



jotaf

**Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN: 1302-7050
e-ISSN: 2146-5894

Issue: 2
Volume: 20
2023



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakóltesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 20

Sayı / Issue 2

Mayıs / May 2023

Owner (On Behalf of Faculty)	Sezen ARAT Tekirdag Namık Kemal University
Editor-in-Chief	Duygu BOYRAZ ERDEM Tekirdag Namık Kemal University
Editorial Management	Hüseyin SARI, Tekirdag Namık Kemal University Hazım Serkan TENİKECİER, Tekirdag Namık Kemal University
Section Editors	Fatih KONUKÇU, Tekirdag Namık Kemal University Aydın ADİLOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University H. Ersin ŞAMLI, Tekirdag Namık Kemal University Gülen ÖZDEMİR, Tekirdag Namık Kemal University Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdag Namık Kemal University İlker NİZAM, Tekirdag Namık Kemal University H. Murat VELİOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University A. Şükrü DEMİRCİ, Tekirdag Namık Kemal University Arzu ÇOŞKUNTUNA, Tekirdag Namık Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namık Kemal University Emine YILMAZ, Tekirdag Namık Kemal University
Editorial Adviser Board	Ayşe GÜL, Ege University Jim HANCOCK, Michigan State University Nasser MAHNA, University of Tabriz Bryan M. JENKIS, California University Peter KISS, Szent Istvan University Ali İhsan ACAR, Ankara University Hristo I. BELOEV, Ruse University Necdet DAĐDELEN, Adnan Menderes University Ünal KIZIL, Çanakkale Onsekiz Mart University Manzoor QADIR, United Nations University Mohammad T. SATTARI, University of Tabriz Erol BAYHAN, Dicle University Mammadova TURANE, Azerbaijan State Agrarian University Mammadova AYTEKİN, Azerbaijan State Agricultural University Gamze SANER, Ege University Mariana IVANOVA, Agribusiness and Rural Development University Alberto POMPO, El Colegio de la Frontera Norte Eugenia BEZIRTZOĐLOU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Songül ÇAKMAKÇI, Atatürk University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuđrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M.Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe University Josef GORRES, Vermont University Christina YANCHEVA, Agriculture University Cafer Sırrı SEVİMAY, Ankara University Abdurrahim Tanju GÖKSÖY, Bursa Uludađ University Nurettin TAHSİN, Agriculture University János PAUK, Szent István University Ramazan DOĐAN, Bursa Uludađ University Gürsel DELLAL, Ankara University Horia GROSU, Agr. Sciences and Veterinary Medicine University Türker SAVAŞ, Çanakkale Onsekiz Mart University Ignacy MISZTAL, Breeding and Genetics University Zlatko JANJEČIĆ, Zagreb University
Language Editor	Merve AYDOĞDU ÇELİK, Tekirdag Namık Kemal University
Statistics Editor	İsmet BAŞER, Tekirdag Namık Kemal University

jotaf



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Yayın Tarihi / Publication Date

Mayıs / May 2023

Yayıncı/Publisher

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture

Yayın Türü/Type of Publication

Uluslararası Süreli Yayın/International Periodical

Yayın Dili/Type of Language

Türkçe ve İngilizce /Turkish and English

Yayın Periyodu/Publishing Period

Dört ayda bir Ocak, Mayıs ve Eylül aylarında yayımlanır
Triannual (January, May & September)

Tarandığı İndeksler/Indexed by

ESCI
TR DİZİN
ULAKBİM-Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi)
SCOPUS
AGRIS/CARIS (FAO-AGRIS veri tabanı)
CABI
EBSCO
ProQuest

İletişim/Correspondence

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Telefon

+90 282 250 20 00/22 03

Web

<http://jotaf.nku.edu.tr>
(jotaf-en.nku.edu.tr)
dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf
(dergipark.org.tr/en/pub/jotaf)

Elektronik posta/E-mail

ziraatdergi@nku.edu.tr
dboyraz@nku.edu.tr

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nin ulusal, uluslararası ve hakemli dergisidir.
Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

Journal of Tekirdag Agricultural Faculty is the official peer-reviewed, international journal of Tekirdağ Namık Kemal University
Agricultural Faculty. Authors bear responsibility for the content of their published articles.

jotaf



İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Phenological and Morphological Response of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Rhizobia and Azotobacter Inoculation 230-242
Engin TAKIL, Nihal KAYAN
- Some Yield and Quality Properties of Endemic *Origanum husnucan-baserii* Grown in Different Ecological Conditions 243-253
Hasan MARAL, Saliha KIRICI
- Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli İllerinde Bulunan Afıt parazitoiti Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) Türleri 254-269
Gizem DEMİRHAN Özlem ÇETİN ERDOĞAN
- Farklı Karanlık Koşullarında İBA ve Kafeik Asidin Karadut (*Morus nigra* L.) Odun Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Etkisi 270-277
Osman Nuri ÖCALAN, Onur SARAÇOĞLU, Kenan YILDIZ, Fatmanur ÇEZİK, Ala Asi Mohammed AL-SALIHI
- Bahçe Traktörleri için Ön Koruyucu Mekanizması Tasarım ve İmalatı 278-292
Mehmet BAYKUT, İbrahim YAVUZ, Şinasi DÜBÜŞ, Sema ATEŞ
- Frost Tolerances of Turkish Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars 293-305
Nurengin METE, Hatice GULEN, Öznur CETİN, Mehmet HAKAN, Ugur GULOGLU, Hulya KAYA, Nurcan ULUCAY
- Farklı Ağız Yapısına Sahip Kültivatör Uç Demirlerinin Çeki Kuvveti Üzerine Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi 306-317
Mustafa Gökalg BOYDAŞ
- Determination of the Effect of Different Irrigation Regimes on Some Quality Properties of Cucumber 318-333
Harun KAMAN, Ömer ÖZBEK, Ersin POLAT
- Determination of Macro, Micro Element and Heavy Metal Contents of *Astragalus Taxa* Collected from Nature 334-342
Erdal ÇAÇAN, Ömer KILIÇ, Kağan KÖKTEN
- Measurement of Water Depth in a Class A Pan Using Ultrasonic Transducer and Programmable Logic Control (PLC) 343-352
Cafer GENÇOĞLAN, Serpil GENÇOĞLAN, Selçuk USTA
- Effects of Adding Anti-saline and Humic Acid Foliar Spraying on Yield Parameters of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) 353-360
Waleed F. HASSAN, Basem Rahem BADER
- Investigation of The Physicochemical Properties of Propolis Added Ice Creams During Storage 361-373
Serdar MEHMETOĞLU, Zekai TARAKÇI
- Golden delicious* L. Çeşidi Elmanın Kuruma Özelliklerine Ön İşlemlerin Etkisi 374-386
Muhammed TAŞOVA, Samet Kaya DURSUN
- The Effects of Information Pollution on Poultry Companies: The Case of Turkey 387-398
Berkay KESKİN, Erdoğan GÜNEŞ
- Evaluation of the Genetic Structure of Some Accessions Belonging to *Onobrychis* spp. Using Microsatellite DNA Markers 399-409
Elbi Cansu YILMAZ, Behiye Banu BILGEN, Metin TUNA
- Portakal Yağının Laboratuvar Koşullarında İki Noktalı Kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Üzerine Akarisit Etkisi 410-417
İpek YAŞAR, Şahin KÖK, İsmail KASAP



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 20

Sayı / Issue 2

Mayıs / May 2023

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Determination of the Factors Affecting the Level of Benefit from Young Farmer Project Support in Rural Development: Tekirdag Sample, Türkiye..... 418-429
Deniz SARI GEDİK, Emine YILMAZ
- Estimation of Erosion and Sediment using Gavrilović Method in Krueng Jreu Sub-basin, Aceh Province, Indonesia 430-440
Devianti DEVIANTI, Ichwana RAMLI, Intan ARYANI, Purwana SATRIO, Dewi Sartika THAMREN
- Viranşehir İlçesindeki Süt Sığırı İşletmelerin Kimi Yapısal Özelliklerinin Süt Verimine Etkisi 441-451
Çiğdem DELEBE, Kemal YAZGAN
- Fortification of Yoghurt with Xanthan Gum Biosynthesized from Grape Juice Pomace: Physicochemical, Textural and Sensory Characterization..... 452-460
Ahmet Sukru DEMİRCİ, Basak GURBUZ
- Tekirdağ İli'nde Tingidae (Hemiptera) Türlerinin Doğal Düşmanları 461-477
Tolga AYSAL, Müjgan KIVAN

jotaf

Phenological and Morphological Response of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Rhizobia* and *Azotobacter* Inoculation

Nohutun (*Cicer arietinum* L.) *Rhizobia* ve *Azotobacter* İnokülasyonuna Fenolojik ve Morfolojik Tepkisi


Engin TAKIL^{1*}, Nihal KAYAN²

Abstract

Excessive use of nitrogen has become a threat to human health and the environment due to high concentrations of nitrate and nitrite accumulating in surface and ground waters. Biological dinitrogen fixation (N₂) is a very important natural process in world agriculture. *Rhizobia* is a common name for a certain Gram-negative group of Alphaproteobacteria and Betaproteobacteria that can form nodules on the root and fix nitrogen in symbiosis with legumes as their host plants. *Azotobacter* spp. is a free-living microorganism that has the ability to fix atmospheric nitrogen into the soil. Field trials were carried out of Eskişehir Osmangazi University Field Crops Department experiment areas during the production season of 2017 and 2019. The study was evaluated the effects on morphological and phenological characters of two N doses (0 and 25 kg ha⁻¹ N), four bacteria inoculations (control, *Rhizobia*, *Azotobacter*, *Rhizobia* + *Azotobacter*) on chickpea cultivars (Azkan, Akca, Cakir, Isik). Experiment arranged in split split plot experimental design with three replications. Nitrogen application positively affected number of days to emergence, number of branches, branch diameter and grain yield. Phenological and morphological properties affected by climate conditions. The high temperature caused the number of days to emergence, number of days to flowering and number of days to maturity to be earlier in the second year. Plant height, first pod height and grain yield were higher first year than second year due to high precipitation. While the response of the cultivars was different in terms of phenological properties, Azkan cultivar gave the best results in terms of morphological properties. *Rhizobia* + *Azotobacter* inoculation gave the best results in terms of phenological and morphological characteristics except for number of days to maturity. *Rhizobia* + *Azotobacter* inoculation can lead to additional income generation of the farming community in Turkey. The use of biofertilizers may reduce the application of chemical fertilizers and we get healthy, pollution-free production for a better future for our increasing populations.

Keywords: *Rhizobia*, *Azotobacter*, Morphological properties, Nitrogen, Phenological stages.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Engin Takil, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Eskişehir Osmangazi University, 26480, Eskişehir, Turkey. E-mail: etakil@ogu.edu.tr  ORCID: [0000-0002-0076-5949](https://orcid.org/0000-0002-0076-5949).

²Nihal Kayan, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Eskişehir Osmangazi University, 26480, Eskişehir, Turkey. E-mail: nkayan@ogu.edu.tr  ORCID: [0000-0001-7505-0959](https://orcid.org/0000-0001-7505-0959).

Atıf/Citation: Takil, E., Kayan, N. (2023). Phenological and morphological response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) *rhizobia* and *azotobacter* inoculation. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 20(2): 230-242.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Azotun aşırı kullanımı, yüzey ve yer altı sularında biriken yüksek konsantrasyonlardaki nitrat ve nitrit nedeniyle insan sağlığını ve çevreyi tehdit eder hale gelmiştir. Biyolojik azot fiksasyonu dünya tarımında çok önemli doğal bir süreçtir. *Rhizobia*, kök üzerinde nodüller oluşturabilen ve konukçu bitkileri olarak baklagillerle simbiyozda azotu sabitleyebilen belirli bir Gram-negatif Alphaproteobacteria ve Betaproteobacteria grubunun ortak adıdır. *Azotobacter* spp., atmosferik nitrojeni toprağa sabitleme yeteneğine sahip serbest yaşayan bir mikroorganizmadır. Tarla denemeleri 2017 ve 2019 üretim sezonunda Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümünde yürütülmüştür. Araştırmada iki azot dozu (0 ve 25 kg/ha N) dört nohut çeşidi (Azkan, Akça, Çakır ve Işık) ve dört bakteri uygulamasının (kontrol, *Rhizobia*, *Azotobacter* ve *Rhizobia* + *Azotobacter*) nohutun fenolojik ve morfolojik özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Araştırma bölünen bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ana parsellerde azot dozları, alt parsellerde nohut çeşitleri ve altın-altı parsellerde ise bakteri uygulamaları yer almıştır. Fenolojik ve morfolojik özellikler iklim koşullarından etkilenmiştir. Yüksek sıcaklık, ikinci yılda çıkış, çiçeklenme ve olgunlaşmanın daha erken olmasına neden olmuştur. Bitki boyu, ilk bakla yüksekliği ve tane verimi, yüksek yağış nedeniyle birinci yıl ikinci yıla göre daha yüksek olmuştur. Azot uygulamaları çıkış zamanı, dal sayısı, dal çapı ve tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. Fenolojik özellikler bakımından çeşitlerin tepkileri farklı olurken, morfolojik özellikler bakımından en iyi sonuçları Azkan çeşidi vermiştir. Olgunluk süresi dışında fenolojik ve morfolojik özellikler açısından *Rhizobia* + *Azotobacter* uygulaması en iyi sonuçları vermiştir. *Rhizobia* + *Azotobacter* uygulaması Türkiye'deki çiftçilerin ek gelir elde etmesine yol açabilir. Biyogübre kullanımı kimyasal gübre kullanımını azaltabilir. Biyogübreler ile artan nüfusumuza daha iyi bir gelecek sağlamak için sağlıklı ve kirlilik içermeyen temiz bir üretim elde edebiliriz.

Anahtar Kelimeler: *Rhizobia*, *Azotobacter*, Morfolojik özellikler, Azot, Fenolojik evreler.

1. Introduction

Application of mineral fertilizers is a way to re-fertilize soils used in agricultural production (Basal and Szabo, 2020). Nitrogen is the most important limiting factor for high yield in the world (Namvar et al., 2011). Nitrogen is included in the structure of important organic compounds such as protein, amino acid, amide, nucleic acid, chlorophyll in the plant. On the other hand, excessive use of nitrogen has become a threat to human health and the environment due to high concentrations of nitrate and nitrite accumulating in surface and ground waters. With nitrogen fixation, molecular nitrogen is reduced to form ammonia for use by living organisms, and this fixed nitrogen can be directly absorbed by plants. (Cheng, 2008).

Nitrogen is given to the soil as fertilizer in inorganic or organic forms (Bellitürk and Saglam, 2005). Biological dinitrogen fixation (N_2) is a very important natural process in world agriculture (Herridge et al., 2008). Biological nitrogen fixation can be explained as the reduction of atmospheric nitrogen to ammonium nitrogen and making it available to plants. The fixation of elemental nitrogen in the atmosphere takes place by microorganisms living symbiotically and non-symbiotically. Biological nitrogen fixation, catalyzed by the nitrogenase enzyme, is a process found only in some prokaryotes. Due to their inceptive role in the nitrogen cycle, diazotrophs are present in virtually all ecosystems, with representatives in environments as varied as aerobic soils (e.g., *Azotobacter* species), the ocean surface layer (*Trichodesmium*) and specialized nodules in legume roots (*Rhizobium*) (Halbleib and Ludden, 2000). Environmentally friendly biological fertilizers contain beneficial microorganisms and do not pollute the soil and water. These fertilizers are widely used in many countries.

