaya ve Tekintaş, 2006). Sofralık zeytin çeşitlerinde meyve eti/çekirdek oranının ise 5'den daha fazla olması gerektiği bildirilmiştir (Padula ve ark., 2008). Zeytin meyvesi çeşitlere göre değişmekle beraber; %63-86 meyve eti, %10-30 meyve çekirdeği içermektedir. Zeytin meyve etinde, % 40 oranındaki su ve % 20-35 oranındaki yağ bulunmaktadır (Hoffmann, 1989).

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Mersin ili, Tarsus-Yenice Mahallesi'nde Gemlik, Sarı Ulak ve Domat zeytin çeşitleri kullanılarak yürütülmüştür. Bahçedeki Gemlik çeşidi 11, Sarı Ulak ve Domat çeşitleri ise 8 yaşındadır. Bu çeşitlerin seçilme nedeni en popüler ve yaygın çeşitlerin aynı bahçe içerisinde bulunmasıdır. Bu çeşitlerin karşılıklı birbirini tozlama durumlarının yüksek olduğu varsayılmış ve pomolojik özellikleri bu çalışma ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Her çeşit için serbest, kendine ve yabancı tozlama uygulamaları yapılmak üzere her ağacın 4 farklı yönünden (Kuzey-Güney-Doğu-Batı) 2'şer dal seçilerek tozlamalar yapılmıştır. Ağaçların seçilen dallarında bulunan çiçekler hava alabilen, ışık geçiren, fakat dışarıdan çiçek tozu geçirmeyen agril torbalarla izole edilmiştir. Çalışmada yer alan çeşitlerden her uygulamada her ağacın 4 farklı yönünden (Kuzey-Güney-Doğu-Batı) elde edilen olgun meyvelerin ve çekirdeklerin en, boy ve ağırlık ölçümlerinin yapılması amacıyla, 0.01 g'a duyarlı hassas terazi ile ağırlıkları, 0.01 mm'ye duyarlı kumpas ile de en ve boy değerleri ölçülmüştür. Bahçe denemeleri ve bu denemelerden elde edilen meyve özellikleri ile ilgili çalışmalar, 3 yinelemeli olarak "Tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen" deneme desenine göre planlanmıştır. Meyve ile ilgili elde edilen değerlere JMP 5.0.1 paket programında varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

Tozlama uygulamaları gerçekleştirilen meyvelerden alınan örneklerde ölçüm ve tartımlar yapılarak, meyve eni, meyve boyu, meyve ağırlığı, çekirdek eni, çekirdek boyu ve çekirdek ağırlığı belirlenmiştir.

Domat çeşidine ait meyve en, boy ve ağırlık ölçümleri Çizelge 1'de verilmiştir. 2017 yılında en yüksek en, boy ve ağırlık yönleri dikkate alınmadan serbest tozlama uygulamasında görülürken 2019 yılında en yüksek meyve eni değeri kendilemede, en yüksek boy ve ağırlık serbest tozlama ve kendileme uygulamalarında görülmüştür. 2017 yılında en yüksek en, boy ve ağırlık değerleri, uygulama dikkate alınmadan güney yönünde görülürken, 2019 yılında en yüksek eni boy ve ağırlık değerleri, uygulama dikkate alınmadan kuzey yönünde bulunmuştur. 2017 yılında en yüksek en serbest tozlama batı yönünde iken 2019 yılında serbest tozlama güney yönünde görülmüştür. 2017 ve 2019 yılında en yüksek boy serbest tozlama güney yönünde görülmüştür. 2017 ve 2019 yılında en yüksek ağırlık serbest tozlama kuzey ve güney yönünde iken 2019 yılında serbest tozlama güney ve kendileme kuzey yönünde görülmüştür. Sonuç olarak Domat çeşidinde serbest tozlanmış çiçeklerin iri meyve oluşumuna neden olduğu görülmektedir.

Gemlik çeşidine ait meyve en, boy ve ağırlık ölçümleri Çizelge 2'de verilmiştir. En yüksek en ve boy değerleri yönleri dikkate alınmadan 2017 yılında serbest tozlanma uygulamasında, 2018 ve 2019 yılında ise Sarı Ulak çeşidi ile yabancı tozlama uygulamasında bulunmuştur. Meyve ağırlığı

değerleri 2017 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama ve 2019 yılında Sarı Ulak çeşidi ile yabancı tozlama uygulamasında görülmüştür. 2017 yılında en yüksek en, boy ve ağırlık uygulama dikkate alınmadan doğu yönünde görülürken, 2019 yılında kuzey yönünde elde edilmiştir. Meyve en ve boy ölçümleri en yüksek 2017 yılında Serbest tozlanma kuzey yönünde iken, 2019 yılında Sarı Ulak çeşidi ile yabancı tozlama uygulaması batı yönünde belirlenmiştir. En yüksek meyve ağırlığı ise 2017 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama doğu yönünde ölçülürken, 2019 yılında Sarı Ulak çeşidi ile yabancı tozlama batı yönünde saptanmıştır. Sonuç olarak Gemlik çeşidinin Sarı Ulak çeşidi ile tozlanması iri meyve oluşumuna neden olduğu görülmüştür.

Sarı Ulak çeşidine ait meyve en, boy ve ağırlık ölçümleri Çizelge 3’de verilmiştir. En yüksek en ve boy değerleri yönler dikkate alınmadan 2017 yılında Serbest tozlanma uygulamasında bulunmuştur. 2019 yılında ise en yüksek en ve boy değerleri Domat çeşidi ile yabancı tozlama uygulamasında görülürken, en yüksek meyve ağırlığı kendileme uygulamasında saptanmıştır. 2017 ve 2019 yılında en yüksek en ve boy değerleri uygulama dikkate alınmadan güney yönünde elde edilirken, meyve ağırlığı 2017 yılında kuzey yönünde belirlenmiştir. En yüksek meyve eni değerleri 2017 yılında Serbest tozlanma doğu ve güney yönlerinde, 2019 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama uygulaması doğu yönünde bulunmuştur. En yüksek meyve boyu 2017 yılında Serbest tozlanma kuzey ve güney yönleri, 2019 yılında kendileme kuzey yönünde saptanmıştır. En yüksek meyve ağırlığı ise 2017 Serbest tozlanma batı yönü, 2019 yılında Serbest tozlanma doğu yönünde ölçülmüştür. Sonuç olarak Sarı Ulak çeşidinin serbest tozlama ve Domat çeşidi ile tozlanmasının iri meyve oluşumuna neden olmaktadır.

Domat çeşidine ait çekirdek en, boy ve ağırlık ölçümleri Çizelge 4’de verilmiştir. 2017 yılında en yüksek çekirdek eni yönler dikkate alınmadan Gemlik ile yabancı tozlama uygulamasında görülürken, 2019 yılında serbest tozlama uygulamasında ölçülmüştür. Çekirdek boyu ve ağırlık değerleri 2017 yılında serbest tozlama uygulamasında bulunurken, 2019 yılında çekirdek boyu en yüksek kendileme uygulamasında, çekirdek ağırlığı Serbest tozlanma ve kendileme uygulamasında saptanmıştır. 2017 yılında en yüksek en, boy ve ağırlık uygulama dikkate alınmadan güney yönünde görülürken, 2019 yılında kuzey yönünde bulunmuştur. 2017 yılında en yüksek çekirdek eni değerleri serbest tozlama güney yönünde iken 2019 yılında serbest tozlama kuzey yönünde görülmüştür. En yüksek çekirdek boyu 2017 yılında serbest tozlama doğu yönünde iken ve 2019 yılında serbest tozlama doğu, kendileme doğu ve batı yönlerinde görülmüştür. En yüksek çekirdek ağırlığı ise 2019 yılında serbest tozlama kuzey yönünden elde edilmiştir. Sonuç olarak Domat çeşidinden serbest tozlama çekirdek iriliğine neden olmuştur.

Gemlik çeşidine ait çekirdek en, boy ve ağırlık ölçümleri Çizelge 5’de verilmiştir. En yüksek çekirdek en değerleri yönler dikkate alınmadan 2017 yılında serbest tozlanma uygulamasında, 2019 yılında ise Domat çeşidi ile yabancı tozlama ve Kendileme uygulamasında bulunmuştur. En yüksek çekirdek boyu 2017 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama, 2019 yılında kendileme uygulamasında saptanmıştır. En yüksek çekirdek ağırlığı değerleri 2017 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama uygulamasında ölçülürken, 2019 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama, kendileme ve Sarı Ulak çeşidi ile yabancı tozlama uygulamalarında tespit edilmiştir. 2017 yılında en yüksek en değerleri uygulama dikkate alınmadan doğu yönünde görülürken, 2018 yılında kuzey yönünde ve 2019 yılında ise güney ve doğu yönlerinde elde edilmiştir. Çekirdek ağırlığı ölçümleri en yüksek 2018 yılında kuzey yılında saptanmıştır. En yüksek çekirdek eni değerleri 2017 yılında Serbest tozlanma kuzey ve doğu yönünde iken, 2019 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama uygulaması güney yönünde belirlenmiştir. En yüksek çekirdek boyu 2017 yılında kendileme batı yönünde görülürken, 2019 yılında kendileme doğu ve batı yönünde tespit edilmiştir. En yüksek çekirdek ağırlığı ise 2018 yılında Serbest tozlanma kuzey yönü, 2019 yılında ise kendileme batı yönünde ölçülmüştür. Sonuç olarak Gemlik çeşidinde serbest tozlama çekirdek iriliğine neden olmuştur.

Sarı Ulak çeşidine ait çekirdek en, boy ve ağırlık ölçümleri Çizelge 6’da verilmiştir. En yüksek çekirdek en değerleri yönler dikkate alınmadan 2017 yılında Serbest tozlanma, Domat çeşidi ile yabancı tozlama ve Gemlik çeşidi ile yabancı tozlama uygulamalarında, 2019 yılında Serbest tozlanma, Domat çeşidi ile yabancı tozlama ve kendileme uygulamalarında bulunmuştur. En yüksek çekirdek boyu 2017 yılında Serbest tozlanma ve 2019 yılında kendileme uygulamasında görülürken, en yüksek meyve ağırlığı 2017 yılında Domat çeşidi ile yabancı tozlama uygulamasında uygulamasında saptanmıştır. 2017 yılında en yüksek çekirdek eni ölçümleri uygulama dikkate alınmadan kuzey ve batı yönünde elde edilirken, 2019 yılında Doğu yönünde bulunmuştur. En yüksek

çekirdek ağırlığı 2017 ve 2019 yılında doğu yönünde tespit edilmiştir. En yüksek çekirdek eni değerleri 2017 yılında Serbest tozlanma güney ve Domat ile yabancı tozlama uygulaması doğu yönlerinde, 2019 yılında Domat ile yabancı tozlama batı, kendileme uygulaması güney ve doğu yönlerinde bulunmuştur. En yüksek çekirdek boyu değerleri 2017 yılında Serbest tozlanma batı yönü ve 2019 yılında Serbest tozlama uygulaması doğu yönünde belirlenmiştir. En yüksek çekirdek ağırlığı ise 2017 Domat çeşidi ile yabancı tozlama uygulaması doğu yönünde ölçülmüştür. Sonuç olarak Sarı Ulak çeşidinden serbest tozlama çekirdek iriliğine neden olmuştur.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Ulaş (2001) yaptığı çalışmada meyve en ve boy değerlerini Gemlik çeşidinde 18.79-23.09 mm ve Sarı Ulak çeşidinde 14.98-25.60 mm olarak ölçmüştür. Dölek (2003), yaptığı çalışmada meyve enini Silifke Yağlık çeşidinde 18.19 mm, Gemlik çeşidinde 17.51 mm ve Sarı Ulak çeşidinde 15.10 mm olarak bulmuştur. Karadağ ve ark. (2007) meyve en ve boy değerlerini Domat çeşidinde 19.45-26.08 mm, Gemlik çeşidinde 17,67-23,16 mm ve Sarı Ulak çeşidinde 16.89-23.43 mm olarak bildirmiştir. Gündoğdu ve Şeker (2011) Edremit'te 16 zeytin çeşidinin pomolojik özelliklerini belirlemişlerdir. Meyve eni değerleri Domat çeşidinde 19.96 mm ve Gemlik çeşidinde 18.00 mm olarak bildirilmiştir.

Kaleci ve ark. (2016) çalışmalarında, 3 yabancı zeytin çeşidinin (Ascolana, Gordales ve Manzanilla de Carmona pomolojik özellikleri incelemişlerdir. Manzanilla de Carmona çeşidi 20.78 mm meyve enine sahip iken Gordales çeşidinde ise 35.07 mm ölçülmüştür. Çetin ve ark. (2016) çalışmasında Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü melezleme programında Memecik ve Uslu çeşitleri ebeveyn olarak kullanmıştır. Memecik çeşidinin meyve eni 17.21 mm, Uslu çeşidinin 17.28 mm olduğu saptanmıştır. Melez genotiplerin meyve enleri ise 12.67-20.56 mm arasında değişim göstermiştir. Çalışmamızda meyve eni değerleri 16.57 mm (Domat)-15.35 mm (Gemlik) arasında değişmiştir. Bu değerler literatürlerde bildirilenlere göre düşük bulunmuştur. Sonuç olarak çeşitlere ait uygulamalar değerlendirildiğinde en iri meyveler; serbest tozlama uygulamalarından, en küçük meyveler ise Domat çeşidi hariç kendileme uygulamalarında belirlenmiştir.

Gündoğdu ve Şeker (2011) gerçekleştirdiği çalışmada meyve boyu değerlerini Domat çeşidinde 27.83 mm ve Gemlik çeşidinde 22.57 mm olarak bildirilmiştir. Çetin ve ark. (2016) çalışmalarında meyve boyunu Memecik çeşidinde 25.67 mm, Uslu çeşidinde 24.65 mm olduğunu bildirmiş ve melez genotiplerin 18.61-27.95 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmacıların bildirdiği meyve boyu değerleri çalışmamızla benzer bulunmuştur. Bu değerler incelendiğinde en iri Domat çeşidi (23.69 mm), en kısa Gemlik (21.12 mm) çeşidi olarak saptanmıştır.

Özkaya ve ark.'nın (2004) yaptıkları bir çalışma sonucunda Domat, Gemlik, Kilis Yağlık, Manzanilla ve Nizip Yağlık çeşitlerinin %60'tan fazla genetik benzerlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Sarı Ulak çeşidinde ise bu gruba %50'ya yakın benzerlik saptanmıştır. Domat çeşidi genellikle yeşil sofralık olarak tüketilirken, Gemlik, Türkiye'nin temel siyah sofralık zeytin çeşididir. Sarı Ulak çeşidi ise ağırlıklı olarak Adana ve Mersin (Doğu Akdeniz) bölgesinde sofralık zeytin için yetiştirilmektedir. Buna ek olarak çalışmada değerlendirilen meyve ve çekirdek ağırlıkları Domat çeşidinde 5.30-0.86 g, Gemlik çeşidinde 3.73-0.53 g ve Sarı Ulak çeşidinde 3.77-1.06 g olarak ölçülmüştür. Domat çeşidi meyve boyutu olarak büyük grupta yer alırken, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitleri orta grupta değerlendirilmiştir. Çalışmamızda da Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerine ait meyve ağırlığı değerleri Özkaya ve ark. (2004)'e benzer sonuçlar oluşturmaktadır. Domat çeşidi en ağır meyvelere sahipken, diğer çeşitlerde birbirine benzer şekilde daha az ağırlık ölçülmüştür.

Çalışmamızda her üç zeytin çeşidimiz için 2018 yılının yok yılı olduğu halde sadece Domat çeşidinde 2018 yılında hiç verim alınmamıştır. Gemlik ve Sarı Ulak zeytin çeşitlerinin var yılı ve yok yılı arasındaki verim farklılığı yanında meyve en, boy ve ağırlık (Çizelge 1, Çizelge 2, Çizelge 3) açısından farklılık olduğu görülmektedir. Var yılında Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinden elde edilen verime bağlı olarak beklenenin tersine daha iri ve daha ağır meyve elde edildiği görülmektedir. Bu durumun meyvenin daha az olması halinde ağacın dinlenmesi ve beslenmesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 1. 2017 ve 2019 yılında Domat çeşidinde farklı uygulamalara ait meyve değerleri

Yıl	Uygulama	En (mm)					Boy (mm)					Ağırlık (g)				
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.
2017	Ser.Tozla.	19,24 ab	18,88 b	18,14 c	19,57 a	18,96 A	25,90 b	27,81 a	25,13 c	25,88 b	26,18 A	5,57 a	5,76 a	5,22 b	5,49 ab	5,51 A
	x Domat	18,03 c	18,81 b	18,24 c	17,77 c	18,21 B	24,40 de	25,13 c	25,02 cd	25,10 c	24,91 B	4,75 c	4,54 ab	4,80 c	4,57 c	4,91 B
	x Gemlik	16,30 de	16,17 ef	16,77 d	15,68 fgh	16,23 C	23,80 e	23,82 e	24,05 e	23,83 e	23,87 C	3,28 efg	3,65 d	3,67 d	3,28 efg	3,47 C
	x Sarı Ulak	15,45 gh	15,88 efg	15,35 gh	15,26 h	15,49 D	22,52 fg	22,95 f	21,86 g	20,92 h	22,06 D	3,13 fg	3,53 de	3,43 def	2,97 g	3,26 D
	Ort.	17,26 AB	17,44 A	17,13 B	17,07 B		24,16 B	24,92 A	24,01 B	23,93 B		4,18 BC	4,62 A	4,28 B	4,08 C	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,325*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,325* LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,563***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,391*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,391*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,677***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,185*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,185*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,320**				
2018 <sup>2</sup>	Ser.Tozla.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Domat <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Gemlik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Sarı Ulak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	Ser.Tozla.	17,16 b	17,73 a	16,74 c	15,43 d	16,76 B	23,58 c	24,84 a	23,75 c	22,69 d	23,71 A	4,53 ab	4,71 a	4,16 cd	4,69 e	4,27 A
	x Domat	17,70 a	17,22 b	16,88 bc	17,00 bc	17,20 A	24,32 b	23,43 c	23,67 c	24,29 b	23,93 A	4,64 a	4,44 abc	4,05 d	4,22 bcd	4,34 A
	x Gemlik	16,82 bc	15,51 d	15,56 d	14,66 e	15,64 C	23,74 c	22,24 d	21,57 e	22,20 d	23,44 B	4,09 d	3,39 e	3,40 e	3,02 f	3,47 B
	x Sarı Ulak	15,65 d	13,89 f	13,52 f	13,48 f	14,13 D	22,59 d	21,64 e	21,02 f	20,56 f	21,45 C	3,41 e	3,76 fg	2,55 gh	2,40 h	2,78 C
	Ort.	16,83 A	16,09 B	15,67 C	15,14 D		23,56 A	23,04 B	22,50 C	22,44 C		4,17 A	3,82 B	3,54 C	3,33 D	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,776*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,776*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 1,344***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,294*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,294*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,509***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,194*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,194*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,337**				

<sup>1</sup>Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

<sup>2</sup>2018 yılında Domat çeşidi periyodisite nedeniyle kullanılamamıştır.

Ö.D., Önemli Değil; \*, p<0.05; \*\*, p<0.01; \*\*\* p<0.001'i ifade etmektedir.

Çizelge 2. 2017, 2018 ve 2019 yılında Gemlik çeşidinde farklı uygulamalara ait meyve değerleri

Yıl	Uygulama	En (mm)					Boy (mm)					Ağırlık (g)				
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.
2017	Ser.Tozla.	17,34 a	16,03 cd	16,80 ab	16,33 bc	16,63 A	22,52 a	21,55 bcd	22,25 ab	21,20 cde	21,88 A	4,21 bc	3,34 ef	3,69 cde	3,53 e	3,69 B
	x Domat	15,00 f	15,38 ef	15,67 de	16,20 cd	15,56 C	20,30 efg	20,81 def	21,90 abc	22,58 a	21,40 B	2,90 fg	4,10 cd	4,96 a	4,70 ab	4,17 A
	x Gemlik	15,01 f	16,40 bc	16,36 bc	16,39 bc	16,04 B	20,08 fgh	21,21 cde	21,93 abc	22,11 abc	21,33 B	3,39 ef	3,33 ef	3,57 de	3,58 de	3,47 B
	x Sarı Ulak	13,83 g	14,16 g	13,91 g	13,77 g	13,92 D	20,47 ef	20,04 fg	19,02 h	19,39 gh	19,73 C	2,65 g	2,60 g	2,45 g	2,50 g	2,55 C
	Ort.	15,29 B	15,49 AB	15,69 A	15,67 A		20,88	20,90	21,27	21,32		3,29 C	3,34 BC	3,67 A	3,57 AB	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,399 *** LSD <sub>Yön</sub> : 0,399 ** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,587 ***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,555 *** LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,961 ***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,306 *** LSD <sub>Yön</sub> : 0,306 ** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,530 ***				
2018 <sup>2</sup>	Ser.Tozla.	13,85	14,20	14,01	13,08	13,79	16,65	20,20	20,05	18,85	19,69 AB	2,45	2,66	2,50	2,16	2,44
	x Domat <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Gemlik	14,01	13,27	13,57	13,92	13,69	19,30	18,86	18,98	19,80	19,24 B	2,46	2,28	2,34	2,71	2,44
	x Sarı Ulak	13,45	13,82	14,20	14,22	13,92	19,96	20,02	20,23	20,39	20,15 A	2,40	2,49	2,54	2,71	2,53
	Ort.	13,77	13,76	13,93	13,74		19,64	19,69	19,75	19,68		2,43	2,47	2,46	2,52	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : Ö.D. LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : Ö.D.					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,939 * LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : Ö.D.					LSD <sub>Uygulama</sub> : Ö.D. LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : Ö.D.				
2019	Ser.Tozla.	15,91 de	15,90 e	14,57 f	15,08 f	15,37 C	22,38 cde	21,49 fg	20,29 h	21,18 g	21,33 C	3,36 cd	3,21 de	2,67 f	2,94 ef	3,05 C
	x Domat	16,63 bcde	16,47 bcde	16,33 cde	16,21 cde	16,41 B	22,50 bcde	22,36 cde	21,73 efg	21,82 efg	22,10 B	3,55 bcd	3,36 cd	3,38 cd	3,28 cde	3,39 B
	x Gemlik	16,76 abc	16,29 bcde	16,81 abc	16,59 bcde	16,61 AB	23,26 ab	21,58 defg	23,03 abc	23,21 abc	22,77 A	3,86 ab	3,20 cdef	3,83 ab	3,89 ab	3,70 A
	x Sarı Ulak	17,22 ab	16,58 bcde	16,69 abcd	17,46 a	16,98 A	22,49 bcde	22,70 bcd	22,05 def	23,75 a	22,74 A	3,94 ab	3,62 bc	3,88 ab	4,11 a	3,89 A
	Ort.	16,63	16,31	16,10	16,34		22,66 A	22,03 BC	21,77 C	22,49 AB		3,68 A	3,35 B	3,44 B	3,55 AB	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,448 *** LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,776 **					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,491 *** LSD <sub>Yön</sub> : 0,491 *** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,850 ***					LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,224 *** LSD <sub>Yön</sub> : 0,224 ** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,389 **				

<sup>1</sup>Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

<sup>2</sup>2018 yılında Domat çeşidi periyodisite nedeniyle kullanılmamıştır.

Ö.D., Önemli Değil; \*, p<0.05; \*\*, p<0.01; \*\*\* p<0.001'i ifade etmektedir.



Çizelge 3. 2017, 2018 ve 2019 yılında Sarı Ulak çeşidinde farklı uygulamalara ait meyve değerleri

Yıl	Uygulama	En (mm)					Boy (mm)					Ağırlık (g)				
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.
2017	Ser.Tozla.	18,26 ab	18,39 a	18,44 a	17,64 bcd	18,18 A	24,50 a	24,43 a	23,66 ab	22,82 bc	23,85 A	4,70 bc	4,91 b	4,79 bc	5,18 a	4,90 A
	x Domat	17,34 cde	16,67 efg	18,26 ab	14,68 i	16,74 C	22,58 bc	20,58 e	22,98 bc	21,16 de	21,89 B	4,38 de	4,03 gh	4,55 cd	3,37 i	4,08 B
	x Gemlik	17,90 abc	17,14 def	17,81 abcd	17,45 cd	17,58 B	22,51 bc	22,04 cd	22,79 bc	22,19 cd	22,38 B	4,40 de	3,89 h	4,20 efg	4,28 efg	4,19 B
	x Sarı Ulak	15,87 h	16,60 fg	16,04 gh	17,61 bcd	16,53 C	20,67 e	20,67 e	20,53 e	22,80 bc	21,17 C	4,32 def	4,09 fgh	3,82 h	4,31 def	4,13 B
	Ort.	17,34 AB	17,20 BC	17,64 A	16,85 C		22,56	22,00	22,49	22,24		4,45 A	4,23 B	4,34 AB	4,28 B	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,415*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,415*** LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : 0,718*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,668*** LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : 1,157*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,149*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,149*** LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : 0,259***														
2018 <sup>2</sup>	Ser.Tozla.	13,99	13,32	13,64	14,17	13,78	19,35	17,97	19,03	19,11	18,87	2,52	2,26	2,42	2,50	2,64
	x Domat <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Gemlik	13,65	14,75	14,44	14,20	14,26	19,46	20,36	19,94	19,82	19,90	2,37	2,93	2,77	2,60	2,67
	x Sarı Ulak	14,76	14,30	14,53	14,66	14,56	19,29	19,54	18,83	20,98	19,66	2,62	2,56	2,76	2,62	2,42
	Ort.	14,13	14,12	14,20	14,34		19,36	19,29	19,27	19,97		2,51	2,59	2,65	2,58	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : Ö.D. LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama</sub> : Ö.D. LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama</sub> : Ö.D. LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : Ö.D.														
2019	Ser.Tozla.	17,68 b	17,25 bcd	17,68 b	17,10 bcde	17,42 AB	21,29 e	22,50 bcd	23,33 ab	22,41 bcd	22,38 B	3,81 bcde	3,89 bcde	4,65 a	3,90 bcde	4,06 A
	x Domat	16,48 de	17,34 bc	18,76 a	17,60 b	17,55 A	22,19 cde	23,24 ab	23,60 a	22,48 bcd	22,88 A	3,47 e	4,01 bc	3,79 bc	4,04 bc	3,83 AB
	x Gemlik	17,28 bcd	16,92 bcde	17,07 bcde	16,91 bcde	17,04 BC	21,86 cde	21,40 e	21,54 de	22,73 abc	21,88 C	3,79 bcde	3,51 de	3,58 cde	3,73 bcde	3,65 B
	x Sarı Ulak	16,59 cde	16,60 cde	17,33 bc	16,33 e	16,71 C	23,66 a	22,21 cde	22,43 bcd	22,53 bc	22,71 AB	4,06 bc	3,99 bcd	4,11 b	3,84 bcde	4,00 A
	Ort.	17,01 B	17,03 B	17,71 A	16,98 B		22,25	22,34	22,72	22,54		3,78	3,85	4,03	3,87	
		LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,476*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,476*** LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : 0,825*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,558*** LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : 0,967*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,283*** LSD <sub>Yön</sub> : Ö.D. LSD <sub>Uygulama x Yön</sub> : 0,491***														

<sup>1</sup>Aynı sütunda ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

<sup>2</sup>2018 yılında Domat çeşidi periyodisite nedeniyle kullanılmamıştır.

Ö.D., Önemli Değil; \*, p<0.05; \*\*, p<0.01; \*\*\* p<0.001'i ifade etmektedir.

Çizelge 4. 2017 ve 2019 yılında Domat çeşidinde farklı uygulamalara ait çekirdek değerleri

Yıl	Uygulama	En (mm)					Boy (mm)					Ağırlık (g)				
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.
2017	Ser.Tozla.	8,59 f	11,40 a	9,96 cd	9,56 de	9,88 B	16,73 bcd	17,11 abc	17,64 a	16,57 bcde	17,01 A	1,08	1,10	1,21	1,11	1,13 A
	x Domat	9,28 def	9,69 de	8,61 f	8,54 f	9,03 C	15,75 efg	17,08 abc	15,89 def	17,02 abc	16,43 B	1,14	1,21	1,10	1,00	1,11 A
	x Gemlik	11,59 a	11,15 ab	11,55 a	10,57 bc	11,21 A	14,73 h	15,47 fgh	14,94 gh	15,45 fgh	15,14 C	1,11	1,11	1,11	1,00	1,08 A
	x Sarı Ulak	8,68 f	8,95 ef	8,65 f	8,54 f	8,70 C	17,40 ab	17,08 abc	16,51 cde	15,83 ef	16,70 AB	0,91	1,01	0,92	0,86	0,92 B
	Ort.	9,53 BC	10,29 A	9,69 B	9,30 C		16,15 B	16,69 A	16,24 B	16,22 B		1,06 AB	1,11 A	1,08 A	0,99 B	
LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,441*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,441*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,763*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,495*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,495* LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,857** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,103*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,103* LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : Ö.D.																
2018 <sup>2</sup>	Ser.Tozla.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Domat <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Gemlik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Sarı Ulak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	Ser.Tozla.	9,46 a	8,97 bc	8,71 cde	8,41 fg	8,89 A	17,79 ab	17,63 bc	17,88 a	17,09 ef	17,59 B	1,06 a	1,00 ab	0,92 def	0,90 defg	0,97 A
	x Domat	8,51 efg	8,63 def	9,12 b	8,59 def	8,71 B	17,50 cd	17,48 cd	17,92 a	18,03 a	17,73 A	0,93 cde	0,99 bc	0,95 bcd	0,92 def	0,95 A
	x Gemlik	9,19 ab	8,75 cde	8,82 cd	8,31 g	8,77 AB	17,18 ef	16,28 hi	16,95 fg	16,77 g	16,80 C	1,00 b	0,92 def	0,87 fgh	0,85 ghi	0,91 B
	x Sarı Ulak	8,67 def	7,74 h	7,90 h	7,68 h	8,00 C	17,27 de	17,27 de	16,22 i	16,51 h	16,82 C	0,87 efgh	0,80 hi	0,79 i	0,71 j	0,79 C
	Ort.	8,96 A	8,53 B	8,64 B	8,25 C		17,43 A	17,16 BC	17,24 B	17,10 C		0,97 A	0,93 B	0,88 C	0,84 D	
LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,163*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,163*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,283*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,142*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,142*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,247*** LSD <sub>Uygulama</sub> : 0,038*** LSD <sub>Yön</sub> : 0,038*** LSD <sub>Uygulama xYön</sub> : 0,065**																

<sup>1</sup>Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

<sup>2</sup>2018 yılında Domat çeşidi periyodisite nedeniyle kullanılamamıştır.