It was understood at the end of the 19th century that legume plants assimilate atmospheric nitrogen through nodules. The isolation of root nodule bacteria was reported by Beijerinck in 1888 and it was reported that these bacteria are responsible for nitrogen fixation. (Willems, 2006). *Rhizobia* is a common name for a certain Gram-negative group of Alphaproteobacteria and Betaproteobacteria that can form nodules on the root and fix nitrogen in symbiosis with legumes as their host plants (Sprent, 2008). Most legumes have the ability to associate with *Rhizobia* bacteria to fix nitrogen. However, leguminous plants will be able to achieve this symbiosis when they encounter compatible and efficient *Rhizobia* that can form effective nodules. Therefore, the *Rhizobia* population in the soil plays an important role in legume productivity (Amarger, 2001). Chickpea can provide 42-70% of its nitrogen need symbiotically depending on the environmental conditions (Beck, 1988).

Many bacterial species such as *Bacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia* and *Pseudomonas* can fix nitrogen (Dobereiner, 1997). *Azotobacter* spp. is a free-living microorganism that has the ability to fix atmospheric nitrogen into the soil. Besides their roles in the production of plant growth elements, they also have the ability to synthesize antibiotics and vitamins, and their anti-pathogenic properties. Therefore, they are very important in agriculture (Wani et al., 2016). *Azotobacter* spp. provides biomass increase by improving the nitrogen, phosphorus and potassium values of the soil. It has been determined that they are especially effective in the increase of antioxidant enzymes, carotenoids, chlorophyll pigments, soluble protein and dry matter (Karaboz and Ozcan, 2005). In uncultivated soils and in the rhizosphere of plants, the population of *Azotobacter* is generally low. For nitrogen fixation and inoculation of plants, fast-growing and highly nitrogen-fixing *azotobacteria* are used. Although there is substantial data showing that *Azotobacters* stimulate plant growth, the way in which *Azotobacter* increases plant growth is not yet fully understood (Wani et al., 2013).

The objectives of the present study were to evaluate the effects of *Azotobacter* and *Rhizobia* on the phenology and morphology of different chickpea varieties.

2. Materials and Methods

2.1. Experimental site

Field trials were carried out in the fields of Eskişehir Osmangazi University Field Crops Department during the production season of 2017 and 2019 (39°48' N; 30°31' E, 798 m above sea level). Climatic data for long-term and experimental years were shown in Figure 1 and Figure 2. Total precipitation was 218.6 and 163.9 mm in the experimental years, respectively and long-term total precipitation was 165.6 mm. The annual average temperature was recorded as 15.96 °C in 2017 and 16.13 °C in 2019 years. In the experimental area, the organic matter content was 1.41%, the lime was 2.09% and the pH was 7.58. In the first year, available P_2O_5 and K_2O contents were 108.9 kg ha⁻¹ and 1944.6 kg ha⁻¹, respectively. pH of 7.78, with lime 5.60%, organic matter 0.93%, available P_2O_5 23.4 kg ha⁻¹ and K_2O 2729.8 kg ha⁻¹ in the second year.

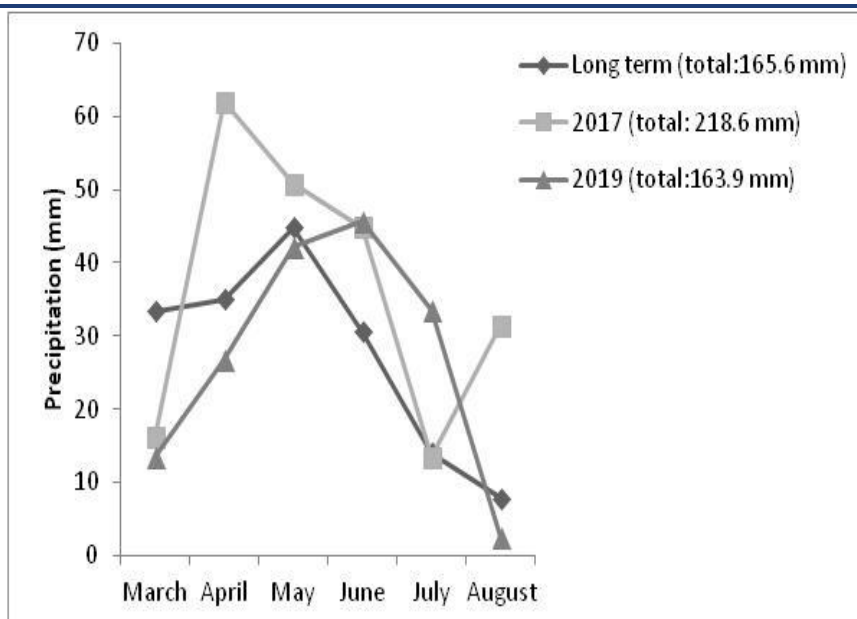


Figure 1. Total precipitation of the research area

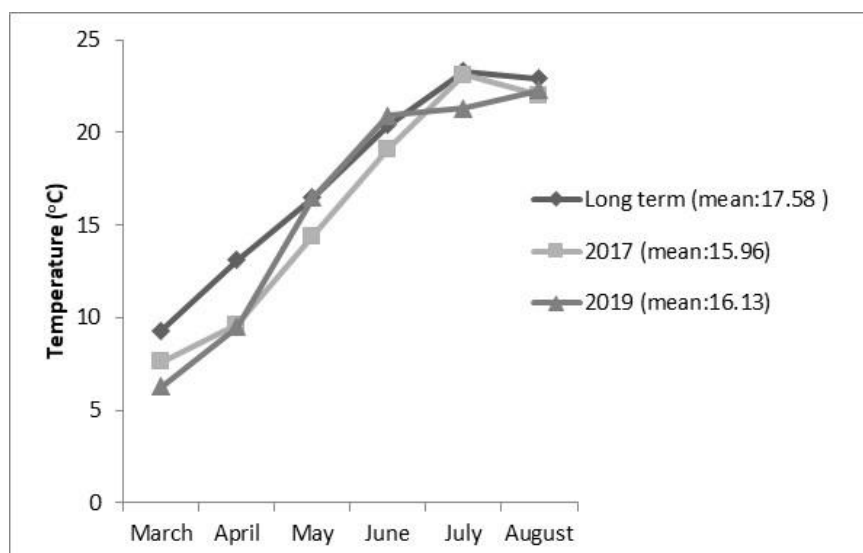


Figure 2. Mean temperature of the research area

2.2. Trial Management

The study was evaluated the effects on morphological and phenological characters of two N doses (0 and 25 kg ha⁻¹ N), four bacteria inoculations (control, *Rhizobia*, *Azotobacter*, *Rhizobia* + *Azotobacter*) on chickpea cultivars (Azkan, Akca, Cakir, Isik). Experiment arranged in split split plot experimental design with three replications. Main plots subplots and sub-sub plots included N doses, chickpea cultivars and bacteria inoculation, respectively.

Seeds were sown in 30 cm row spacing with a sowing rate of 48 seeds per square meter. Each sub-sub plot was 7.2 m² (4 m x 1.8 m). Nitrogen fertilization (21% amonium sulfate) were applied in doses of 25 kg ha⁻¹ in N sub-sub plots at the sowing time (starter nitrogen doses). Chickpea cultivars were provided by the Transitional Zone Agricultural Research Institute. Chickpea was sown spring in both years (11 April 2017 and 26 April 2019) and the basal fertilizer application of 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ was given to each sub-sub plot at the time of sowing. Before sowing, seeds were inoculated recommended rate (100 kg seed to 1 kg peat inoculant) with *Mesorhizobium muleiense* (formed colonies at 10⁻⁸ level) bacteria in *Rhizobia* plots. Bacterial inoculation was done with water containing 2% sugar. Inoculation material was obtained from the Soil, Fertilizer and Water Central Research Institute. The refrigerator at +4 °C was used to store the material. Vitormone (contains *Azotobacter chroococcum*

and *Azotobacter vinelandii*) was applied *Azotobacter* plots at vegetative periods. *Rhizobia* and *Azotobacter* were performed in *Rhizobia* + *Azotobacter* plots as described above. Control plots weren't made any treatment of any bacteria inoculation. Plots were hand-weeded two times when needed in each year. Plants were harvested was on 16 August 2017 and 31 August 2019 respectively.

Number of days to emergence, number of days to flowering, number of days to pod seeding and number of days to maturity were determined all the sub-sub plots. The plant height (cm), first pod height (cm), number of branches and branch diameter (mm) were evaluated on 10 randomly selected plants in each sub-sub plot. Each sub-sub plot was harvested, blended and grain yield (kg ha^{-1}) were estimated (Tosun and Eser, 1975).

2.3. Statistical Analysis

The variance analysis was subjected to based on General Linear Model using the Statview package (SAS Institute). Means were compared by Least Significant Differences (LSD) test.

3. Results and Discussion

3.1. Number of Days to Emergence

Variance analysis and mean values for trait were given *Table 1*. The effects of years, nitrogen, variety and inoculation were significant for number of days to emergence. Bacteria inoculations had a positive effect on the number of days to emergence. The earliest emergence was observed in only *Rhizobia* applied plots, followed by *Rhizobia* + *Azotobacter* applied plots. Pathak et al. (2013) and Mahato et al. (2009) reported that *Azotobacter* and PSB were significant in increasing seed germination. Nitrogen application was affected the number of days to emergence and lower number of days to emergence was observed in the nitrogen applied plots. The earliest emergence was observed in the Isik variety with 9.87 days and the latest emergence was observed in the Azkan variety with 13.89 days. Number of days to emergence was lower in second year than first year. Emergence was completed earlier in the second year. The high temperature in May caused the emergence to be earlier in the second year. The temperature is lower in April, when emergence is completed in the first year (*Figure 2*). Photoperiod, day length and climatic factors are effective on the phenological properties of plants. Especially the temperature factor is the most important factor determining the phenological characteristics (Gupta et al., 1994; Bange et al., 1998). While the first year number of days to emergence are high in both of the nitrogen doses but the second year is low. Therefore, year x nitrogen interaction was significantly for number of days to emergence (*Figure 3A*). The first year number of days to emergence are high in all of the varieties but the second year is low. For this reason, year x varieties interaction was significantly for number of days to emergence (*Figure 3B*). While the first year number of days to emergence are high in all of the bacteria inoculation but the second year is low. The high temperature in May caused the emergence to be earlier in the second year. For this reason, year x inoculation interaction was significantly for number of days to emergence (*Figure 4A*). $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ in *Rhizobia* plots showed very low values, the same nitrogen dose showed very high values in other bacterial inoculations. For this reason, nitrogen x inoculation interaction was significantly for number of days to emergence (*Figure 4B*). While Cakir variety in *Rhizobia* + *Azotobacter* plots showed low values, the same variety showed high values in other bacterial inoculations. For this reason, variety x inoculation interaction was significantly for number of days to emergence (*Figure 5A*).

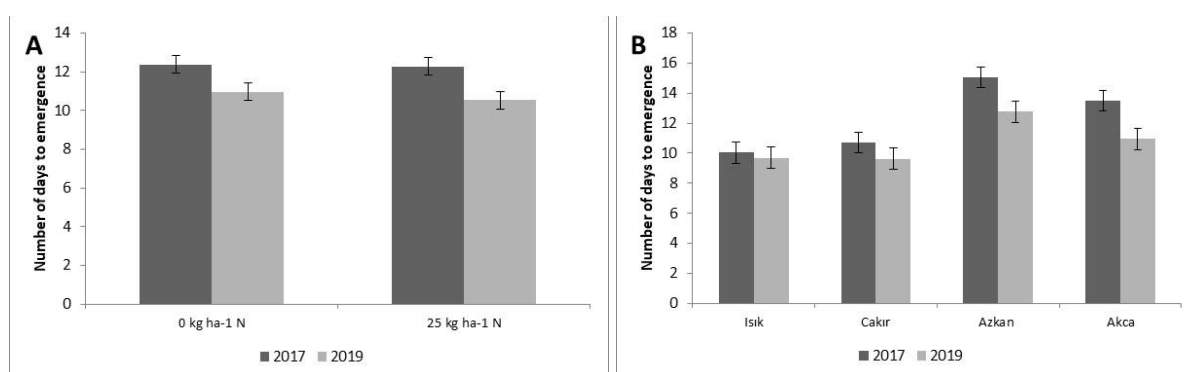


Figure 3. Number of days to emergence (A) year x nitrogen interaction and number of days to emergence (B) year x varieties interaction [LSD 5%: 0.147 (A); 5%: 1.117(B)]

Table 1. Different nitrogen, varieties and inoculations effects on some traits of chickpea.

	Number of days to emergence	Number of days to flowering	Number of days to pod setting	Number of days to maturity	Plant height (cm)	First pod height (cm)
Inoculation						
Control	12.08A	63.25A	73.60A	123.97D	49.79	29.47B
Rhizobia	10.93B	62.70B	73.20B	125.47B	49.63	29.19B
Azotobacter	12.04A	63.14A	73.43AB	124.89C	49.71	29.73B
R+A	11.10B	62.50B	73.16B	126.08A	50.74	30.58A
Mean	11.54	62.89	73.35	125.10	49.96	29.74
Nitrogen						
0 kg ha ⁻¹ N	11.67A	62.66B	73.08	124.25B	49.63	29.48
25 kg ha ⁻¹ N	11.40B	63.13A	73.62	125.96A	50.31	30.00
Mean	11.54	62.89	73.35	125.10	49.97	29.74
Varieties						
Isik	9.87C	61.95B	72.22B	124.68B	49.06B	28.56C
Cakir	10.16C	62.31B	72.70B	123.68C	51.31A	30.48B
Azkan	13.89A	65.58A	76.22A	126.20A	51.47A	31.22A
Akca	12.22B	61.75B	72.25B	125.85A	48.03B	28.70C
Mean	11.54	62.89	73.35	125.10	49.97	29.74
Years						
2017	12.32A	64.37A	74.89	127.35A	58.19A	33.43A
2019	10.76B	61.42B	71.81	122.86B	41.75B	26.05B
Mean	11.54	62.89	73.35	125.10	49.97	29.74
General Mean	11.54	62.89	73.35	125.10	49.96	29.74
Year (Y)	**	**	ns	**	**	**
Nitrogen (N)	**	*	ns	**	ns	ns
Y x N	*	ns	ns	ns	ns	ns
Varieties (V)	**	**	**	**	**	**
Y x V	*	ns	ns	ns	**	**
N x V	ns	ns	ns	**	**	ns
Y x N x V	ns	ns	ns	ns	*	**
Inoculation (I)	**	**	*	**	ns	**
Y x I	*	*	ns	ns	**	*
N x I	**	ns	ns	**	ns	**
V x I	*	*	*	**	**	**
Y x N x I	ns	ns	ns	ns	**	ns
Y x V x I	ns	ns	ns	ns	ns	**
N x V x I	ns	**	**	**	**	**
Y x N x V x I	ns	ns	ns	ns	*	**

ns: non-significant, *: p≤0.05, **: p≤0.01.

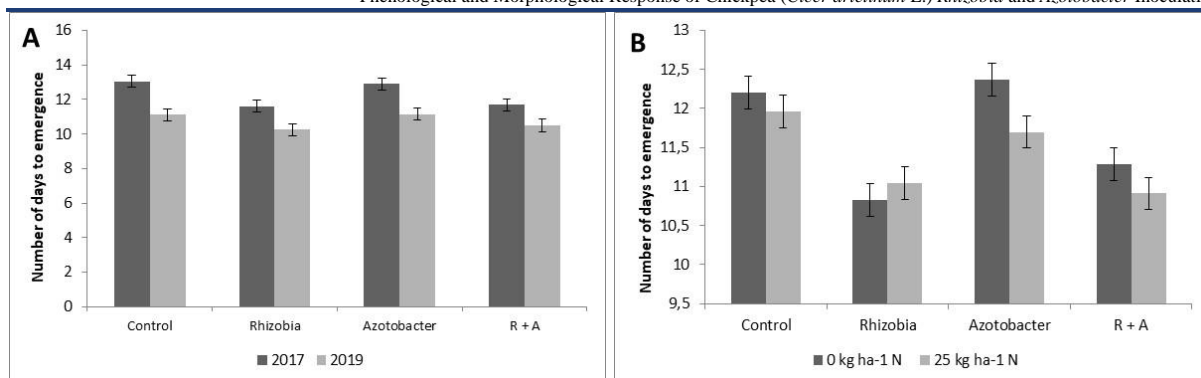


Figure 4. Number of days to emergence (A) year x inoculation interaction and number of days to emergence (B) nitrogen x inoculation interaction [LSD 5%: 0.326 (A); 1%: 0.326(B)]

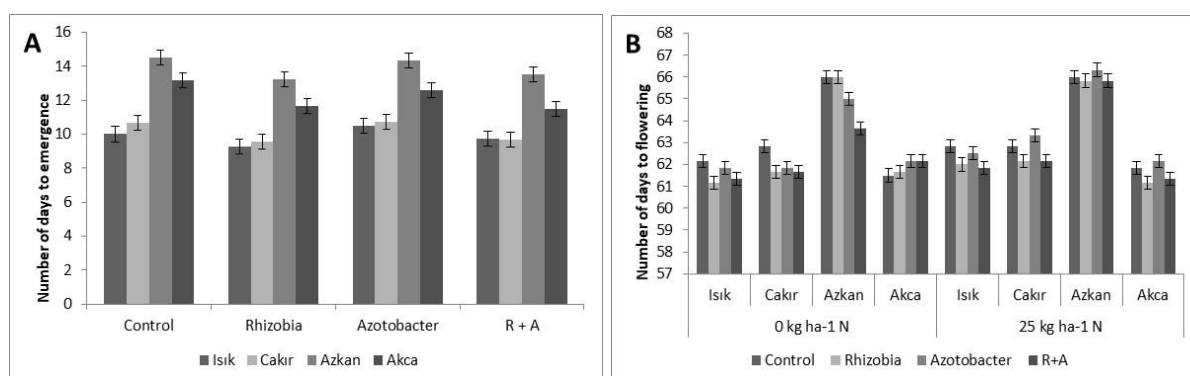


Figure 5. Number of days to emergence (A) varieties x inoculation interaction and number of days to flowering (B) nitrogen x varieties x inoculation interaction [LSD 5%: 0.461 (A); 1%: 0.854(B)]

3.2. Number of days to flowering

Variance analysis and mean values for trait were given *Table 1*. The effects of years, nitrogens, varieties and inoculations were significantly for number of days to flowering. Bacteria inoculations had a positive effect on number of days to flowering. The earliest flowering was observed in *Rhizobia* + *Azotobacter* plots, followed by only *Rhizobia* plots (*Table 1*). Zaman et al. (2011) and Ndlovu (2015) reported that *Rhizobia* inoculation was caused earlier flowering. Nitrogen application did not affect number of days to flowering and earlier flowering was observed in control plots. Turk and Alagoz (2020) reported that they observed earlier flowering in the control plots when applied nitrogen. The earliest flowering was seen in the Akca variety with 61.75 days, followed by the Isik variety with 61.95 days. The latest flowering is 65.58 days in Azkan variety. Holt and Campell (1984) stated that these differences in number of days to flowering and number of days to maturity may be due to genetic characteristics of varieties. Number of days to flowering was lower in second year than first year. Flowering was completed earlier in the second year. High temperatures during the second year of number of days to flowering (June) resulted in earlier flowering (*Figure 2*). Photoperiod, day length and climatic factors are effective on the phenological properties of plants. Especially the temperature factor is the most important factor determining the phenological characteristics (Gupta et al., 1994; Bange et al., 1998). Azkan variety had later number of days to flowering but other varieties had earlier number of days to flowering. For this reason, nitrogen x variety x inoculation interaction was significantly for number of days to flowering (*Figure 5B*). While the first year number of days to flowering are high in all of the bacteria inoculation but the second year is low. For this reason, year x inoculation interaction was significantly for number of days to flowering (*Figure 6A*).

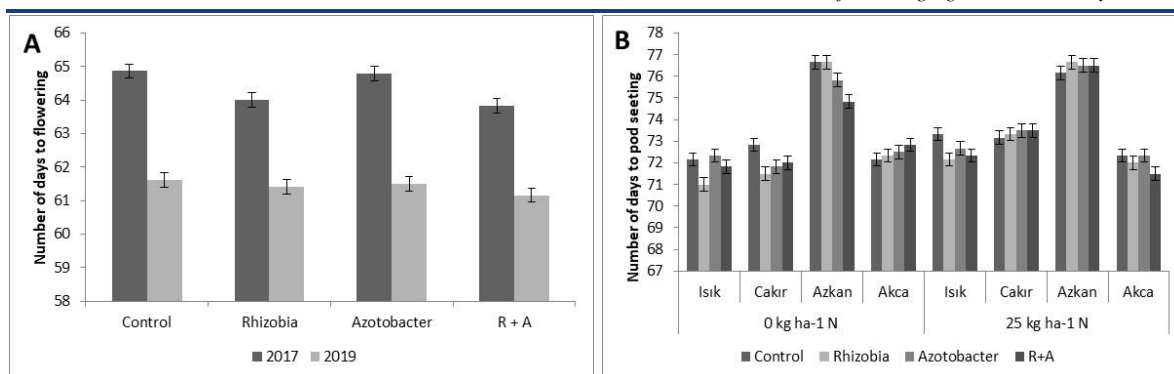


Figure 6. Number of days to flowering (A) year \times inoculation interaction and number of days to pod setting (B) nitrogen \times varieties \times inoculation interaction [LSD 5%: 0.427 (A);1%: 0.848(B)]

3.3. Number of days to pod setting

Variance analysis and mean values for trait were given *Table 1*. The effects of varieties and inoculations were significantly for number of days to pod setting but differences between years and nitrogen was not significantly for this character. Bacteria inoculations had a positive effect on number of days to pod setting. *Rhizobia* + *Azotobacter* had the earliest number of days to pod setting, followed by *Rhizobia* plots. Number of days to pod setting was 72.22 days in Isik variety and 76.22 days in Azkan variety. Azkan variety had later number of days to pod setting but other varieties had earlier number of days to pod setting. For this reason, nitrogen \times variety \times inoculation interaction was significantly for number of days to pod setting (*Figure 6B*).

3.4. Number of days to maturity

Variance analysis and mean values for trait were given *Table 1*. The effects of years, nitrogens, varieties and inoculations were significantly for number of days to maturity. Bacteria inoculation had no effect on number of days to maturity. The earliest maturity was observed in the control plots, and the latest maturity in the *Rhizobia* + *Azotobacter* plots. Nitrogen application did not affect number of days to maturity and earlier maturity was observed in control plots. The earliest maturity was seen in the Cakir variety with 123.68 days, followed by the Isik variety with 124.68 days. The latest maturity is 126.20 days in Azkan variety. Azkan and Akca varieties were included in the same statistical group. Holt and Campell (1984) stated that these differences in number of days to flowering and number of days to maturity may be due to genetic characteristics of varieties. Number of days to maturity was lower in second year than first year. While the mean temperature was 15.96 °C in the first year, it was 16.13 °C in the second year (*Figure 2*). High temperature in the second year caused earlier number of days to maturity. Photoperiod, day length and climatic factors are effective on the phenological properties of plants. Especially the temperature factor is the most important factor determining the phenological characteristics (Gupta et al., 1994; Bange et al., 1998). While number of days to maturity was higher at *Rhizobia*, 0 kg ha⁻¹ N and Isik variety plots, Isik variety showed the lower values other plots. Therefore, nitrogen \times varieties \times inoculation interaction was significantly (*Figure 7A*).

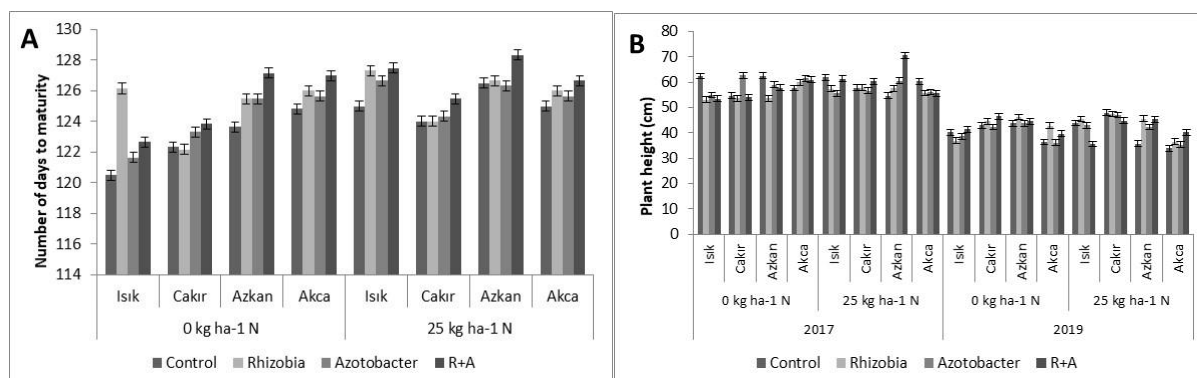


Figure 7. Number of days to maturity (A) nitrogen \times varieties \times inoculation interactions and plant height (B) year \times nitrogen \times varieties \times inoculation interaction [LSD 1%: 0.999 (A);5%: 5.311(B)]

3.5. Plant height

Variance analysis and mean values for trait were given *Table 1*. The effects of years and varieties were significantly for plant height but differences between nitrogen and inoculations were not significantly for this character. The highest plant height was observed in Azkan variety with 51.47 cm. Azkan variety was followed by Cakir variety with 51.31 cm and these two cultivars were included in the same statistical group. Akca variety has the lowest plant height with 48.03 cm. Plant height is genotypic property and are affected by environmental conditions. With increasing plant height, leaf area per plant, number of leaves and assimilation increased (Vartanli and Emeklier, 2007). Plant height was higher first year than second year. While the total precipitation was 218.6 mm in the first year, it was 163.9 mm in the second year (*Figure 1*). Chickpeas are grown in dry farming areas. High precipitation in the first year, especially in April and May caused higher plant height. High precipitation in spring encourages the vegetative development of the plant. Therefore, the plant height can be longer. While plant height was higher at *Rhizobia* + *Azotobacter*, 25 kg ha⁻¹ N and Azkan variety plots in first year, the same variety showed the lower values other plots. Therefore, year x nitrogen x varieties x inoculation interaction was significantly (*Figure 7B*).

3.6. First pod height

Variance analysis and mean values for trait were given *Table 1*. The effects of years, varieties and inoculation were significantly for first pod height but differences between nitrogen was not significantly for this character. First pod height are highest in *Rhizobia* + *Azotobacter* inoculations. The other three bacterial treatments were included in the same statistical group. First pod height is genotypic property and are affected by environmental conditions. While the highest first pod height was measured in Azkan variety with 31.22 cm, the lowest value was measured in Isik variety with 28.50 cm. First pod height was higher first year than second year (*Table 1*). High precipitation in the first year, especially in April and May caused higher first pod height (*Figure 1*). While first pod height was higher in first year, it was lower in second year. Therefore, year x nitrogen x varieties x inoculation interaction was significantly (*Figure 8A*).

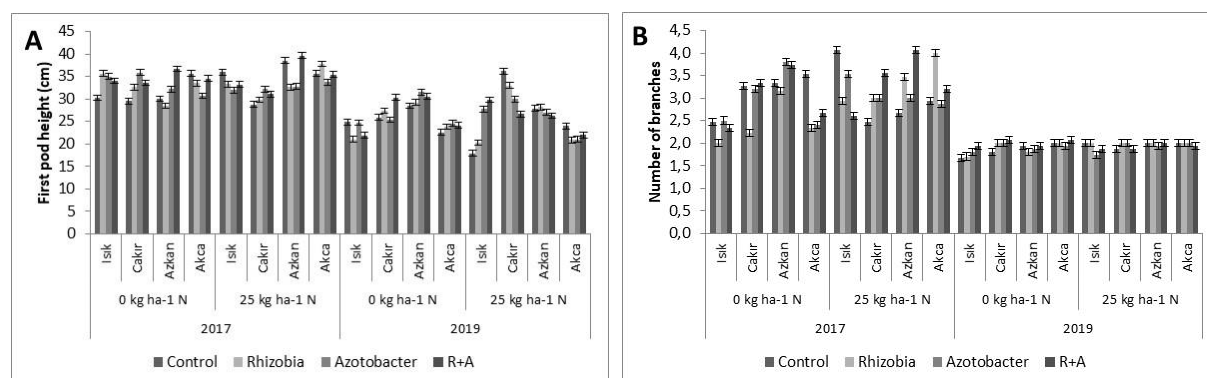


Figure 8. First pod height (A) years x nitrogen x varieties x inoculation interaction and number of branches (B) year x nitrogen x varieties x inoculation interaction [LSD 1%: 2.499 (A); 1%: 0.301(B)]

3.7. Number of banches and branch diameter

Variance analysis and mean values for traits were given *Table 2*. The effects of years, nitrogens, varieties and inoculations were significantly for number of branches and branch diameter. The number of branches and branch diameter are highest in *Rhizobia* + *Azotobacter* plots. While the lowest number of branches was seen in *Rhizobia* plots, the lowest branch diameter was observed in control plots. Yasari and Patwardhan (2007) reported that *Azotobacter* + *Azospirillum* inoculation increased the number of branches. Nitrogen application had a positive effect on the number of branches and branch diameter. With the application of nitrogen fertilizer, the vegetative growth increased, and as a result number of branches was increased too (Tuncturk et al., 2011). The highest number of branches and branch diameter were determined in the Azkan variety, while the lowest was determined in the Isik variety. Number of branches and branch diameter are genotypic property and are affected by environmental conditions. Number of banches and branch diameter were higher first year than second year. Number of branches is formed under the influence of genetic structure and environmental factors. High temperatures have a negative effect on number of branches (Erkovan et al., 2020). The higher temperatures in the second year may have caused the lower number of branches (*Figure 2*). While number of branches and branch diameter were higher in first year,

it was lower in second year. Therefore, year x nitrogen x varieties x inoculation interaction was significantly (Figure 8B, 9A).