Ö.D., Önemli Değil; \*, p<0.05; \*\*, p<0.01; \*\*\* p<0.001'i ifade etmektedir.

Çizelge 5. 2017, 2018 ve 2019 yılında Gemlik çeşidinde farklı uygulamalara ait çekirdek değerleri

Yıl	Uygulama	En (mm)					Boy (mm)					Ağırlık (g)				
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.
2017	Ser.Tozla.	8,79 a	8,42 abc	8,70 a	8,04 cde	8,48 A	14,60 bcd	15,06 abcd	14,35 def	13,44 f	14,37 BC	0,98	0,89	0,94	0,95	0,94 B
	x Domat	7,73 def	8,40 abc	8,16 bcd	8,62 ab	8,23 B	14,52 cdef	14,80 bcde	15,15 abcd	15,78 ab	15,06 A	0,82	1,20	1,20	1,01	1,06 A
	x Gemlik	7,68 def	7,45 f	8,59 ab	8,38 abc	8,02 B	13,49 ef	14,17 def	15,60 abc	16,20 a	14,87 AB	0,73	0,75	0,84	0,96	0,82 C
	x Sarı Ulak	7,59 ef	7,69 def	7,60 ef	7,69 def	7,64 C	14,58 bcd	14,68 bcde	13,74 ef	13,65 ef	14,16 C	0,72	0,72	0,70	0,74	0,72 C
	Ort.	7,94 B	7,99 B	8,26 A	8,18 AB		14,30	14,68	14,71	14,77		0,81	0,89	0,92	0,91	
		<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,286*** LSD<sub>Yön</sub>: 0,286** LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,495***</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,703** LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 1,218***</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,130*** LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>				
2018 <sup>2</sup>	Ser.Tozla.	7,40	6,92	7,13	6,65	7,03	14,14	14,05	14,26	13,15	13,90	0,66 a	0,58 abc	0,60 abc	0,47 d	0,58 A
	x Domat <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Gemlik	7,07	6,62	7,08	7,07	6,96	13,57	13,03	13,17	14,14	13,48	0,53 cd	0,48 d	0,55 bcd	0,57 bc	0,53 B
	x Sarı Ulak	7,32	6,87	7,27	7,12	7,14	14,43	13,74	13,91	14,01	14,02	0,63 ab	0,53 cd	0,57 bc	0,56 bc	0,57 AB
	Ort.	7,26 A	6,80 C	7,16 AB	6,94 BC		14,05	13,60	13,78	13,77		0,61 A	0,53 B	0,57 AB	0,54 B	
		<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: Ö.D. LSD<sub>Yön</sub>: 0,284** LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: Ö.D. LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,047*** LSD<sub>Yön</sub>: 0,047** LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,081**</i>				
2019	Ser.Tozla.	8,46 cde	8,22 efg	8,24 efg	8,11 fg	8,26 B	15,84 ab	14,84 cde	14,82 cde	14,55 e	15,01 C	0,73 abcd	0,68 cdef	0,62 f	0,65 ef	0,67 B
	x Domat	8,71 abc	8,86 a	8,73 abc	8,57 bcd	8,72 A	15,79 ab	15,63 ab	14,80 de	15,25 bcd	15,37 B	0,78 ab	0,78 ab	0,76 abc	0,72 abcde	0,76 A
	x Gemlik	8,39 def	8,37 cdefg	8,80 ab	8,76 abc	8,58 A	15,78 ab	15,84 ab	16,03 a	16,23 a	15,97 A	0,73 abcde	0,63 def	0,76 abc	0,80 a	0,73 A
	x Sarı Ulak	8,04 gh	8,49 cde	8,41 def	7,80 h	8,19 B	14,72 de	15,30 bcd	15,30 bcd	15,50 abc	15,20 BC	0,72 abcde	0,71 bcde	0,74 abcd	0,75 abc	0,73 A
	Ort.	8,40 AB	8,49 A	8,55 A	8,31 B		15,53	15,40	15,24	15,39		0,74	0,70	0,72	0,73	
		<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,172*** LSD<sub>Yön</sub>: 0,172** LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,299**</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,389*** LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,673***</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,046*** LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,080***</i>				

<sup>1</sup>Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

<sup>2</sup>2018 yılında Domat çeşidi periyodisite nedeniyle kullanılmamıştır.

Ö.D., Önemli Değil; \*, p<0.05; \*\*, p<0.01; \*\*\* p<0.001'i ifade etmektedir.

Çizelge 6. 2017, 2018 ve 2019 yılında Sarı Ulak çeşidinde farklı uygulamalara ait çekirdek değerleri

Yıl	Uygulama	En (mm)					Boy (mm)					Ağırlık (g)				
		Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	Ort.
2017	Ser.Tozla.	9,08 abcd	9,46 a	8,74 bcdef	9,33 ab	9,15 A	16,22 ab	16,19 abc	15,53 abcde	16,55 a	16,12 A	0,99 bcd	1,01 bcd	0,95 bcd	0,98 bcd	0,98 B
	x Domat	9,18 ab	8,49 cdefg	9,48 a	8,22 fg	8,84 A	15,53 abcde	13,91 fg	15,80 abcde	13,38 g	14,66 B	1,07 b	0,88 de	1,41 a	0,88 de	1,06 A
	x Gemlik	9,30 ab	8,48 defg	8,90 abcde	9,13 abc	8,95 A	14,74 def	14,57 ef	15,12 bcde	15,03 cdef	14,87 B	1,03 bc	0,79 e	0,90 cde	0,93 cde	0,91 C
	x Sarı Ulak	8,30 efg	7,94 g	8,07 fg	9,06 abcd	8,34 B	14,73 def	14,58 ef	14,40 efg	14,99 def	14,67 B	0,58 f	0,91 cde	0,92 bcde	0,89 cde	0,83 D
	Ort.	8,96 A	8,59 B	8,80 AB	8,93 A		15,30	14,81	15,22	14,99		0,92 B	0,90 B	1,04 A	0,92 B	
		<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,374*** LSD<sub>Yön</sub>: 0,374* LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,647***</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,677*** LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 1,173***</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,080*** LSD<sub>Yön</sub>: 0,080*** LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,138***</i>				
2018 <sup>2</sup>	Ser.Tozla.	7,93	7,03	7,90	7,40	7,57	14,76	12,96	14,42	13,96	14,02	0,72	0,55	0,70	0,60	0,65
	x Domat <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	x Gemlik	7,76	8,21	8,65	8,15	8,19	14,85	15,31	14,99	15,29	15,11	0,70	0,79	0,81	0,78	0,77
	x Sarı Ulak	8,06	8,13	8,36	7,67	8,06	14,76	14,79	14,91	15,86	15,08	0,70	0,65	0,79	0,72	0,71
	Ort.	7,92	7,79	8,30	7,74		14,79	14,36	14,77	15,04		0,71	0,66	0,77	0,70	
		<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: Ö.D. LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: Ö.D. LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: Ö.D. LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>				
2019	Ser.Tozla.	9,36 abc	8,86 cde	9,98 a	9,01 bcde	9,30 A	13,97 g	15,23 ef	17,10 a	16,12 bcde	15,60 BC	0,91	0,84	1,01	0,90	0,92
	x Domat	8,70 cde	9,00 bcde	9,65 ab	9,73 a	9,27 A	16,30 abcd	16,14 bcde	15,70 cdef	15,53 def	15,92 B	0,90	0,92	0,96	0,92	0,92
	x Gemlik	8,76 cde	8,74 cde	8,59 e	8,66 de	8,68 B	15,46 def	14,89 fg	14,82 fg	16,35 abcd	15,38 C	0,89	0,82	0,91	0,98	0,90
	x Sarı Ulak	9,34 abcd	9,77 a	9,75 a	9,35 abc	9,55 A	17,07 ab	16,20 abcd	16,26 abcd	16,53 abc	16,51 A	0,91	0,92	0,95	0,94	0,93
	Ort.	9,04 B	9,09 B	9,50 A	9,19 AB		15,70	15,61	15,97	16,13		0,90 BC	0,87 C	0,96 A	0,94 AB	
		<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,397*** LSD<sub>Yön</sub>: 0,397* LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,687**</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: 0,557*** LSD<sub>Yön</sub>: Ö.D. LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: 0,964***</i>					<i>LSD<sub>Uygulama</sub>: Ö.D. LSD<sub>Yön</sub>: 0,063** LSD<sub>Uygulama xYön</sub>: Ö.D.</i>				

<sup>1</sup>Aynı sütunda ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

<sup>2</sup>2018 yılında Domat çeşidi periyodisite nedeniyle kullanılamamıştır.

Ö.D., Önemli Değil; \*, p<0.05; \*\*, p<0.01; \*\*\* p<0.001'i ifade etmektedir.

Gezerel (1980), Çukurova Bölgesi'nde Adana Topağı, Memeli, Sivri ve Nizip Yağlık çeşitlerinin periyodisite gösterdiğini, Tarsus Yağlık ve Gemlik çeşitlerinin ise düzenli ürün verdiğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda az ürün yılında meyvelerin Adana Topağı çeşidinde 6.12 g, Memeli çeşidinde 6.64 g ve Sivri çeşidinde 5.48 g ağırlığında oldukları, verim yılında ise meyvelerin Adana Topağı çeşidinde 5.51 g, Memeli çeşidinde 5.53 g ve Sivri çeşidinde 4.24 g olarak ölçüldüğü bildirmiştir. Ulaş (2001) zeytin çeşitleri üzerine yaptığı pomolojik gözlemlerde en ağır meyveleri Mavi (6.68 g), Sarı Ulak (5.87 g), Edremit Yağlık (5.54 g) çeşitlerinde bulurken, en düşük ağırlığa sahip meyveler Kilis Yağlık (1.56 g) ve Küncülü (1.62 g) çeşitlerinden elde edilmiştir.

Karadağ ve ark. (2007) meyve ve çekirdek ağırlıkları Domat çeşidinde 5.57-1.58 g, Gemlik çeşidinde 4.07-1.51 g ve Sarı Ulak çeşidinde 3.65-1.13 g olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarımız Karadağ ve ark. (2007)'nin çalışmalarına uyumlu bulunmuştur. Domat çeşidi kendileme uygulamasında daha ağır meyvelere sahipken, Gemlik çeşidinde Domat ile yabancı tozlama uygulamasında ve Sarı Ulak çeşidinde ise Serbest tozlanma uygulamasında bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde ise meyve iriliği açısından sıralama Domat, Sarı Ulak ve Gemlik olmuştur.

Kaleci ve ark. (2016) yaptıkları çalışma kapsamında değerlendirilen çeşitler arasında en geniş çekirdek boyutunu Gordales çeşidinde (12.08 mm) belirlemiş, Ascolana (9.91 mm) ve Manzanilla (9.25 mm) çeşitlerinin ise en küçük çekirdek enine sahip olduğu saptanmıştır. Ulaş (2001) Sarı Ulak çeşidinin çekirdek en ve boy değerlerini 9.37-15.64 mm, Gemlik çeşidinde ise 6.57-13.07 mm olarak bildirmiştir. Gündoğdu ve Şeker (2011) çekirdek en ve boy değerlerini Domat çeşidinde 9.21-19.64 mm ve Gemlik çeşidinde 8.58-14.84 mm olarak ölçmüştür. Şeker ve ark. (2012) Otur çeşidinde çekirdek enini 8.81 mm ve çekirdek boyunu 17.96 mm olarak bulmuştur. Çalışmamızda ortalama çekirdek en ve boy değerleri Domat çeşidinde 9.14-16.77 mm, Gemlik çeşidinde 7.93-16.67 mm ve Sarı Ulak çeşidinde 7.94-15.26 mm olarak bulunmuştur. Gemlik çeşidinin, Ulaş (2001)'in bulgularına göre daha iri çekirdeğe sahip olduğu saptanmıştır. Domat çeşidi ise Gündoğdu ve Şeker (2011)'in çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Kaleci ve ark. (2016) çekirdek boyları bakımından Manzanilla çeşidinin (17.98 mm) en kısa çekirdeklere sahip olduğunu bildirirken, Gordales çeşidinin ise en uzun çekirdeği (25.24 mm) oluşturduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda en yüksek çekirdek boyu Domat çeşidine ait Kendileme uygulamasından (17.73 mm), en düşük değer ise Gemlik çeşidi kendileme uygulamasından (13.48 mm) elde edilmiştir. Domat çeşidine ait tozlama uygulamasının meyveleri tüm çeşitlerde çekirdek boyunu arttırmıştır. Sarı Ulak çeşidine ait çekirdek boyu değerleri diğer çeşitlere oranla daha düşük olarak değerlendirilmiştir.

Ulaş (2001) çekirdek ağırlığı değerlerini en yüksek Sarı Ulak çeşidinde (0.83 g) bulurken, en düşük değer Nizip Yağlık çeşidinde (0.21) belirtilmiştir. Gemlik çeşidine ait çekirdek ağırlığı değeri 0.36 g olarak bulunmuştur. Çalışmamıza göre çekirdek ağırlığı en yüksek Domat çeşidinin Serbest tozlanma = 1.13 g, Gemlik çeşidinin Domat ile yabancı tozlama = 1.06 g; Sarı Ulak çeşidinin Domat ile yabancı tozlama = 1.06 g uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değerler ise Domat çeşidinde Sarı Ulak ile yabancı tozlama = 0.79 g; Gemlik çeşidi Kendileme = 0.53 g ve Sarı Ulak çeşidi Kendileme = 0.71 g uygulamalarından bulunmuştur. Sarı Ulak çeşidine ait ölçümler Ulaş (2001)'in çalışmasına benzer şekilde bulunurken, Gemlik çeşidinin çekirdek ağırlığı daha yüksek saptanmıştır.

Bu çalışma Domat, Gemlik ve Sarı Ulak zeytin çeşitleri için serbest, kendine ve yabancı tozlama uygulamaları yapılarak yürütülmüştür. Bu çeşitlerin karşılıklı birbirini tozlama durumlarının yüksek olduğu varsayılmış ve pomolojik özellikleri bu çalışma ile ortaya konulmak istenmiştir. Bu çalışmada ayrıca yönlerin pomolojik özelliklere etkileri de incelenmiş ve genel olarak belirgin bir yönün meyve ve çekirdek için en, boy ve ağırlık değerleri açısından ön plana çıktığı görülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre; serbest tozlanmanın meyve özelliklerini arttırdığı ve farklı tozlayıcı kullanımının kaliteyi etkilediği bulunmuştur. Domat çeşidinde serbest tozlanmış çiçeklerin iri meyve oluşumuna neden olduğu görülmektedir. Gemlik çeşidine Sarı Ulak çeşidinin tozlayıcı olarak kullanılması iri meyve oluşumuna neden olmaktadır. Sarı Ulak çeşidinin serbest tozlama ve Domat çeşidi ile tozlanması iri meyve oluşumuna neden olmaktadır. Domat çeşidi en ağır meyvelere sahipken, diğer çeşitlerde birbirine benzer şekilde daha az ağırlık ölçülmüştür. Meyve çekirdeği ile ilgili değerlendirmelerde de tüm çeşitler için serbest tozlanma uygulaması çekirdek iriliğine neden olmuştur. Tozlayıcı olarak Domat çeşidi kullanılan uygulamalarda meyvelerin çekirdek boyu artmıştır. Sarı Ulak çeşidine ait çekirdek boyu değerleri diğer çeşitlere oranla daha düşük olarak değerlendirilmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma Ankara Üniversitesi BAP 18L0447008 kod nolu proje ile desteklenmiştir. Tez sürecine katkı sağlayan Prof. Dr. Sinan ETİ'ye ve Şenay KARABIYIK'a ve tez çalışmamı yürütmemi sağlayan bahçe sahibi Barış GÜRBÜZ'e, teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Çetin, Ö., Mete, N., Şahin, M., Sefer, F., Kaya, H., Güloğlu, U., Hakan, M. & Uluçay, N. (2016). Memecik x Uslu melezi (F1) zeytin genotiplerinin pomolojik özellikleri. *Zeytin Bilimi*, 6 (1), 9-14.
- Dölek, B. (2003). *Erdemli, Silifke ve Mut ilçelerinde yetiştiriciliği yapılan sofralık ve yağlık zeytin çeşit ve tiplerinin morfolojik, fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 80s.
- Farinelli, D., Boco, M. & Tombesi, A. (2006). *Results of four years of observations on self – sterility behaviour of several olive cultivars and significance of cross - pollination*. – Proceedings Second International Seminar Olivebioteq 2006, Mazara del Vallo (TP), 5-10 November, pp: 275-282.
- Ferrara, E., Papa, G. & Lamparelli, F. (2002). Evaluation of the olive germplasm in the apulia region: biological and technological characteristics. *Acta Hort*. 586, 159-162.
- Gezerel, Ö. (1980). *Zeytinlerde boğma ve bilezik alma uygulamalarının verim, kalite ve yapraklardaki bitki besin maddeleriyle karbonhidrat düzeylerine etkisi*. Doçentlik Tezi, Adana, 115s.
- Gündoğdu M. A. & Şeker M. (2011). *Bazı yerli ve yabancı zeytin çeşitlerinin pomolojik ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi*. Ulusal Zeytin Kongresi, 22-25 Şubat 2011, s: 374-384.
- Hoffmann G. (1989). The Chemistry of Edible Fats. In: Taylor S. L., Eds. *The chemistry and technology of edible oils and fats and their high fat products*. Academic Press, London. 1-28.
- Kaleci, N., Gündoğdu, M. A., Doğan, E. & Nergis, O. (2016). Bazı yabancı kökenli zeytin çeşitlerinin olgunlaşma süresince pomolojik ve bazı biyokimyasal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi. *Zeytin Bilimi*, 6 (2) 2016, 119-124.
- Karadağ, S., Yaman, A., Tahtacı, S. A., Ulusaraç, A. & Aksu, Ö. (2007). *Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Zeytinde Adaptasyon*. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayın No: 23. <http://arastirma.tarim.gov.tr/afistik/Belgeler/Taranan%20yay%C4%B1nlar/gda%20zeytin%20adaptasyonu%20yay%C4%B1n%20no%2023%20001.pdf> Erişim tarihi: 10.03.2019.
- Kaya, H. & Tekintaş, F. E. (2006). Aydın ilinde yetiştirilen yamalak sarısı mahalli zeytin çeşidinin fenotipik özelliklerinin tanımlanması. *ADÜ Ziraat Fak. Dergisi*, 3(2), 69–76.
- Özkaya, M. T., Ergülen, E., Ülger S. & Özlü, N. (2004). "Genetic and biologic characterization of some olive (*Olea europaea* L.) cultivars grown in Turkey". *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2004, Cilt 10, Sayı 2.
- Özkaya, M. T., Tunalioglu, R., Eken, S., Ulaş, M., Danacı, A., İnan, N. & Tibet. U. (2010). *Türkiye zeytinciliğinin sorunları ve çözüm önerileri*. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 13-15 Ocak, Cilt 25, Ankara, 2, 89-99.
- Padula, G., Giordani, E., Bellini, E., Rosati, A., Pandolfi, S., Paoletti, A., Pannelli, G., Ripa, V., De Rose, F., Perri, E., Buccoliero, A. & Mennone, C. (2008). Field evaluation of new olive (*Olea europaea* L.) selections and effects of genotype and environment on productivity and fruit characteristics. *Adv. Hort. Sci*, 22, 87–94.
- Şeker, M., Gündoğdu, M. A., Gül, M. K. & Kaleci, N. (2012). Doğu karadeniz bölgesi bazı yerli zeytin çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *Zeytin Bilimi*, 3 (2) 2012, 91-97.
- Ulaş M. & Gezerel, Ö. (2001). *Çukurova bölgesinde yaygın bazı sofralık ve yağlık zeytin çeşitlerinin morfolojik, fizyolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-87s, Adana.
- Zohary, D. & Hopf, M. (2000). *Domestication of Plants In The Old World*. 3<sup>rd</sup> Ed., Oxford University Pres, Oxford, 316p.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Investigation of Effect of Ultrasound Pretreatment on Drying and Rehydration Characteristics and Microstructure of Apple Slices**

Senem TÜFEKÇİ<sup>1</sup>, Sami Gökhan ÖZKAL<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Processing, Vocational School of Acıpayam, Pamukkale University, 20800, Denizli, Turkey

<sup>2</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Pamukkale University, 20160, Denizli, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4613-2418> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5040-9814>

\*Corresponding author e-mail: [sgozkal@pau.edu.tr](mailto:sgozkal@pau.edu.tr)

**Article Info**

Received: 04.03.2020

Accepted: 22.12.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.698826

**Keywords**

Apple,  
Drying,  
Mathematical modeling,  
Microstructure,  
Rehydration,  
Ultrasound.

**Abstract:** In this study, the effects of ultrasound pretreatment on hot air drying and rehydration characteristics and microstructure changes of apple slices were examined. Slices of apple cv. Granny Smith having 5 mm thickness were used as the material. Pretreatments with ultrasound application were done by an ultrasonic generator with 20 kHz frequency. Effect of pretreatment time (10, 20, 30 min) and amplitude (55 and 100 %) were evaluated. Drying experiments were performed in a cabinet drier at 60°C with 0.3 m.s<sup>-1</sup> constant air velocity. Application of ultrasound pretreatment decreased the drying time of apple slices in some conditions. Amongst the five thin layer drying models tested, the Page and Modified Page models found to be the best fitting models for the expression of the drying of apple slices. Microstructural changes caused by ultrasound pretreatment enhanced the rehydration ability of dried apples. As the pretreatment time and ultrasound amplitude increased, the rehydration ratio had an increasing trend. Peleg model represented the rehydration kinetics of the samples successfully. Changes in the microstructure of the apple samples caused by the ultrasound pretreatment were clearly observed with scanning electron microscopy images. Structural changes, caused by ultrasound pretreatment in apple tissues, resulted in low shrinkage values.

**Ultrases Ön İşleminin Elma Dilimlerinin Kurutma ve Rehidrasyon Karakteristikleri ile Mikroyapısına Etkisinin Araştırılması**

**Makale Bilgileri**

Geliş: 04.03.2020

Kabul: 22.12.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.698826

**Anahtar kelimeler**

Elma,  
Kurutma,  
Matematiksel modelleme,  
Rehidrasyon,  
Mikroyapı,  
Ultrases.

**Öz:** Bu çalışmada, ultrasonik ön işlem uygulamasının elma dilimlerinin sıcak hava ile kurutulması, rehidrasyon özellikleri ve mikro yapısında meydana gelen değişiklikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Materyal olarak 5 mm kalınlığında Granny Smith elma çeşidinin dilimleri kullanılmıştır. Ultrases ön işlemi 20 kHz frekanslı ultrases üreticisi ile yapılmıştır. Ultrases ön işleminin etkisi seçilen süre (10, 20, 30 dakika) ve genlik (% 55 ve % 100) değerlerinde incelenmiştir. Kurutma deneyleri kabin kurutucuda 60 °C'de ve 0.3 m.s<sup>-1</sup> sabit hava hızında gerçekleştirilmiştir. Ultrases ön işlemi, bazı koşullarda elma dilimlerinin kuruma süresini kısaltmıştır. Denenen beş ince tabaka kurutma modeli arasından Page ve Modifiye Page modelleri elma dilimlerinin kurutulmasını ifade eden en uygun modeller olarak bulunmuştur. Ultrases ön işleminin neden olduğu mikroyapısal değişiklikler, kurutulmuş elmaların rehidrasyon kabiliyetini arttırmıştır. Ön işlem süresi ve ultrases genliği arttıkça rehidrasyon oranı artış eğiliminde olmuştur. Peleg modeli

örneklerin rehidrasyon kinetiğini başarılı biçimde temsil etmiştir. Ultrases ön işlemi ile elma örneklerinin mikroyapısında meydana gelen değişimler taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ile açık bir şekilde gözlemlenmiştir. Ultrases ön işlemi ile elma dokusunda meydana gelen yapısal değişiklikler düşük büzüşme oranı değerleri olarak sonuçlanmıştır.

## 1. Introduction

Apple is used as a raw material in many food formulations and cultivated in almost every part of the World because of its flavor and rich nutrients (Andres et al., 2004; Aras and Eşitken, 2019). Consumption of apple can be in fresh or processed forms such as juices, jams, marmalades, purees and dried products (Sacilik and Elicin, 2006). In recent years demand for the dried snack fruit products increasing due to their ease of use and healthy effects (Turgut and Topuz, 2020). Developing new apple preservation techniques is important.

Hot air drying is widely used for preservation of food and agricultural products. However, this method has several disadvantages like undesirable flavor and color, nutrient loss due to long drying time (Contreras et al., 2008). The use of ultrasound as a new technology may defeat some of the disadvantages of hot air drying (Garcia-Perez et al., 2007). Utilization of ultrasound technology has attracted large interest due to its promising effects in food processing (Knorr et al., 2004). Pre or simultaneous application of ultrasound energy in convective drying has increased the drying rate without a notable loss of quality in the product. Ultrasound has also increased the diffusion of water by reducing the internal resistance caused by the inner boundary layer (Rastogi, 2011).

In literature, the impact of ultrasound energy on drying behavior and characteristics of apples has been investigated widely with different drying methods such as low temperature air drying (Sabarez et al., 2018), convective air drying (Rojas et al., 2020; Banaszak and Pawłowski, 2018), atmospheric freeze drying (Moreno et al., 2017), vacuum freeze drying (Zhang et al., 2020; Ren and Bai, 2018), osmotic dehydration (Fernandes et al., 2019; Mierzwa and Kowalski, 2016) and microwave drying (Wiktor and Witrowa-Rajchert, 2020; Lv et al., 2019).

The objective of this study was to determine the influence of ultrasonic pretreatment on hot air drying and rehydration characteristics, shrinkage, rehydration ratio, water holding capacity and microstructural changes of Granny Smith apple slices. This study differs from the previous studies reported in literature with the application method of ultrasound energy and modeling the experimental drying data by using thin layer mathematical models.

## 2. Materials and Methods

Fresh apples (*cv.* Granny Smith) were purchased from a bazaar in Denizli. Samples were stored in a refrigerator at +4°C in polyethylene freezer bags until being dried. Moisture content was determined by gravimetric method in a hot air oven at 105 °C.

### 2.1. Ultrasound pretreatment

Apples were washed, peeled and cut into cylindrical slices of constant thickness (5 mm) by an electronic fresh vegetable cutter (Moulinex Fresh Express, France). Then the apple slices were dipped in distilled water at 25°C for sonication. Solid/liquid ratio used was 1:4 (w/w). The sonication processes were done by using an ultrasonic generator (Bandelin Sonopuls, Model HD 2200) working at 200 W power and 20 kHz frequency having a 13 mm diameter titanium probe (TT 13). Time and amplitude values of ultrasound pretreatment were chosen as 10, 20 and 30 min, and 55 and 100 %, respectively (Tüfekçi and Özkal, 2017).

Variations in temperature during ultrasonic pretreatment depending on conditions applied were determined by measuring the temperature of the distilled water before and after the pretreatment. Mass changes of the samples were determined by weighing the samples after removing superficial water at the end of pretreatments.



## 2.2. Drying experiments

Drying of apple samples were performed in a tray dryer (Yucebas Machine, İzmir, Turkey) (Demiray and Tülek, 2014). To achieve steady state conditions, the dryer was powered on 1 h before each drying experiment. The apple slices were weighed and placed uniformly as a single layer on the trays. The trays were inserted into the drier which were set to a constant air temperature (60 °C) and velocity (0.3 m.s<sup>-1</sup>).

The samples were weighed at every 5 min during the first 30 min, then every 30 min until constant weight conditions were observed. All drying experiments were performed in duplicate and average values of each condition were reported.

## 2.3. Shrinkage

For the determination of shrinkage values, bulk volume of samples was measured by a gas pycnometer (Micromeritics, Model AccuPyc II 1340) and the shrinkage values were calculated from the volume reduction of apple slices as percent shrinkage (*S*) (Equation 1) (Deng and Zhao, 2008);

$$S = [(V_0 - V_s) / V_0] \times 100 \quad (1)$$

Where  $V_0$  and  $V_s$  are volumes of the initial (fresh) and dried sample, respectively. For each measurement, 5 apple slices were selected and the measurements were performed in duplicate and the average value of percent shrinkage of the samples at each condition were reported.

## 2.4. Rehydration experiments

The rehydration experiments of dried apple samples were done at a constant temperature of 60°C. Dried apple samples were immersed into distilled water at a solid/liquid ratio of 1:50 (w/w). Samples were weighed after each 5 min of immersion during the first 30 min then every 30 min until a constant weight was attained. The superficial water was removed by draining samples over a mesh for 30 s prior to each measurement.

Rehydration ratio (*RR*) was estimated from the Equation 2;

$$RR = w_{rt} / w_{r0} \quad (2)$$

Where  $w_{rt}$  is mass of the rehydrated sample and  $w_{r0}$  is mass of the dry sample.

To obtain the water holding capacity (*WHC*), rehydrated samples were centrifuged at 4000 rpm for 10 min at 5°C in tubes having a mesh in the center and water removed from samples were weighed. The *WHC* values were estimated from the measured masses of the samples by using the Equation 3 (Vega-Gálvez et al., 2009);

$$WHC = [(Mr \cdot Xr - Ms) / (Mr \cdot Xr)] \cdot 100 \quad (3)$$

Where *Mr* is the mass of the sample after rehydration, *Xr* is the moisture content wet basis and *Ms* is the mass of the removed liquid from rehydrated sample after centrifugation.

## 2.5. Drying kinetics

The equations given below (Equation 4 and 5) were used for estimation of the moisture ratio (*MR*) and drying rate (*DR*) of the apple samples:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (4)$$

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (5)$$

Where,  $M_0$  is the initial moisture content,  $M_e$  is the equilibrium moisture content,  $M_t$  is the moisture content at any time  $t$ , and  $M_{t+dt}$  is the moisture content at  $t + dt$  (g water.g dry matter<sup>-1</sup>) and  $t$  is the drying time (min) (Sacilik and Elicin, 2006).

Mathematical modeling is necessary for food technology to understand the phenomena of drying and rehydration process (Cruz et al., 2015). Five different thin layer models given in Table 1 were used for estimation of drying kinetics of experimental data of the apple samples.

Table 1. Thin layer models used (Demiray and Tülek, 2014)

Model no	Model name	Model equation
1	Lewis	$MR = \exp(-kt)$
2	Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
3	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
4	Modified Page	$MR = \exp(-(kt)^n)$
5	Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$

## 2.6. Rehydration kinetics

Peleg model (Equation 6) was used for modeling of the data obtained from the rehydration experiments;

$$M = M_0 + t/(k_1 + k_2t) \quad (6)$$

In this equation  $M_0$  is the initial moisture content,  $M$  is the moisture content at time  $t$ ,  $k_1$  is the Peleg rate constant and  $k_2$  is the Peleg capacity constant (Ricca et al., 2016).

## 2.7. Statistical analysis

To describe the most suitable model representing the drying and rehydration curves of the apple samples, the  $R^2$ , reduced chi-square ( $\chi^2$ ) and root mean square error (RMSE) were used as the statistical parameters.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n} \quad (7)$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

The model which has the greatest  $R^2$ , and least  $\chi^2$  and RMSE was selected as the best representing model of the drying kinetics of the apples.

## 2.8. Microstructure

To investigate the impact of ultrasonic pretreatment on the microstructure of the apple slices, scanning electron microscopy (SEM) micrographs of the control (untreated samples) and the 20 min sonicated samples with 55 and 100 % amplitudes dried at 60 °C were obtained by using FEI Quanta 250 FEG instrument.

### 3. Results

#### 3.1. Temperature and mass change during ultrasound pretreatment

Temperature changes of the immersing water used in ultrasonic pretreatment and mass changes of the apple samples after ultrasound pretreatment were presented in Table 2.

Before ultrasound pretreatment, the temperature of the immersing water was 25 °C. It increased up to 56.50 °C during ultrasound pretreatment. Additionally, mass loss in the samples increased with increasing pretreatment time and ultrasound amplitude. As a result, mass of the apple slices decreased.

Table 2. Changes occurred during ultrasound pretreatments

Pretreatment conditions		Change in temperature (°C)*	Change in mass (%)*
Amplitude (%)	Time (min)		
100	10	29.75±0.50	-0.96±0.07
	20	50.00±0.83	-3.10±0.14
	30	56.50±1.29	-3.35±0.44
55	20	29.00±0.82	-0.80±0.05

\*Values are given as “mean ± standard deviation” n=4

#### 3.2. Drying characteristics

Sample codes indicating the drying temperature and pretreatment conditions for apple samples were listed in Table 3 and the same codes were used throughout the study. Total drying times of apple samples at 60 °C to the final moisture content of 0.1 g water.g dry matter<sup>-1</sup> were also reported in Table 3.

Table 3. Times needed to reach final moisture content for coded samples.

Drying temperature (°C)	Pretreatment conditions		Sample code	Time needed to reach final moisture content (min)
	Amplitude (%)	Time (min)		
60	-	-	60 °C control	143
	100	10	60° C - 100 % - 10 min	210
		20	60 °C - 100 % - 20 min	117
		30	60 °C - 100 % - 30 min	113
		55	60 °C - 55 % - 20 min	183

Influence of ultrasound pretreatment on drying kinetics of apple slices are given in Figure 1 and 2. Figure 1 shows drying rate versus moisture content curves and Figure 2 shows the changes in *MR* values with the drying time.

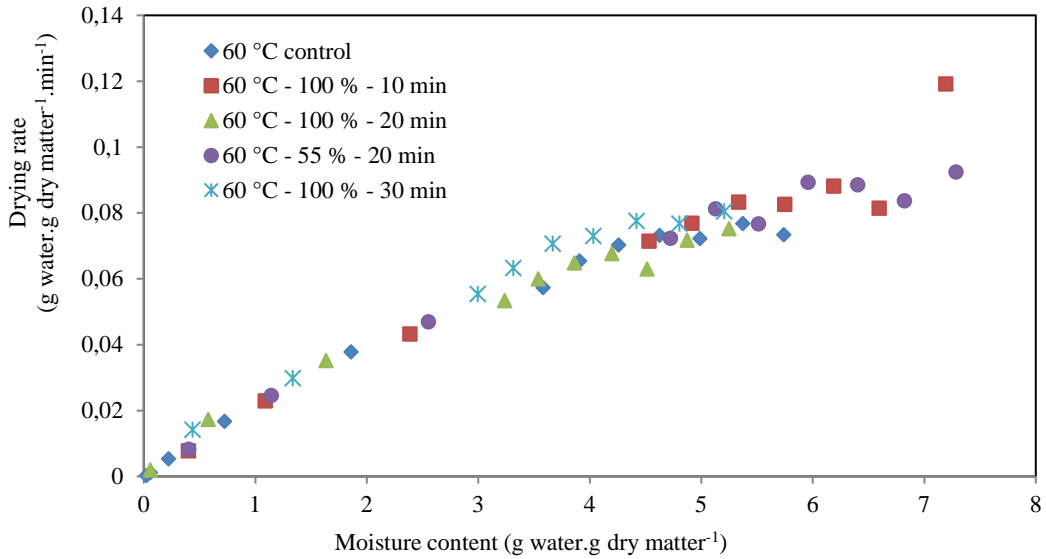


Figure 1. Drying curves of apple slices.

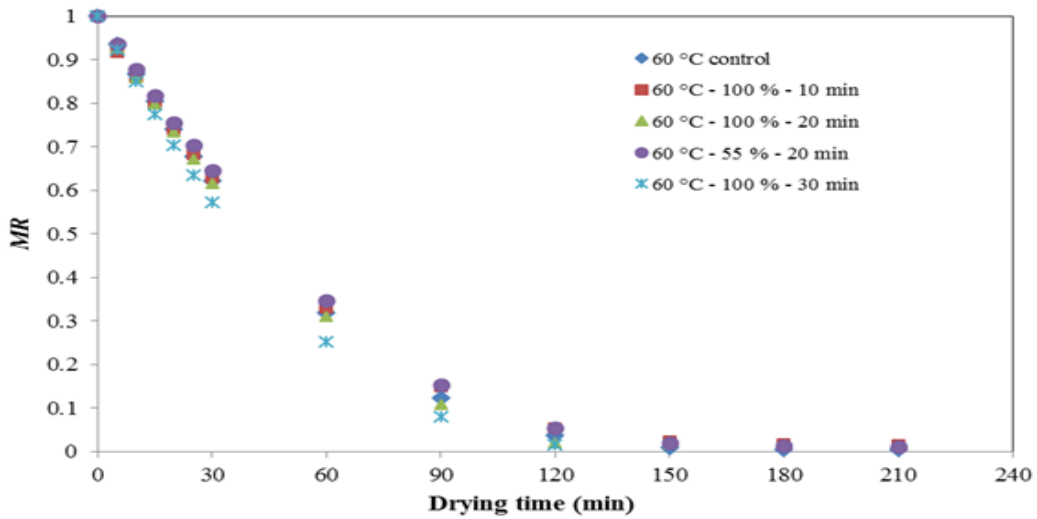


Figure 2. Drying kinetics of apple slices.

### 3.3. Modeling of drying kinetics

The *MR* values of the apple slices were fitted to five different mathematical drying models and model constants and statistical comparison parameters for apple drying are given in Table 4. Page and Modified Page models were found to be the best fitted models for representing the drying kinetics of apple by providing higher  $R^2$  and lower  $\chi^2$  and RMSE values for all conditions.

Table 4. Model coefficients and statistical comparison parameters for apple drying

Sample Code	Model No	Model Coefficients			R <sup>2</sup>	RMSE	χ <sup>2</sup>
60 °C	1	k = 0.0268			0.9780	0.0278	0.0108
	2	a = 1.2418	k = 0.0284		0.9838	0.0252	0.0097
	3	k = 0.0079	n = 1.2384		0.9958	0.0046	0.0003
	4	k = 0.0200	n = 1.2384		0.9958	0.0046	0.0003
	5	a = 1.5938	k = 0.0373	c = 0.0049	0.9570	0.0604	0.0617
60 °C - 100 % - 10 min	1	k = 0.0229			0.9857	0.0190	0.0051
	2	a = 1.1515	k = 0.0241		0.9906	0.0169	0.0044
	3	k = 0.0115	n = 1.1237		0.9926	0.0053	0.0004
	4	k = 0.0188	n = 1.1237		0.9926	0.0053	0.0004
	5	a = 1.4965	k = 0.0351	c = 0.0167	0.9580	0.0532	0.0477
60 °C - 100 % - 20 min	1	k = 0.0272			0.9570	0.0322	0.0125
	2	a = 1.2572	k = 0.0296		0.9696	0.0319	0.0136
	3	k = 0.0114	n = 1.2297		0.9908	0.0243	0.0080
	4	k = 0.0207	n = 1.2297		0.9908	0.0243	0.0080
	5	a = 1.1360	k = 0.0258	c = 0.0175	0.9708	0.0201	0.0061
60 °C - 55 % - 20 min	1	k = 0.0236			0.9808	0.0242	0.0083
	2	a = 1.2176	k = 0.0253		0.9890	0.0228	0.0080
	3	k = 0.0081	n = 1.2024		0.9955	0.0043	0.0003
	4	k = 0.0183	n = 1.2024		0.9955	0.0043	0.0003
	5	a = 1.1470	k = 0.0331	c = 0.0116	0.9649	0.0491	0.0407
60 °C - 100 % - 30 min	1	k = 0.0300			0.9664	0.0348	0.0134
	2	a = 1,3010	k = 0.0335		0.9674	0.0389	0.0189
	3	k = 0.0092	n = 1.2397		0.9928	0.0061	0.0005
	4	k = 0.0228	n = 1.2397		0.9928	0.0061	0.0005
	5	a = 1.1677	k = 0.0296	c = 0.1516	0.9739	0.0530	0.0402

### 3.4. Shrinkage

The shrinkage ratio of the ultrasound pretreated samples reduced gradually as the pretreatment time and amplitude increased (Table 5).

Table 5. Shrinkage ratios of apple slices

Sample code	Shrinkage Ratio*(%)
60 °C control	88.00±0.44
60 °C - 100 % - 10 min	88.85±1.90
60 °C - 100 % - 20 min	85.33±0.24
60 °C - 55 % - 20 min	87.76±0.22
60 °C - 100 % - 30 min	85.80±1.77

\* Values are given as ± standard deviation n=4

### 3.5. Rehydration kinetics

Rehydration curves of dried apple slices, model coefficients and statistical parameters of Peleg model are given in Figure 3 and Table 6, respectively. The Peleg model had high R<sup>2</sup> and low χ<sup>2</sup> and RMSE values which were represented empirical data successfully.

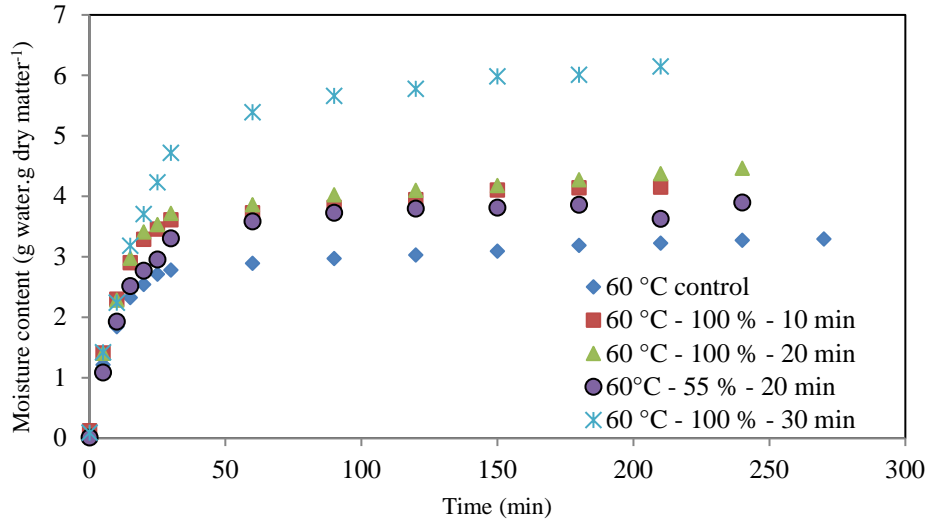


Figure 3. Rehydration curves of dried apple slices.

Table 6. Peleg model coefficients and statistical parameters for rehydration curves of dried apple slices

Sample code	$k_1$	$k_2$	$R^2$	RMSE	$\chi^2$
60 °C control	0.0421	0.2992	0.9992	0.0289	0.0136
60 °C - 100 % - 10 min	0.0337	0.2392	0.9992	0.0423	0.0266
60 °C - 100 % - 20 min	0.0357	0.2229	0.9989	0.0452	0.0313
60 °C - 55 % - 20 min	0.0363	0.2520	0.9974	0.0428	0.0282
60 °C - 100 % - 30 min	0.0418	0.1535	0.9989	0.0525	0.0397

### 3.6. Rehydration ratio and water holding capacity

The rehydration ratio increased with the increase in ultrasound pretreatment time and amplitude (Figure 4).

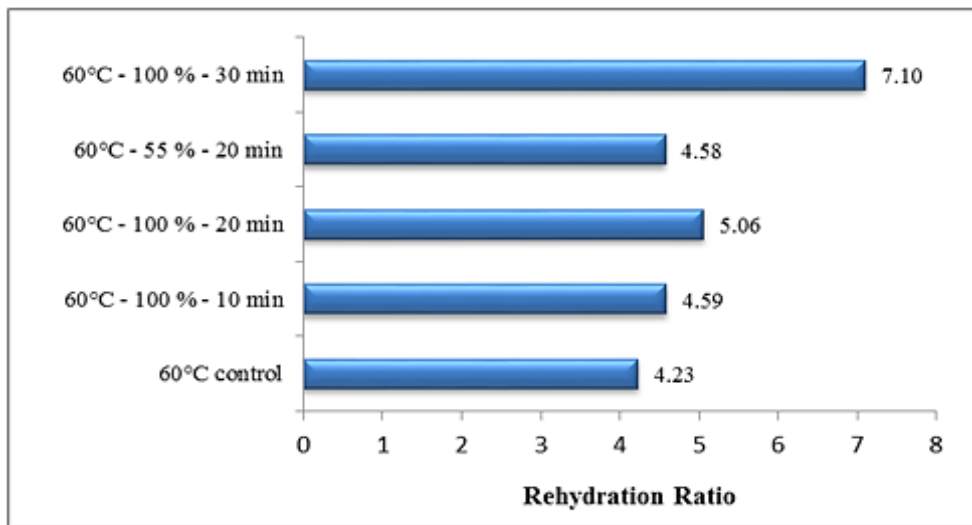


Figure 4. Rehydration ratio of apple slices.

As can be seen in Figure 5 water holding capacity values increased with ultrasound pretreatment. With 10 min pretreatment at 100 % amplitude ultrasound highest water holding capacity value was seen which is 3.83 times of the control sample.

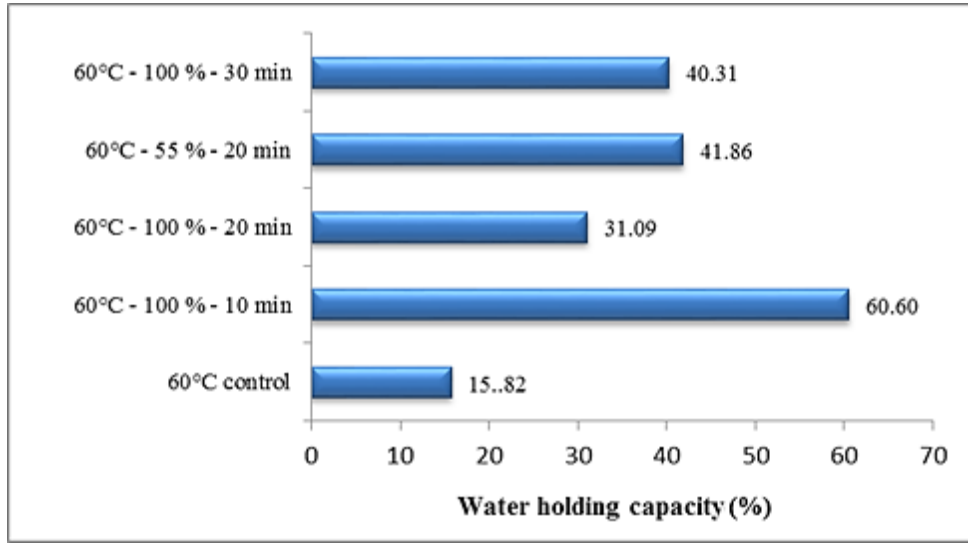


Figure 5. Water holding capacity of apple slices.

### 3.7. Microstructural changes

SEM micrographs of the untreated sample and the ultrasonically pretreated samples at 55 and 100 % amplitudes for 20 min which were dried at 60 °C are given in Figure 6. Ultrasound pretreatment applied at different conditions caused differences in microstructure of the dried apple slices. The apple slices dried without pretreatment have more organized cell structures in comparison with pretreated samples. Disruption of cell walls and cell deformation occurred in apple tissues in consequence of acoustic cavitation which can be seen clearly in Figure 6b-c.

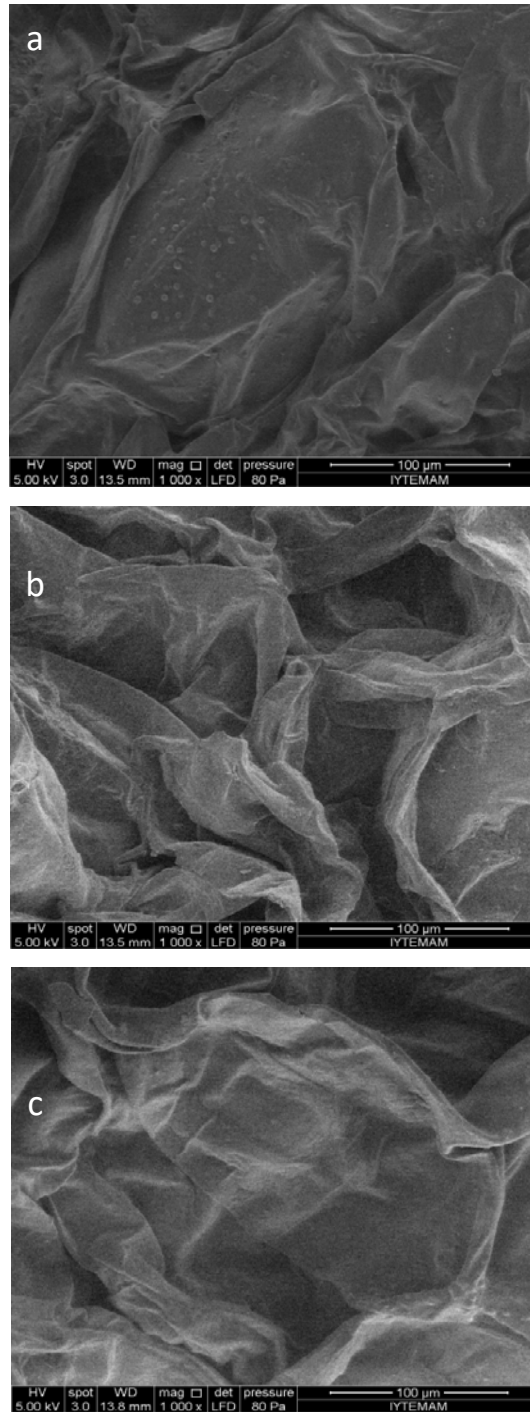


Figure 6. SEM micrographs of apple slices dried at 60°C: (a) Control (b) 20 min sonicated with 55 % amplitude (c) 20 min sonicated with 100 % amplitude.

#### 4. Discussion and Conclusion

Rise in temperature of surrounding water during ultrasound pretreatment (Table 2) is due to the fact that the magnitude of acoustic energy transferred into the medium (surrounding water and apple slices) increases with increasing pretreatment time and ultrasound amplitude. Similar temperature rises based upon ultrasound energy were reported in the literature for mushroom, Brussel sprout and cauliflower (Jambrak et al., 2007).

Associated with ultrasound pretreatment, mass loss in the apple slices occurred as a result of soluble solid loss from the samples due to concentration gradient caused by the sugar content of the samples (Table 2). Ultrasonically pretreated pineapple (Fernandes et al., 2009) soluble solid loss also thought to be based on sugar content of fruit.



As seen in the drying curves of ultrasonically pretreated apples, only the falling rate drying period was observed in all of the samples (Figure 1). Therefore, diffusion is the major physical mechanism of mass transfer in the apple samples. The same result was reported in hot air drying of Granny Smith apple (Andres et al, 2004) and ultrasound assisted convective drying of orange peel (Mello et al., 2020). Contreras et al. (2008) indicated that the Page and Modified Page models were represented the drying kinetics of apple products better than the other models like our study. Also, Page model successfully described the drying kinetics of ultrasonically pretreated pumpkin (Rojas et al., 2020), raspberry fruit (Szadzińska et al., 2019) and banana (Azoubel et al., 2010).

Shrinkage of food materials was an undesirable result of drying for consumer because of the changes in shape and loss of volume (Senadeera et al., 2020). For this study ultrasound pretreatment reducing effect on shrinkage ratio can be considered as a positive effect on dried product quality. Similar results were reported for hot air drying of Mirabelle plum (Dehghannya et al., 2016) and freeze drying of quince slices (Yildiz and İzli, 2019). The falling tendency in shrinkage values with ultrasound application might be due to microstructure damages which improve water diffusivity in apple tissue (Rodriguez et al., 2014). The relation between shrinkage and microstructural changes depending on ultrasound applications were also discussed for orange peel (Garcia-Perez et al., 2012).

Rehydration is a quality characteristic of dried foods and agricultural products that aims to recover the properties of raw materials which give information about the damage caused on the material due to drying and pretreatment methods (Cunningham et al., 2008). As a result of the structural deformation occurred in ultrasound pretreatment, increasing the pretreatment time and ultrasound amplitude accelerated the water gain (Figure 3). Wang et al. (2019) also reported that rehydration kinetics of kiwifruit was closely associated with microstructural changes that occurred after ultrasound pretreatment.

Rehydration kinetics of ultrasonically pretreated dried apples (cv. Idared) (Nowacka et al., 2012) and carrots (Ricce et al., 2016) were also well described by Peleg model with  $R^2$  values above 0.99. Peleg model constant  $k_1$  and  $k_2$  which related to mass transfer rate and final equilibrium moisture content, affected by pretreatment and drying conditions. The lower value of  $k_1$  means faster moisture gain. In comparison to other rehydrated apple samples, 10 min sonicated sample with 100 % amplitude ultrasound had the lowest  $k_1$  value which indicates the highest rehydration rate.  $k_2$  changed oppositely with the equilibrium moisture content. So, the 30 min sonicated sample with 100 % amplitude ultrasound had the highest equilibrium moisture content. The value of  $k_2$  was influenced by process temperature and structural changes in rehydrated material (Deng and Zhao, 2008). In this rehydration process, differences in the values of  $k_2$  can only be due to changes in chemical and physical structures of the apple slices during the ultrasound pretreatment just because of the constant rehydration temperature (60°C).

Higher rehydration ratio with increasing ultrasound pretreatment time and amplitude can be explained by the increases in pore formation which was caused by cavitation (Figure 4). Rehydration capacity of apple (Mothibe et al., 2014) and sea cucumber (Duan et al., 2008) were improved significantly by ultrasound pretreatment. Similarly, during the ageing of beef; sonicated samples reached higher water holding capacity values (Stadnik et al., 2008).

Researchers reported that the cavitation generated by the ultrasonic energy creates microscopic channels and facilitates the diffusion of water for carrot (Chen et al., 2016) and purple sweet potato (Liu et al., 2017). This situation improves the mass transfer by generating alternative diffusion pathways which resulted in lower drying time and shrinkage (Dehghannya et al., 2016). Increasing the ultrasound amplitude flattened the cells and collapsed the apple tissues. Similar tissue changes based on ultrasound applications were also found in previous studies for Fuji apples (Deng and Zhao, 2008) and pineapple (Fernandes et al., 2009).

In conclusion, ultrasound application affects water transport in food tissue so the drying rate increases, the drying time and shrinkage decreases. However, there is a need for further studies for the optimization of ultrasound application conditions in order to produce different products at higher quality and nutrient values at shorter drying times.

## Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge Pamukkale University Scientific Researches Project Unit (Project No: PAUBAP 2012FBE060) for financial support.

## References

- Andres, A., Bilbao, C., & Fito, P. (2014). Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air–microwave dehydration. *Journal of Food Engineering*, 63(1), 71-78.
- Aras, S., & Eşitken, A. (2019). Responses of apple plants to salinity stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 253-257.
- Azoubel, P.M., Baima, M.D.A.M., da Rocha Amorim, M., & Oliveira, S.S.B. (2010). Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 97(2), 194-198.
- Banaszak, J., & Pawłowski, A. (2018). Influence of ultrasound assist during hot air drying on properties of dried apple crisps. *Chemical and Process Engineering*, 39(3), 263-270.
- Chen, Z. G., Guo, X. Y., & Wu, T. (2016). A novel dehydration technique for carrot slices implementing ultrasound and vacuum drying methods. *Ultrasonics sonochemistry*, 30, 28-34.
- Contreras, C., Martín-Esparza, M. E., Chiralt, A., & Martínez-Navarrete, N. (2008). Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 55-64.
- Cruz, A. C., Guiné, R. P., & Gonçalves, J. C. (2015). Drying kinetics and product quality for convective drying of apples (cvs. Golden Delicious and Granny Smith). *International Journal of Fruit Science*, 15(1), 54-78.
- Cunningham, S. E., McMinn, W. A. M., Magee, T.R.A., & Richardson, P. S. (2008). Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders. *Food and bioproducts processing*, 86(1), 15-24.
- Demiray, E., & Tulek, Y. (2014). Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer. *Heat and Mass Transfer*, 50(6), 779-786.
- Deng, Y., & Zhao, Y. (2008). Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopre-treatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji). *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1575-1585.
- Dehghannya, J., Gorbani, R., & Ghanbarzadeh, B. (2016). Shrinkage of Mirabelle plum during hot air drying as influenced by ultrasound-assisted osmotic dehydration. *International journal of food properties*, 19(5), 1093-1103.
- Duan, X., Zhang, M., Li, X., & Mujumdar, A. S. (2008). Ultrasonically enhanced osmotic pretreatment of sea cucumber prior to microwave freeze drying. *Drying Technology*, 26(4), 420-426.
- Fernandes, F. A., Braga, T. R., Silva, E. O., & Rodrigues, S. (2019). Use of ultrasound for dehydration of mangoes (*Mangifera indica* L.): kinetic modeling of ultrasound-assisted osmotic dehydration and convective air-drying. *Journal of food science and technology*, 56(4), 1793-1800.
- Fernandes, F. A., Gallão, M. I., & Rodrigues, S. (2009). Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 186-190.
- Garcia-Perez, J. V., Ortuño, C., Puig, A., Carcel, J. A., & Perez-Munuera, I. (2012). Enhancement of water transport and microstructural changes induced by high-intensity ultrasound application on orange peel drying. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2256-2265.
- Garcia-Perez, J. V., Cárcel, J. A., Bedito, J., & Mulet, A. (2007). Power ultrasound mass transfer enhancement in food drying. *Food and Bioproducts Processing*, 85(3), 247-254.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lelas, V. (2007). Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 88-97.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D. U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261-266.
- Liu, Y., Sun, Y., Yu, H., Yin, Y., Li, X., & Duan, X. (2017). Hot air drying of purple-fleshed sweet potato with contact ultrasound assistance. *Drying Technology*, 35(5), 564-576.
- Lv, W., Lv, H., Jin, X., Cui, Z., & Su, D. (2019). Effects of ultrasound-assisted methods on the drying processes and quality of apple slices in microwave drying. *Drying Technology*, 1-11.
- Mello, R. E., Fontana, A., Mulet, A., Correa, J. L. G., & Cárcel, J. A. (2020). Ultrasound-assisted drying of orange peel in atmospheric freeze-dryer and convective dryer operated at moderate temperature. *Drying Technology*, 38(1-2), 259-267.
- Mierzwa, D., & Kowalski, S. J. (2016). Ultrasound-assisted osmotic dehydration and convective drying of apples: Process kinetics and quality issues. *Chemical and Process Engineering*, 37(3), 383-391.

- Moreno, C., Brines, C., Mulet, A., Rosselló, C., & Cárcel, J. A. (2017). Antioxidant potential of atmospheric freeze-dried apples as affected by ultrasound application and sample surface. *Drying Technology*, 35(8), 957-968.
- Mothibe, K. J., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Wang, Y. C., & Cheng, X. (2014). Effects of ultrasound and microwave pretreatments of apple before spouted bed drying on rate of dehydration and physical properties. *Drying Technology*, 32(15), 1848-1856.
- Nowacka, M., Wiktor, A., Śledź, M., Jurek, N., & Witrowa-Rajchert, D. (2012). Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113(3), 427-433.
- Rastogi, N. K. (2011). Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(8), 705-722.
- Ren, Z., & Bai, Y. (2018, August). Ultrasound Pretreatment of Apple Slice Prior to Vacuum Freeze Drying. In *2nd International Conference on Material Science, Energy and Environmental Engineering (MSEEE 2018)*. Atlantis Press.
- Ricce, C., Rojas, M. L., Miano, A. C., Siche, R., & Augusto, P. E. D. (2016). Ultrasound pre-treatment enhances the carrot drying and rehydration. *Food Research International*, 89, 701-708.
- Rojas, M. L., Silveira, I., & Augusto, P. E. D. (2020). Ultrasound and ethanol pre-treatments to improve convective drying: Drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 20-30.
- Sabarez, H. T., Keuhbauch, S., & Knoerzer, K. (2018, September). Ultrasound assisted low temperature drying of food materials. In *IDS 2018. 21st International Drying Symposium Proceedings* (pp. 1245-1250). Editorial Universitat Politècnica de València.
- Sacilik, K., & Elicin, A. K. (2006). The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73(3), 281-289.
- Senadeera, W., Adiletta, G., Önal, B., Di Matteo, M., & Russo, P. (2020). Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*, 9(1), 101.
- Stadnik, J., Dolatowski, Z. J., & Baranowska, H. M. (2008). Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (m. semimembranosus) during ageing. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 2151-2158.
- Szadzińska, J., Lechtańska, J., Pashminehazar, R., Kharaghani, A., & Tsotsas, E. (2019). Microwave- and ultrasound-assisted convective drying of raspberries: Drying kinetics and microstructural changes. *Drying Technology*, 37(1), 1-12.
- Turgut, D. Y., & Topuz, A. (2020) Depolama Süresinin Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulmuş Kamkat Dilimlerinin Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 44-56.
- Tüfekçi, S., & Özkal, S. G. (2017). Enhancement of drying and rehydration characteristics of okra by ultrasound pre-treatment application. *Heat and Mass Transfer*, 53(7), 2279-2286.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), 647-653.
- Wang, J., Xiao, H. W., Ye, J. H., Wang, J., & Raghavan, V. (2019). Ultrasound pretreatment to enhance drying kinetics of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) slices: Pros and cons. *Food and bioprocess technology*, 12(5), 865-876.
- Wiktor, A., & Witrowa-Rajchert, D. (2020). Drying kinetics and quality of carrots subjected to microwave-assisted drying preceded by combined pulsed electric field and ultrasound treatment. *Drying Technology*, 38(1-2), 176-188.
- Yildiz, G., & İzli, G. (2019). The effect of ultrasound pretreatment on quality attributes of freeze-dried quince slices: Physical properties and bioactive compounds. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), e13223.
- Zhang, L., Liao, L., Qiao, Y., Wang, C., Shi, D., An, K., & Hu, J. (2020). Effects of ultrahigh pressure and ultrasound pretreatments on properties of strawberry chips prepared by vacuum-freeze drying. *Food chemistry*, 303, 125386.



## Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Research Article (Araştırma Makalesi)

### Changes in Basic Soil Physical Properties of Agrochernozyems Under No-till Conditions

Ruslan SULEYMANOV<sup>1\*</sup>, Sergey ZAYKIN<sup>2</sup>, Azamat SULEYMANOV<sup>3</sup>, Evgeny ABAKUMOV<sup>4</sup>,  
Jakub KOSTECKI<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

<sup>4</sup>Saint Petersburg State University, Faculty of Biology, Saint Petersburg, Russia

<sup>5</sup>University of Zielona Góra, Institute of Environmental Engineering, Zielona Góra, Poland

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-7754-0406> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0873-5373> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-7974-4931>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-5248-9018> <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-4231-1080>

\*Corresponding author e-mail: soils@mail.ru

#### Article Info

Received: 18.06.2020

Accepted: 23.11.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.754479

#### Keywords

Agrochernozem,  
No-Till,  
Soil physical properties.

**Abstract:** Agriculture is one of the leading branches of the economy in the Republic of Bashkortostan (Russia). Long-term agricultural use of land with the use of plowing has led to a decrease in the thickness of humus-accumulation horizon of soils, reduction of organic matter and nutrients. There is also a deterioration in water-physical properties, the development of water and wind erosion, and a decrease in productivity. Recently, the use of soil conservation farming systems has started, including the use of No-till system. This study presents the results of assessment of physical properties of agrochernozyems under conditions of No-ill use. The physical properties of the soil, such as bulk density, humidity, temperature, structural and aggregate composition, were studied using methods and tools accepted in soil science. It is shown that in the upper soil layer (0-20 cm) there is an accumulation of soil moisture, the values of capillary and total moisture capacity, as well as bulk density are approach to the values of nature soil and are optimal for the growth and development of agricultural crops. Structural and aggregate composition is characterized by excellent aggregate state with their excessively high resistance to damaging effects of water. However, in a single case, the soil density increases to a depth of 45 cm. This fact was caused by the impact of heavy agricultural machinery. The declining of soil density can be achieved by treating it with a special bioorganic agent and growing perennial grasses.

### Toprak İşlemesiz Koşullar Altında Agrochernozyemlerin Temel Fiziksel Özelliklerindeki Değişimler

#### Makale Bilgileri

Geliş: 18.06.2020

Kabul: 23.11.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.754479

#### Anahtar kelimeler

Agrokernozem,  
İşlemesiz toprak,  
Fiziksel toprak özellikleri.

**Öz:** Tarım, Başkurdistan Cumhuriyeti'nde (Rusya) ekonominin önde gelen dallarından biridir. Toprağın uzun süreli tarımsal kullanımı, toprağın humus birikimi horizon kalınlığının azalmasına, organik madde ve besin maddelerinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca su-fiziksel özelliklerinde bir bozulma, su ve rüzgar erozyonunun artması ve verimlilikte bir azalma söz konusudur. Son zamanlarda, toprak işlemesiz sistem kullanımı da dahil olmak üzere, toprak korumalı tarım sistemlerinin kullanımı başlamıştır. Bu çalışmada agrokernozyemlerin fiziksel özelliklerinin toprak işlemesiz sistem kullanımı koşulları altında değerlendirilmesinin sonuçlarını sunmaktadır. Toprağın kütle yoğunluğu, nem, sıcaklık, yapısal ve agrega bileşimi gibi fiziksel özellikleri,

toprak biliminde kabul edilen yöntemler ve araçlar kullanılarak incelenmiştir. Üst toprak tabakasında (0-20 cm) toprak nemi birikiminin olduğu, kılcal ve toplam nem kapasitesi değerlerinin yanı sıra kütle yoğunluğunun doğadaki toprağının değerlerine yaklaştığı ve tarımsal ürünlerin büyümesi ve gelişmesi için en uygun olduğu gösterilmiştir. Yapısal ve agregata bileşimi, suyun zararlı etkilerine aşırı derecede yüksek dirençleri ile mükemmel agregata hali ile karakterize edilir. Ancak tek bir durumda toprak yoğunluğu 45 cm derinliğe kadar çıkmaktadır. Bu gerçek, ağır tarım makinelerinin etkisinden kaynaklanmaktadır. Toprak yoğunluğunun azalması, özel bir biyoorganik ajan ile muamele edilerek ve çok yıllık otlar yetiştirilerek sağlanabilir.

## 1. Introduction

Nowadays about 25% of the Earth's land surface and 40% of agricultural land are faced to intensive degradation. The environmental impacts of land degradation are extensive and include irreversible losses of soil, deteriorating water quality, reducing biodiversity, and deterioration of numerous ecosystem services. The global costs of land degradation in agriculture alone are approaching \$500 billion. As a result, the United Nations General Assembly adopted a program in 2015 aimed at combating desertification and reclaiming degraded land, in which sustainable land management is one of the proposed ways of implementing agricultural practices (Pacheco et al., 2018; Begum Nasir Ahmad et al., 2020).

One of the most important land degradation processes in the world is soil erosion, which is considered a major threat to food security and human health. Ultimately, this will lead to a complete loss of the surface layer and, consequently, land fertility (Govers et al., 2014; Luetzenburg et al., 2020). Research shows that land-use change can transform resilient agro-ecosystems into highly degraded ones in a relatively short period (Vanwalleghem et al., 2017). Erosion processes also correlate with slopes, height, precipitation, temperature, soil structure, and the degree of insolation (Nowak and Schneider, 2017; Bednář and Šarapatka, 2018). The political conditions and socio-economic level of development in the region play an important role, which determines the structure and culture of land use, the size of cultivated fields, the choice of crops, the norms and quality of fertilizers used (Zambon et al., 2017; Bajocco et al., 2018; Baude et al., 2019; Vávra et al., 2019; Smetanová et al., 2019).

It is known that erosion leads to a negative impact on the quality of agricultural soils, changes in chemical and biochemical properties, a decrease in the content of organic substances and basic nutrients, and changes in the total content of organic carbon content of humic acids and C:N ratio, levels decreases enzymatic and microbiological activity (Park et al., 2014; Sarapatka et al., 2018). At the same time, there is a transformation of temporal and spatial dynamics agrophysical properties, first of all, erosion and accumulative processes increase, power of humus accumulative horizon decreases (Gabbasova et al., 2016), soil bulk density and porosity change (Gurbanov, 2010), the soil structure becomes degraded and water resistance become essentially reduced (Travnikova et al., 2010; Babaev et al., 2015) and the hydrological regime become disrupted (Wilson et al., 2020).

Recently, various soil-conservative land-use systems have been widely used in world agricultural practice, among which No-till is leading (Skaalsveen et al., 2020). A change from conventional tillage to No-till can improve soil carbon sequestration and resilience to erosion (Ferreira et al., 2020), and there is an increase in mobile phosphorus (Li et al., 2019), nitrogen and potassium (Sithole et al., 2019), the water-holding capacity of the soil and the rate of infiltration increase (Nunes et al., 2018), the structure of the soil improves and the biological activity increases (Piazza, 2020).

Agriculture is one of the leading branches of the economics in the Republic of Bashkortostan (Russia). Agricultural lands occupy 50.2% in the land fund of the area, on average 65% of arable lands, 25% of pastures, and 9% of hayfields are represented in their composition. The diversity of natural and environmental conditions creates significant differences in the ratio of agricultural lands by natural and climatic zones. Thus, the areas of the Northern and Southern forest-steppe (73.4 and 71.3%, respectively), then the Northeast forest-steppe (69.4%) and the Pre-Urals steppe (67.5%) are the most open. In the mountainous and forest zone, arable land occupies 25.7% of the area, in the plain-steppe Trans-Urals - 24.6%. The high degree of plowing and natural conditions under the

combined influence of economic activity create conditions for the development of both water and wind erosion of soils in almost all regions of the republic, 28% of the Republic's area (4030.4 thousand ha) is subject to erosion, including 55% (3970 thousand ha) of agricultural land, including 2451 thousand ha of arable land (57% of arable land), and another 2.7 million ha of land are erosive dangerous (Khaziev, 2012).

According to the scheme of soil-agro ecological zoning of agricultural lands of Russia, the territory of the plain part of the Trans-Ural region of the Republic belongs to the steppe zone (B-VI) of intensive grain farming and meat and milk cattle breeding with a predominance of high humus soils of insufficient moisture supply (Vermic Chernozems, Calcic Chernozems, Gley Chernozems), eroded and an exposed to wind erosion deflated, with a spread in hydromorphic and semi-hydromorphic conditions of saline and Haplic Solonetz Albic soils and complexes with Haplic Solonetz Albic soils (Pankova and Novikova, 2000).

To date, there is an alarming environmental situation in the Trans-Urals related to land use violations. As a result of the development of the nature lands in the 50s, the traditional system of environmental management with animal husbandry as the main branch of the economy was deformed. Steppes in Khaibullinsky, Baimaksky and Abzelilovsky districts were the most plowed and eroded. The plowing soil warms up strongly during the daytime insolation, which leads to their drying out and intense water loss. The humus in the soil is highly mineralized. Annual losses of humus reach one ton per hectare. Physical properties of soils and their structural condition deteriorate, the soil lumpiness of arable land increases, and an increase in soil density at a depth of one meter can be recorded (Khaziev, 1997).

Recently there has been a tendency to mainstream soil-conservation tillage systems into agricultural practice in the republic. Especially No-Till technology has been widely developed in the Trans-Urals region (Gabbasova et al., 2018). It was widely known that the application of No-Till technology first affects the physical properties of soils. Changes in soil structure (de Paula et al., 2020) and bulk density occur (Gürsoy and Türk, 2019). Some authors (Yin et al., 2020) have shown that No-Till and mulching optimize soil temperature and help maintain soil moisture. Therefore, the purpose of our research was to evaluate the physical properties (density, humidity, temperature, structural and aggregate composition) of agronomic Calcic Chernozem under conditions of No-Till technology.

## 2. Material and Methods

The researches to study a physical properties of soils were conducted in the first decade of September 2019 in the territory of the agricultural production cooperative (APC) Krasnaya Bashkiriya, which is located in the Abzelilovsky district of the Republic of Bashkortostan within the plain Trans-Urals (Fig 1). The APC is located in the steppe zone. The relief is a low plain. The climate is warm and dry. The sum of active temperatures is 2000-2200°C, average annual air temperature approximately 2°C, average temperature in July +18-19,5°C, average temperature in January -16°C. The annual sum of precipitation is 270-350 mm (Kadilnikov, 1964).

The following soil pits were made on agricultural lands where No-till is used (Fig 1):

Pit 1. No-till has been used since 1991, at the time of the soil physical properties study (2019) wheat (*Triticum aestivum* L.) was sown but has not yet been harvested, in 2018 sunflower *Helianthus annuus* L.) was grown (, sunflower crop residues after harvest were shredded and left on the soil surface, perennial grasses were grown from 1991 to 2012, and since 2011 there was rotation of corn, wheat and sunflower (N 53°26.642', E 58°51.663').

Pit 2. Control, forest belt, ordinary ash (*Fraxinus excelsior* L.), nature land (N 53°26.636', E 58°50.970').

Pit 3. No-till has been used since 2009, wheat was grown in 2019, ordinary barley (*Hordeum vulgare* L.) was grown in 2018, after harvesting plant residues were shredded and left on the soil surface (N 53°23.545', E 58°47.420').

Pit 4. No-till has been used since 2010, peas (*Pisum sativum* L.) with mustard (*Sinapis alba* L.) were grown in 2019, wheat was grown in 2018, after harvesting plant residues were shredded and left on the soil surface (N 53°28.368', E 58°51.128').



Pit 5. No-till has been used since 2010, melilótus (*Melilotus albus* Medik.) is grown since 2017, after harvesting plant residues were shredded and left on the soil surface (N 53°32.697', E 58°48.445').

In all studied agricultural lands, the seeds are sown directly using a special seed drill for No-till technology to a depth of 2-3 cm. The construction of the seeder allows for sowing with preservation of plant residues and stubble, which has been preserved on the soil surface from previous crops. An obligatory element of such seeders is a thin press wheel following a thin anchor coulter that cuts a furrow at the desired depth. Harvesting and shredding of crop residue is carried out by specialized harvesting machines for each crop.

The soil cover at all studied agricultural lands of identical and it is represented by agronomic weakly-medium eroded Calcic Chernozem (Fig. 2). The granulometric composition (was determined according to pipette method (Shein and Karpachevskii, 2007)) of the humus-accumulative horizon of soil is characterized as clay loamy texture class (sand - 21.7%, silt - 47.8%, clay - 30.5%), soil reaction - neutral (pHH<sub>2</sub>O - 6.9), the organic matter content is 38.9 (g kg<sup>-1</sup> soil), alkaline hydrolyzable nitrogen – 166 (mg kg<sup>-1</sup> soil) and available phosphorus – 1.9 (mg kg<sup>-1</sup> soil) (Gabbasova et al., 2015) (Table 1).

The physical properties of soils were determined by the methods generally accepted in soil science: the bulk density (has been determined by drilling), the categories of humidity (has been determined by water saturation and further weighing), structural-aggregate composition (has been determined by gravimetric-sieve method), and water resistance of soil aggregates (has been determined by wet sieving) (Shein and Karpachevskii, 2007). Field moisture was determined using Soil Moisture Sensor SM 150 digital field moisture meter, soil penetration was measured from the soil surface to a depth of 45 cm in 2.5 cm intervals by using Soil Compaction Meter FieldScout SC 900 equipped a metal rod with a cone (size 1/2 inch), soil temperature was measured by soil thermometer AM-6. Location map of the study area was created using Google maps service. Statistical analysis (mean, standard deviation, Student's t-test) was performed using MS Excel 2007.

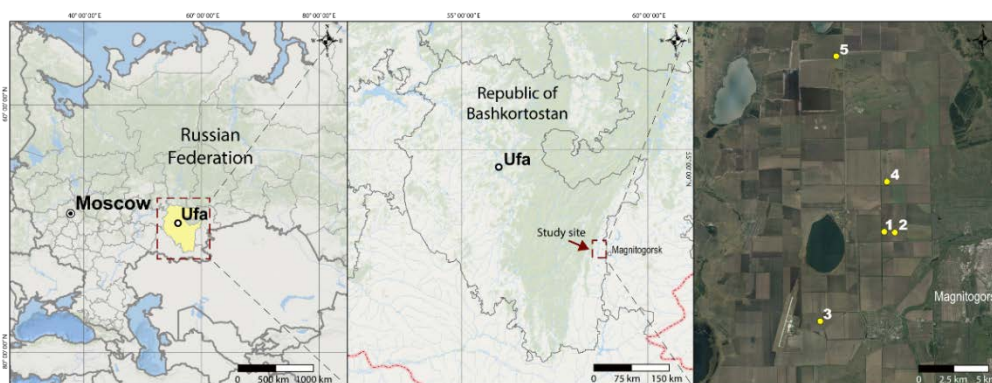


Figure 1. Map of the study area.

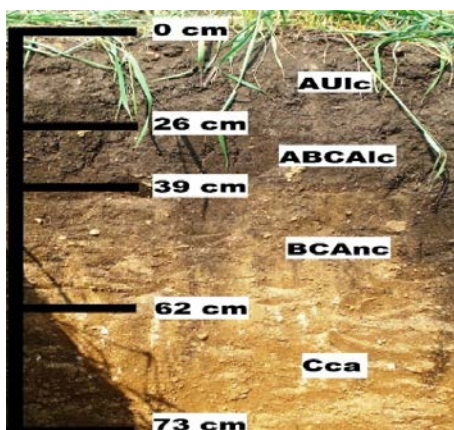


Figure 2. Soil profile of agronomic Calcic Chernozem.

Table 1. Chemical properties of agrochernozem (averaged data) (Gabbasova et al., 2015)

Determination	Unit	Horizon, depth, cm			
		AUlc 0-26	ABCAlc 26-39	BCAnc 39-62	Cca 63-73
pH H <sub>2</sub> O		6.9±0.1	7.6±0.3	8.2±0.2	8.2±0.1
Corg	g kg <sup>-1</sup> soil	38.9±8.3	22.7±1.4	9.3±1.6	2.1±0.4
N alkaline hydrolysable	mg kg <sup>-1</sup> soil	166±27.3	63±18,1	28±5.7	11±2.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> available	mg kg <sup>-1</sup> soil	1.9±1.1	0.8±0.2	0.4±0.2	0.3±0.1

mean ± standard deviation, n = 6

### 3. Results and Discussion

The field surveys were carried out at the end of the growing season (the amount of precipitation for this period – 290 mm), as the investigated agricultural lands were located in comparable landscape and climatic conditions then soil profiles were characterized by approximately one level of moisture. Therefore, the penetration resistance in the field condition was determined without measuring humidity.

Determination of penetration resistance using penetrometer has shown that in almost all the fields studied, the values of resistance to penetration into the soil of a metal rod with a cone at the end to a depth of 20 cm are within the limits of normal (0-1379 kPa, Pit 3) or average growth of the root system (1379-2068 kPa, Pits 4 and 5). With depth, these indicators increase, which is generally characteristic of nature soils (Pit 2) (Fig. 3). At Pit 1, with a depth of 7.5 cm, there is a sharp increase in resistance values to ~ 4000-4500 kPa, the values of which are within the limits of bad (2068 and more kPa) root system growth and are preserved for the entire studied profile depth (up to 45 cm). This compaction can be the result of prolonged exposure to heavy agricultural machinery. Some works also note compaction in the No-till system (Gao et al., 2016; Ferreira et al., 2020) and it is particularly strong in arid climatic conditions (Radford et al., 2007; Lin & Chen, 2016).

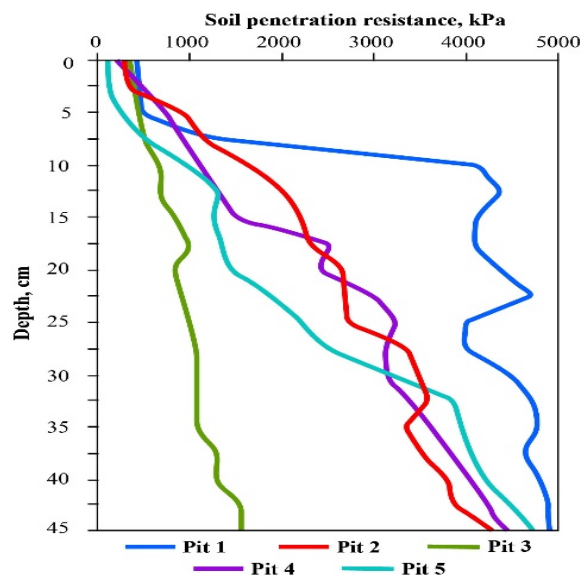


Figure 3. Vertical distribution of soils penetration resistance under No-till conditions.

At the time of the survey, the lowest temperature in the upper surface of topsoil (0-20 cm) soil layer was observed in the area with unharvested wheat (Pit 1), the maximum values - in fields where crops have already been harvested (Pits 4 and 5). The temperature difference in these areas was ~ 4.5°C (Table 2). We note that soil temperature is an important agro-meteorological indicator that is necessary for the effective activity of agricultural practices. The most interesting is the estimation of soil temperature in the upper layers of the soil profile where plant roots grow (Huang et al., 2020). Plant cover also has an impact on soil temperature and humidity. Of course, long spring-summer-



autumn studies with the use of special equipment are necessary to study their seasonal fluctuations, as each period of the growing year has its specifics of soil-plant system functioning (Ni et al., 2019).

Table 2. Water-physical properties of soils under No-till conditions

Depth, cm	Temperature, C°	Bulk density, g cm <sup>-3</sup>	Moisture content, %		
			Field moisture (gravimetric), %	Capillary Total	
0-10	8.9±0.7	1.16±0.10	39.3±5.4	42.2±11.5	50.2±11.1
10-20		1.28±0.04			
0-10	10.1±0.8	1.09±0.04	16.9±2.9	47.3±3.5	65.4±3.2
10-20		1.24±0.04			
0-10	11.2±0.07	1.13±0.02	37.2±1.3	43.4±1.1	54.5±1.3
10-20		1.19±0.05			
0-10	13.3±0.07	1.15±0.10	26.5±5.9	38.4±4.7	49.7±7.3
10-20		1.33±0.05			
0-10	13.5±0.07	1.17±0.01	34.2±1.9	32.9±2.5	46.0±2.0
10-20		1.33±0.03			

mean ± standard deviation, n = 5

In the surveyed areas, the values of field moisture were significantly higher than those of nature soils, especially in the 0-10 cm layer (by about 10-20%) (Table 2). At the same time, moisture content categories (capillary and total) were slightly lower than that of the nature soil, which is probably due to some increase in bulk density, but in general, these indicators are within the limits typical for soils in the region (Gabbasova et al., 2015).

The analysis of the structural and aggregate composition of the studied soils showed that the share of aggregates of the agronomically valuable range (10-0.25 mm) in the soils of agricultural land is ~ 71-76% (respectively, the aggregation coefficient 2.42-4.26 at 8.62 on nature soil (t-empirical – 23.2, t-critical – 3.71, p≤0.01)) and is characterized as "excellent aggregate state", which indicates the formation of an optimal hydrological and aeration regime of agricultural plants (Fig. 4). The agronomic value of a structure is determined by its water resistance, which is calculated based on the sum of units >0.25 mm, obtained after „wet” sifting. The share of water-resistance units of the studied soils was ~80-90% (respectively, water-stability factor – 0.83-0.89 at 0.93 on the nature soil (t-empirical – 7.0, t-critical – 3.71, p≤0.01)), which characterizes the structure of the soil as “excessively high” and give possibility to predict that soil will be stable to water erosion. (Fig. 5) (Shein and Karpachevskii, 2007). Some authors (Ferreira et al., 2020) note that prolonged use of No-till increased the content of organic carbon particles, mineral-bound organic substances and humic as a result of the constant flow of plant residues into the surface layers, which contributed to the increase in physical and chemical aggregation of the soil and the increase in its water content. Compared to other systems, No-till increased the electrical conductivity, cation exchange capacity, total nitrogen and total organic carbon in the uppermost soil layer (Neugschwandtner et al., 2020).

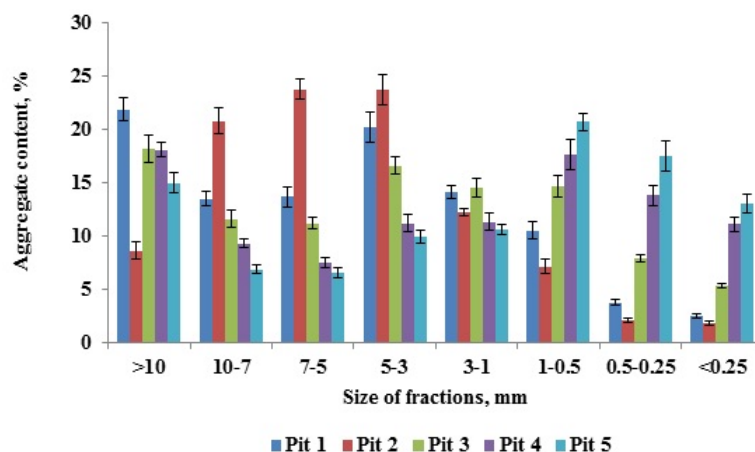


Figure 4. Structural and aggregate composition of soils in the layer of 0-20 cm.

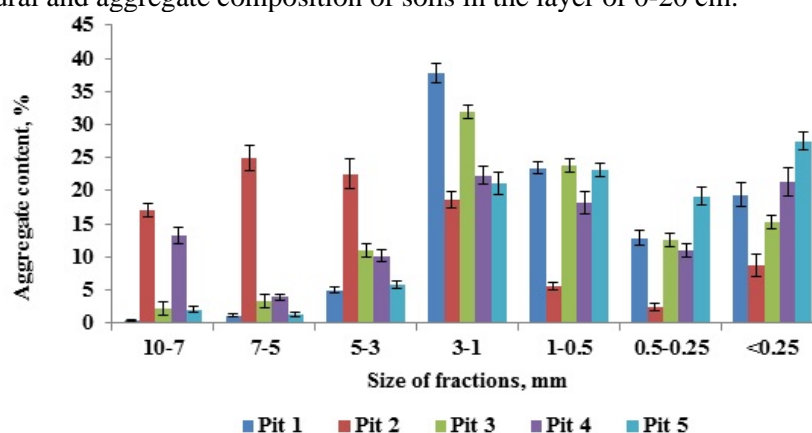


Figure 5. Water-stable aggregate fractions of soils in the layer of 0-20 cm.

#### 4. Conclusions

Long-term use of farming systems with the use of plowing, especially in the arid climate of the Trans-Urals (Russia, Republic of Bashkortostan) has led to the degradation of the soil cover. There is a development of erosion, a decrease in the thickness of humus-accumulation horizon, reduction of humus and nutrients contents, deterioration of water and physical properties in the soil which ultimately leads to a decrease in yield and economic efficiency. Therefore, many agricultural enterprises began to use soil-saving technologies, including No-till.

The studies carried out on the study of physical properties of soils in APC Krasnaya Bashkiriya (Abzelilovsky district of the Republic of Bashkortostan) showed that as a result of the switching to the use of No-till, soil moisture is preserved and increased. The values of the capillary and total moisture capacity, as well as the bulk density in the upper layer of 0-20 cm of agrochernoziem, approach the values of nature soil.

The measurement of soil resistance to penetration of a metal rod with a cone at the end from the surface to a depth of 45 cm showed that the soil density indicators correspond to the nature lands and are within optimal limits for growth and development of agricultural plants. In one of sites, which is treated by the No-till system approximately 30 years, there is a critical level of compaction from a depth of 10 cm, which is obviously due to the type of crops grown and the long-term impact of heavy agricultural machinery.

Structural and aggregate composition of agrochernozyems in condition No-till system is characterized by excellent aggregate state with their excessively high resistance to damaging effects of water.

## Acknowledgements

The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research, project number 19-34-90001; by Russian Scientific Foundation, project 17-16-01030 and was performed within the framework of state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 075-00326-19-00 on topic № AAAA-A18-118022190102-3.

Special thanks to the Prof. Dr. Ridvan Kizilkaya and Dr. Sevilay Hacıyakupoğlu for his advises and improvements of manuscript.

## References

- Babaev, M. P., Gurbanov, E. A., & Ramazanova, F. M. (2015). Main types of soil degradation in the Kura-Aras Lowland of Azerbaijan. *Eurasian Soil Science*, 48(4), 445–456.
- Bajocco, S., Smiraglia, D., Scaglione, M., Raparelli, E., & Salvati, L. (2018). Exploring the role of land degradation on agricultural land use change dynamics. *Science of the Total Environment*, 636, 1373–1381.
- Baude, M., Meyer, B. C., & Schindewolf, M. (2019). Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil based ecosystem services. *Science of The Total Environment*, 659, 1526–1536.
- Bednář, M., & Šarapatka, B. (2018). Relationships between physical-geographical factors and soil degradation on agricultural land. *Environmental Research*, 164, 660–668.
- Begum Nasir Ahmad, N. S., Mustafa, F. B., Yusoff, S. Y. M., & Gideon, D. (2020). A systematic review of soil erosion control practices on the agricultural land in Asia. *International Soil and Water Conservation Research*.
- Ferreira, C. dos R., Silva Neto, E. C. da, Pereira, M. G., Guedes, J. do N., Rosset, J. S., & Anjos, L. H. C. dos. (2020). Dynamics of soil aggregation and organic carbon fractions over 23 years of No-till management. *Soil and Tillage Research*, 198, 104533.
- Gabbasova, I. M., Suleimanov, R. R., Garipov, T. T., Komissarov, M. A., Sidorova, L. V., Galimzyanova, N. F., Liebelt, P., Abakumov, E. V., Gimaletdinova, G. A., & Prostyakova, Z. G. (2018). The use of local fertilizers supplemented with *Trichoderma koningii* Oudem. At No-till vs. Conventional tillage of agrochernozyem in Southern Ural. *Agricultural Biology*, 53(5), 1004–1012.
- Gabbasova, I. M., Suleimanov, R. R., Khabirov, I. K., Komissarov, M. A., Fruehauf, M., Liebelt, P., Garipov, T. T., Sidorova, L. V., & Khaziev, F. Kh. (2016). Temporal changes of eroded soils depending on their agricultural use in the Southern Cis-Ural region. *Eurasian Soil Science*, 49(10), 1204–1210.
- Gabbasova, I. M., Suleimanov, R. R., Khabirov, I. K., Komissarov, M. A., Garipov, T. T., Sidorova, L. V., Asylbaev, I. G., Rafikov, B. V., & Yaubasarov, R. B. (2015). Assessment of the agrochernozyem status in Trans-Ural steppe under application of No-till management system. *Russian Agricultural Sciences*, 41(1), 34–39.
- Gao, W., Whalley, W. R., Tian, Z., Liu, J., & Ren, T. (2016). A simple model to predict soil penetrometer resistance as a function of density, drying and depth in the field. *Soil and Tillage Research*, 155, 190–198.
- Govers, G., Van Oost, K., & Wang, Z. (2014). Scratching the Critical Zone: The Global Footprint of Agricultural Soil Erosion. *Procedia Earth and Planetary Science*, 10, 313–318.
- Gurbanov, E. A. (2010). Soil degradation due to erosion under furrow irrigation. *Eurasian Soil Science*, 43(12), 1387–1393.
- Gürsoy, S., & Türk, Z. (2019). Effects of land rolling on soil properties and plant growth in chickpea production. *Soil and Tillage Research*, 195, 104425.
- Huang, R., Huang, J., Zhang, C., Ma, H., Zhuo, W., Chen, Y., Zhu, D., Wu, Q., & Mansaray, L. R. (2020). Soil temperature estimation at different depths, using remotely-sensed data. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(1), 277–290.
- Kadilnikov I.P. (Ed). (1964). *Physiographic Zoning of Bashkir ASSR*. Bashkir State University Press, Ufa, Russia. (Ru).