Table 2. Different nitrogen, varieties and inoculations effects on some traits of chickpea.

	Number of branches	Branch diameter (mm)	Grain yield (kg ha ⁻¹)
Inoculation			
Control	2.50AB	4.81C	1.510,0D
Rhizobia	2.41C	4.92B	1.960,0B
Azotobacter	2.47BC	4.88B	1.770,0C
R+A	2.57A	5.26A	2.290,0A
Mean	2.48	4.97	1.880,0
Nitrogen			
0 kg ha ⁻¹ N	2.40B	4.72B	1.650,0B
25 kg ha ⁻¹ N	2.58A	5.21A	2.110,0A
Mean	2.48	4.97	1.880,0
Varieties			
Isik	2.32C	4.64D	1.820,0C
Cakir	2.47B	5.03B	1.710,0D
Azkan	2.66A	5.38A	2.130,0A
Akca	2.49B	4.81C	1.870,0B
Mean	2.48	4.97	1.880,0
Years			
2017	3.05A	5.97A	2.080,0A
2019	1.92B	3.97B	1.680,0B
Mean	2.48	4.97	1.880,0
General Mean	2.48	4.97	1.880,0
Year (Y)	**	**	**
Nitrogen (N)	**	**	**
Y x N	**	ns	**
Varieties (V)	**	**	**
Y x V	**	**	**
N x V	**	**	**
Y x N x V	**	**	**
Inoculation (I)	**	**	**
Y x I	**	**	**
N x I	**	**	**
V x I	**	**	**
Y x N x I	**	**	**
Y x V x I	**	**	**
N x V x I	**	**	**
Y x N x V x I	**	**	**

ns: non-significant, *: p≤0.05, **: p≤0.01.

3.8. Grain yield

Variance analysis and mean values for trait were given Table 2. The effects of years, nitrogens, varieties and inoculations were significantly for grain yield. The highest grain yield was observed in the *Rhizobia* + *Azotocacter* plots. Bacteria had a positive effect on grain yield. Single and combined use of bacteria resulted in higher above-ground plant biomass with simultaneous root growth. Nutrient uptake in plant is increased by inoculation and this is due to increased biological nitrogen fixation in inoculated plants. Also, interaction effect of chemical and bio-fertilizers caused increasing grain yield. Using nitrogen application and dual inoculation with *Rhizobia* + *Azotobacter* had highest grain yield (Figure 9B). Grain yield have been increased by co-inoculation with bacteria (Mirza et al., 2007; Mishra et al., 2009). Grain yield increased with nitrogen application. While the grain yield at

0 kg ha⁻¹ nitrogen application was 1.650 kg ha⁻¹, the grain yield was 2.110 kg ha⁻¹ with 25 kg ha⁻¹ nitrogen application. Nitrogen is involved in photosynthesis, DNA synthesis, protein formation, respiration and N₂ fixation would directly influence plant growth and development (Caliskan et al., 2008; Erman et al., 2011). Soysal and Erman (2020) reported that chemical fertilizers increase grain yield in chickpea. The highest grain yield was determined in Azkan variety (2130 kg ha⁻¹), followed by Akca variety (1870 kg ha⁻¹) and Isik variety (1820 kg ha⁻¹). The lowest grain yield was determined in Cakir (1710 kg ha⁻¹) variety. Grain yield was higher first year than second year. While the total precipitation was 218.6 mm in the first year, it was 163.9 mm in the second year (Figure 1). Plant growing is carried out depending on precipitation in dry farming areas. Chickpea is the plant of the dry farming areas and the high precipitation in the first year, especially April and May, affected the grain yield positively. While grain yield was higher in first year, it was lower in second year. Therefore year x nitrogen x varieties x inoculation interaction was significantly (Figure 9B).

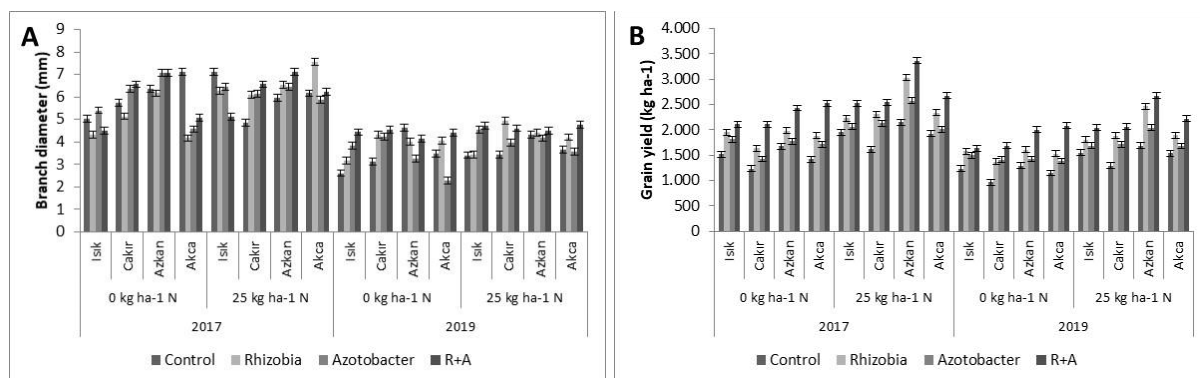


Figure 9. Branch diameter (A) years x nitrogen x varieties x inoculation interaction and grain yield (B) year x nitrogen x varieties x inoculation interaction [LSD 1%: 0.268 (A); 1%: 4.348(B)]

4. Conclusions

Phenological and morphological properties affected by climate conditions. The high temperature caused the emergence, flowering and maturity to be earlier in the second year. Plant height, first pod height and grain yield were higher first year than second year due to high precipitation. Nitrogen application positively affected number of days to emergence, number of branches, branch diameter and grain yield. While the response of the cultivars was different in terms of phenological properties, Azkan cultivar gave the best results in terms of morphological properties. *Rhizobia* + *Azotobacter* inoculation gave the best results in terms of phenological and morphological characteristics except for number of days to maturity. *Rhizobia* + *Azotobacter* inoculation can lead to additional income generation of the farming community in of Turkey. Use of biofertilizers may reduce the application of chemical fertilizers and we get healthy, pollution free production for better future of our increasing populations.

References

- Amarger, N. (2001). Rhizobia in the field. *Advances in Agronomy*, 73:109-168.
- Bange, M. P., Hammer, G. L. and Rickett, K. G. (1998). Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. *Agronomy Journal*, 90(3): 324-328.
- Basal, O. and Szabo, A. (2020). Yield and quality of two soybean cultivars in response to drought and N fertilization. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(2): 203-210.
- Beck, D. P. (1988). Biological nitrogen fixation studies. Food Legume Improvement Program. *Annual Report, Icarda*, p.177-183.
- Bellitürk, K. and Sağlam, M. T. (2005). Tekirdag İli topraklarının mineralize olan azot miktarları ile mineralizasyon kapasiteleri üzerinde bir araştırma. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 2(1): 89-101.
- Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M. E. and Arslan, M. (2008). The effect of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean type soil. *Field Crops Research* 108: 126-132.
- Cheng, Q. (2008). Perspectives in biological nitrogen fixation research. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(7): 786-798.
- Dobereiner, J. (1997). Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 771-774.
- Erkovan, S., İleri, O., Erkovan, H. I. ve Koc, A. (2020). Eskişehir ekolojisinde uygun ekim zamanı ve ekim sıklığının yem bezelyesinin yaş ot verimi ve bazı özelliklerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 225-232.
- Erman, M., Demir, S., Ocak, E., Tufenkci, S., Oguz, F. and Akkopru, A. (2011). Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1-Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. *Field Crops Research*, 122(1): 14-24.
- Gupta, S., Subrahmanyam, D. and Rathore, V. S. (1994). Influence of sowing dates on yields and oil quality in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 172(2): 137-144.
- Halbleib, C. M. and Ludden, P. W. (2000). Regulation of biological nitrogen fixation. *Journal of Nutrition* 130: 1081-1084.
- Herridge, D. F., Peoples, M. B. and Boddey, R. M. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*, 311:1-18.
- Holt, N. W. and Campbell, S. J. (1984). Effect of plant density on the agronomic performance of sunflower on dry land. *Canadian Journal of Plant Science*, 64: 599-605.
- Karaboz, I. ve Ozcan, N. H. (2005). İzmir ve Aydın yoresindeki topraklardan izole edilen *Azotobacter chroococcum* (Beijerinck, 1901) izolatlarının tuz, sıcaklık ve bazı ağır metallere toleranslarının belirlenmesi. *Orlab On-Line Mikrobioloji Dergisi*, 3: 2-10.
- Mahato, P., Badoni, A. and Chauhan, J. S. (2009). Effect of Azotobacter and nitrogen on seed germination and early seedling growth in tomato. *Researcher*, 1(4): 62-66.
- Mirza, B. S., Mirza, M. S., Bano, A. and Malik, K. A. (2007). Coinoculation of chickpea with Rhizobium isolates from roots and nodules and phytohormone producing Enterobacter strains. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47 (8): 1008-1015.
- Mishra, P. K., Mishra, S., Selvakumar, G., Kundu, S. and Shankar, G. H. (2009). Enhanced soybean (*Glycine max* L.) plant growth and nodulation by Bradyrhizobium japonicum-SB1 in presence of *Bacillus thuringiensis*-KR1. *Acta Agriculture Scandinavica, Sec. B - Plant Soil Science*, 59: 189-196.
- Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asghari Zakaria, R., Khandan, T. and Eskandarpour, B. (2011). Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield, yield components and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Communication Soil Science and Plant Analysis*, 42(9): 1097-1109.
- Ndlovu, T. J. (2015). Effect of *Rhizobium phaseoli* inoculation and phosphorus application on nodulation, growth and yield components of two drybean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. (MSc thesis) University of Limpopo (unpublished).
- Pathak, D. V., Singh, S. and Saini, R. S. (2013). Impact of bio-inoculants on seed germination and plant growth of Gauva (*Psidium guajava*). *Journal of Horticulture and Forestry*, 5(10): 183-185.
- Soysal, S. ve Erman, M. (2020). Siirt ekolojik koşullarında mikrobiyolojik ve inorganik gübrelemenin nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim, verim öğeleri ve nodülasyonu üzerine etkilerinin araştırılması. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(3): 649-670.
- Sprent, J. I. (2008). 60Ma of legume nodulation. What's new? What's changing? *Journal of Experimental Botany*, 59: 1081-1084.
- Tosun, O. ve Eser, D. (1975). Nohut (*Cicer arietinum* L.) üzerinde ekim sıklığı çalışmaları, I. ekim sıklığının verim üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 25 (1): 171-180.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. ve Turkozu, D. (2011). Van ekolojik koşullarında değişik azot ve fosfor dozlarının rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.)'de verim ve kalite üzerine etkisi. *YYU Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1): 19-27.
- Türk, M. ve Alagoz, M. (2020). Farklı azot dozlarının arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham.)'nun tohum verimi ve bazı tarımsal özellikleri üzerine etkisi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2(2): 53-56.

-
- Vartanli, S. and Emeklier, H. Y. (2007). Determination of the yield and quality characteristics of hybrid maize varieties under Ankara conditions. *Journal of Agricultural Science* 17(3): 195-202.
- Wani, S. A., Chand, S. and Ali, T. (2013). Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: An overview. *Current Agriculture Research Journal*, 1(1): 35-38.
- Wani, S. A., Chand, S., Wani, M. A., Ramzan, M. and Hakeem, K. R. (2016). *Azotobacter chroococcum* – A potential biofertilizer in agriculture: An overview, K.R. Hakeem et al. (eds.), Springer.
- Willems, A. (2006). The taxonomy of rhizobia: an overview. *Plant and Soil*, 287:3–14.
- Yasari, E. and Patwardhan, A. M. (2007). Effects of (*Azotobacter* and *Azospirillum*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 6(1): 77-82.
- Zaman, S., Mazid, M. A. and Kabir, G. (2011). Effect of rhizobium inoculant on nodulation, yield and yield traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in four different soils of greater Rajshahi. *Journal of Life and Earth Science*, 6: 45- 50.

Some Yield and Quality Properties of Endemic *Origanum husnucan-baserii* Grown in Different Ecological Conditions

Farklı Ekolojik Koşullarda Yetiştirilen Endemik *Origanum husnucan-baserii* Bitkisinin Bazı Verim ve Kalite Özellikleri

Hasan MARAL^{1*}, Saliha KIRICI²

Abstract

Origanum husnucan-baserii is an endemic species naturally found in Ermenek district of Karaman and Antalya. This study was carried out to determine the agronomic and chemical components of the *O. husnucan-baserii*, which grows naturally in Ermenek (South of Turkey). The experiment was carried out in the garden of Ermenek Vocational School for 3 years in 2014, 2015 and 2016, and in the research areas of Field Crops Department of Cukurova University for 2 years in 2015 and 2016 (*O. husnucan-baserii* plant grown in Adana vegetation could not be harvested in the first trial year (2014), since flowering did not occur). *O. husnucan-baserii* grown in Ermenek, 3-year plant height is between 79.00-74.61 cm, average 74.61 cm, the number of branches between 29.07-27.14 units/plant, average 28.29 units/plant, fresh herbage weight between 731.5-233.7 g/plant, average 463.40 g/plant, dry herbage weight between 344.3-84.14 g/plant, average 193.31 g/plant, dry leaf weight between 163.60-34.30 g/plant, average 83.70 g/plant, essential oil ratio between 0.92-0.16 %, the average was determined as 0.63%. The main component of the essential oil, p-cymene, was obtained as 81.29% in the first year, 81.39% in the second year and 66.62% in the third year. The plant height of the plants grown in Adana is between 84.67-61.57 cm, the average is 73.12 cm, the number of branches is between 37.00-25.71 units/plant, the average is 31.36 units/plant, the fresh herbage weight is between 304.33-190.90 g/plant, the average is 247.62 g/plant, dry herbage weight between 113.66-80.43 g/plant, average 97.05 g/plant, dry leaf weight between 72.00-31.40 g/plant, average 51.70 g/plant and essential oil ratio between 1.26-0.98%, the average was determined as 1.12%. The rate of p-cimen, the main component of the essential oil, was determined as 69.52% in the first year and 76.38% in the second year. Some characteristics such as plant height, fresh and dry grass weights were higher in Ermenek than Adana results. In terms of essential oil content, plants cultivated in Adana had higher values. In this case, it would be more appropriate to choose a region according to the purpose of cultivation.

Keywords: *Lamiaceae*, *Origanum husnucan-baserii*, Endemic, Essential oil, GC/MS.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Hasan Maral, Karamanoğlu Mehmetbey University, Ermenek Vocational School, Karaman, Turkey. E-mail: hasmaral@kmu.edu.tr  ORCID: 0000-0001-9074-1109.

²Saliha Kırıcı, Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Adana, Turkey. E-mail: kirici@cu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-5798-857X.