- Khaziev F.Kh. (2012). *Soils Ecology of Bashkortostan*. Gilem Press, Ufa, Russia. (Ru). Khaziev F.Kh. (Ed). (1997). *Soils of Bashkortostan*. Vol. 2. Fertility Reproduction: Zonal and Ecological Aspects. Gilem Press, Ufa, Russia. (Ru).
- Li, Fa-yong, Liang, X., Liu, Z., & Tian, G. (2019). No-till with straw return retains soil total P while reducing loss potential of soil colloidal P in rice-fallow systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 286, 106653.
- Lin, L., He, Y., & Chen, J. (2016). The influence of soil drying- and tillage-induced penetration resistance on maize root growth in a clayey soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(5), 1112–1120.
- Luetzenburg, G., Bittner, M. J., Calsamiglia, A., Renschler, C. S., Estrany, J., & Poepl, R. (2020). Climate and land use change effects on soil erosion in two small agricultural catchment systems Fugnitz – Austria, Can Revull – Spain. *Science of the Total Environment*, 704, 135389.
- Neugschwandtner, R. W., Száková, J., Pachtrog, V., Tlustoš, P., Černý, J., Kulhánek, M., Kaul, H.-P., Euteneuer, P., Moitzi, G., & Wagentristl, H. (2020). Basic soil chemical properties after 15 years in a long-term tillage and crop rotation experiment. *International Agrophysics*, 34(1), 133–140.
- Ni, J., Cheng, Y., Wang, Q., Ng, C. W. W., & Garg, A. (2019). Effects of vegetation on soil temperature and water content: Field monitoring and numerical modelling. *Journal of Hydrology*, 571, 494–502.
- Nowak, A., & Schneider, C. (2017). Environmental characteristics, agricultural land use, and vulnerability to degradation in Malopolska Province (Poland). *Science of the Total Environment*, 590–591, 620–632.
- Nunes, M. R., van Es, H. M., Schindelbeck, R., Ristow, A. J., & Ryan, M. (2018). No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. *Geoderma*, 328, 30–43.
- Pacheco, F. A. L., Sanches Fernandes, L. F., Valle Junior, R. F., Valera, C. A., & Pissarra, T. C. T. (2018). Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 79–86.
- Pankova E.I. & Novikova A.F. (2000). Soil degradation processes on agricultural lands of Russia. *Eurasian Soil Science*. 33, 319–330. (Ru).
- Park, J.-H., Meusburger, K., Jang, I., Kang, H., & Alewell, C. (2014). Erosion-induced changes in soil biogeochemical and microbiological properties in Swiss Alpine grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 69, 382–392.
- Paula, A. L. de, Giarola, N. F. B., de Lima, R. P., Wiecheteck, L. H., & da Silva, A. P. (2020). Methodological aspects of the quantification of dispersible clay and their relations with soil properties along a catena under no-till system. *International Agrophysics*, 34(2), 273–280.
- Piazza, G., Pellegrino, E., Moscatelli, M. C., & Ercoli, L. (2020). Long-term conservation tillage and nitrogen fertilization effects on soil aggregate distribution, nutrient stocks and enzymatic activities in bulk soil and occluded microaggregates. *Soil and Tillage Research*, 196, 104482.
- Radford, B. J., Yule, D. F., McGarry, D., & Playford, C. (2007). Amelioration of soil compaction can take 5 years on a Vertisol under no till in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*, 97(2), 249–255.
- Sarapatka, B., Cap, L., & Bila, P. (2018). The varying effect of water erosion on chemical and biochemical soil properties in different parts of Chernozem slopes. *Geoderma*, 314, 20–26.
- Shein E.V. & Karpachevskii L.O. (Eds). (2007). *Theories and Methods in Soil Physics*. Grif and K Press, Moscow, Russia. (Ru).
- Sithole, N. J., & Magwaza, L. S. (2019). Long-term changes of soil chemical characteristics and maize yield in no-till conservation agriculture in a semi-arid environment of South Africa. *Soil and Tillage Research*, 194, 104317.
- Skaalsveen, K., Ingram, J., & Urquhart, J. (2020). The role of farmers' social networks in the implementation of no-till farming practices. *Agricultural Systems*, 181, 102824.
- Smetanová, A., Follain, S., David, M., Ciampalini, R., Raclot, D., Crabit, A., & Le Bissonnais, Y. (2019). Landscaping compromises for land degradation neutrality: The case of soil erosion in a Mediterranean agricultural landscape. *Journal of Environmental Management*, 235, 282–292.

- Travnikova, L. S., Artem'eva, Z. S., & Sorokina, N. P. (2010). Distribution of the particle-size fractions in soddy-podzolic soils subjected to sheet erosion. *Eurasian Soil Science*, 43(4), 459–467.
- Vanwallegem, T., Gómez, J. A., Infante Amate, J., González de Molina, M., Vanderlinden, K., Guzmán, G., Laguna, A., & Giráldez, J. V. (2017). Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Anthropocene*, 17, 13–29.
- Vávra, J., Duží, B., Lapka, M., Cudlínová, E., & Rikoon, J. S. (2019). Socio-economic context of soil erosion: A comparative local stakeholders' case study from traditional agricultural region in the Czech Republic. *Land Use Policy*, 84, 127–137.
- Wilson, G. V., Zhang, T., Wells, R. R., & Liu, B. (2020). Consolidation effects on relationships among soil erosion properties and soil physical quality indicators. *Soil and Tillage Research*, 198, 104550.
- Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Fan, Z., Hu, F., Fan, H., Zhao, C., Yu, A., & Coulter, J. A. (2020). Straw and plastic management regulate air-soil temperature amplitude and wetting-drying alternation in soil to promote intercrop productivity in arid regions. *Field Crops Research*, 249, 107758.
- Zambon, I., Colantoni, A., Carlucci, M., Morrow, N., Sateriano, A., & Salvati, L. (2017). Land quality, sustainable development and environmental degradation in agricultural districts: A computational approach based on entropy indexes. *Environmental Impact Assessment Review*, 64, 37–46.



Yuzuncu Yil University  
Journal of Agricultural Science

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Research Article (Araştırma Makalesi)

**Trend Analysis and Comparison of Forecast Models for Production of Turkish Crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Turkey**

**Semih KALE<sup>1\*</sup>, Selçuk BERBER<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Fishing and Fish Processing Technology, 17020, Çanakkale, Turkey

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Marine and Inland Water Sciences, 17020, Çanakkale, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5705-6935> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-1123-7217>

\*Corresponding author e-mail: semihkale@comu.edu.tr

**Article Info**

Received: 30.06.2020

Accepted: 08.12.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.761275

**Keywords**

Freshwater crayfish,  
Forecast,  
Production,  
Trend analysis.

**Abstract:** This paper aimed to develop forecasting models and to assess the trends in the production of freshwater crayfish in Turkey. Different trend analysis methods (Box-Jenkins method, Şen's innovative trend analysis, Mann-Kendall test) were compared, and different autoregressive integrated moving average (ARIMA) models were generated to forecast the future trend. The results of the innovative trend analysis methodology and ARIMA models revealed that freshwater crayfish production has a decreasing trend during the study period, although there are some fluctuations. ARIMA models predicted that the production of freshwater crayfish would continue to decrease in the future period. The present paper is also the most temporally rich assessment of the crayfish production in Turkey encompassing 100+ years from 1909 to 2018. Several factors such as climate change, overexploitation, diseases, legal regulations, and fisheries management policies might affect the production amount. Therefore, appropriate policies for fisheries management and legal regulations should be planned and implemented to improve the production.

**Türkiye'deki Kerevit (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Üretimi İçin Trend Analizi ve Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması**

**Makale Bilgileri**

Geliş: 30.06.2020

Kabul: 08.12.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.761275

**Anahtar kelimeler**

Kerevit,  
Tahmin,  
Üretim,  
Trend analizi.

**Öz:** Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki kerevit üretiminin eğilimlerini değerlendirmek ve geleceğe yönelik tahmin modelleri geliştirmektir. Farklı trend analizi yöntemleri (Mann-Kendall testi, Şen'in yenilikçi trend analizi, Box-Jenkins yöntemi) karşılaştırılmış ve gelecekteki eğilimlerin tahmin edilmesi için farklı otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (ARIMA) modelleri geliştirilmiştir. Yenilikçi trend analizi metodolojisinin ve ARIMA modellerinin sonuçları çalışma periyodu boyunca dalgalanmalar olmasına rağmen kerevit üretiminin azalan bir eğilime sahip olduğunu göstermiştir. ARIMA modelleri kerevit üretiminin gelecek dönemlerde azalmaya devam edeceğini tahmin etmektedir. Ayrıca, bu çalışma Türkiye'deki kerevit üretiminin zamansal olarak 1909 ile 2018 yılları arasındaki 100 yıldan fazla süreyi kapsayan en geniş değerlendirmesini sunmaktadır. Aşırı avcılık, hastalıklar, iklim değişikliği, yasal düzenlemeler ve balıkçılık yönetimi politikaları gibi birçok faktör üretim miktarını etkileyebilmektedir. Dolayısıyla, üretimin geliştirilmesi için uygun balıkçılık yönetimi politikaları ile yasal düzenlemeler planlanmalı ve uygulanmalıdır.

## 1. Introduction

Freshwater crayfish, which are the largest forms of decapod crustaceans contain economically important species living in the inland waters, are represented by 737 species and subspecies around the world (Crandall and Buhay, 2008; Crandal and De Grave, 2017). Although it has been reported to be a different subspecies of the species found in Turkey, the species were also reported to be genetically *Pontastacus leptodactylus* (Akhan et al., 2014). Crayfish production is achieved by both fishing and aquaculture methods. Although the number of species is high, fisheries and aquaculture activities concentrate only on three economically important species (belonging to Cambaridae, Parastacidae, Astacidae).

In Turkey, there are many researches on freshwater crayfish mainly focusing on biology and reproduction (Balık et al., 2005 and 2006; Balık et al., 2005; Berber and Balık, 2006; Berber et al., 2010; Harlıoğlu et al., 2012; Bök et al., 2013; Bolat and Kaya, 2016; Harlıoğlu et al., 2018), population dynamics (Bolat, 2001; Berber et al., 2012; Yüksel et al., 2013), fisheries technology (Balık et al., 2002 and 2003; Bolat et al., 2010), genetic (Akhan et al., 2014), and polyculture (Berber and Kale, 2018; Berber et al., 2019).

Freshwater crayfish stocks should be improved, and alternative production methods should be expanded. The current method of production is based only on the harvesting and is carried out in the form of exploitation of stocks with continuous overfishing pressure without improving the available stocks. In addition to fisheries, freshwater crayfishes are produced in the world by using culture methods. These methods vary depending on the species; it can be listed as a monoculture, alternating, extensive, and intensive. In these production routes, it is aimed to stock up individual or natural stock to natural or artificial reservoirs (Diler, 2013). One of the methods of producing freshwater crayfish is paddy crayfish alternating breeding systems. Researches on the crayfish-rice polyculture are quite limited in Turkey (Berber and Kale, 2018; Berber et al., 2019).

Şen et al. (2019) provided a general description of a trend, as it could be usually directional and in the forms of gradually decreasing or increasing average tendency in a time series. Trends in the time series can be predictable visually. However, methodological and scientific approaches have reasonably limiting assumptions to impartial documentation. Trend analysis aims to forecast the future tendency based on the independent, measurable, and identification, detection systematically, and estimate mechanisms while stochastic element displays itself as the residual nearby the trend (Şen et al., 2019). The detection of trends has great importance and several techniques used for the assessment of trends (Mann, 1945; Kendall, 1955; Sen, 1968, Box and Jenkins, 1976; Şen, 2012; Şen et al., 2019). Trend analysis commonly used in statistical analysis for economical, hydrometeorological, geophysical, environmental, and related time series. Many scientists applied trend analysis to hydrological or climatic time series (Kale et al., 2016a and 2016b and 2018; Ejder et al., 2016a and 2016b; Kale, 2017a and 2017b; Kale and Sönmez, 2018a and 2018b and 2019a and 2019b and 2019c and 2020; Arslan et al., 2020). However, there is no investigation on the assessment of the trends in freshwater crayfish production in Turkey. Therefore, this paper aims to develop forecasting models and to assess the trends in freshwater crayfish production in Turkey.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Data

Data used in this study comprises the production amounts of freshwater crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) in Turkey between 1909 and 2018. The data was obtained from Devciyan (2011) and the website of Turkish Statistical Institute (TurkStat, 2020).

### 2.2. Change point analysis

The change point analysis is a non-parametric test, and it was firstly developed by Pettitt (1979) in order to identify significant variations in the averages of a time series. Change point analysis was executed by using R statistical software (R Core Team, 2020).

The null hypothesis is that the parameters follow distributions that have a similar position parameter and describes the non-appearance of change point, contrary to the alternative hypothesis that directs the occurrence of a change point. The formulae are given below:

$$K_T = \max|U_{t,T}|, \text{ and for } t = 2, \dots, T; \tag{1}$$

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(x_i - x_j) \tag{2}$$

The null hypothesis is calculated with  $K_T$  and  $U_{t,T}$  confirms if two samples ( $x_1, \dots, x_t$  and  $x_{t+1}, \dots, x_T$ ) are in the same population. Associated probability ( $p$ ) is used to compute the level of significance.

## 2.2. Trend analysis

### 2.2.1. Box and Jenkins method

Trend analysis is a frequently applied technique to define the trend in a hydrologic time series. Box and Jenkins (1976) suggested a technique to discover the best fit of a time-series model to chronological values of a time series, and defined it as autoregressive integrated moving average (ARIMA) model. This technique was implemented in order to determine the trend in the streamflow data. Trend analyses were executed in SPSS and Minitab statistical software. In addition, autocorrelation analyses were performed to calculate the consistency of trend analysis results. The used ARIMA model is as follow:

$$X_t = c + \Phi_1 X_{t-1} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \theta_1 e_{t-1} + \theta_q e_{t-q} + e_t \tag{3}$$

Herein,  $X_t$  is the variable will be defined in  $t$  time,  $e_t$  is the error in  $t$  time,  $\theta$  is the coefficient of per  $q$  parameter,  $\Phi$  is the coefficient of per  $p$  parameter, and  $c$  is the constant.

Primarily, the order of differencing and grades of the AR and MA were determined by using autocorrelation function (ACF) and partial autocorrelation function (PACF). Then, the parameters were anticipated to check the residuals are white noise. In the last stage, the best-fit model was reached over residuals analysis. Ljung-Box test statistic was used to approve the randomness. Normalized Bayesian Information Criterion (BIC), R-squared, and  $p$  values were compared. ARIMA model with minimum normalized BIC,  $p$  and R-squared values were chosen as the best fit model and used to estimate. The precision of models was evaluated by using frequently used performance measures which are root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), and mean absolute percentage error (MAPE).

### 2.2.2. Innovative trend analysis method

Innovative trend analysis methodology was firstly proposed by Şen (2012). In this method, dataset in the time series is firstly sorted from the past to the recent date, and then it is divided into two equivalent halves. Both sets are independently sorted again in ascending order. Plotting is carried out on the Cartesian coordinate system. The first part of the time series is positioned on the horizontal X-axis, and the other part is positioned on the vertical Y-axis. If data are plotted on the 1:1 (45°) line, it indicates that there is no trend. On the other hand, if data are located on the lower/upper area of the 1:1 line, it indicates that there is decreasing/increasing trend in given time series (Şen, 2012 and 2014). The null hypothesis of this method is that there is no statistically significant decreasing/increasing trend. Otherwise, the alternative hypothesis is the existence of a statistically significant decreasing/increasing trend in the given time series. Şen's innovative trend analysis methodology was commonly implemented to hydroclimatological time series observed at different locations through the



world (Şen, 2014 and 2015; Kişi et al., 2015; Ay et al., 2018; Gedefaw et al., 2018; Alifujiang et al., 2020).

### 2.2.3. Mann-Kendall and Spearman’s Rho Test

Mann-Kendall test was initially suggested by Mann (1945), and then it was advanced by Kendall (1955). The Mann-Kendall test is a comprehensively accomplished test to examine a trend in a time series. One advantage of this non-parametric test is that the data do not require to track any specific distribution. The formulae are given below:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \tag{4}$$

In this formula, the time series  $x_i$  is from  $i = 1, 2, \dots, n-1$ , and  $x_k$  from  $k = i + 1, \dots, n$ .

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} +1, & \theta > 0 \\ 0, & \theta = 0 \\ -1, & \theta < 0 \end{cases} \tag{5}$$

Normalized test statistic is calculated by the next equation:

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & S > 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & S < 0 \\ S, & S = 0 \end{cases} \tag{6}$$

In this formula, the test statistic is  $Z_c$  and when  $|Z_c| > Z_{1-\alpha/2}$ , in which  $Z_{1-\alpha/2}$  are the standard normal variables, and  $\alpha$  is the significance level for the test,  $H_0$  will be rejected. The size of the trend is calculated by the formula given below:

$$\beta = \text{Median} \left( \frac{x_i - x_j}{i - j} \right), \forall_j < i, \text{ where } 1 < j < i < n. \tag{7}$$

A positive value of  $\beta$  points to an increasing trend, while a negative value of  $\beta$  points to a decreasing trend.

Non-parametric Spearman’s rho test was carried out to compute the strength of a monotonic relationship between two parameters (Lehmann, 1975; Sneyers, 1990). Non-parametric Spearman’s rho test and Mann-Kendall test suggest more truthful outcomes than parametric tests (Kale and Sönmez, 2018a).

### 3. Results

Pre-whitening processes were not implemented to the data, and original raw data was used to keep the originality of the time series in the trend analysis methodology. Table 1 describes the basic statistics of the time series. The results of the Mann-Kendall and Spearman’s rho tests were provided in Table 2. The number of available data is 62.

Table 1. Descriptive statistics of time series data

Period	Mean	SE	SD	CS	CV	CK	Min	Max
First half	2270.97	463.20	2578.97	2.12	1.14	-0.63	3	7937
Second half	949.58	101.03	535.51	3.67	0.59	0.11	320	2317
All data	1610.27	249.85	1967.31	2.04	1.22	2.56	3	7937

Note: SE is the standard error, SD is the standard deviation, CS is the coefficient of skewness, CV is the coefficient of variation, CK is the coefficient of kurtosis, Min is the minimum value, and Max is the maximum value.

The normality of the dataset was analysed by Shapiro-Wilk and Kolmogorov-Smirnov tests. In these tests, the null hypothesis is that the sample data are not significantly different from a normal population. On the other hand, the alternative hypothesis is that the data are meaningfully different from a normal population. The statistics of the normality tests were found 0.699 and 0.265 by Shapiro-Wilk test and Kolmogorov-Smirnov test (with Lilliefors significance correction). The *p*-values for both tests were found 0.00. The results of the normality test exhibited that these data are significantly different from normal. Therefore, non-parametric Spearman's rank correlation and Mann-Kendall test tests were implemented to the dataset. The results of the tests were given in Table 2. In addition, Sen's slope value was calculated as 6.952381.

Table 2. The results of the non-parametric tests

Statistical parameters	Values	Trend
Kendall's tau	0.100	▼
<i>p</i>	0.251	
Spearman's rho	0.148	▼
<i>p</i>	0.251	

Note: ▼ indicates statistically insignificant decreasing trend

Change point analysis results stated that the change point of the time series was 1967. On the other hand, one more analysis was performed for further understanding the trends and patterns in the freshwater crayfish production by using a specific part of the time series covering the period from 1965 to 2018 since the production amounts regularly recorded at this period. The results of this analysis directed to 1988 as the change point. After 1988, the production amount fell by half year by year. The main reason for this decrease was the crayfish plague.

Şen's innovative trend test result is presented in Figure 1. The results of the innovative trend analysis methodology revealed that freshwater crayfish production in Turkey has a monotonic decreasing trend.

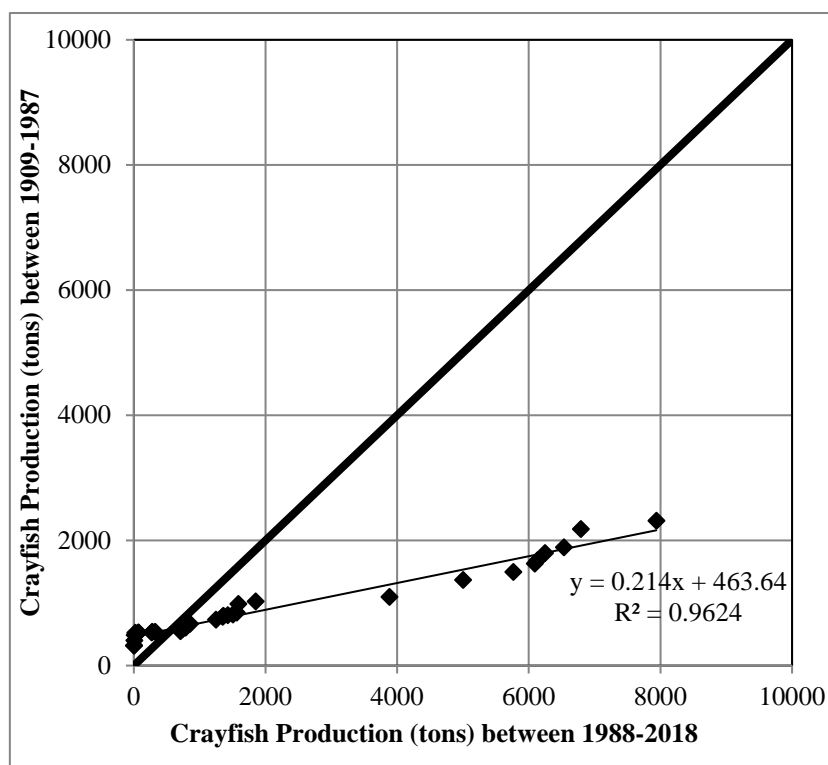


Figure 1. Scatter diagram of freshwater crayfish production in Turkey according to the Şen's innovative trend analysis method.

Box and Jenkins (1976) recommended that the practice of the autocorrelation function (ACF) and the partial autocorrelation function (PACF) as the main analyses to decide the model sequence of ARIMA. The results of ACF and PACF of ARIMA (1,1,1), ARIMA (2,1,2), ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,0,1), and ARIMA (1,1,0) models were presented in Figure 3, Figure 5, Figure 7, Figure 9, and Figure 11, respectively. The best fitted model is the model over and done with random residuals at a certain significance level. Henceforth, the level of significance of ARIMA models was compared. In addition, Ljung-Box test statistic was performed to approve the randomness. The values of R-squared were deliberated to choose the best fitted model. Values of R-squared that closer to zero and lower values of normalized Bayesian Information Criterion (BIC) demonstrate a good fit. Therefore, ARIMA (0,1,1) model was chosen to estimate the future trends of the freshwater crayfish production in Turkey. The precision of models was evaluated by using frequently used performance measures which are root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), and mean absolute percentage error (MAPE) (Table 3).

Time series plots and future predictions of different ARIMA models were illustrated in Figure 2, Figure 4, Figure 6, Figure 8, and Figure 10. Upper confidence limits, lower confidence limits, fit and forecast values were also demonstrated in these figures. ARIMA (1,0,1) model predicted a statistically significant increasing trend in the production amount of freshwater crayfish, while other ARIMA models predicted a decreasing trend. ARIMA (1,1,1) model pointed out that the decreasing trend in the production amount of freshwater crayfish was found statistically insignificant whereas the decreasing trend was found statistically significant by ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,0,1), and ARIMA (2,1,2) models.

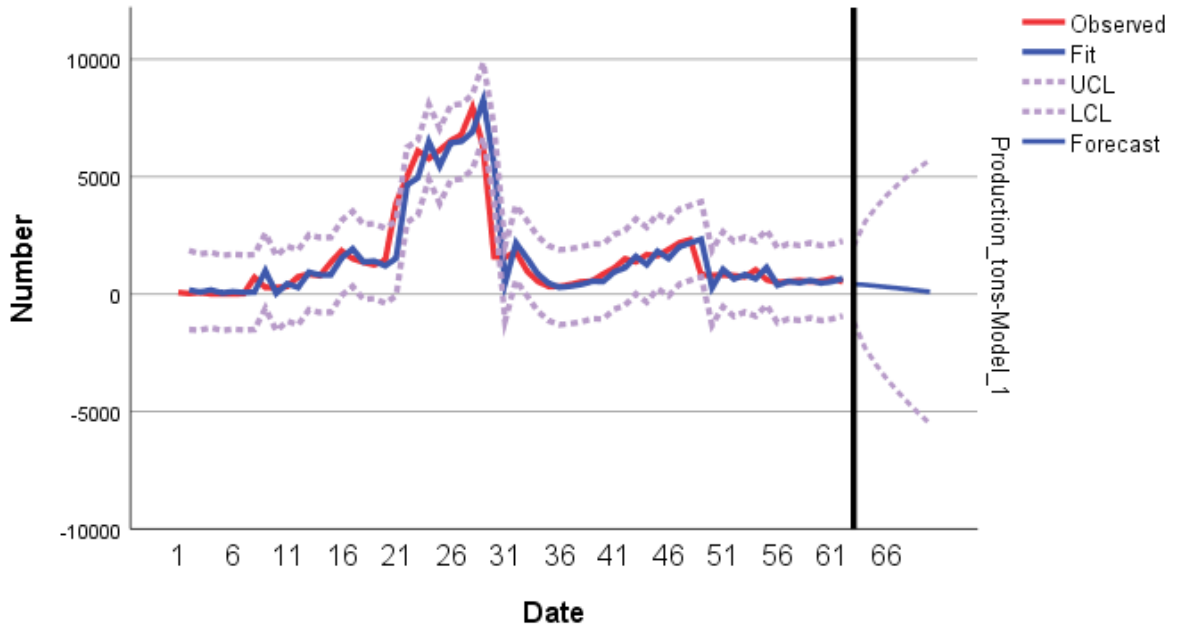


Figure 2. Output of ARIMA (1,1,1) model for freshwater crayfish production in Turkey.

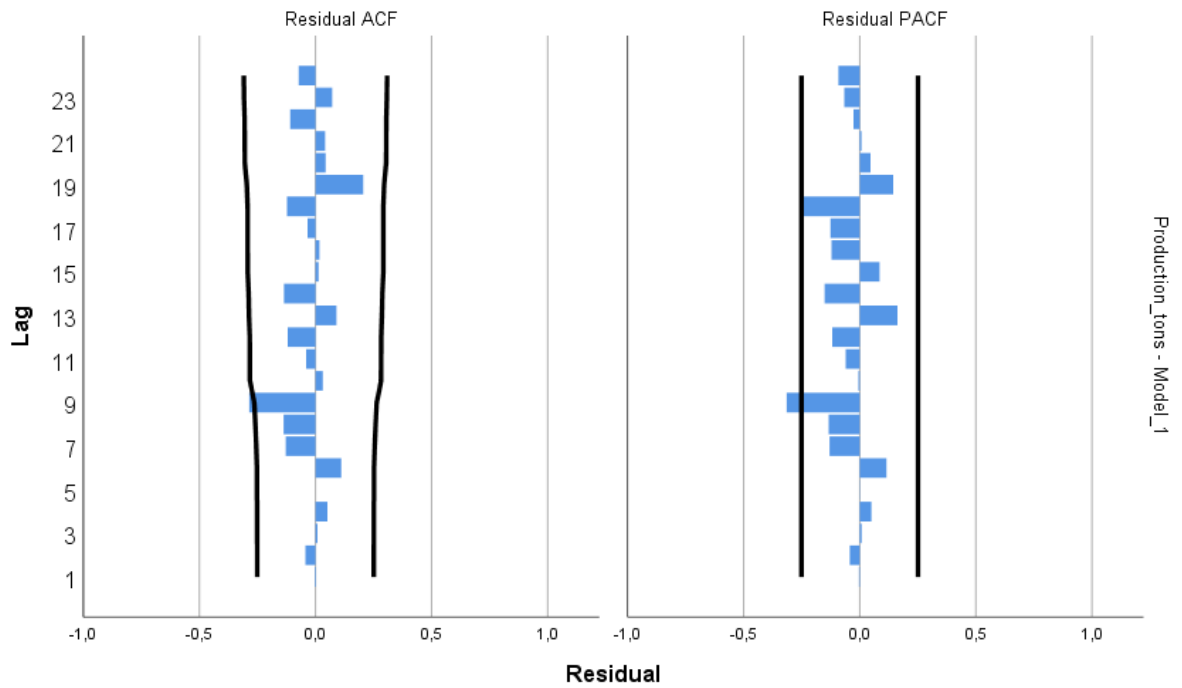


Figure 3. Residuals of autocorrelation functions and partial autocorrelation functions of ARIMA (1,1,1) model for freshwater crayfish production in Turkey

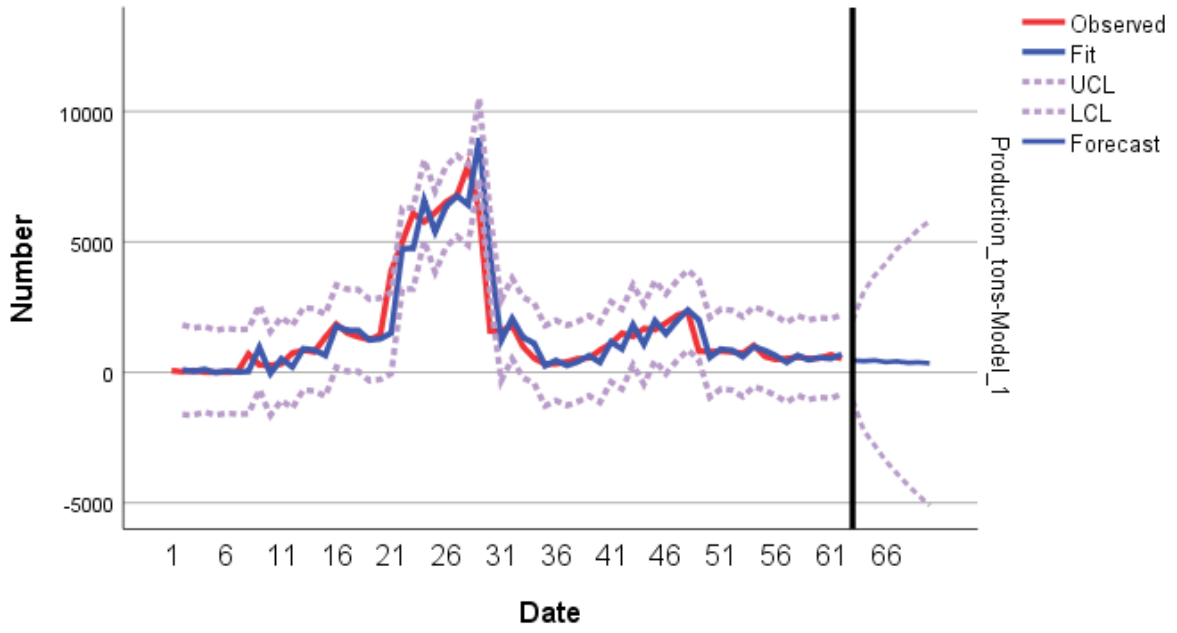


Figure 4. Output of ARIMA (2,1,2) model for freshwater crayfish production in Turkey.