Atıf/Citation: Maral H., Kırıcı S. (2023). Some yield and quality properties of endemic *Origanum husnucan-baserii* grown in different ecological conditions. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 20(2): 243-253.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Origanum husnucan-baserii, Antalya ve Karaman 'ın Ermenek ilçesinde doğal olarak bulunan endemik bir türdür. Bu çalışma ise Ermenek'te doğal olarak yetişen *O. husnucan-baserii* bitkisinin agronomik özellikleri ve kimyasal bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Deneme 2014, 2015 ve 2016 yıllarında 3 yıl süreyle Ermenek Meslek Yüksekokulu bahçesinde, 2015 ve 2016 yıllarında 2 yıl süreyle Çukurova Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü araştırma alanında yürütülmüştür (Adana vejetasyonunda yetiştirilen *O. husnucan-baserii* bitkisinde birinci deneme yılında (2014), çiçeklenme meydana gelmediğinden hasat yapılamamıştır). Ermenek'te yetişen *O. husnucan-baserii*, 3 yıllık bitki boyu 79.00-74.61 cm arasında, ortalama 74.61 cm, dal sayısı 29.70-27.14 adet/bitki, ortalama 28.29 adet/bitki, taze herba ağırlığı 731.50-233.70 g/bitki arasında, ortalama 463.40 g/bitki, kuru herba ağırlığı 344.30-84.14 g/bitki, ortalama 193.31 g/bitki, kuru yaprak ağırlığı 163.60-34.30 g/bitki, ortalama 83.7 g/bitki, uçucu yağ oranı 0.92- %0.16, ortalama %0.63 olarak belirlendi. Uçucu yağın ana bileşeni, p-simen ilk yıl % 81.29, ikinci yıl % 81.39 ve üçüncü yıl %62.52 olarak elde edilmiştir. Adana'da yetiştirilen bitkilerin bitki boyu 84.67-61.57 cm arasında, ortalama 73.12 cm, dal sayısı 37.00-25.71 adet/bitki arasında, ortalama 31.36 adet/bitki, taze ot ağırlığı 304.33-190.90 g/bitki arasında, ortalama 247.62 g/bitki, kuru ot ağırlığı, 113.66-80.43 g/bitki arasında, ortalama 97.05 g/bitki, kuru yaprak ağırlığı 72.00-31.40 g/bitki arasında, ortalama 51.70 g/bitki ve uçucu yağ oranı 1.26-0.98 arasında ortalama % 1.12 olarak belirlenmiştir. Uçucu yağın ana bileşeni p-simen'in ilk yıl oranı % 69.52, ikinci yıl % 76.38 olarak tespit edilmiştir. Bitki boyu, yaş ve kuru herba ağırlıkları gibi bazı özellikler Ermenek'te daha yüksek çıkarken uçucu yağ içeriği bakımından Adana'da yetiştirilen bitkiler daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu durumda yetiştirme amacına göre bölge seçimi yapılması daha uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Lamiaceae*, *Origanum husnucan-baserii*, Endemik, Uçucu yağ, GC/MS.

1. Introduction

Lamiaceae is called the mint family which is regarded as an important medicinal family. It contains about 236 genera and more than 6000 species. It has great diversity and variety with a cosmopolitan distribution (Salama and El-Shabasy, 2019). Turkey, an important gene center of the *Lamiaceae* family, is represented by 782 species and taxa, 346 of which are endemic (44.2% endemism ratio). According to the latest data, 287 taxa (36.7%) are in the Irano-Turonian, 293 taxa (37.4%) in the Mediterranean and 90 (11.5%) in the Euro-Siberian phytogeographic regions and 112 taxa (14.3%) are unknown. or the multi-regional element is located in Turkey (Celep and Dirmenci, 2017). Many *Lamiaceae* species produce essential oils secreted by granular hairs on aerial vegetative organs and some reproductive organs. Many species of *Lamiaceae* with their pleasant scents have been used as herbal teas in Turkey, and most of them are used as raw materials in the cosmetics industry. Some species are used as traditional medicinal plants (Dinç and Doğu, 2013).

There are many genera known as 'thyme' due to similar smells in Turkey. These are *Thymus* (58 taxa), *Origanum* (26) *Satureja* (13 taxa), *Tymbra* (4 taxa) and *Coridothymus* (1 species) (URL 1, 2020). The common features of these genera are that they have carvacrol or thymol or both as the main component in their essential oils. Studies by various researchers show that *Origanum* is a powerful source for the isolation of various bioactive molecules such as terpenes, phenols, flavonoids, etc., thus this genus has important biological activities and is effective against different types of diseases (Chishti et al, 2013). *Oregano* is used as a spice by humans all around the world for ancient times and it is a good raw material for the production of tincture to use against some diseases like cold, for digestive and respiratory problems (Kaplan et al., 2019; Ivanova et. al., 2005). There are 22 species and 32 taxa of *Origanum* in Turkey, 21 of which are endemic. The rate of endemism among the Turkish *Origanum* species is 63%. Out of 52 known taxa of *Origanum*, 32 are distributed in Anatolia, meaning 60% fall *Origanum* taxa are recorded to grow in Turkey. This high rate is suggestive that the gene center of *Origanum* is Turkey (Baser, 2004; Duman et al. 1995; Davis, 1982; Ietswaart, 1980; Federov, 1974). After *Origanum* was revised by Ietswaart for Flora of Turkey, *O. husnucan-baserii* has been described as a new science species from Turkey (Dinç and Doğu, 2013).

One of the endemic species is *O. husnucan-baserii* belongs to Section *Brevifilamentum* Ietswaart (Baser 2004), which is found naturally in Karaman's Ermenek province and Antalya. The plant is sub-shrub to 30 cm, calcareous rocks with *Pinus nigra* and 1200-1350 m sea level (Taş, 2010). Karaman Ermenek District, both geographical and floristic in terms of climate, Central Anatolia - is presented in the passage between the Mediterranean Regions, Davis (1965 - 1988) enters the C4 frame according to his grid system for Turkey. As a result of the studies conducted in this area, it is reported that many different species are known as "thyme" are distributed in this region (Davis, 1965-1988). The village of Ermenek in Karaman contains many habitats with different characteristics ranging from bare rocks and rubble to abundant humus forests. The diversity of regional vegetation can be better understood if these habitats are also compared with those of Central Anatolia and Mediterranean climates. When we look at the analysis of the region's flora, it can be thought that the ratio of Iran-Turan (21.20%) and Mediterranean (20.45%) elements is very close to each other. *Thymus* ssp. (Thyme), *Salvia* ssp. (Sage), *Rhus coriaria* (Sumac) is collected and evaluated by local people (Davis, 1965-1988; Tanker et al., 1985; Maral et al., 2018; Maral and Kırıcı, 2022). The richness of Turkey in terms of natural plant species is a fact known by everyone. Medicinal and aromatic plants have an important place among these plants. Especially the Mediterranean region has a special importance for essential oils. However, these plants have not been produced sufficiently yet and their conservation in nature has not been achieved as desired (Ayanoğlu and Kaya, 1999).

Essential oils can vary in quality and quantity depending on several factors, including climate (precipitation, temperature), seasonal variations (day length, light exposure, harvest period), soil composition (available micro-nutrients, application of fertilizers), vegetative cycle stage, genetic variation (plant ecotype or variety), geographic location (altitude), stress during growth or maturity, and the post-harvest drying and storage (Zgheib et al., 2019).

The aim of this study is to determine the yield and essential oil potential of endemic *O. husnucan-baserii* in both Ermenek and Adana conditions.

2. Materials and Methods

The material of the research consisted of plants that were determined at an altitude of 864 m in Ermenek district of Karaman on 28 July 2012. In March and April 2014, cuttings were taken from the plants whose locations

were determined before and planted in vials for rooting. In March and April 2014, cuttings were taken from the plants whose locations were determined before and planted in vials for rooting. Rooting was done in the garden of Karamanoglu Mehmetbey University, Ermenek Vocational School. The rooted cuttings in the vials were transferred at the trial site in Ermenek on 14.04.2014 and the test site in Adana on 23.06.2014. The experiment was set up in rows at a distance of 40 x 60, with 15 plants. The experimental area was irrigated regularly with drip irrigation method. During the yield period, 6 kg nitrogen (N) and 4 kg phosphorus (P) were given per decare per year. During the research, weed control was provided by mechanical methods in the experiment. Plants in the Ermenek trial area were harvested during the flowering period in 2014, 2015 and 2016. The plants in the Adana trial area were harvested during the flowering period in 2015 and 2016, in the first year did not harvest due to the lack of flowering due to late planting in 2014. The harvest of the experiment was done by hand during the flowering period of the plants. In the Ermenek trial area, 7 plants were harvested in the first year and 14 plants in the other years. In Adana experiment area, 8 plants were harvested in both years and observations were taken. Planting and harvesting dates of the plants are given in *Table 1*.

Table 1. Planting and harvesting dates of the plants

	Ermenek			Adana	
	I. Year	II. Year	III. Year	I. Year	II. Year
Seedling date	March- April 2014				
Planted date	14.4.2014			23.06.2014	
Harvest Date	06.07.14	27.07.15	22.07.16	06.07.15	01.07.16

In all harvested plants, plant height (cm), number of branches (number/plant), fresh and dry herbage weight (g/plant), dry leaf weight (g/plant) and essential oil content and components were determined.

2.1. Climatic Properties of Ermenek Trial Area

In *Table 2*, the climate data of the experiment for the years 2014, 2015 and 2016 are given. In general, the Ermenek climate belongs to the subtype of Mediterranean-influenced climates (Mediterranean transitional climate). Taurus Mountain system followed by the hot character, dry summers in the arid winters is a type of climate. The average annual temperature is between 0.5-24.6°C. The hottest month is August. The coldest month is January. In these high mountains and highlands, summers pass through the wetlands in the valleys of Göksu although they are short and cool. The average annual rainfall is 564 mm.

2.2. Climate Characteristics of the Trial Area in Adana

Table 2. Some Important Climate Data for 2014, 2015, 2016 and Long Years.

Climate Factors	Ermenek	Months												Av.
		Years	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	
Average Temp. °C	2014	4.8	5.4	7.5	11.6	14.6	19.0	23.8	24.6	18.6	13.1	7.2	6.0	13.0
	2015	1.8	2.0	6.0	8.7	15.7	17.9	23.0	23.4	22.3	15.1	9.7	4.1	12.5
	2016	0.5	6.5	7.2	14.0	14.5	21.2	24.5	24.6	19.9	13.4	9.0	4.0	13.3
														Total
Precipitation mm	2014	71.8	9.7	15.9	15.6	82.8	35.5	14.6	5.0	9.6	48.7	55.2	66.7	431
	2015	25.6	108	77.6	2.9	17.4	38.5	2.2	29.6	4.2	48.1	11.8	9.6	376
	2016	78.3	22.9	53.5	20.6	63.3	5.5	0.0	2.1	7.4	7.2	37.5	172	470
														Av.
Average Temp. °C	2015	9.4	11.1	14.5	16.9	22.5	25.0	28.5	30.0	28.4	23.4	17.5	11.8	19.91
	2016	8.7	13.9	15.7	20.5	21.6	27.1	29.6	29.9	26.3	23.1	15.6	9.0	20.08
	Long Years	9.6	10.5	13.5	17.5	21.7	25.6	28.1	28.4	25.9	21.3	15.4	11.2	19.05
														Total
Precipitation mm	2015	108	122	135.1	21.5	65.7	4.8	0.40	10.9	130.0	32.1	10.5	0.6	641.1
	2016	138	83.1	67.1	36.6	87.9	45.6	0.20	4.4	39.8	0.0	11.9	216.3	731.3
	Long Years	110	84.2	66.8	55.2	47.3	20.0	7.1	5.2	15.8	40.7	73.7	128.7	654.6

Source: Regional Directorate of State Meteorology

In the Adana province where the trial was conducted, the winters are warm and rainy, and the hot and arid Mediterranean climate prevails in summer. Climate data for 2015, 2016 and long years average of the experiment are given in Table 2. In 2015 and 2016, the temperature values were consistent with the averages for many years but were generally above the averages. The highest precipitation was in December 2016 with 216.3 mm.

2.3. Soil Properties of the Experimental Area in Ermenek

In Table 3, some physical and chemical properties of the soils in the area where the experiment was conducted are given. The soil pH (7.56) in the area where the experiment was established generally shows neutral characteristics. The salt content is 0.17%, available P₂O₅ is 5.9 ppm.

Table 3. Some Physical and Chemical Properties of Ermenek Site

Depth (cm)	Sand (%)	texture Plate (%)	Clay (%)	pH	Salt %	Lime	P ₂ O ₅ kg/da	K ₂ O	Fe	Zn mg/kg	Mn	Cu
0-30	46.0	25.5	28.5	7.56	0.17	63.1	5.9	-	3.3	0.6	2.2	0.8

2.4. Soil Properties of the Trial Area in Adana

Experimental field soil was young alluvial originated from Seyhan River containing gravels and pebbles deposits with various sizes and in different depths. The lime amount in the whole profiles is very high but, the organic matter is so low (Çalışkan et al., 2019). Some physical and chemical properties of soils in the area where the experiment is carried out are given in Table 4.

The soil pH in the area where the experiment was established varies between 7.28-7.29. The soil of the trial area is generally neutral. The salt content is between 0.052-0.060%. The available P₂O₅ top layers have a level of 14.17 ppm, which decreases as they fall to the lower layers. The nitrogen content of the soil was 0.112% in the upper layers and 0.056% in the lower layers. The lime content is 33.02% in the upper layers and increases as the lower layers are reached (Table 4).

Table 4. Some Physical and Chemical Properties of Experimental Ground Soils

depth (cm)	pH	Salt (%)	P ₂ O ₅	KDK	K ₂ O	NO ₃	lime (%)
0-20	7.29	0.055	14.17	30.40	900	0.112	33.02
20-40	7.28	0.060	3.42	29.30	800	0.056	35.28
40-60	7.29	0.052	2.43	34.78	850	0.056	40.52

1-) Extension of NaHCO₃

2-) Extension of HNO₃

3-) Total nitrogen determined by Kjeldahl method

2.5. Isolation of Essential Oils

To isolate the essential oil, 40 g of dried herbage was extracted with 500 ml of distilled water with a neo Clevenger type apparatus. Hydro-distillation was carried out for 2 hours. The essential oils obtained were dried over anhydrous sodium sulfate in amber colored bottles (Turkmen et al., 2022). The extracted essential oils were stored at -18°C until gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis.

2.6. GC-MS Analyses

Essential oils were analyzed using a Thermo Scientific Focal Gas Chromatograph equipped with MS, autosampler and TR-5MS (5% Phenyl Polysilyphenylene-siloxane, 0.25 mm x 30 ml i.d, film thickness 0.25). The carrier gas was helium (99.9%) at a flow rate of 1 mL min⁻¹; ionization energy was 70 eV. Mass range m/z 50-650 amu. Data acquisition was scan mode. MS transfer line temperature was 250 °C, MS Ionization source temperature was 220°C, and the injection port temperature was 220 °C (Kara et al., 2020). The samples were injected with 250 split ratios. The injection volume was 1 µl. The oven temperature was programmed in the range of 50 to 220°C at 3°C min⁻¹. Identification was confirmed by comparison of their mass spectral fragmentation patterns with those stored in the MS database (National Institute of Standards and Technology and Wiley 9 Registry of Mass Spectral Data) and with published mass spectra literature data (Adams, 2007; Maral, 2023).