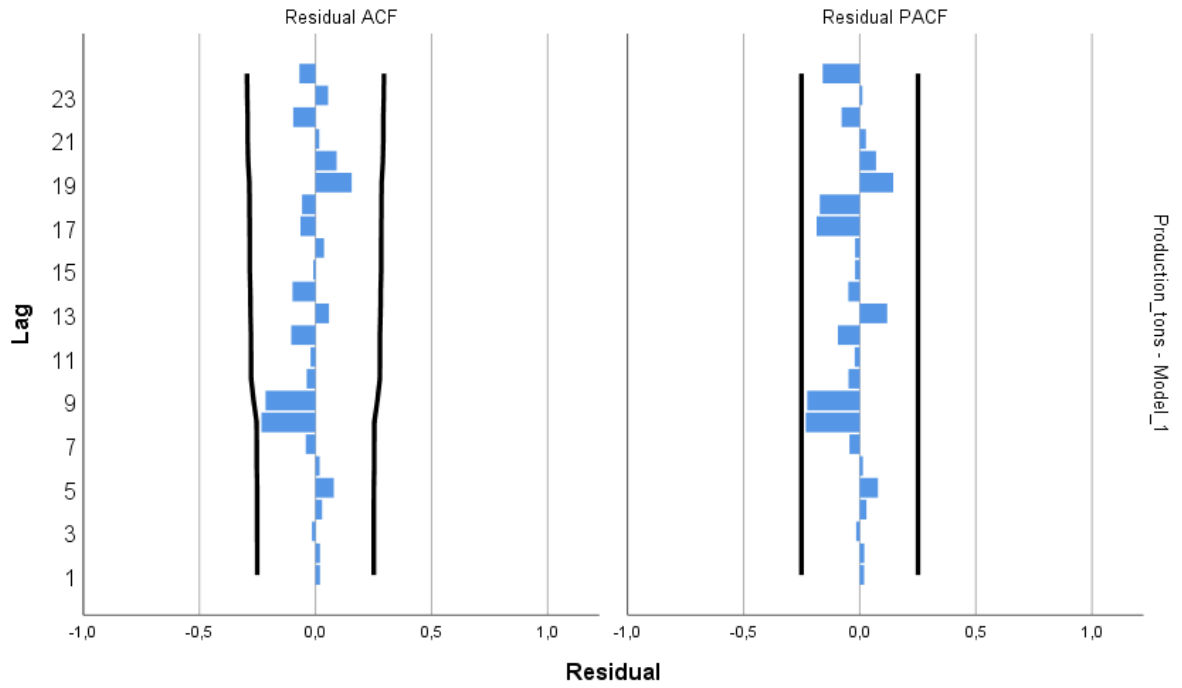


Figure 5. Residuals of autocorrelation functions and partial autocorrelation functions of ARIMA (2,1,2) model for freshwater crayfish production in Turkey.

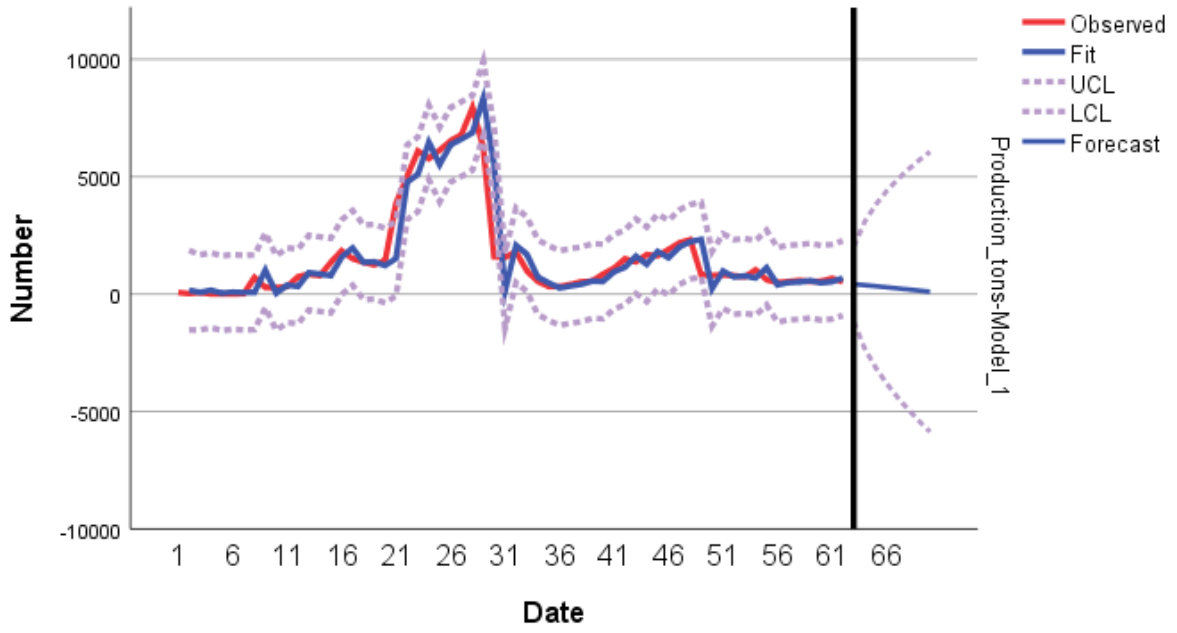


Figure 6. Output of ARIMA (0,1,1) model for freshwater crayfish production in Turkey.

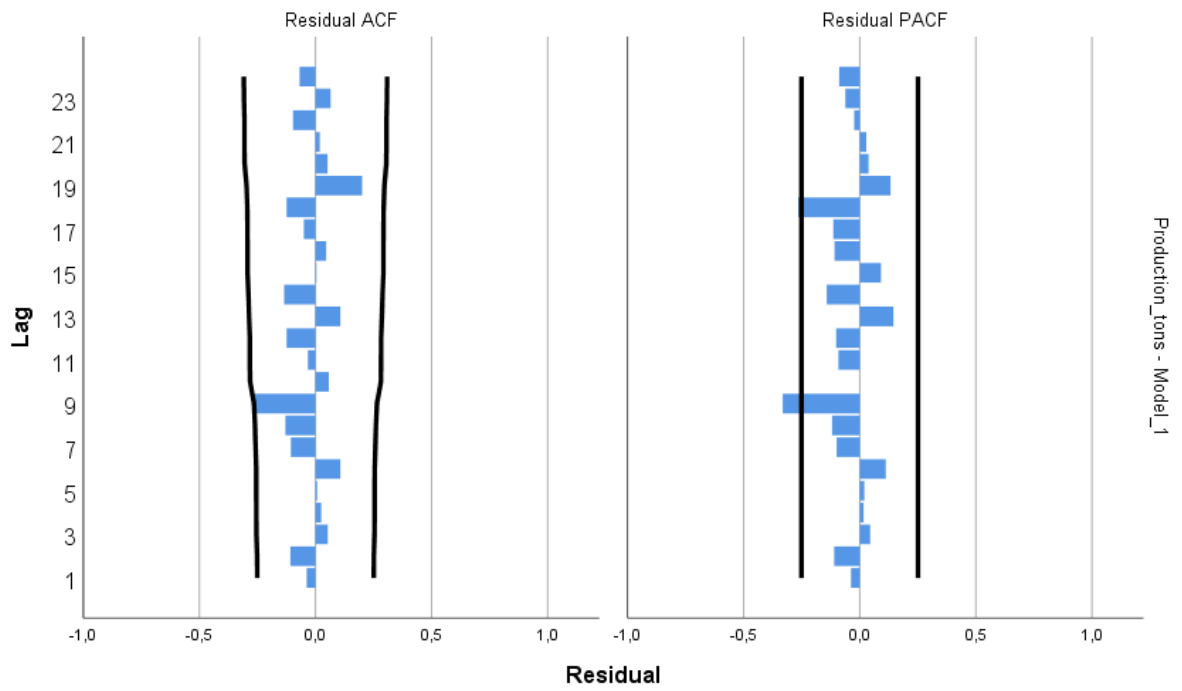


Figure 7. Residuals of autocorrelation functions and partial autocorrelation functions of ARIMA (0,1,1) model for freshwater crayfish production in Turkey

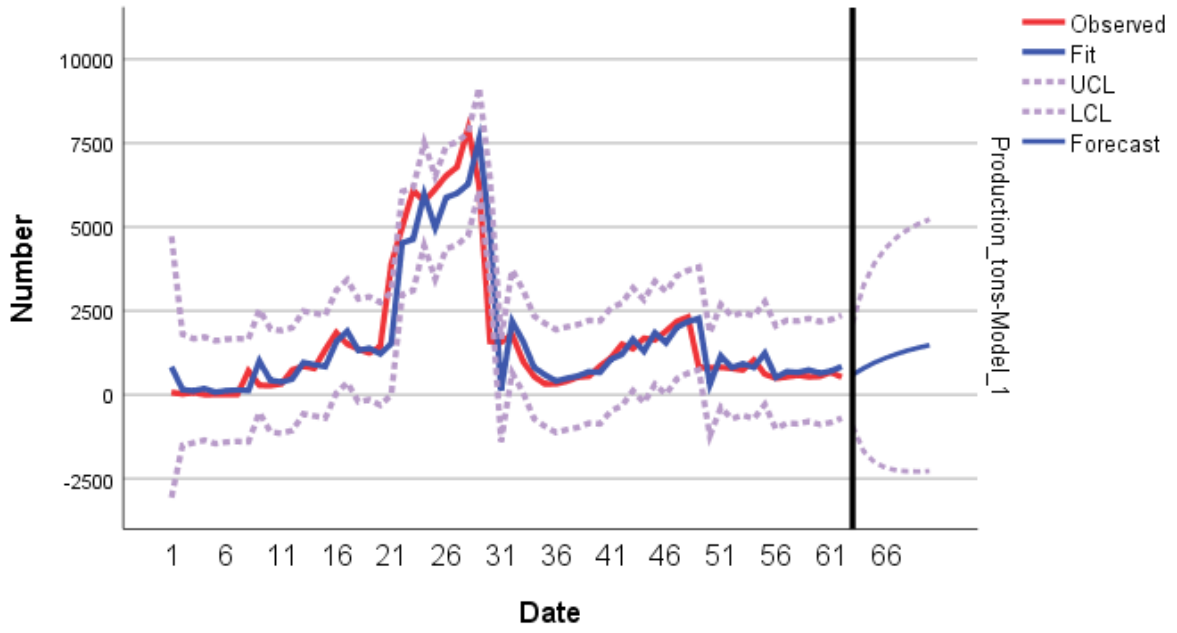


Figure 8. Output of ARIMA (1,0,1) model for freshwater crayfish production in Turkey.

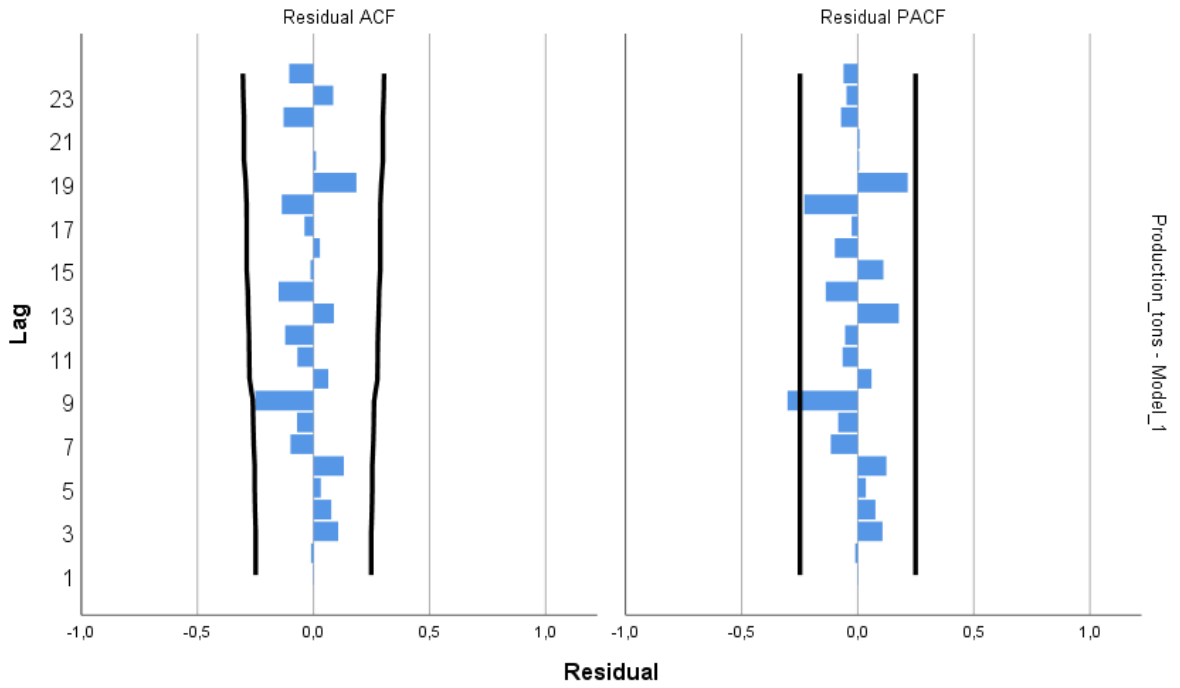


Figure 9. Residuals of autocorrelation functions and partial autocorrelation functions of ARIMA (1,0,1) model for freshwater crayfish production in Turkey.

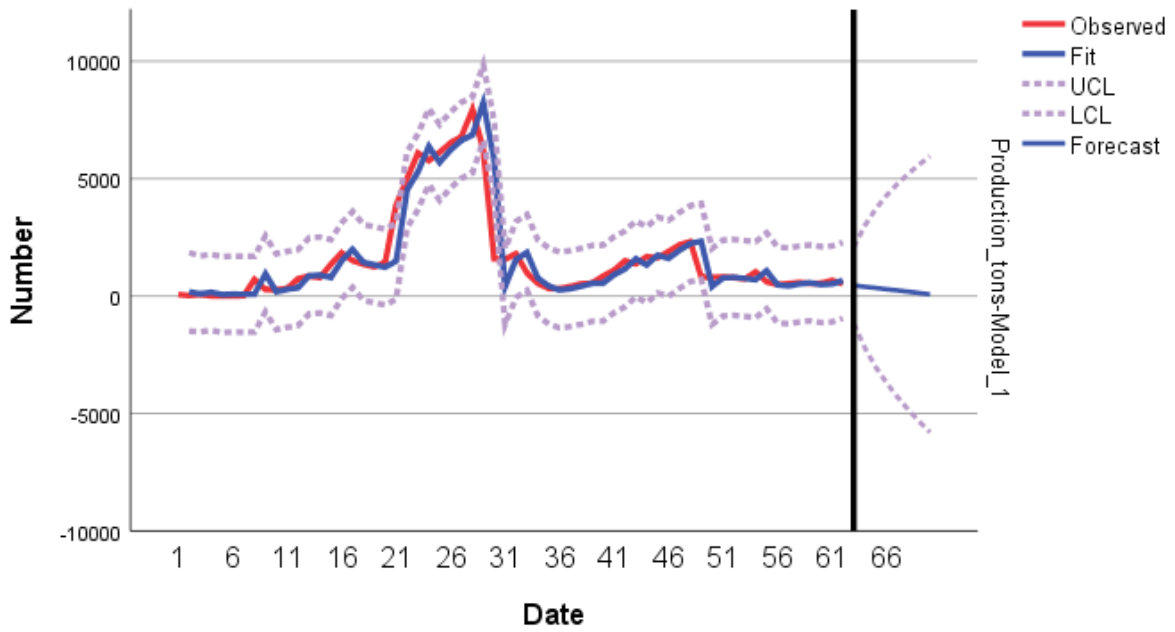


Figure 10. Output of ARIMA (1,1,0) model for freshwater crayfish production in Turkey.

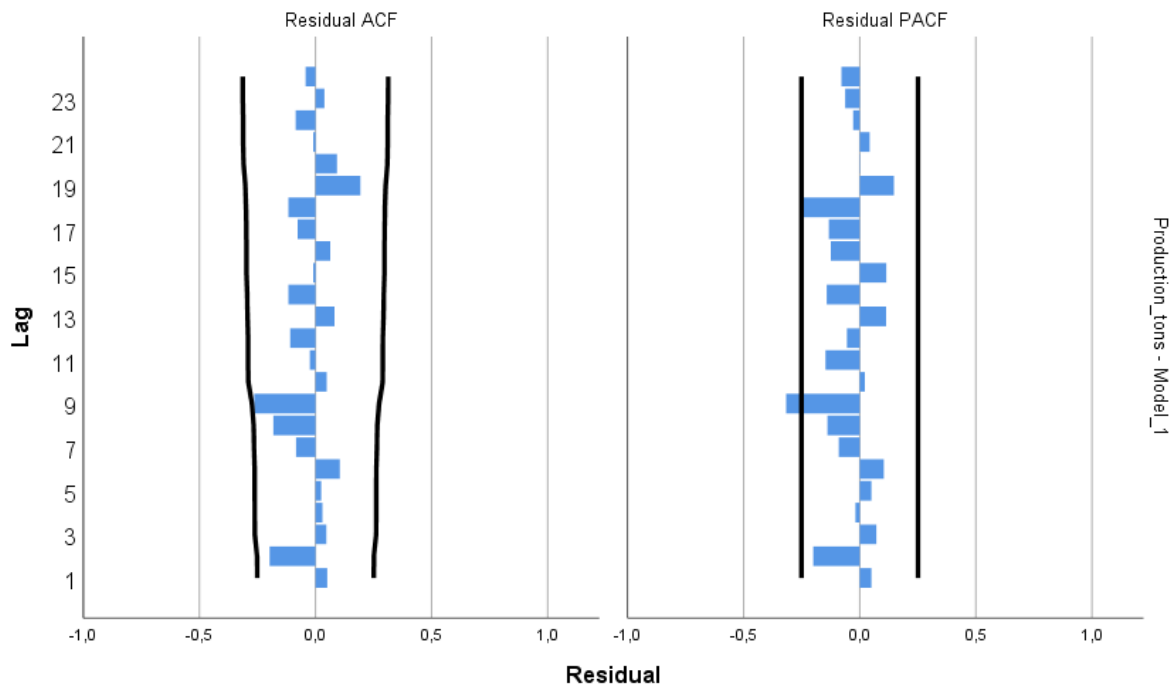


Figure 11. Residuals of autocorrelation functions and partial autocorrelation functions of ARIMA (1,1,0) model for freshwater crayfish production in Turkey.

The production of freshwater crayfish gradually increased from 1908 (the first recorded time of the crayfish production) until 1985. A disease titled crayfish plague occurred in 1985 and the production was suddenly ground to a halt. Crayfish plague is an infectious fungal disease affecting freshwater crayfish. The occurrence of the plague has caused the closure of fisheries in the Eğirdir Lake Basin and Burdur Lake Basin.



Table 3. Parameters of ARIMA models for predicting of freshwater crayfish production in Turkey

Parameters	ARIMA (1,1,0)		ARIMA (0,1,1)		ARIMA (1,1,1)				ARIMA (2,1,2)		ARIMA (1,0,1)	
	AR		MA		AR		MA		AR		MA	
	AR	MA	AR	MA	Lag1	Lag2	Lag1	Lag2	AR	MA	AR	MA
Coefficient	0.253	-0.367	-0.224	-0.554	-1.402	-0.561	-1.855	-0.999	0.838	-0.437		
SE of coefficient	0.127	0.123	0.343	0.294	0.128	0.132	1.640	1.766	0.075	0.129		
p-value	0.051	0.004	0.516	0.758	0.000	0.000	0.263	0.574	0.000	0.001		
Normalized BIC	13.590	13.557	13.631				13.704				13.562	
R <sup>2</sup>	0.838	0.843	0.845				0.860				0.854	
RMSE	807.405	794.066	796.920				772.478				771.114	
MAPE	181.472	172.505	185.721				117.929				233.100	
MAE	410.889	421.529	430.202				410.249				452.196	
Ljung-Box Statistics	16.646	15.126	14.700				10.886				14.496	
Ljung-Box p-value	0.479	0.586	0.547				0.695				0.562	

#### 4. Discussion and Conclusion

Seafood has global importance to human nutrition and is the most traded food commodity (Gephart et al., 2017). Unexpected interruptions or shocks for food production may harmfully affect the trade and admission to food commodities. The trends and patterns of shocks to aquaculture and fisheries are poorly considered, and therefore it restricts the capability to generalize or forecast reactions to environmental, economic, and political changes.

There are different methods to forecast the trends in any time series. A frequently used Spearman’s rho and Mann-Kendall tests have some limiting assumptions. Kişi (2015) indicated those restrictive assumptions as of the length of the data, normal distribution, and independent structure of the time series. Trend analysis was commonly applied to hydrometeorological time series by many scientists (Kale et al., 2016a and 2016b and 2018; Ejder et al., 2016a, and 2016b; Kale, 2017a, and 2017b; Kale and Sönmez, 2018a and 2018b and 2019a, and 2019b and 2019c; Sönmez and Kale, 2020, Arslan et al., 2020). Likewise, Şen’s innovative trend analysis methodology was also frequently applied to hydroclimatological time series observed at different locations through the world (Şen, 2014 and 2015; Kişi et al., 2015; Ay et al., 2018; Gedefaw et al., 2018; Alifujiang et al., 2020).

Gephart et al. (2017) documented shocks to fish production, and they noted identification, trends, and consequences of fish production in detail. Recent trends in the production of fisheries resources have been investigated by several studies. For instance, Srivastava (2004) investigated the latest trends in export and production of fish in India. The authors examined the temporal production of fish and noted that marine and inland fish production in India significantly grew over time. Moreover, the authors indicated that the comparatively higher growth of inland fish production point out that aquaculture is being deliberated as the employment for avocation generating and promising income for local people. Karimpour et al. (2011) investigated the status of freshwater crayfish in Iran. Oladimeji (2017) examined the trend in the production of fish in Nigeria from 1970-2014. The author indicated that the estimated demand for fish develops faster than variation in local fish production. Correspondingly, Oladimeji (2018) examined the trend of artisanal fisheries production in Nigeria and documented that demand for fish products and gross domestic product of Nigeria progressively increased during the study period, while the domestic production of fish commodity and other agricultural products fluctuates. In addition, the author put forward that there was no interconnection between either aquaculture or artisanal fisheries production and economic growth from 1970 to 2014.

In Turkey, there are few reports on the current status of the freshwater crayfish (Harlioğlu and Holdich, 2004; Harlioğlu and Harlioğlu, 2004 and 2009; Harlioğlu, 2008; Aydın et al., 2012; Türel et al., 2015; Cilbiz et al., 2020; Berber, 2020). In addition, Kale et al. (2020) documented the first report of the albinism in *P. leptodactylus* and Kale et al. (2021) reported blue color anomaly in *P. leptodactylus* from Atikhisar Reservoir, Çanakkale. These anomalies attributed to genetic recessive

due to lack of melanin and carotenoid pigments. Berber et al. (2014) documented problems and solutions for ensuring the sustainability of crayfish stocks in terms of fisheries management. On the other hand, there is no study on the assessment of trends and patterns of the freshwater crayfish production. The present paper is the first study on the future forecasting and the assessment of the trends in the freshwater crayfish production in Turkey. Moreover, this is the most temporally rich assessment of the crayfish production in Turkey encompassing 100+ years from 1909 to 2018.

Freshwater crayfish stocks should be enhanced, and alternative production approaches should be considered. The current method of production is only depending on the harvesting and is conducting by the exploitation of stocks with continuous overfishing pressure without improving the existing resources. Similarly, Cilbiz et al. (2020) noted that available freshwater crayfish stocks are encountered some problems such as habitat destruction, aquatic pollution, fishing pressure and disease. Therefore, the production of freshwater crayfish by only harvesting the natural stocks has no potential to be increased in the future period. Hence, investigations on monoculture or polyculture (e.g., suggested by Berber and Kale, 2018; Berber et al., 2019) of freshwater crayfish should be progressively carried out. Berber and Kale (2018) suggested the rice-crayfish polyculture as an alternative, applicable, and economic approach to growth crayfish with rice production. Berber et al. (2019) determined the ideal stock density of freshwater crayfish in polyculture with rice. Limited studies on polyculture of crayfish and rice revealed that crayfish polyculture with rice production in paddy fields are successfully accomplished in Turkey. Therefore, rice-crayfish polyculture can be applied due to the abundance of paddy fields in Turkey. Thus, the increase in the production of freshwater crayfish can increase the income level of relevant people and also it may provide employment opportunities, economic growth, and social welfare. Artisanal fisheries and sport fishing activities could be more attractive in such water bodies allowing self-fishing in the water resources.

In conclusion, this paper assessed the trends in the production of freshwater crayfish in Turkey. Moreover, different trend analysis methods and forecasting models were compared. The present paper is also the most temporally rich assessment of the crayfish production in Turkey encompassing 100+ years from 1909 to 2018. The results of the innovative trend analysis methodology and ARIMA models revealed that freshwater crayfish production has a decreasing trend during the study period, although there are some fluctuations. ARIMA models predicted that the production of freshwater crayfish would continue to decrease in the future period. Several factors such as climate change, overexploitation, diseases, legal regulations, fisheries management policies might affect the production amount. Therefore, appropriate policies for fisheries management and legal regulations should be planned and implemented to improve the production.

## Acknowledgements

The authors would like to thank all staff of the Turkish Statistical Institute (TÜİK) for the efforts in data collecting and making them available.

## References

- Akhan, S., Bektas, Y., Berber, S., & Kalayci, G. (2014). Population structure and genetic analysis of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) populations in Turkey. *Genetica*, 142(5), 381-395.
- Alifujiang, Y., Abuduwaili, J., Maihemuti, B., Emin, B., & Groll, M. (2020). Innovative trend analysis of precipitation in the Lake Issyk-Kul Basin, Kyrgyzstan. *Atmosphere*, 11(4), 332.
- Arslan, G., Kale, S., & Sönmez, A. Y. (2020). Trend analysis and forecasting of the Gökırmak River streamflow (Turkey). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 49(3), 230-246.

- Ay, M., Karaca, Ö., & Yıldız, A. (2018). Comparison of Mann-Kendall and Sen's innovative trend tests on measured monthly flows series of some streams in Euphrates-Tigris Basin. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 34(1), 78-86.
- Aydin, H., Harlıoğlu, M. M., & Bök, T. D. (2012). Harvest, export and economic status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.1823) in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 7(16), 2463-2468.
- Balık, İ., Çubuk, H., & Uysal, R. (2003). Effect of bait on efficiency of fyke-nets for catching crayfish *Astacus leptodactylus* Esch. 1823. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3, 1-4.
- Balık, İ., Çubuk, H., Özkök, R., & Uysal, R. (2005). Some biological characteristics of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Zoology*, 29(4), 295-300.
- Balık, İ., Özkök, E., & Özkök, R. (2002). Catch per unit effort and size composition of crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz 1823, in Lake İznik. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(6), 884-889.
- Balık, S., Ustaoglu, M. R., Sarı, H. M., & Berber, S. (2005). Determination of traits some growth and morphometric of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) at Demirköprü (Manisa). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1-2), 83-89.
- Balık, S., Ustaoglu, M. R., Sarı, H. M., & Berber, S. (2006). Some reproduction properties of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Demirköprü Dam Lake. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3-4), 245-249.
- Berber, S. (2020). Türkiye'de Kerevit Stoklarının Korunması ve Geliştirilmesi Önünde Engeller ve Çözüm Yolları. In A. Bolat (Ed.), *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar - II* (pp. 139-156). Ankara, Turkey: Gece Publishing.
- Berber, S., & Balık, S. (2006). Determination of traits some growth and morphometric of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) at Manyas Lake (Balıkesir). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1-2), 83-91.
- Berber, S., & Kale, S. (2018). Comparison of juvenile *Astacus leptodactylus* growth raised in cages in rice fields to other crayfish juvenile growth studies. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(2), 331-341.
- Berber, S., Kale, S., & Türel, S. (2014). *Ensuring the sustainability of crayfish stocks for fisheries management: Problems and solutions*. Paper presented at the International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences: FABA 2014, Trabzon, Turkey. pp. 232.
- Berber, S., Kale, S., Bulut, M., & İzci, B. (2019). A study on determining the ideal stock density of freshwater crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) in polyculture with rice (*Oryza sativa* L.). *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 22(6), 953-964.
- Berber, S., Mazlum, Y., Demirci, A., & Türel, S. (2012). Structure, growth, mortality and size at sexual maturity of various populations *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Crustacea: Decapoda) in Turkey. *Marine Science and Technology Bulletin*, 1(1), 21-27.
- Berber, S., Yıldız, H., Ateş, A.S., Bulut, M., & Mendeş, M. (2010). A study on the relationships between some morphological and reproductive traits of the Turkish crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Crustacea: Decapoda). *Reviews in Fisheries Science*, 18(1), 131-137.
- Bök, T., Aydın, H., & Ateş, C. (2013). A study on some morphological characteristics of *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz 1823) in seven different inland waters in Turkey. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 19(2), 190-205.
- Bolat, Y. (2001). *The Estimation of population size of freshwater crayfish (Astacus leptodactylus salimus Nordmann,1842) in Hoyran Part of Lake Eğirdir*. (PhD), Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta, Turkey.
- Bolat, Y., & Kaya, M. A. (2016). Determination of growth and reproduction properties of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) in Eğirdir Lake-Turkey. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 12(1), 11-24.
- Bolat, Y., Demirci, A., & Mazlum, Y. (2010). Size selectivity of traps (fyke-nets) of different mesh size on the narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda, Astacidae) in Eğirdir Lake, Turkey. *Crustaceana*, 83(11), 1349-1361.