2.7. Statistical Analysis

The data obtained from single plant measurements were determined by using the SAS package program, with the mean, minimum, maximum and standard deviation values for each trait separately. LSD multiple comparison test was used to compare the means.

3. Results and Discussion

The measured plant parameters such as plant height (cm), number of branches per plant (unit/plant), fresh herbage weight (g/plant), dry herbage weight (g/plant), dry leaf weight (g/plant) and essential oil contents (%) which cultivated in Ermenek (Karaman) District and Adana, were given in *Table 5*.

Plant heights at the Ermenek varied between 71.71, 73.13 and 79.00 cm in 2014, 2015 and 2016, respectively. Plant heights at the Adana varied between 61.57 and 84.67 cm in 2015 and 2016, respectively. The mean plant heights in the experiment areas were 74.61 cm for Ermenek and 73.12 cm for Adana. The highest plant height was obtained at the Adana location with 84.67 cm in 2016 due to more availability of water and soil nutrition and it was followed by the Ermenek location with 79.00 cm in 2016. The lowest plant height was obtained from the Adana location in 2015 with 61.57 cm. When the plants grown in Ermenek and Adana were compared in terms of plant height, the values of the plants grown in Adana were shorter than the ones grown in Ermenek in the first year and longer in the second year.

Duman et al. (1995) define the plant as a sub-shrub, stem ascending or erect, 10-30 cm long, purplish or dark brown, glabrous, unbranched. Our results of plant heights in both experiment areas were higher than 10-30 cm because cultivated *O. husnucan-baserii* had more e availability of water and plant nutrition.

The number of branches of cultivated *O. husnucan-baserii* at the Ermenek varied between 27.14, 28.67 and 29.07 numbers per plant in 2014, 2015 and 2016, respectively. At Adana, it was varied between 25.71 and 37.00 numbers per plant in 2015 and 2016, respectively. The average number of branches per plant in the experiment was determined as 28.29 for Ermenek and 31.36 for Adana. The highest number of branches was obtained in the Adana location with 37.0 in 2016, followed by Ermenek with 29.07 numbers per plant in 2016. The lowest number of branches was obtained from the Adana location in 2015 with 25.71. The plant number values of the plants grown in Adana were lower than those of Ermenek in the first year and higher in the 2nd year.

The fresh herbage weights at the Ermenek varied between 233.7-396.7 and 731.5 g in 2014, 2015 and 2016, respectively. Fresh herbage weights at the Adana varied between 190.90 and 304.33 g in 2015 and 2016, respectively (*Table 5*). The average fresh herb weight was obtained as 463.40 g/plant for Ermenek and 247.62 g/plant for Adana. The highest weight of herbs was obtained from the Ermenek in 2016 with 731.5 g, followed by the same place at 396.7 g in 2015. The lowest value (190.90 g) was taken from the Adana location in the 1st year. In the Ermenek, the values of fresh herb weight of the cultivated plants reached especially high values in the 3rd year because it was the perennial plant and weight was increasing by year and year. Fresh herbage weight results have reached especially high values in the 3rd year. This can be explained as a natural result of the perennial plant root structure and the fact that the plant grows much earlier. Similarly, the highest dry herb weight was obtained with 344.3 g in the 3rd year of Ermenek and the lowest value was obtained from Adana location with 80.43 g.

The dry herbage weights at the Ermenek varied between 84.14-151.5 and 344.3 g in 2014, 2015 and 2016, respectively. Dry herbage weights at the Adana varied between 80.43 and 113.66 g in 2015 and 2016, respectively (*Table 5*). The average dry herb yields of the plants were 193.31 g and 97.05 g, Ermenek and Adana, respectively. The highest weight of herbs was obtained from Ermenek in 2016 with 344.3 g. The lowest value (80.43 g) was taken from Adana location in the 1st year. Since the dry biomass is directly related to the fresh biomass; so, the results have the same variation pattern. The dry biomass is also affected by the ecologic condition, agro techniques (Alkire and Simon, 1996) and the genetic nature of plants (Tugay et al., 2000). Adana trial area soil is a young alluvium originating from the Seyhan River, containing gravel and gravel deposits of various sizes and depths, and is quite fertile according to Ermenek. However, in this study, the plant's gene center being close to Ermenek caused it to perform better than Adana in terms of yield and yield elements.

The average of years of dry leaf weights of the plants was 83.70 g in Ermenek and 51.70 g in Adana was the highest dry leaf weight was obtained at the Ermenek location in 2016 with 163.60 g. The lowest value was obtained in Adana in 2015 with 31.40 g. *O. husnucan-baserii* is an endemic species for turkey. Although studies have been

conducted on the essential oil content and components of this species, there are limited studies on yield and quality parameters.

Bayram et al. (1998), in their study with *O. onites* populations collected from different locations, reported that plant heights of plants varied between 40.50 and 55.50 cm. Mancak (2002), in the study conducted with *O. micranthum*, determined the average plant height as 13.72 and 15.13 cm, and the number of branches as 6.34 and 9.10 unit plants⁻¹ in the first cuttings and in the second cuttings respectively. Türkmenoğlu and Fakir (2016), determined the plant height of *O. sipyleum* as 72.24 cm. Bayram et al. (1998), in a study conducted on populations of the *O. onites* species, reported that the dry herb yield ranged between 53.20-169.30 g plant⁻¹. Mancak (2002) determined the yield of fresh herb in the first and second cuttings as 11.41 and 13.39 g plant⁻¹, and dry herb yield as 4.40 and 6.59 g plant⁻¹, respectively. In a study conducted with *O. husnucan-baserii* in field conditions in 2017 and 2018, Uysal Bayar and Çınar (2020) determined that the plant height changed between 39.00 and 84.34 cm, the number of branches between 30.00 and 43.67 unit plants⁻¹, the weight of fresh herbage between 118.80 and 211.83 g plant⁻¹, and the weight of dry herbage between 47.06 and 57.40 g plant⁻¹. When our findings regarding all features in both experimental areas are compared with both other *Origanum* species and *O. husnucan-baserii*, it is seen that the values we obtained are higher. Telci (2015) reported that in excessively short cuttings, the newly formed buds will be damaged and this will negatively affect the post-cuttings development. High yield values can be achieved by determining the cultivation techniques specific to each plant. Especially in perennial crops that are harvested more than once in one vegetation period, the height of the cuttings is one of the most important factors affecting the yield (Erken et al., 2007). The fact that the plant height and number of branches are higher than other studies may be due to the differences in agricultural processes, planting time, ecology, climate and geographical factors.

Table 5. Plant Height, Number of Branches, Fresh Herbage Weight, Dry Herbage Weight, Dry Leaf Weight and Essential Oil Rate Values of *Origanum husnucan-baserii* plant samples grown in Karaman, Ermenek District and Adana

Years		Plant Height (cm)	Number of Branches (unit/plant)	Fresh Herbage Weight (g/plant)	Dry Herbage Weight (g/plant)	Dry Leaf Weight (g/plant)	Essential Oil Content (%)	
Ermenek	2014 n= 7	ns	ns	**	**	**	0.80	
		Min.	43	21	56	16		9
		Max.	91	41	600	212		86
		Ave.	71.71a	27.14a	233.7b	84.14b		34.30b
	SD	19.29	8.47	206.59	72.31	28.48		
	2015 n= 14	Min.	63	15	257	92	37	0.16
		Max.	88	46	570	217	85	
		Ave.	73.13a	28.67a	396.7b	151.5b	53.20b	
		SD	6.41	9.05	98.63	41.10	13.86	
	2016 n= 14	Min.	72	21	460	212	102	0.92
		Max.	88	47	1370	642	301	
		Ave.	79.00a	29.07a	731.5a	344.3a	163.6a	
SD		4.93	8.61	276.32	128.91	61.41		
Mean	74.61	28.29	463.40	193.31	83.70	0.63		
LSD	10.39	9.19	186.83	78.71	35.99			
Adana	2015 n= 8	*	ns	**	**	**	0.98	
		Min.	33	18	56	21		10
		Max.	81	31	500	212		76
		Ave.	61.57a	25.71a	190.90b	80.43		31.40b
	SD	19.15	6.31	148.35	64.07b	22.07		
	2016 n= 8	Min.	72	32	45	18	12	1.26
		Max.	94	44	663	236	153	
		Ave.	84.67a	37.00a	304.33a	113.66	72.00a	
		SD	11.37	6.24	120.75	111.41a	72.80	
	Mean	73.12	31.36	247.62	97.05	51.70	1.12	
LSD	8.96	6.72	142.77	57.85	28.50			

* significant at %5, ** significant at %1, ns: not significant, SD: Standard Deviation, n: Number of Plants, LSD: Least Significant Difference

3.1. Essential Oil Contents

The *O. husnucan-baserii* has great variability in the essential oil content and components, quality and contents of essential oil were developed for introduction into cultivation and experiment areas. The essential oil content of the plants in Ermenek was 0.80% in the 1st year, 0.16% in the 2nd year and 0.92% in the 3rd year. Cultures in Adana were 0.98% in the 1st year and 1.26% in the 2nd year. The contents of the essential oils obtained were higher in cultivated plants in Adana than in plants grown in Ermenek. Baser et al. (1998) reported that the essential oil content of *O. husnucan-baserii* was 0.13% collection in Alanya (Turkey) at an altitude of 1350 m in wild flora. Additionally, according to Uysal Bayar and Cınar (2020), *O. husnucan-baserii* essential oil contents were 1.44 % in the 1st year and 2.75 % in the 2nd year under cultivation conditions at Antalya in Turkey. Ermenek's results of essential oils were similar to Baser et al. (1998) because they grow the same location as high altitudes and Adana's ones were similar Uysal Bayar and Cınar (2020) as lower altitude. The essential oil contents varied in quality and quantity depending on several factors (Zgheib et al., 2019), especially geographic location as altitude. In addition, essential oil biosynthesis increases during long days and high light intensity (Fernandes et al., 2013). Due to this situation, the essential oil ratios of the plants grown in Adana were higher.

3.2. Essential Oil Components

The values of the essential oil components of *O. husnucan-baserii* taken from natural flora and cultured in Karaman's Ermenek and Adana Districts are given in Table 6. When the essential oil components of *O. husnucan-baserii* were examined, the 1st year was p-cymene with 81.29% as the main component followed by γ -terpinene with 4.37% and carvacrol with 3.90%. The 2nd year's highest rate was p-cymene with 81.39% followed by γ -terpinene with 8.24% and carvacrol with 2.88%. In the 3rd year, the highest value was p-cymene with 66.62%, followed by γ -terpinene with 22.72% and thymol with 2.38%.

In the study, values related to essential oil components (%) of *O. husnucan-baserii* samples cultured in Adana were given in Table 6. The highest rate as the main ingredient in the 1st year was p-cymene with 69.52% followed by carvacrol with 21.67%, thymol with 2.10% and γ -terpinene with 1.27%. The 2nd year highest rate was p-cymene with 76.38% followed by γ -terpinene with 7.86%, thymol with 4.66% and carvacrol with 2.86%. The importance of p-cymene is due to its utilization as an intermediate in industrial fine chemicals syntheses for fragrances, flavorings, herbicides, pharmaceuticals-cresol production, syntheses of not nitrated musk's, the industrial production of p-cymene is carried out by Friedel-Crafts alkylation's form benzene or toluene (Martin-Luengo et al., 2008). *O. husnucan-baserii* can be used as a source of p-cymene.

Baser et al. (1998) recorded that 20.23% borneol, 10.97% trans-sabinene hydrate, 8.36% terpinene and 6.06% β -caryophyllene were found in *O. husnucan-baserii* volatile oil. Uysal et al. (2010) reported that 12.8-15.2% borneol, 10.8-12.3% α -terpineol and 9.92% -11.8% trans-sabinene hydrate were found in *O. husnucan-baserii* essential oil. Uysal Bayar and Cınar (2020) searched the yield and quality parameters of some cultivated *Origanum* spp. Species for two years and the main component of essential oil *O. husnucan-baserii* was cymene with 40.27-62.80% (mean 51.54%), and gamma-terpinene was another with 26.97-22.50% (mean 24.73%). The components carvacrol ranged from 10.05-2.97% (mean 6.51%) and thymol from 10.14-2.26% (mean 6.20%). Consistent with the findings of Uysal Bayar and Cınar (2020) in the present study the main component of *O. husnucan-baserii* essential oil was p-cymene both experiment areas, gamma-terpinene was the second component in Ermenek, but it's varied according to years in Adana and also carvacrol was a very changeable component in Adana, it was high with 21.67% in the first year, was lower with 2.86% in the second year. A similar situation was determined by Uysal Bayar and Cınar (2020). Unlike both studies, Baser et al. (1998) and Uysal et al. (2010) determined borneol as the main component in *O. husnucan-baserii*. There are differences in the main components of the researches mentioned in our study. It is known that environmental factors (such as temperature, precipitation, duration and intensity of light, altitude, viewing, drought, salinity, soil nutrients and soil structure) have a great influence on the synthesis and accumulation of active substances (Zgheib et al., 2019; Baydar, 2007). Altitude seemed to be the most important environmental factor influencing the essential oil content (Chishtii et al., 2013). In addition, day length (presence of light) and solar intensity cause the plant's photochemical reaction and change in the accumulation of secondary metabolites and their constituents (Soltanbeigi and Samadpourrigani, 2021). We can say that the work done differs from the other works due to the influence of environmental factors. This suggests that ecological differences may be different components of the same species.

Table 6. Essential Oil Components (%) of *Origanum husnucan-baserii* cultivated in Karaman's Ermenek and Adana province

RT	Components	Ermenek			Adana	
		2014	2015	2016	2015	2016
3.39	α -pinene	0.85	0.48	0.54	-	0.81
3.46	α -phellandrene	0.69	0.60	0.72	0.37	0.81
4.02	Camphene	0.83	0.39	0.35	0.34	0.62
4.73	β -pinene	0.66	0.62	0.10	-	0.14
5.01	Sabinene	0.27	-	0.20	-	-
6.00	Myrcene	-	0.53	0.90	0.14	0.39
6.34	α -terpinene	0.66	0.82	1.53	0.28	0.73
6.82	D-limonene	0.34	-	0.25	0.18	0.29
8.15	γ -terpinene	4.37	8.24	22.72	1.27	7.86
8.94	p-cymene	81.29	81.39	66.62	69.52	76.38
9.56	α -methylcyclopentanone	0.12	0.55	0.23	-	-
15.35	1-Octen-3-ol	-	-	-	0.39	0.47
20.28	caryophyllene	2.35	0.63	0.26	0.12	-
20.80	4-terpeneol	0.23	-	0.12	0.31	0.28
24.39	Borneol	0.86	0.18	0.50	0.64	1.30
25.28	β -bisabolene	0.65	-	0.41	0.27	0.23
25.61	Geranial	0.15	-	-	-	-
27.17	Cuminaldehyde	0.10	-	0.12	0.15	0.11
33.64	Caryophyllene oxide	0.37	-	0.13	0.19	0.22
38.44	Spathulenol	0.36	-	0.10	-	-
40.79	Thymol	-	-	2.38	2.10	4.66
40.35	Carvacrol	3.90	2.88	0.98	21.67	2.86
	Total (%)	99.05	97.31	99.16	97.94	98.16
	Number of Compounds	99.05	97.31	99.16	97.94	98.16

4. Conclusion

The wild *O. husnucan-baserii* have been cultivated at two locations and evaluated in terms of morphological and chemical properties. Some properties as the height of the plant, fresh and dry herbage weights at Ermenek were higher than Adana's results however, Ermenek's plants were three years old. The quantitative and qualitative of essential oil is influenced by environmental factors, growing conditions and geographical locations. In terms of essential oil content, plants cultivated in Adana had higher values. The composition of essential oil in both locations was similar; p-cymene was the main component. Further, it could use as a source of p-cymene, especially in Adana conditions. As a result, Ermenek conditions were more appropriate in terms of agricultural properties in the *O. husnucan-baserii* samples, whereas Adana conditions were more appropriate in terms of essential oil content. Although the yield values of *O. husnucan-baserii* are quite high, it is thought to be more suitable to use as an ornamental plant because of the low essential oil content.