- Cilbiz, M., Aydın, C. & Uzunmehmetoğlu, O. Y. (2020). Türkiye'nin kerevit *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) üretiminin ulusal ve küresel ölçekte değerlendirilmesi *LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(1), 59-74.
- Deveciyan, K. (2011). *Türkiye'de Balık ve Balıkçılık*. İstanbul, Turkey: Aras Yayıncılık. 574p.
- Ejder, T., Kale, S., Acar, S., Hisar, O., & Mutlu, F. (2016). Effects of climate change on annual streamflow of Kocabaş Stream (Çanakkale, Turkey). *Journal of Scientific Research and Reports*, 11(4), 1-11.
- Ejder, T., Kale, S., Acar, S., Hisar, O., & Mutlu, F. (2016). Restricted effects of climate change on annual streamflow of Sarıçay stream (Çanakkale, Turkey). *Marine Science and Technology Bulletin*, 5(1), 7-11.
- Gedefaw, M., Yan, D., Wang, H., Qin, T. Girma, A., Abiyu, A., & Batsuren, D. (2018). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall variability in Amhara Regional State, Ethiopia. *Atmosphere*, 9(9), 326.
- Gephart, J. A., Deutsch, L., Pace, M. L., Troell, M., & Seekell, D. A. (2017). Shocks to fish production: Identification, trends, and consequences. *Global Environmental Change*, 42, 24-34.
- Harlioğlu, A. G., & Harlioğlu, M. M. (2009). The status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz) Fisheries in Turkey. *Reviews in Fisheries Science*, 17(2), 187-189.
- Harlioğlu, M. M. (2004). The present situation of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Aquaculture*, 230(1-4), 181-187.
- Harlioğlu, M. M. (2008). The harvest of the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz in Turkey: Harvest history, impact of crayfish plague, and present distribution of harvested populations. *Aquaculture International*, 16(4), 351-360.
- Harlioğlu, M. M., & Harlioğlu, A. G. (2004). The harvest of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14(4), 415-419.
- Harlioğlu, M. M., Farhadi, A., & Gür, S. (2018). Determination of sperm quality in decapod crustaceans. *Aquaculture*, 490, 185-193.
- Harlioğlu, M. M., Kutluyer, F., & Gür, S. (2012). An investigation on the sperm number and reproductive parameters of males in wild caught freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz). *Animal Biology*, 62(4), 409-418.
- Kale, S. (2017a). Climatic trends in the temperature of Çanakkale city, Turkey. *Natural and Engineering Sciences*, 2(3), 14-27.
- Kale, S. (2017b). Analysis of climatic trends in evaporation for Çanakkale (Turkey). *Middle East Journal of Sciences*, 3(2), 69-82.
- Kale, S., & Sönmez, A. Y. (2018a). Trend analysis of mean monthly, seasonally and annual streamflow of Daday Stream in Kastamonu, Turkey. *Marine Science and Technology Bulletin*, 7(2), 60-67.
- Kale, S., & Sönmez, A. Y. (2018b). *Trend analysis of streamflow of Akkaya Stream (Turkey)*. Paper presented at the 1st International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences, Antalya, Turkey. pp. 33-45.
- Kale, S., & Sönmez, A. Y. (2019a). Trend analysis for streamflow of Devrekani Stream (Turkey). *Review of Hydrobiology*, 12(1-2), 23-37.
- Kale, S., & Sönmez, A. Y. (2019b). *Trend analysis for annual streamflow of Ilgaz Stream (Turkey)*. Paper presented at the 2nd International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey. pp. 628-633.
- Kale, S., & Sönmez, A. Y. (2019c). *Trend analysis for annual streamflow of Araç Stream (Turkey)*. Paper presented at the 2nd International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey. pp. 746-753.
- Kale, S., Berber, S., Acarlı, D., Demirkıran, T., Vural, P., Acarlı, S., Kızılkaya, B., & Tan, E. (2020). First report of albinism in Turkish crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Crustacea, Decapoda, Astacidae). *Acta Natura et Scientia*, 1(1), 36-42.
- Kale, S., Berber, S., Acarlı, D., Demirkıran, T., Vural, P., Acarlı, S., Kızılkaya, B., & Tan, E. (2021). Blue color anomaly in Turkish crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) from

- Atikhisar Reservoir in Çanakkale, Turkey (Crustacea, Decapoda, Astacidae). *Acta Natura et Scientia*, 2(1), *In press*.
- Kale, S., Ejder, T., Hisar, O., & Mutlu, F. (2016). Climate change impacts on streamflow of Karamenderes River (Çanakkale, Turkey). *Marine Science and Technology Bulletin*, 5(2), 1-6.
- Kale, S., Ejder, T., Hisar, O., & Mutlu, F. (2016). Effect of climate change on annual streamflow of Bakırçay River. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 156-176.
- Kale, S., Hisar, O., Sönmez, A. Y., Mutlu, F., & Filho, W. L. (2018). An assessment of the effects of climate change on annual streamflow in rivers in Western Turkey. *International Journal of Global Warming*, 15(2), 190-211.
- Karimpour, M., Harlioğlu, M. M., & Aksu, Ö. (2011). Status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*) in Iran. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 401, 18.
- Kişi, Ö., Guimaraes Santos, C. A., Marques da Silva, R. & Zounemat-Kermani, M. (2018). Trend analysis of monthly streamflows using Şen's innovative trend method. *Geofizika*, 35(1), 53-68.
- Oladimeji, Y. U. (2017). Trend in fish production parameters in Nigeria and its total estimated demand: Empirical evidence from fish production. *Journal of Animal Production Research*, 29(1), 410-418.
- Oladimeji, Y. U. (2018). Assessment of trend of artisanal fish production in Nigeria vis-a-vis implications on economic growth. *Nigerian Journal of Fisheries and Aquaculture*, 6(1), 37-46.
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- Şen, Z. (2014). Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642.
- Şen, Z. (2015). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127, 939-947.
- Şen, Z., Şişman, E., & Dabanlı, I. (2019). Innovative polygon trend analysis (IPTA) and applications. *Journal of Hydrology*, 575, 202-210.
- Sönmez, A. Y., & Kale, S. (2020). Climate change effects on annual streamflow of Filyos River (Turkey). *Journal of Water and Climate Change*, 11(2), 420-433.
- Srivastava, S. K. (2004). Recent Trends in Production and Export of Fish in India and Status of Uttaranchal. *Indian Journal of Agricultural Economics*; 59(3), 509.
- TurkStat. (2020). Fishery Statistics. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> Access date: 30.04.2020.
- Türel, S., Berber, S., & Kale, S. (2014). *The status and harvest of freshwater crayfish Astacus leptodactylus Eschscholtz 1823 in Turkey*. Paper presented at the 5th International Symposium on Sustainable Development, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. pp. 137.
- Yüksel, F., Demiroğlu, F., & Gündüz, F. (2013). Leslie population estimation for Turkish crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) in the Keban Dam Lake, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(5), 835-839.



## Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Review Article (Derleme)

### Using DNA Barcoding in Fungal Taxonomy

Younes REZAAE DANESH<sup>1\*</sup>, Semra DEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, Ankara-Turkey

<sup>2</sup> Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yil University, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-1060-0264> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0177-7677>

\*Corresponding author e-mail: [yrdanesh@yahoo.com](mailto:yrdanesh@yahoo.com)

#### Article Info

Received: 15.06.2020

Accepted: 05.11.2020

Online Published 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.751901

#### Keywords

DNA Barcoding,  
Fungi,  
Molecular Taxonomy,  
Species Concept.

**Abstract:** Totally, 1.5 million fungal species estimated, of which less than 10 percent have been described to date. Recent advances in molecular biology as well as gene sequencing technologies facilitate the discovery and identification of new species in various groups of living organisms, especially fungi. Morphological methods do not have efficiency for the identification of fungal species, so, using new techniques based on DNA data has been considered in the rapid and accurate fungal species identification. DNA Barcoding is a new technique with several years' backgrounds for detecting fungi and fungal like organisms. The Internal Transcribed Spacer in ribosomal RNA gene (ITS-rDNA) has been considered as a suitable barcode sequence. The efficacy of this region's sequence data in most fungal groups has led to its use as a standard barcode by different mycologists. However, the ITS-rDNA region appears to be used as the primary barcode sequence for fungi of the genus or species group. The accurate species-specific identification is performed depending on the fungal group based on secondary barcodes. Due to the pleomorphic nature of fungi, the use of DNA barcoding is of importance. To date, hundreds of thousands of reference barcode sequences have been created for thousands of species of living organisms through DNA barcoding projects. The subsequent efforts of scientists are managing and automation of DNA barcoding in order to speed up the identification process.

### Fungus Taksonomisinde DNA Barkodlamasının Kullanılması

#### Makale Bilgileri

Geliş: 15.06.2020

Kabul: 05.11.2020

Online Yayınlanma 31.12.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.751901

#### Anahtar kelimeler

DNA Barkodlaması,  
Funguslar,  
Moleküler Taksonomi,  
Tür kavramı.

**Öz:** Günümüzde toplam 1.5 milyon olduğu tahmin edilen fungus türünün %10'undan daha azı tanımlanmıştır. Moleküler biyolojideki son gelişmeler ve gen sıralama teknolojileri, çeşitli canlı organizma gruplarında, özellikle funguslarda yeni türlerin keşfedilmesini ve tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Fungus türlerinin tanımlanmasında morfolojik yöntemler yeterli değildir, bu nedenle, hızlı ve doğru tanımlamada DNA verilerine dayalı yeni tekniklerin kullanılması ön plana çıkarılmıştır. DNA Barkodlama, fungus ve fungus benzeri mikroorganizmaları tespit etmek için kullanılan yıllık geçmişi olan yeni bir tekniktir. Ribozomal RNA genindeki ITS-rDNA uygun bir barkod dizisi olarak kabul edilmektedir. Bu bölge sekans verilerinin etkinliği, farklı mikologlar tarafından birçok fungusta standart bir barkod olarak kullanılmasına yol açmıştır. Bununla birlikte, ITS-rDNA bölgesinin fungus cins ve türlerinin tanımlanmasında birincil barkod dizisi olarak kullanıldığı görülmekte, fungus gruplarındaki türe özgü kesin tanımlama ise ikincil barkodlara dayalı olarak yapılmaktadır. Fungusların pleomorfik doğası nedeniyle, DNA barkodlamasının kullanılması çok önemlidir. Bugüne kadar, DNA barkodlama projeleri ile

binlerce canlı organizma türü için yüz binlerce referans barkod dizisi oluşturulmuştur. Bilim adamlarının bundan sonraki çalışmaları tanımlama sürecini hızlandırmak için DNA barkodunun yönetimi ve otomasyonu yönündedir.

## 1. Introduction

Species identification and classification is one of the most important parts of archeology and biological studies. Proper identification of species opens up useful information on any living organism, such as its ecological, physiological, biochemical, and social benefits and harms (Hebert et al., 2003; Crous et al., 2009). Taxonomy includes classification and nomenclature, and its purpose is to group living organisms into natural units, which makes it possible to describe biodiversity and species identification, and also reflect the kinship relations between different groups of living organisms (Crous et al., 2009). The goal of taxonomists is to create an acceptable order among the heterogeneous groups of living organisms to facilitate communication between the groups and to create methods that can be used and tested by others. To achieve this goal, scientists have used a variety of strategies, commonly referred to as species concepts. In scientific references, several kinds of species concepts with both theoretical and applied aspects (Taylor et al., 2000; Taylor, 2006). Applied concepts have identification and application values, including the concepts of morphological species, biological species as well as phylogenetic species. Although the phylogenetic concept of the species is also influenced by different variables such as the genome regions used to measure relationships between different fungal groups, but compared to other strategies are more reliable and repeatable, so in recent years it has become more popular among mycologists and is commonly used (Taylor et al., 2000; Taylor, 2006).

In the history of biology, scientists have used a variety of data to identify living organisms, including morphological, physiological, and biological data. The need for specialized knowledge is one of the main limiting factors in using morphological data to correctly and accurately identify fungal species. Some other special unique characters of fungi including special culture media, special storage conditions, limited growth rate, etc. are other problems of morphological methods. With recent advances in molecular biology and the development of DNA-based molecular methods, scientists have used these methods to quickly and accurately identify fungi. Molecular methods of fungal detection are mainly based on polymerase chain reaction (PCR) technique or other methods based on this reaction, which are commonly used in medical clinics, plant pathology laboratories, etc. to identify fungal species of high economic importance in medicine, agriculture and industry (Nancy and Binnicker, 2009). Other molecular methods include DNA hybridization, RFLP and AFLP techniques (Crous et al., 2009; Nancy and Binnicker, 2009). Due to the increasing of pathogenic fungal species in agriculture, nosocomial infections and the use of beneficial fungal species in industry, pharmaceuticals, biotechnology and related sciences and the discovery of cryptic species due to the lack of obvious morphological features, the importance of using more accurate and highly efficient methods in the separation of fungal species are obvious (Taylor et al., 2000; Crous et al., 2009). One of the new ways to identify the species is using DNA sequence information, which is very important in contemporary mycology. With recent advances in sequencing technologies, including pyrosequencing, gene sequencing is performed with high speed and accuracy. The use of sequence data in the identification of fungi is extremely important, especially for non-specialists in the field of identification based on the morphology of fungi. The idea of using a standard molecular identification system to identify species dates back to the 1990s (Hebert et al., 2003; Frézal and Leblois, 2008). During these years, the invention of the PCR method for regeneration of genes in living organisms, followed by the development of sequencing techniques from different parts of the genome and the possibility of comparing them, created a new horizon for solving problems facing taxonomists. By classifying the sequences and comparing them using statistical and bioinformatics methods, the phylogenetic tree is drawn and the kinship relationships of living organisms are determined. For this purpose, genomic DNA, mitochondria, chloroplasts, etc. are used. DNA barcoding is an identification system based on using of nucleotide sequence data, preferably a gene or a small number of gene region to quickly and accurately identify species of living organisms. Followed by identification of the

phylogenetic position of a fungal species based on the nucleotide sequence data on the phylogenetic tree and the comparison of the target species sequence with other species with high similarity, it will be possible to design DNA barcoding for the species (Hebert et al., 2003). In fact, DNA barcoding identifies species using sequence data from one or more genes. It is not only a taxonomy system, but a highly efficient and accurate way to identify species in all divisions of all organisms. In fact, DNA barcoding is complementary to taxonomy, molecular phylogeny, and population genetics (Hebert et al., 2003; Frézal and Leblois, 2008; Crous et al., 2009; Costa and Carvalho, 2010, Das and Deb, 2015; Gosavi, 2016; Chaudhary and Dahal, 2017). This method is similar to molecular phylogeny in that sequence data are used to identify taxons, but the main goal in molecular phylogeny is to study and reconstruct kinship relationships between living organisms at different taxonomic levels (species, genus, family, order etc.). It is based on sequence data, and the more genes used, the more realistic the understanding of kinship relationships at different taxonomic levels obtained. Even with advances in sequencing technologies in recent years it is not unexpected the comparison of genomic sequences in phylogenetic studies. However, the main purpose of DNA barcoding is to securely identify taxons based on sequence data, and this data generally lacks phylogenetic efficiency at high taxonomic levels. In this review, considering to the strengths and weaknesses of common morphological and molecular methods for identification of fungi, it is tried to discuss on molecular techniques on fungal identification using the latest related articles from popular databases such as Google Scholar, Scopus, Medline, Pub med, Springer as well as Elsevier and using the suitable key words on fungal species identification, morphological species concept as well as DNA barcoding.

## 2. From Traditional to Molecular Taxonomy

Using of morphological features in the identification, taxonomy and phylogenetic relationships of living organisms has a history of more than 300 years, which is called morphological identification of species in scientific references. The basis of the morphology strategy is that morphological types or individuals can represent differences at the level of all species. The morphological concept of the species, has two major features. Firstly, the morphological traits among individuals of a species are fixed (homogenous) and, secondly, they show obvious differences between species. According to Taylor et al. (2006), the strength of the morphological concept of the species is its applicability to any fungal taxon and its extensive and long history of use (Termorshuizen and Arnolds, 1997; Taylor et al., 2000; Crous et al., 2009). Traditionally, phenotypic features, i.e. morphological and physiological properties, have been used to identification of fungi, but these characteristics, especially morphology, are strongly influenced by environmental conditions and are therefore highly variable (Raja et al., 2017). Differences in morphological features (preferably several features) are used to identify and describe species (Taylor et al., 2000; Crous et al., 2009). Another major limitation in the use of morphological traits for identification of most fungal groups is that the number of recognized characteristics is far less than the number of known species for each fungal species or the number of fungal species in a genus. Numerous examples of these limitations have been experienced by mycologists, including problems in identifying *Fusarium* species based on morphological data. Importantly, this fungus lacks sufficient morphological features to satisfactorily distinguish species, so some believe that the number of species in this genus is greater than the number of morphological features available to identify species (Termorshuizen and Arnolds, 1997). Occasionally, isolates belonging to the same species may show differences in some morphological features, such as colony size and color, shape and size of macro conidia, and chlamydo-spore formation.

With the introduction and use of molecular techniques, the taxonomy of *Fusarium* species has become a controversial issue. In particular, the integration of the phylogenetic species concept with DNA data has led to the description of new species, which includes a number of Sibling species. Identification of these species based on morphological characteristics is impossible (Termorshuizen and Arnolds, 1997; Taylor et al., 2000; Hebert et al., 2003). For example, 15 phylogenetic species have been identified within the *Fusarium graminearum* complex species, and it is not possible to distinguish between these species based on morphological data (Arver et al., 2011). The ineffectiveness of morphological traits in the successful separation of fungal groups in black yeast like fungi has also been experienced. The term black yeast is commonly used to describe melanin pigment-



producing fungi that have both mycelial and yeast phases in the culture medium (Arver et al., 2011) and are considered pathogens of humans and other living organisms, especially in the brain and other organs. In people with weakened immune systems, it can sometimes be fatal (Termorshuizen and Arnolds, 1997; Taylor et al., 2000; Hebert et al., 2003). These fungi are also involved in the destruction of ornamental stones (Gadd, 2008) and antiquities. On the other hand, the positive roles of black yeast in environmental bioremediation as well as biodegradation of oil pollutants have been proven (Badali et al., 2011).

It was observed that that the genus *Ramichloridium*, whose boundaries are determined by morphological characteristics, includes a heterogeneous group of fungi. The researchers found that human pathogenic species classified earlier in the genus *Ramichloridium* belong to the genus *Rhinochloidiella* in the order Chaetothyriales, while the genus *Ramichloridium* belongs to the order Capnodiales (Badali et al., 2010). In the case of other fungal groups belonging to black yeasts such as *Cladophialophora* and *Exophiala*, it is not possible to identify the species only by relying on morphological traits (Badali et al., 2008; 2009; 2010). Problems in morphology-based identification led mycologists to using molecular methods. By introducing the polymerase chain reaction, it was possible to replicate gene regions from DNA samples. Therefore, by extracting DNA from fungal cultures, it was possible to reproduce parts of the genome for diagnostic purposes (Crous et al., 2009; Nancy and Binnicker, 2009). Subsequently, several polymerase chain reaction techniques were widely used, and even in some cases the detection and quantification of fungal species directly from infected samples (plant, blood, air, soil etc. ...) became possible (Nancy and Binnicker, 2009). By using *Taq Man Real Time Assay* technology, identification and quantification of *Mycosphaerella* species involved in the combined disease of banana Sigatoga carried out directly from infected samples of plants. Molecular approaches have higher speed, accuracy of operation and sensitivity compared to traditional methods, and in these methods, there are less health risks for researchers and personnel working with contaminated samples (Nancy and Binnicker, 2009). At present, nucleotide sequence data are commonly used in the identification of fungi in the medical sciences, agriculture, and industry. Nucleotide sequence data are also used to study the kinship relationships between living organisms at the preferred taxonomic levels in evolutionary biology (Nancy and Binnicker, 2009; Arver et al., 2011). With recent advances in sequencing technologies with high speed and accuracy of operation and significantly reduced the cost of sequencing, determining the sequence of genes or genomes of living organisms has become increasingly rapid. In this regard, fungi are among the leading groups and the complete sequence of the genome of a large number of fungal pathogens of human and plants as well as industrial fungi is available (Xu et al., 2006; Desjardins et al., 2011; Andersen et al., 2011). Pyrosequencing approach is a new technology that, unlike the chain-based approach, is a Real-Time sequencing method and uses the release of light as a sign for attaching a nucleotide to the target DNA strand. In this method, which was introduced in 1996, the addition of complementary nucleotide in the synthesized DNA chain leads to releasing of light based on a series of enzymatic interactions (Elahi and Ronaghi, 2004). With the accumulation of nucleotide sequence data, new ideas for the identification of living organisms have been formed or are being formed, and the ultimate goal of scientists is to create the technology needed to quickly identification species of living organisms with high reliability and automation. Hebert et al. (2003) first proposed an interesting and new way to identification animals based on cytochrome oxidase genes. They selected the 648-bp region of this gene for lack of introns, less recombination, and the haploid form of gene inheritance, which was acceptable in 95% of cases. In fact, DNA barcoding was first developed to quickly and accurately identification of animal species in which the mouse mitochondrial genome was used as a reference, and its purpose today is to identification all eukaryotic species. DNA barcoding is currently being used for identification different groups such as birds, fish, ants, seaweed, diatoms, protozoa and plants (Chase et al., 2005; Smith et al., 2005; Hajibabaei et al., 2006; Evans et al., 2007). Research into fungal DNA barcoding was first conducted in 2003 by researchers at the University of Guelph in Canada. Significant progress was made in 2004 by Consortium for the Barcode of Life (CBOL). Then, more reliable identification tools were collected in DNA Barcode Reference Library (Nilsson et al., 2008).

### 3. DNA Barcoding in Fungi

The total number of existing fungal species is unknown and the estimated maximum is 1.5 million species. So far, about 80000 to 120000 fungal species have been described (Hawksworth, 2004), an increase of 1.2 percent each year, which means that 1700 species are described each year. The use of DNA barcoding has become an important part of ecological research over the last 15-20 years, creating a new approach to biodiversity and the differences between different fungal groups (Hebert et al., 2003; Frézal and Leblois, 2008). DNA barcoding is a way to quickly, accurately and automatically identify species using a short, standard gene region as a way to identify differences between species. It is reliable and does not require high expertise which is used as a tool to accurately identify species in ecological studies and intraspecies diversity (Hebert et al., 2003; Frézal and Leblois, 2008; Das and Deb, 2015; Gosavi, 2016; Xu, 2016; Yahr et al., 2016; Chaudhary and Dahal, 2017). The *COXI* gene was first used as a fungal barcode indicator for fungi (Taylor et al., 2000; Hebert et al., 2003). Today, however, the International Society of Mycology has replaced ITS-rDNA with a reference due to several problems including *COXI* replication, the presence of multiple moving introns of different lengths, the presence of multiple copies of this gene, and the complete lack of clarity of *COXI* in some taxons (Crous et al., 2009; Schoch et al., 2012; Das and Deb, 2015). Ribosomal RNA operon includes various parts that exist in the form of double replicates with multiple copies in the genome of living organisms. This area includes small subunit, large subunit, IGS, ITS and 5S regions. The structure of the ribosomal RNA operon is such that followed by small subunit (SSU), the ITS region situated which includes the ITS1 and ITS2 sequences, and we can observe the 5.8S gene between these two sections. After the ITS region, there is large subunit (LSU) and IGS region, which often consists of two sections, IGS1 and IGS2. In the distance between these two sections, in some groups, the 5S region is located. Numerous primers have been designed to propagate this area in different fungal groups, including V9G / ITS4, ITS1 / ITS4, ITS5 / ITS4, and ITS1 / ITS4 (Crous et al., 2009; Schoch et al., 2012). ITS region with a large number of copies inside the genome, good variety between different fungal groups and other living organisms, conserved sequences for the design of primers and various genes with different evolutionary speeds is considered as the reference basis of barcoding studies. There are currently more than 100000 ITS sequences for fungi in the International Nucleotide Sequence Database (GenBank) as well as other databases, and in general, using of ITS as a complementary supplement in the identification of fungal species is common method (Crous et al., 2009; Schoch et al., 2012; Das and Deb, 2015; Mahmoud and Zaher, 2015; Gosavi, 2016; Xu, 2016; Badotti et al., 2017). However, the ITS region does not perform well in a small number of fungi, and it is not possible to identify some fungal groups at the species level based on ITS data (Crous et al., 2009). For example, in the fungal species with small spores such as *Alternaria*, *Cercospora* and some species of *Fusarium*, the ITS-rDNA region does not have sufficient potential to show diversity between different species, so, using of this region is only useful for identification at the genus or complex species but not suitable at species level (Crous et al., 2009). In a few cases, the sequence of the ITS region has considerable diversity within the populations of a fungal species, so, in this case the sequence of this region has the efficiency to separate species from each other. For example, in populations of *Mycosphaerella musicola*, there is a significant variation in the ITS sequence in different populations, while using of sequences of other protein-encoding genes support only one species of *M. musicola* within these populations. It is believed that after the recent species regeneration phenomena, due to the large number of ribosomal RNA operon, there is significant genetic diversity in the ITS region among different populations of new species which the sequences of this region will be homogeneous due to concerted evolution (Rooney and Ward, 2005). Ribosomal RNA small and large subunits (SSU and LSU) are used mainly to study deep order phylogeny due to their slow evolutionary rate. These regions have advantages mentioned for the ITS-rDNA area (having a large number of copies, the ability to design general primers, etc.). Today, mycologists are focusing on using LSU sequence data to identify and determine the boundaries of genera and higher levels taxons (Crous et al., 2009; Schoch et al., 2012). In cases where ITS data does not have the power to separate the phylogenetic position of some unknown or lesser-known species, it is recommended that the unknown isolate be determined first using LSU or SSU sequence data (Crous et al., 2009). Genomic studies and molecular information resulted in more consideration to other genes with high diversity. In general, target genes for fungi are diverse and include ITS rDNA, SSU rDNA, LSU

rDNA, *TEF-1a*, *Acitn*,  $\beta$ -*tubulin*, *RPB2*, *RPB1*, *Calmodulin* and *HistonH3* (Crous et al., 2009; Schoch et al., 2012). In the case of *Fusarium* species, for example, phylogeny based on the ribosomal DNA sequence of the ITS region could lead to unrealistic conclusions. In other hand, using of *COX1* gene has several problems due to introns as well as multiple copies. Use of *TEF-1a* gene which is known as single-copy gene shows good polymorphism between closely related species in the genus *Fusarium*, compared to protein encoding genes such as  $\beta$ -*tubulin*, *Calmodulin*, and *HistonH3*. In the case of *Cladosporium* with more than 800 identified species, *Acitn* gene is used for identification species (Crous et al., 2009). Special tools have also been designed to identify several fungi. For example, species identification of *Trichoderma* based on the analysis of ITS and *TEF-1a* sequences performed using *TrichoKey* or *TrichoBLAST* programs. Of course, the effectiveness of this method in identification of human pathogenic fungi is much higher (Druzhinina et al., 2005; Rooney and Ward, 2005).

#### 4. DNA Barcoding Steps

The first step in DNA barcoding is to create a barcode reference sequence for different species of living organisms. References are placed in a global library with public accessibility, thus comparing and searching for unknown barcode sequences in the World Library, it is possible to quickly identify the unknown species. For this purpose, the consortium of barcode of living organisms cooperates with governmental and non-governmental organizations in different countries, and currently, this consortium is officially implementing joint DNA barcoding projects with 50 countries. In general, barcoding includes three main steps: 1) Collecting, identifying and maintaining reference samples in validate centers: Proper identification and maintenance of samples which used for preparing the reference barcode sequence is extremely important, because improper identification leads to an incorrect label on the reference barcode sequence, and it will not be possible to correctly identify the unknown species or isolates through DNA barcoding system. 2) DNA extraction from samples, multiplication of barcoding region and sequencing: Today, by using commercial kits, DNA extraction is performed with high speed. Replicating barcode sequences and sequencing using scientific methods is routine. 3) Data management: Finally, it is necessary to deposit the DNA barcode sequence as well as information on reference samples in public databases (Druzhinina et al., 2005; Kang et al., 2010; Begerow et al., 2010; Das and Deb, 2015; Gosavi, 2016).

#### 5. DNA Barcoding Problems and Challenges

Today, a short barcode sequence is used to draw a phylogenetic tree, and although it reflects the accepted kinship relationship, some statistical criteria may cause internal problems. Also, DNA degradation in archival and biomaterial samples often prevents obtaining of fragments larger than 200 base pairs in the PCR method (Kang et al., 2010; Begerow et al., 2010). Another problem includes the lack of current methods for comprehensive analysis of environmental samples due to the high diversity of sequences which require separate set of primers for each major group. Lack of a general gene or a gene on all living domains is another problem that requires a lot of efforts (Kang et al., 2010; Begerow et al., 2010). On the other hand, there are many useful genetic sequences in the gene bank, all of them do not have the same validity. Old sequences that were generated and recorded manually are shorter and less accurate than recent sequences. Repeated gene propagation may be associated with errors caused by differences in the type of *Taq* polymerase or sequencing protocol. Also, the use of sequences obtained from a valid fungal culture is usually more valuable than miscellaneous sequences (Crous et al., 2009). In the case of the fungal species *Pheoacromonium*, a combination of characteristics such as morphological features, DNA information, and physiological characteristics can be used to identify the species (Mostert et al., 2006; Hawksworth, 2011).

#### 6. Important Notes on DNA Barcoding

Researchers often look for homogeneous or homologous sequences in the analysis of phylogenetic relationships, and their similarity suggests that they are separated from a common ancestor. In the case of DNA barcoding, the orthologous genes, which are derived from a common

ancestor as a result of the speciation process commonly used, but paralogous and xenologous genes are not used. In barcoding process, the accuracy of gene selection and the number of genes are very important. For example, the SSU and LSU sequences are used for high levels where the mutation rate is lower. There is also a need for analysis based on several genomes, which mainly uses protein encoding genes, but it is usually recommended to use a combination of coding and non-coding genes. In principle, gene regions should be selected in such a way that in addition to showing sufficient diversity, a genome-conserved region among different groups should also be considered. The obtained phylogenetic tree should be representative as species tree rather than gene tree. In the one gene based tree, if the studied gene was paralogous or xenologous, the results of phylogenetic concepts would not be corrected.

## 7. Discussion

Advances in new molecular methods, widespread use of these approaches in fungal taxonomy, efficiency of molecular data in solving the taxonomic problems of fungi and challenges in the rules of naming fungi in the last two years, the concept of one fungus = one name by some mycologists have suggested (Hawksworth, 2011; Taylor, 2011). They believe that considering 2 decades working on PCR techniques and also availability of living organism's nucleotide sequences in databases including fungal sequences, there is no need giving two different names as teleomorph and anamorph to fungi. So, determination fungal taxonomic position could be done only with nucleotide sequences and there is no need to have sexual phase. For this purpose, it is possible in near future that fungal nomenclature system will be separated from the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants and give a mycocode to all of the fungi (Shenoy et al., 2007; Taylor, 2011). Problems and challenges in traditional methods based on morphology and the need for precision and speed in the taxonomy and correct diagnosis of living organisms have developed the importance of barcoding system in the identification of various human and plant pathogenic fungi. DNA barcoding is a highly efficient and accurate method for identification of species in all divisions using sequence data from one or more genes and could be applied in taxonomy, molecular phylogeny and population genetics (Hebert et al., 2003; Frézal and Leblois, 2008; Crous et al., 2009; 2009; Costa and Carvalho, 2010).

## 8. Conclusion

Considering new concept of "one fungus = one name" that has been proposed in recent years, it seems that DNA barcoding in fungi will become increasingly important. The results show the effectiveness of this approach in rapid and reliable identification of different fungal groups without any specialized knowledge of morphological characteristics. It should be noted, however, that DNA barcoding is still in its infancy, and there is a great need for extensive studies and research to achieve these goals.