Acknowledgment

This study was supported by The Çukurova University Scientific Research Projects. Project Code: ZF2011020.

References

- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, fourth ed. Allured Publishing Co., Carol Stream.
- Alkire, B. H. and Simon, J. E. (1996). Response of midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) and native spearmint (*M. spicata* L.) to rate and form of nitrogen fertilizer. *Acta Horticulturae*, 426: 537-549.
- Ayanoğlu, F. and Kaya, D. A. (1999). Effects of Different Doses of Iba on Rooting of Some Naturally Growing Essential Oil Plants. *1st International Symposium on Protection of Natural Environment and EhramiKaraçam*, 23-25th September, s. 373-378, Kütahya-Turkey.
- Baser, K. H. C. (2004). The Turkish *Origanum* species. (In *Oregano*, edited: Spiridon E. Kintzios): 109-126. Taylor & Francis, New York-London.
- Baser, K. H. C., Kürkçüoğlu, M., Duman, H. and Aytac, Z. (1998). Composition of the essential oil of *Origanum husnucan-baserii* H. Duman, Z. Aytac et A. Duran, a new species from Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 10(4): 419-421.
- Baydar, H. (2007). Medicinal, aromatic and arbitrary plants science and technology. Süleyman Demirel Uni. Faculty of Agriculture, S.D.Ü. Publication No: 51, 216 p.
- Bayram, E., Özey, N., Geren, H. ve Ceylan, A. (1998). Aydın İli İzmir Kekiği (*Origanum onites* L.) populasyonlarında kemotiplerin belirlenmesi ve seleksiyonu üzerine araştırma. *Ege Bölgesi I. Tarım Kongresi*, 7-11 Eylül, 2:305-313, Aydın, Türkiye.
- Celep, F. and Dirmenci, T. (2017). Systematic and biogeographic overview of *Lamiaceae* in Turkey. *Natural Volatiles & Essential Oils*, 4(4): 14-27.
- Chishti, S., Kaloo, Z. A. and Sultan, P. (2013). Medicinal importance of genus *Origanum*: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 5(10): 170-177.
- Çalışkan, T., Maral, H., Pala, C., Kafkas, N. E. and Kırıcı, S. (2019). Morphogenetic variation for essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) In Çukurova condition. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 5(1): 32-38.
- Davis, P. H. (1965-1988). Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Vol 1-9, Edinburgh.
- Davis, P. H. (1982). Flora of Turkey and the East Aegean Island, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, Vol: 7, 384-394.
- Dinç, M. and Doğu, S. (2013). Anatomical characteristics of Turkish steno-endemic *Origanum leptocladum* Boiss. (*Lamiaceae*). *Modern Phytomorphology*, 3: 25-28.
- Duman, H., Aytac, Z., Ekici, M., Karavelioğulları, F. A., Dönmez, A. and Duran, A. (1995). Three new species (*Labiatae*) from Turkey. *Flora Mediterranean*, 5: 221-228.
- Erken, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S. ve Bayram, E. (2007). Farklı biçim yüksekliklerinin adaçayı (*Salvia officinalis* L.) genotiplerinde agronomik ve teknolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(1): 55-70.
- Federov, K. (1974). Chromosome numbers of flowering plants, Otto Koeltz. Sci.Pub. Germany.
- Fernandes, V. F., Almeida, L. B., Feijo, E. V. R. S., Delmira, C. S., Rosilene, A. O., Marcelo, S. M. and Larissa, C. B. C. (2013). Light intensity on growth, leaf micromorphology and essentialoil production of *Ocimum gratissimum*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(3): 419-424.
- Ietswaart, J. H. (1980). The taxonomic revision of the genus *Origanum*, (*Labiatae*) Leiden University Press, Leiden Botanical Series, Vol.4, The Hauge-Boston-London, 14-115s.
- Ivanova, D., Gerova, D., Chervenkov, T. and Yankova, T. (2005). Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 96: 145-50.
- Kara, M., Soylu, S., Türkmen, M. and Kaya, D. A. (2020). Determination and antifungal activities of laurel and fennel essential oils against fungal disease agents of cypress seedlings. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 17 (2): 264-275.
- Kaplan, M., Yılmaz, M. M., Uslu, R., Köprü, S., Gözelle, H. and Muhderem, G. (2019). An optimization study for the production of *Origanum onites* tincture by response surface methodology: Effect of liquid/solid ratio, ethanol concentration and storage period. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(1): 11-22.
- Mancak, R. (2002). *Endemik Origanum micranthum vogel türünün kültüre alınma olanakları*. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, Adana.
- Maral, H., Türkmen, M., Kaya, D. A. and Kırıcı, S. (2018). Ermenek'te yetişen *Salvia albimaculata* ve *Salvia caespitosa* bitkilerinin uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi. *Ermenek Araştırmaları II, PaletYayınları, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 699, ISBN:978-605-7600-05-9, Türkçe (Bilimsel Kitap)*.
- Maral, H. and Kırıcı, S. (2022). Determination of some yield and quality properties of *Origanum dubium* Boiss grown in different ecological conditions. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 25(6): 1434-1447.
- Maral, H. (2023). Chemical and antioxidant diversity of essential oils of some *Salvia* species from Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology*, 106(104575): 1-6.

- Martí'n-Luengo, M. A., Yates, M., Martí'nez Domingo, M. J., Casal, B., Iglesias, M. and Esteban, Ruiz-Hitzky, E. (2008). Synthesis of p-cymene from limonene, a renewable feedstock. *Applied Catalysis B: Environmental*, 81: 218–224.
- Salama, A. S. and El-Shabasy, A. (2019). Taxonomy study of some members of *Lamiaceae* Through morphological traits and Effects on General condition of the Honey Bee (*Apis mellifera* L.). *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 7(4): 75-81.
- Soltanbeigi, A. and Samadpourrigani, E. (2021). Phenological cycle and diurnal variation effects on the volatile oil characteristics of sage (*Salvia officinalis* L.). *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 22(1): 59-65.
- Tanker, N., Koyuncu, M., Coşkun, M., İlisulu, F. and Sezik, G. (1985). Ermenek-Mut-Gülner yöresinin tıbbi bitkileri ve ana etken maddelerinin saptanması. II. *Leguminosae* Familyası. *Doğa Bilim Dergisi*, 9(1): 64-78.
- Taş, A. (2010). *Turkey Grown Origanum L. (Labiatae) type of epidermal on investigations*. (Msc. Thesis) İnönü University, Health Sciences Institute, Malatya.
- Telci, İ. (2005). Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinde uygun biçim yüksekliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 77-83.
- Tugay, M. E., Kaya, N., Yılmaz, G., Telci, I. and Dönmez, E. (2000). *Herbal and technological properties of some aromatic plants commonly found in Tokat and its surroundings*. Tubitak, Togtag-1690 Project Final Final Report Agriculture and Forestry Research Group, Tokat.
- Türkmen, M., Kara, M., Maral, H. and Soylu, S. (2022). Determination of chemical component of essential oil of *Origanum dubium* plants grown at different altitudes and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46: e15787.
- Türkmenoğlu, G. ve Fakir, H. (2016). Isparta yöresinde doğal yayılış gösteren bazı bitki türlerinin kesme ve kuru çiçekçilikte kullanım olanakları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1): 148-154.
- URL 1 (2020). Tubives.com.tr, (Erişim tarihi: 20.6.2020).
- Uysal, B., Sözmen, F., Köse, E. O., Deniz, G. I. and Oksal, B. S. (2010). Solvent-free micro wave extraction and hydrodistillation of essential oils from endemic *Origanum husnucan-baseri* H. Duman, Aytac, & A. Duran: comparison of antibacterial activity and contents” *Natural Product Research*, 24: 1654–1663.
- Uysal Bayar, F. and Çınar, O. (2020). Different *Origanum* spp. grown under culture conditions. Some yield and quality parameters of species. *Derim*, 37(1): 10-17.
- Zgheib, R., El-Beyrouthy, M., Chaillou, S., Ouaini, N., Rutledge, D. N., Stien, D., Kassouf, A., Leonti, M. and Iriti, M. (2019). Chemical variability of the essential oil of *Origanum ehrenbergii* Boiss. From Lebanon, assessed by independent component analysis (ICA) and common component and specific weight analysis (CCSWA). *International Journal of Molecular Sciences*, 20: 1026.

Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli İllerinde Bulunan Afit parazitoiti Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) Türleri

Aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Elazığ, Erzincan, Malatya and Tunceli Provinces from Eastern Anatolia Region of Turkey


Gizem DEMİRHAN¹, Özlem ÇETİN ERDOĞAN^{2*}

Öz

Bu araştırma 1982-2009 yılları arasında Doğu Anadolu Bölgesi'nin Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illeri ve ilçelerindeki tarım ve tarım dışı alanlarındaki bitkiler üzerinde görülen Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) türlerinin tespit edilmesi amacıyla yürütülmüştür. Örneklemeler Mayıs-Ağustos ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 26 lokaliteden toplamda 121 örnek incelenmiş, 4 cinsine ait (*Aphidius* Nees, 1819; *Binodoxys* Mackauer, 1960; *Diaeretiella* Starý, 1960; *Praon* Haliday, 1833) 13 tür saptanmıştır. Araştırmada tespit edilen türlerin 7'si *Aphidius* (*Aphidius avenae* Haliday, 1834; *A. colemani* Viereck, 1912; *A. eadyi* Starý, González & Hall, 1980; *A. ervi* Haliday, 1834; *A. matricariae* Haliday, 1834; *A. microlophii* Pennachio & Tremblay, 1987; *A. urticae* Haliday, 1834), 1'i *Binodoxys* (*Binodoxys acalephae* (Marshall, 1896)), 1'i *Diaeretiella* (*Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855)), 4'ü *Praon* (*Praon barbatum* Mackauer, 1967; *P. nonveilleri* Tomanović & Kavallieratos, 2003; *P. volucre* (Haliday, 1833); *P. yomenae* Takada, 1968) cinsine aittir. Bu türlerden *Praon barbatum* Mackauer, 1967 türü Türkiye Aphidiinae faunası için yeni kayıttır. Araştırma bölgesinde ayırdedilebilen 5 habitatın hepsinde bulunan türlerin *Aphidius ervi*, *A. matricariae*, *Praon barbatum* olduğu, *A. avenae* türünün sadece bir habitatta bulunmasıyla habitat tercihleri bakımından en sınırlı tür olduğu tespit edilmiş, Tür sayısı bakımından ise bölgede otsu bitkiler, yonca tarlası ve meyve bahçesi habitatlarının sırasıyla en zengin habitatlar olarak yer aldığı belirlenmiştir. Tespit edilen türlerin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki illere göre sayısal dağılımları dikkate alındığında Elazığ ilinin 12 tür ile en fazla, Erzincan ilinin 3 tür ile en az tür ile temsil edilen il olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu araştırmayla Doğu Anadolu Bölgesi Aphidiinae faunasına yeni türler ilave edilmiş, Türkiye Aphidiinae tür sayısı 65'ten 66'ya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aphidiinae, Braconidae, Türkiye, *Aphidius*, *Binodoxys*, *Diaeretiella*, *Praon*.

¹Gizem Demirhan, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne/Türkiye. E-mail: giz.demirhan@gmail.com  ORCID: 0000-0002-6414-9045.

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özlem Çetin Erdoğan, Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Edirne/Türkiye. E-mail: cetinozlem@hotmail.com  ORCID: 0000-0001-6465-4060.

Atıf/Citation: Demirhan, G., Çetin Erdoğan, Ö. (2023). Doğu Anadolu Bölgesi'nin Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli İllerinin Afit parasitoidlerinin (Hymenoptera: Braconidae) Faunistik ve Taksonomik Yönden Araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 254-269.

*Bu çalışma Gizem Demirhan'ın Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

This study was carried out between 1982-2009 in order to determine the Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) species from agricultural lands, non-agricultural areas in the provinces of Elazığ, Erzincan, Malatya and Tunceli in East Anatolian Region. Sampling was done between May and August. In the study, a total of 121 specimens from 26 localities were examined, and 13 species belonging to 4 genera (*Aphidius* Nees, 1819; *Binodoxys* Mackauer, 1960; *Diaeretiella* Starý, 1960; *Praon* Haliday, 1833) were determined. The species of each genus are obtained *Aphidius avenae* Haliday, 1834; *A. colemani* Viereck, 1912; *A. eadyi* Starý, González & Hall, 1980; *A. ervi* Haliday, 1834; *A. matricariae* Haliday, 1834; *A. microlophii* Pennachio & Tremblay, 1987; *A. urticae* Haliday, 1834; *Binodoxys B. acalephae* (Marshall, 1896); *Diaeretiella, rapae* (McIntosh, 1855); *Praon barbatum* Mackauer, 1967; *P. nonveilleri* Tomanović & Kavallieratos, 2003; *P. volucre* (Haliday, 1833). *Praon barbatum* is new record for Turkish Aphidiinae fauna. In the research area and in all five different habitats, *A. ervi*, *A. matricariae*, *P. barbatum* are found. It has been determined that *A. avenae* is the most limited species in terms of habitat preferences, being found in only one habitat. In terms of the number of species, it has been determined that herbaceous plants, clover fields and fruit gardens are the richest habitats in the region, respectively. When the provinces distributions of determined species were evaluated according to provinces in East Anatolian Region; Elazığ province appears to have the highest number of species which 12 and Erzincan province has the lowest number with 3 species. With this research, new records were added to the Eastern Anatolia Region Aphidiinae fauna, and the number of Turkey Aphidiinae species was increased from 65 to 66.

Keywords: Aphidiinae, Braconidae, Turkey, *Aphidius*, *Binodoxys*, *Diaeretiella*, *Praon*.