## References

- Andersen, M. R., Salazaar, M. P., Schaap, P. J., van de Vondervoort, P. J. I., & Culley, P. (2011). Comparative genomics of citric-acid-producing *Aspergillus niger* ATCC 1015 versus enzyme producing CBS 513.88. *Genome Research*, 21, 885–897.
- Arver, B. A., Ward, T. J., Gale, L. R., Broz, K. L., Kistler, H. C., & Aoki, T. (2011). Novel *Fusarium* head blight pathogens from Nepal and Louisiana revealed by multi locus genealogical concordance. *Fungal Genetics and Biology*, 48, 1077–1152.
- Badali, H., Bonifaz, A., Barrón-Tapia, T., Vázquez-González, D., Estrada-Aguilar, L., & Oliveira, N. M. (2010). *Rhinocladiella aquaspersa* proven agent of verrucous skin infection and a novel type of chromoblastomycosis. *Medical Mycology*, 48, 696–703.
- Badali, H., Carvalho, V. O., Vicente, V., Attili-Angelis, D., Kwiatkowski, I. B., & Gerrits Van Den Ende, A. H. (2009). *Cladophialophora saturnica* sp. nov. a new opportunistic species of chaetothyriales revealed using molecular data. *Medical Mycology*, 47, 51–62.
- Badali, H., Gueidan, C., Najafzadeh, M. J., Bonifaz, A., Gerrits van den Ende, A. H. G., & de Hoog, G. S. (2008). Biodiversity of the genus *Cladophialophora*. *Studies in Mycology*, 61, 175–191.

- Badali, H., Prenafeta-Boldu, F. X., Guarro, J., Klaassen, C. H., Meis, J. F., & de Hoog, G. S. (2011). *Cladophialophora psammophila*, a novel species of Chaetothyriales with a potential use in the bioremediation of volatile aromatic hydrocarbons. *Fungal Biology*, 115, 1019–29.
- Badotti, F., de Oliveira, F. S., Garcia, C. F., Vaz, A. B. M., Fonseca, P. L. C., Nahum, L. A., Oliveira, G., & Góes-Neto, A. (2017). Effectiveness of ITS and sub-regions as DNA barcode markers for the identification of Basidiomycota (Fungi). *BMC Microbiology*, 17, 42-53.
- Begerow, D., Nilsson, H., Unterseher, M., & Maier, W. (2010). Current state and perspectives of fungal DNA barcoding and rapid identification procedures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87, 99–108.
- Chase, M. W., Salamin, N., Wilkinson, M., Dunwell, J. M., Kesanakurthi, R. P., & Haidar, N. (2005). Land plants and DNA barcodes: short-term and long-term goals. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 360, 1889–1895.
- Chaudhary, D. K., & Dahal, R. H. (2017). DNA barcode for identification of microbial communities: a mini review. *EC Microbiology*, 7, 219-224.
- Costa, F. O., & Carvalho, G. R. (2010). New insights into molecular evolution: prospects from the Barcode of Life Initiative (BOLI). *Theory on Biosciences*, 129, 149–157.
- Crous, P. W., Verkley, G. J. M., Groenewald, J. Z., & Samson, R. A. (2009). *Fungal Biodiversity*. CBS Laboratory Manual Series 1. Centraal bureau voor Schimmel cultures: Utrecht. p. 269.
- Das, S., & Deb, B. (2015). DNA barcoding of fungi using Ribosomal ITS Marker for genetic diversity analysis: A Review. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 3(3), 160-167.
- Desjardins, C., Champion, M., Holder, J., Muszewsha, A., Goldberg, J., & Baptista, A. J. (2011). Comparative genomic analysis of human fungal pathogens causing paracoccidioidomycosis. *Plos Genetics*, 7, e1002345.
- Druzhinina, I. S., Kopchinskiy, A. G., Komoń, M., Bissett, J., Szakacs, G., & Kubicek, C. P. (2005). An oligonucleotide barcode for species identification in *Trichoderma* and *Hypocrea*. *Fungal Genetics and Biology*, 42, 813–828.
- Elahi, E., & Ronaghi, M. (2004). Pyrosequencing: a tool for DNA sequencing analysis. *Methods in Molecular Biology*, 255, 211–219.
- Evans, K. M., Wortley, A. H., & Mann, D. G. (2007). An assessment of potential diatom “barcode” genes (*cox1*, *rbcL*, 18S and ITS rDNA) and their effectiveness in determining relationships in *Sellaphora* (Bacillariophyta). *Protist*, 158, 349–364.
- Frézal, L., & Leblois, R. (2008). Four years of DNA barcoding: Current advances and prospects. *Infection Genetics and Evolution*, 8, 727 –736.
- Gadd, G. M. (2008). Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bio-weathering and bio-remediation. *Mycological Research*, 111, 3–49.
- Gosavi, M. C. (2016). Applications of DNA bar coding in molecular systematics of fungi: A review. *International Journal of Life Sciences*, A7, 111-115.
- Hajibabaei, M., Janzen, D. H., Burns, J. M., Hallwachs, W., & Hebert, P. D. N. (2006). DNA barcodes distinguish species of tropical Lepidoptera. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 103, 968–971.
- Hawksworth, D. L. (2004). Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. *Studies in Mycology*, 50, 9–18.
- Hawksworth, D. L. (2011). A new dawn for the naming of fungi: impacts of decisions made in Melbourne in July 2011 on the future publication and regulation of fungal names. *Myco Keys*, 1, 7–20.
- Hebert, P.D. N., Cywinska, A., Ball, S.L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 270, 313–321.
- Kang, S., Mansfield, M. A., Park, B., Geiser, D. M., & Ivors, K. L. (2010). The promise and pitfalls of sequence-based identification of plant-pathogenic fungi and oomycetes. *Phytopathology*, 100, 732–737.
- Mahmoud, A. G. Y., & Zaher, E. H. F. (2015). Why nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) has been selected as the DNA barcode for fungi? *Advancement in Genetic Engineering*, 4, 119-120.

- Mostert, L., Groenewald, J. Z., Summerbell, R. C., Gams, W., & Crous, P. W. (2006). Taxonomy and pathology of *Togninia* (diaporthales) and its *Phaeoacremonium* anamorphs. *Studies in Mycology*, 54, 1–115.
- Nancy, L. W. Binnicker, M. J. (2009). Fungal molecular diagnostics. *Clinics in Chest Medicine*, 30, 391–408.
- Nilsson, R. H., Kristiansson, E., Ryberg, M., & Hallenberg, N. (2008). Intraspecific ITS variability in the kingdom fungi as expressed in the international sequence databases and its implications for molecular species identification. *Evolution and Bioinformatics*, 4, 193–201.
- Raja, H. A., Miller, A. N., Pearce, C. J., & Oberlies, N. H. (2017). Fungal identification using molecular tools: a primer for the natural products research community. *Journal of Natural Products*, 80, 756–770.
- Rooney, A. P., & Ward, T. J. (2005). Evolution of a large ribosomal RNA multigene family in filamentous fungi: Birth and death of a concerted evolution paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102, 14, 5084–5089.
- Schoch, C. L., Seifert, K. A., Huhndorf, S., Robert, V., Spouge, J. L., & Levesque, C. A. (2012). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 109, 6241–6246.
- Shenoy, B. D., Jeewon, R., & Hyde, K. D. (2007). Impact of DNA sequence-data on the taxonomy of anamorphic fungi. *Fungal Diversity*, 26, 1–54.
- Smith, M. A., Fisher, B. L., & Hebert, P. D. N. (2005). DNA barcoding for effective biodiversity assessment of a hyper diverse arthropod group: the ants of Madagascar. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 360, 1825–1834.
- Taylor, J. W. (2006). Evolution of Human-Pathogenic Fungi: Phylogenies and Species. In J. Heitman, S. G. Filler, J. E. Edwards, & A. P. Mitchell (Eds.), *Molecular Principles of Fungal Pathogenesis* (pp. 113–132). Washington DC, ASM Press.
- Taylor, J. W. (2011). One fungus one name: DNA and fungal nomenclature twenty years after PCR. *IMA Fungus*, 2, 113–120.
- Taylor, J. W., Jacobson, D. J., Kroken, S., Kasuga, T., Geiser, D. M., & Hibbett, D. S. (2000). Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology*, 31, 21–32.
- Termorshuizen, A. J., & Arnolds, E. J. M. (1997). On the nomenclature of the European species of the *Armillaria mellea* group. *Mycotaxon*, 30, 101–106.
- Xu, J. (2016). Fungal DNA barcoding. *Genome*, 59, 913–932.
- Xu, J. R., Peng, Y. L., Dickman, M. B., & Sharon, A. (2006). The dawn of fungal pathogen genomics. *Annual Review of Phytopathology*, 44, 337–66.
- Yahr, R., Schoch, C. L., & Dentinger, B. T. M. (2016). Scaling up discovery of hidden diversity in fungi: impacts of barcoding approaches. *Philosophical Transactions Royal Society B*, 371, 20150336.

## YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ YAYIN İLKELERİ\*

1. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 1995 yılında yayın hayatına başlamış bir bilimsel araştırma dergisidir Dergide, tarım bilimleri (Bahçe Bitkileri, Bitki Koruma, Biyosistem Mühendisliği, Gıda Mühendisliği, Peyzaj Mimarlığı, Su Ürünleri Mühendisliği, Tarla Bitkileri, Tarımsal Biyoteknoloji, Tarım Ekonomisi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Zootečni) alanında düzenli olarak Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında yılda dört sayı yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir.
2. Dergimizde Türkçe ve İngilizce yazılmış Araştırma Makalesi, Teknik Not ve Derlemeler yayımlanır.
3. Yayımlanmak üzere gönderilen makalelerin herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur. On yıldan eski çalışmalar değerlendirilmeye alınmaz.
4. Dergiye yayımlanmak üzere gönderilen bir araştırma makalesi; Başlık, Türkçe ve İngilizce Özet, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuç ve Kaynaklar ana başlıkları altında hazırlanmalıdır. Bulgular ve Tartışma kısmı birlikte de yazılabilir.
5. Araştırma Makalesi 2500-5000, Derleme 4.000-7000 ve Teknik Not 1000-2500 kelime sayısı sınırları içerisinde olmalıdır.
6. Derlemeler bilimsel dergilerde yayımlanmış bilimsel yazıların, çalışmaların veya güncel gelişmelerin belirtilen konuda yoğun çalışmaları bulunan deneyimli yazarlarca (sorumlu yazarın derleme konusu ile ilgili Uluslararası hakemli dergilerde en az 5 özgün makaleye sahip olması şartı aranır) yapılan bir sentezi, yorumu ve durum değerlendirmesi şeklinde olmalıdır. Her sayıda basılan makale sayısının en fazla % 10'u kadar derlemeye yer verilir.
7. Araştırma makalesi olarak dergimize gönderilen çalışmalar lisansüstü tezlerden üretilmiş ise bu durum ilk sayfada dipnot olarak verilmelidir.
8. Dergimiz **Açık Kaynak Yayın Politikası** benimsemektedir.
9. Dergimizde yayımlanacak makalelerin bilimsel etik kuralları içerisinde olması gerekmektedir. Makaleler, uluslararası kabul görmüş bilim etik kurallarına uygun olarak hazırlanmalıdır.
10. Etik Kurul Raporu gerekli hallerde (doğrudan/dolaylı olarak hayvan ile ilişkili olan çalışmalar) raporun bir kopyası metin ile birlikte gönderilmelidir.
11. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisine gönderilen makaleler intihal raporu iThenticate yazılımı aracılığıyla kontrol edilir. Makalenin Benzerlik İndeksi (SI) < % 20; Her bir benzerlik oranı (alıntı yapılan her bir kaynak) ise  $\leq$  % 5 olmalıdır. Benzerlik indeksi belirtilen düzeylerin üzerinde ise ilgili yazar/yazarlara makale iade edilir (Bir makale için en fazla 3 benzerlik taraması yapılır). Bu konuda yeterli düzeltmelerin 10 gün içerisinde yapılmaması halinde makale reddedilir. İntihal, makalenin yayımlanmasından sonra ispatlanırsa, o makale derhal web sitesinden çekilecek ve kaldırılacaktır ve ilgili yazar/yazarlar, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisine beş yıl süre ile makale gönderemeyeceklerdir.
12. Makalede yer alan tüm yazarlar, çalışmalarının yayın haklarını Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi'ne verdiklerine dair Telif Hakları Formu'nu imzalamalıdır. Telif Hakkı Formu yazarlar tarafından gönderilmediği sürece çalışma değerlendirmeye alınmaz.
13. Değerlendirme süreci tamamlanan makaleler, geliş tarihi dikkate alınarak yayımlanır. Makaleler yayına hazır hale geldikleri andan itibaren yayımlanması planlanan ilk sayıya eklenirler; ancak tüm makaleler tamamlandıktan sonra ilgili sayı toplu halde yayımlanır.
14. Mizanpaj çalışması sırasında yazar(lar)a gönderilecek olan kontrol ve düzeltme amaçlı gönderilere (matbaa provası), en geç 15 gün içerisinde cevap verilmelidir. Belirtilen sürede cevap vermeyen yazar(lar)ın makaleleri daha sonraki sayıda değerlendirilmek üzere ötelenir.
15. Basımına karar verilen eserde ekleme ve çıkarma yapılamaz. Bir yazarın aynı sayıda sorumlu yazar olarak bir (1), sorumlu yazar olmadan da bir (1) eseri olmak üzere en fazla iki eseri basılabilir. Yayımlanan eserin tüm sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.
16. Basım masrafları olarak eser başına 300 TL ya da 60 \$ alınır.

### ESER BAŞVURUSU

#### Makale Hazırlama

1. Dergimizde yayımlanmak üzere gönderilen eserler dergi yazım kurallarına göre hazırlanmalıdır. Yazım ilkelerine uygun olmayan çalışmalar hakem değerlendirme sürecine alınmadan yazarlara iade edilir. **YAZIM KURALLARI VE İLGİLİ ŞABLON için "https://dergipark.org.tr/yyutbd/writing-rules"** web adresine gidiniz.
2. Dergimizde yazım dili Türkçe ve/veya İngilizce olup makale metni anlaşılabilir, yalın ve akıcı bir tarzda ilgili alandaki teknik ifadelerle kaleme alınmalıdır. Gereksiz ve çok bilinen bilgilerden ve gereksiz kaynaklardan kaçınılmalıdır ve daha önce yayımlanmış veri, formül ve sonuçlara atıf yapılarak alıntı yapılmalıdır. Zorunlu ya da istisnai haller dışında 15 yıldan eski kaynak kullanılmamalıdır. Kaynak sayısı her 1000 kelime için 6 adetten fazla olmamalıdır.
3. Kaynaklar bölümündeki dergi isim kısaltmaları "**Web of Science Kısaltmaları**" a uygun düzenlenmelidir. Makaleye özgü veya ilgili alanda kullanılan kısaltmalar, ilk geçen yerde parantezde belirtilmelidir. Tüm makalelerde SI (International System of Units) ölçü birimleri ve ondalık kesir olarak nokta kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Binler basamağını ayırmak için boşluk kullanılmalıdır (100000 yerine 100 000).
4. Baskı için, resimlerin kaliteli kopyaları (JPG veya TIFF formatında 300 dpi) ek dosya olarak gönderilmelidir.
5. Dergi yazım kuralları aynı zamanda baskı formatıdır. Bu nedenle yazım kurallarının yazarlarca dikkatle uygulanması gerekmektedir. Yazım kurallarına uygun olmayan makaleler, yazarlara geri gönderilecektir.

**PUBLICATION GUIDLINES OF  
YUZUNCU YIL UNIVERSITY JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES\***

1. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences* is a scientific research journal that has been published in 1995. Journal of Agricultural Sciences (Agricultural Biotechnology, Agricultural Economics, Animal Science, Biosystems Engineering, Field Crops, Fisheries Engineering, Food Engineering, Horticulture, Landscape Architecture, Plant Protection, Soil Science and Plant Nutrition) is a refereed international journal published four times a year in March, June, September and December.
2. Research articles, technical notes and reviews written in Turkish and English are published in our journal.
3. Articles submitted for publication must not be published elsewhere or sent to any journal for publication. Older studies more than ten years are not accepted to evaluate.
4. A research paper submitted to the journal for publication have following sections; Turkish and English Abstract, Introduction, Material and Method, Results, Discussion and Conclusion and References. Results and Discussions can either be combined into one section.
5. Research Article 2500-5000 words, Reviews 4.000-7000 words and Technical Note must be within the limits of 1000-2500 words.
6. Reviews should include a synthesis, interpretation, and evaluation of previous scientific studies and current developments by experienced authors in the field of research area (the corresponding author of the review should have at least 5 research articles in international refereed journals). Reviews published up to 10% of the number of articles published in each issue.
7. If the research paper is summarized from graduate theses, this should be given as a footnote on the first page.
8. Our journal adopts the **Open Source Publication Policy**.
9. The articles published in our journal must comply with the scientific ethics rules. Manuscripts should be prepared in accordance with internationally accepted code of ethics.
10. A copy of the report should be submitted with the manuscript in the studies where the Ethics Committee Report is required (studies related directly / indirectly to the animal).
11. The articles submitted to *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences* are controlled through the iThenticate software. Similarity Index (SI) of the article should be <20%; Each similarity ratio should be  $\leq 5\%$ . If the similarity index is above the acceptable limits, the article will be returned to the author(s) (no more than 3 plagiarism scans are performed for an article). If revisions are not made within 10 days, the article will be rejected. If the plagiarism is proved after the publication of the article, that article will be withdrawn and removed from the website immediately and the author(s) will not be able to submit a paper for a period of five years to the *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*.
12. All authors should sign the Copyright Form for the publication rights of their article to the *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. The article will not be taken into consideration unless the Copyright Form is submitted by the authors
13. The articles whose evaluation process is completed are published considering the date of submission. The articles are added to the first issue scheduled to be published as soon as they are ready for publication. The volume is published, after all articles will be published in the same volume are completed.
14. Response to control and correction postings to be sent to the author (s) during the page-layout the study should be replied within 15 days at the latest. The articles of the author (s) who are not responding within the specified period of time shall be forwarded for further volumes.
15. No changes are allowed in the study that is decided to be published. An author can publish a maximum of two study as a corresponding author, one without a corresponding author. The responsibility of the published study belongs to the author (s).
16. The publication fee is 300 TRY or 60 \$ per article.

**MANUSCRIPT SUBMISSION**

**Manuscript preparation**

1. Articles submitted for publication in our journal should be prepared according to the journal writing rules. The study which are not in accordance with the writing rules will be returned to the authors and will not be accepted for peer-review. **WRITING RULES AND TEMPLATE** are at this web adress "<https://dergipark.org.tr/yvutbd/writing-rules>".
2. In our journal, the writing language is Turkish and / or English. A good quality of scientific writing is required. The research must be understandable by a general scientific readership and by specialists. The research problem is identified, existing knowledge relevant to the problem is analyzed, the hypothesis is clear. Sentences are simple, short and direct, the style is concise and precise. Unnecessary and well-known info and unnecessary references should be avoided. Previously published data should be cited with reference to the formula and results. No reference of over 15 years should be used except for compulsory or exceptional cases. **The number of references should not be more than 6 per 1000 words.**
3. Journal name abbreviations in the reference section should be arranged in accordance with "**Web of Science Abbreviations**". Abbreviations used in the article should be written in full and provide in the parenthesis in the first mention. In all articles, the SI (International System of Units) units of measure and the decimal point must be used as a decimal fraction (1.25 instead of 1.25). Blank should be used to separate the thousands (100 000 instead of 100000)
4. For printing, quality copies of pictures (300 dpi in JPG or TIFF format) should be sent as an additional file.
5. Journal writing rules are also print format. Therefore, the rules of writing should be prepared carefully by the authors. Articles that do not comply with the writing rules will be sent back to the authors.



## MAKALE GÖNDERİMİ ve TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ

Yazarlar tarafından Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisine iletilen “*Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Sözleşmesi*”, bu çalışma basıma kabul edildikten sonra yazar(lar)ın her türlü yayınlama yetkisinin YYÜ Tarım Bilimleri Dergisine devredildiğini açıkça ve yazılı olarak ifade etmektedir. Dolayısı ile sözleşme niteliğindeki aşağıdaki form, dergiye gönderilen her makale için doldurulmalı ve tüm yazarlar tarafından imzalanmalıdır.

Makale Başlığı: .....

olan makale, “Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri” dergisinde basılmak üzere gönderilmiştir.

Bu makalenin YYÜ, Tarım Bilimleri dergisi “Yazım Kuralları”na uygun olarak hazırlandığını onaylarız. Bu makale orijinal olduğunu, son haliyle basılı ve elektronik olarak daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere değerlendirme aşamasında olmadığını taahhüt ederiz. Bildiğim(iz) kadarıyla bu makale herhangi bir mevcut telif hakkı, diğer üçüncü taraf hak, iftira niteliğinde, müstahcen veya başka yasadışı nitelikte herhangi bir materyal içermez; bu makale başkalarının haklarını ihlal etmez.

Makale “Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri ” dergisinde basıma kabul edildikten sonra, yazar(lar) olarak; makale ile ilgili tüm hakları, “telif hakkı devir” yasaları uyarınca, YYÜ-Ziraat Fakültesine devretmeyi kabul ediyoruz. Ancak, bu makalenin YYÜ, Tarım Bilimleri dergisi tarafından yayımlandığına dair referans verilmesi şartıyla aşağıdaki haklarımız saklıdır:

- Basılmış makalenin tamamı veya bir bölümü yazar(lar) tarafından çoğaltılarak ders materyali olarak kullanılabilir.
- Basılmış makalenin tamamı veya bir bölümü yazar(lar) tarafından yazılan bir derleme veya ders kitabında yeniden kullanılabilir.
- Basılmış makalenin tamamı veya bir bölümü çalıştığımız kurumun yayınladığı yayınlarda yeniden kullanılabilir.

Ancak, yayınlanan makalenin doğrudan kullanımı söz konusu olduğunda, YYÜ-Ziraat Fakültesi’ne bildirim yapılmalıdır.

Bu koşullar altında yapılacak kopyaların da, bu telif hakkı devir koşullarını taşıyacağını ve asıl telif hakkı sahibinin YYÜ-Ziraat Fakültesi olduğunu kabul ediyoruz. Diğer telif hakkı sahip(ler)inde olan; her türlü yöntem, şekil, çizelge ve/veya fotoğraflar ile benzeri materyalin bu makalede kullanılabilmesi için yazılı izin alındığını, YYÜ-Ziraat Fakültesine tarafından talep edilirse bunların belgeleneceğini ve bu materyal için YYÜ-Ziraat Fakültesinden ücret istenmeyeceğini yazar(lar) olarak taahhüt ederiz.

Adı Soyadı :

İmza Tarih:

Adı Soyadı :

İmza Tarih:

Adı Soyadı :

İmza Tarih:

Adı Soyadı :

İmza Tarih:

*(Bu form, makaledeki tüm yazarlar tarafından imzalanmış olarak makale ile birlikte “Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri” dergisine gönderilmelidir)*

**LÜTFEN İMZALANMIŞ SÖZLEŞMEYİ AŞAĞIDAKİ ADRESE GÖNDERİNİZ:** (Faks veya E-posta gönderilebilir)

**Tarım Bilimleri Dergisi**

**Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi**

**Telefon: (432) 225 13 92**

**Faks: (432) 225 11 04**

**E-posta: zyaykom@yyu.edu.tr, yyujagrsci@gmail.com**

**65080, Kampus, VAN**

## MANUSCRIPT SUBMISSION AND COPYRIGHT ASSIGNMENT FORM

“*Manuscript Submission and Copyright Release Agreement*” sent to Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences from author(s) clearly states in writing to enable the journal to ensure that it has the exclusive distribution rights of the authors’ work after the article is accepted for publication. Therefore, the following agreement form must be filled and signed by author(s) for each article submission made to the journal.

The article title:.....

is herewith submitted for publication to “*Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*”.

We affirm that the article has been prepared in accordance with Author Instructions of Journal of Agricultural Sciences, YYU. We hereby also warrant and undertake that the article is original, and has not been published before, and it is not under consideration for publication in its final form in printed and electronic form. This Article contains no violation of any existing copyright or other third party right or any material of an obscene, libelous or otherwise unlawful nature and that to the best of my knowledge; this article does not infringe the rights of others.

When the article is accepted for publication, we as the authors, hereby agree to transfer all rights under existing copyright laws to the Journal-Yuzuncu Yil University, Turkey. Provided that the reference be given to Journal of Agricultural Sciences, the following rights reserved:

- a. The right to make further copies of all or part of the published article for our use in classroom teaching.
- b. The right to reuse all or part of this material in a compilation of our own works or in a textbook of which we are the author.
- c. The right to reuse all or a portion of the published article in publications of the institution.

For clarity, we shall inform the Journal of Agricultural Sciences, YYU-Turkey if we directly use of the published article.

We hereby agree that copies made under these circumstances will continue to carry the copyright notice that appeared in the original published work. We certify that we have obtained written permission for the use of text, tables, figures and/or photographs etc. from any copyright source(s), and we also agree to supply such written permission(s) to inform YYU-College of Agriculture, Turkey upon request. We as the authors, hereby affirm that we will not ask for monetary return from YYU-College of Agriculture, Turkey for the use of this material.

Name :  
Signed Date :

Name :  
Signed Date :

Name :  
Signed Date :

Name :  
Signed Date :

Name :  
Signed Date :

*(This form must be signed by all authors and returned to the Editor Office of Yuzuncu Yil University, Journal of Agricultural Sciences)*

### PLEASE RETURN A SIGNED COPY OF THIS FORM TO:

(a fax or an email is acceptable, but the original must follow within 7 days)

Journal of Agriculture Sciences  
Yuzuncu Yil Univeristy  
Faculty of Agriculture  
Phone: +90 432 225 13 92  
Fax: +90 432 225 11 04  
Email: [yyujagrsci@gmail.com](mailto:yyujagrsci@gmail.com)  
65080, Campus, VAN, TURKEY

**YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ, TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**(YUZUNCU YIL UNIVERSITY, JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES)**  
**İÇİNDEKİLER**  
**(CONTENTS)**

**Araştırma Makaleleri/ Articles**

- **The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Lead (Pb) Applications on Eggplant Seedling Growth and Nutrient Uptake** ..... 867-873  
- Arbusküler Mikorizal Fungus ve Kurşun (Pb) Uygulamalarının Patlıcan Fide Gelişimi ve Besin Alımı Üzerine Etkileri  
Fatih ERDOĞAN, Mustafa PAKSOY, Önder TÜRKMEN
- **Batman Merkez İlçede Yetiştirilen Dut Türlerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi** ..... 874-881  
- Determination of The Phenological, Pomological and Morphological Characteristics of Mulberry Species Grown in Center District of Batman Province  
Sevgi SÜMERLİ, Ahmet KAZANKAYA
- **Bazı Allium Türlerinin Morfolojik Ölçümleri, Stoma ve Polen Özellikleri ile Polen Canlılığının Belirlenmesi** ..... 882-889  
- Determination of Morphological Measurements, Stoma and Pollen Characteristics with Pollen Viability of Some Allium Species  
Ezelhan ŞELEM, Lütfi NOHUTÇU, Rüveyde TUNÇTÜRK, Murat TUNÇTÜRK
- **The Effects of Magnetic Compounds on Growth and Yield of Cucumber under Greenhouse Conditions** ..... 890-897  
- Manyetik Bileşiklerin Sera Koşullarında Hıyarın Büyüme ve Verimine Etkileri  
Mohammad AHMADI, Sahebali BOLANDNAZAR, Jaber PANAHANDEH, Seyedeh Somayyeh SHAFIEI MASOULEH
- **Evaluation of the Utilization of Mechanization in the Agricultural Enterprises in Terms of Productivity** ..... 898-907  
- Tarım İşletmelerinde Mekanizasyon Kullanımının Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi  
Süheyla AĞIZAN, Cennet OĞUZ, Kemalettin AĞIZAN, Zeki BAYRAMOĞLU
- **Erciş Üzüm Çeşidinde Farklı Ürün Yükü ve Etephon Dozlarının Verim ve Kalite ile Bazı Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkileri** ..... 908-918  
- Effects of Different Crop-load and Ethephon Treatments on Yield, Quality and Biochemical Parameters of Erciş Grape Cultivar  
Şerif KARATEKE, Cüneyt UYAK, Adnan DOĞAN
- **Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkilerinde Eksojen Askorbik Asit Uygulamasının Etkileri** ..... 919-927  
- Effects of Exogenous Ascorbic Acid Application in Maize Plants under Salt Stress  
Ali DOĞRU, Ebru TORLAK
- **Comparison of the Compositions of Butter and Butter Oil Produced in the Province of Hakkari** ..... 928-937  
- **Hakkari Bölgesinden Temin Edilen Tereyağı ve Sadeyağların Bileşimlerinin Karşılaştırılması**  
and Southeastern Anatolia Regions  
Evin SEVMİŞ, Seval ANDIÇ, Şehriban OĞUZ
- **Tarsus Koşullarında Yetiştirilen Domat, Gemlik ve Sarı Ulak Zeytin Çeşitlerinin Farklı Tozlayıcı Koşullarındaki Pomolojik Özellikleri** ..... 938-949  
- Pomological Features In Different Pollinating Conditions of Domat, Gemlik and Sarı Ulak Cultivars Cultivated in Tarsus Conditions  
Cansu DÖLEK GENCER, Mücahit Taha ÖZKAYA
- **Investigation of Effect of Ultrasound Pretreatment on Drying and Rehydration Characteristics and Microstructure of Apple Slices** ..... 950-962  
- Ultrases Ön İşleminin Elma Dilimlerinin Kurutma ve Rehidrasyon Karakteristikleri ile Mikroyapısına Etkisinin Araştırılması  
Senem TÜFEKÇİ, Sami Gökhan ÖZKAL
- **Changes in Basic Soil Physical Properties of Agrochernozyems Under No-till Conditions** ..... 963-972  
- Toprak İşlemsiz Koşullar Altında Agrochernozyemlerin Temel Fiziksel Özelliklerindeki Değişimler  
Ruslan SULEYMANOV, Sergey ZAYKIN, Azamat SULEYMANOV, Evgeny ABAKUMOV, Jakub KOSTECKÍ
- **Trend Analysis and Comparison of Forecast Models for Production of Turkish Crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Turkey** ..... 973-988  
- Türkiye'deki Kerevit (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Üretimi İçin Trend Analizi ve Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması  
Semih KALE, Selçuk BERBER
- Derleme/Review**
- **Using DNA Barcoding in Fungal Taxonomy** ..... 989-997  
- Fungus Taksonomisinde DNA Barkodlamasının Kullanılması  
Younes REZAAE DANESH, Semra DEMİR