1. Giriş

Biyolojik mücadele kapsamında zararlı böceklerle mücadelede parazitoit olan Hymenoptera türleri etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Afıtların parazitoiti olan Aphidiinae alt familyası (Hymenoptera: Braconidae) türleri afıtların mücadelesinde büyük öneme sahiptir. Aphidiinae türleri afıtların koinobiont endoparazitoitleridir. Yani yumurtalarını konukçunun içerisine veya üzerine bırakırlar ve larvalar konukçunun içinde beslenerek gelişir. Parazitoit yumurtasını bıraktıktan sonra konukçu, parazitoit larvası pupa oluncaya kadar, gelişme ve beslenmesine devam eder. Ayrıca Aphidiinae alt familyası bireyleri soliter parazitoitlerdir; konukçularına bir adet yumurta bırakırlar ve konukçuda bir parazitoit gelişmesini tamamlayabilir.

İnsan nüfusunun hızla arttığı, buna bağlı olarak da daha fazla besine ihtiyaç duyulduğu günümüzde, bitki zararlısı böcekleri ve bunların doğal düşmanları ile olan ilişkilerini anlamak büyük önem taşır. Türkiye'de tarımsal ürünlerde ekonomik düzeyde zararlı olan afıtlar ve afıtların doğal düşmanlarından parazitoit Aphidiinae türleri ile ilgili yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır (Avcı ve Özbek, 1991; Özder ve Kılınçer, 1999; Uysal ve ark., 2004; Aslan ve Karaca, 2005; Yücel ve Kıvan, 2018; Kök ve ark., 2020). Aphidiinae faunası ile ilgili ilk detaylı çalışmanın Marmara Bölgesi'nde yapıldığı ve toplam 18 türün saptandığı kayıtlıdır (Çetin Erdoğan ve ark., 2008). Ayrıca Tomanović ve ark. (2008) 8 tür; Çetin Erdoğan ve ark. (2010) Karadeniz Bölgesi'nde 12 tür; Akar ve Çetin Erdoğan (2017) Edirne'den Türkiye Aphidiinae faunası için 7 yeni tür, Çetin Erdoğan ve Akar (2018) Batı Palearktık Bölgesi ve Türkiye Aphidiinae faunası için 1 yeni tür kaydetmişlerdir. Bugüne kadar Türkiye'den toplam 65 Aphidiinae türü tanımlanmıştır. Ancak çalışma sayısının ve kapsadıkları alanların sınırlı olması nedeniyle Türkiye'nin Aphidiinae faunasını ortaya koymak için yapılan çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nin Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinden 1982-2009 yılları arasında toplanmış olan ve Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Entomoloji Müzesi koleksiyonunda korunan örneklerin incelenmesi ile Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) türlerinin tespit edilmesi, Türkiye Braconidae faunasına katkı sağlanması ve afıtların biyolojik mücadelesinde etkili olan Aphidiinae türlerinin tespitiyle biyolojik mücadele çalışmalarına temel oluşturacak verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Toplama Yöntemi

Çalışmanın materyalini Doğu Anadolu Bölgesi'nin Elazığ (Baskil, Karaçavuş, Keban, Yukarıçakmak), Erzincan (Ekşisu, Üzümlü), Malatya (Akçadağ, Battalgazi, Doğanşehir, Yazıhan) ve Tunceli (Merkez, Pertek, Pülümür) illerinde, tarım dışı alanlar ile tarımsal alanlardan (tarla bitkileri ve meyve ağaçları) toplanan Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) türleri oluşturmuştur. Çalışma materyali etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

Örnekler 1982-2009 yılları arasında Aphidiinae alt familyasına ait türlerin erginleri Mayıs- Ağustos ayları arasında atrap yardımı ile ağaç dallarından, otsu ve çalı formundaki bitkilerden toplanmış ve örnekler % 70'lik alkol içeren gliserinli tüplerin içerisinde laboratuvara getirilmiştir (Aydoğdu, 2017). Örneklerin toplandığı tarih ile yerin coğrafik koordinatları ve habitat özellikleri not edilmiştir.

2.2. Preperasyon

Araştırma bölgesinden toplanan örnekler, iğnelere geçirilmiş küçük üçgen etiketler üzerinde tanıma önemli olan morfolojik özellikleri görünecek şekilde düzeltilerek yapılandırılmış ve etiketlenerek teşhis edilmek üzere saklanmıştır.

2.3. Taksonomik İnceleme

Araştırma materyali ile ilgili literatür araştırmasından sonra Türkiye Aphidiinae faunası üzerine yapılmış çalışmaları kapsayan literatür esas alınarak türler tespit edilmiş (Tomanović ve ark., 2008; Çetin Erdoğan ve ark., 2010; Yu ve ark., 2016., Akar ve Çetin Erdoğan, 2017; Ghaliow ve ark., 2018), faunistik ve taksonomik açıdan değerlendirilmiştir. Aphidiinae altfamilyasının tür teşhis anahtarları dışı birey karakterlerine göre oluşturulmuş olduğu için incelenen materyal içinde dışı bireyler yer almaktadır. Örneklerin teşhislerinde Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Entomoloji Müzesi koleksiyonunda bulunan karşılaştırma materyalinden de yararlanılmıştır.

Araştırma materyalinin toplandığı lokalite, tarih, koordinat, yükseklik ve habitat bilgileri çizelge şeklinde verilmiştir (Tablo 1). Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinde örnekleme yapılan lokaliteler sırasıyla Şekil 1, 2,

3 ve 4'te gösterilmiştir.

Tablo 1. Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinde örnekleme yapılan lokaliteler, koordinatlar, yükseklikler (H), habitatlar ve tarihler

Table 1. Sampling localities, coordinates, altitudes (H), habitats and dates in Elazig, Erzincan, Malatya and Tunceli provinces

Lok. No	Lokalite	Koordinat	H (m)	Habitat	Tarih
1	Elazığ-Baskil-Canbeyler	38°33'24"N 38°49'00"E	1116	Otsu bitkiler	03.06.2007
2	Elazığ-Baskil-Hacimustafa Köyü	38°38'36"N 38°51'05"E	1407	Otsu bitkiler	08.08.1982 23.05.1985
3	Elazığ-Baskil-Hacimustafa Köyü	38°38'36"N 38°51'10"E	1412	Otsu bitkiler Yonca tarlası	08.08.1990 23.07.1993
4	Elazığ-Baskil-Hacimustafa Köyü	38°38'34"N 38°51'07"E	1436	Otsu bitkiler Yonca tarlası	03.06.2007 04.06.2007
5	Elazığ-Baskil-Kuran	38°32'49"N 38°36'56"E	1194	Meyve bahçesi	10.06.2008
6	Elazığ-Baskil-Topalkent	38°28'15"N 38°50'46"E	903	Otsu bitkiler	03.06.2007
7	Elazığ-Baskil-Yalındam	38°34'26"N 38°43'55"E	1400	Meyve bahçesi	10.06.2008
8	Elazığ-Karaçavuş	38°40'36"N 38°56'08"E	1424	Ekin tarlası kenarı	12.06.2008
9	Elazığ-Keban-Aşürgen	38°40'47"N 38°50'54"E	1213	Otsu bitkiler	04.06.2007
10	Elazığ-Keban-Ulupınar	38°44'01"N 38°49'49"E	1025	Meyve bahçesi	03.06.2007 11.06.2008
11	Elazığ-Keban-Ulupınar	38°44'59"N 38°51'57"E	1229	Meyve bahçesi Otsu bitkiler	11.06.2008
12	Elazığ-Yukarıçakmak	38°43'03"N 38°54'31"E	1286	Otsu bitkiler	11.06.2008
13	Erzincan-Ekşisu	39°44'10"N 39°36'45"E	1164	Kavaklık, söğütlük	15.06.2008 23.08.2008
14	Erzincan-Üzümlü-Demirpınar	39°37'38"N 39°47'34"E	1200	Kavaklık, söğütlük Otsu bitkiler	24.08.2008
15	Erzincan-Üzümlü-Geyikli	39°43'17"N 39°38'30"E	1191	Ekin tarlası kenarı Otsu bitkiler Meyve bahçesi	15.06.2008
16	Erzincan-Üzümlü-Geyikli	39°43'36"N 39°40'00"E	1391	Otsu bitkiler Yonca tarlası	15.06.2008
17	Malatya-Akçadağ-Kürecik	38°20'49"N 37°46'10"E	1749	Otsu bitkiler	23.06.2009
18	Malatya-Battalgazi	38°27'50"N 38°25'14"E	707	Meyve bahçesi	10.06.2008
19	Malatya-Çiftlik	38°20'01"N 38°27'31"E	909	Ekin tarlası kenarı	03.06.2007
20	Malatya-Doğanşehir-Reşadiye	37°59'01"N 38°00'50"E	1346	Kavaklık, söğütlük	02.06.2007 10.06.2008
21	Malatya-Doğanşehir-Takaz	38°00'35"N 37°59'28"E	1286	Meyve bahçesi Otsu bitkiler	02.06.2007 14.07.2007 08.06.2008
22	Malatya-Yazıhan-Sürür Köyü	38°31'56"N 38°15'13"E	710	Kavaklık, söğütlük	09.06.2008
23	Tunceli-Marçik	39°08'25"N 39°38'12"E	938	Ekin tarlası kenarı	14.06.2008
24	Tunceli-Merkez-Aktuluk Köyü	39°02'29"N 39°30'25"E	941	Meyve bahçesi	27.08.2008
25	Tunceli-Pertek	38°51'37"N 38°17'56"E	914	Meyve bahçesi	13.06.2008
26	Tunceli -Pülümür-Kangallı	39°27'10"N 39°51'43"E	1343	Otsu bitkiler	27.08.2008

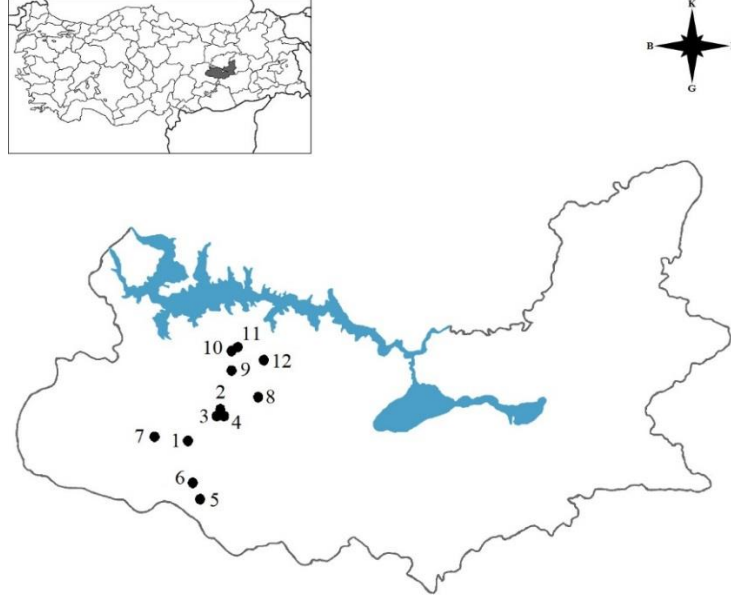


Figure 1. Sampling areas in Elazığ province

Şekil 1. Elazığ ilindeki örnekleme alanları



Figure 2. Sampling areas in Erzincan province

Şekil 2. Erzincan ilindeki örnekleme alanları

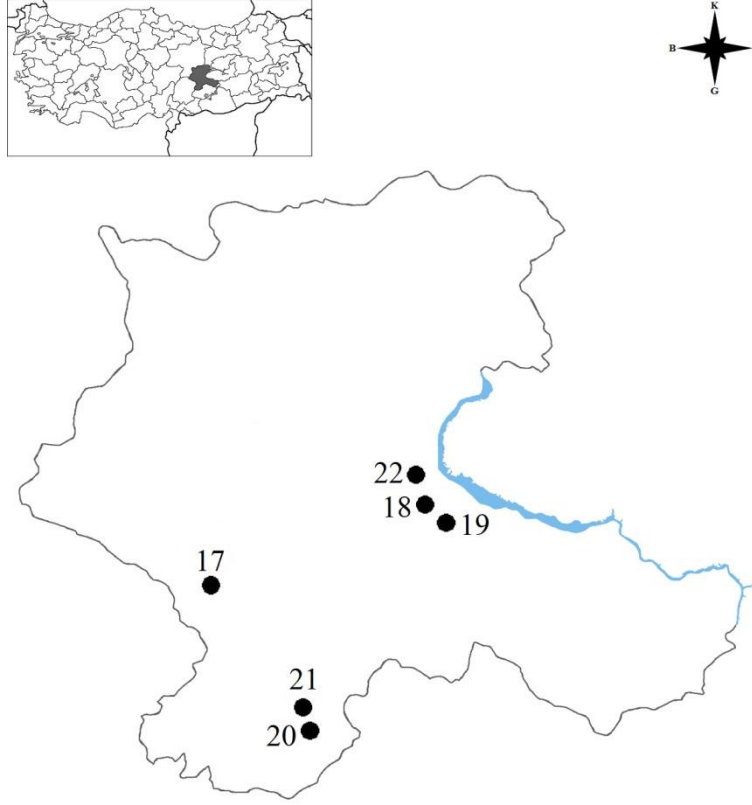


Figure 3. Sampling areas in Malatya province

Şekil 3. Malatya ilindeki örnekleme alanları

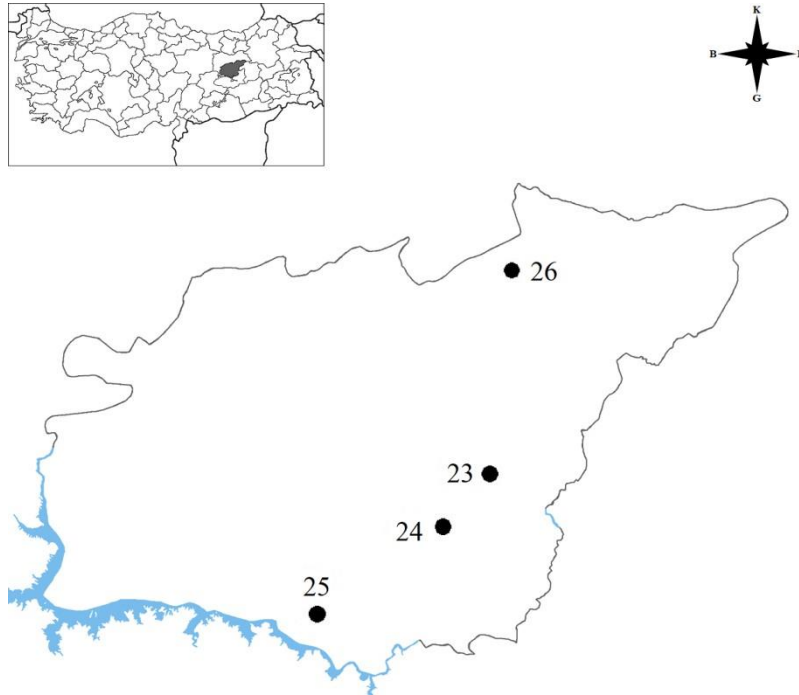


Figure 4. Sampling areas in Tunceli province

Şekil 4. Tunceli ilindeki örnekleme alanları

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada 4 cins'e ait (*Aphidius* Nees, 1819; *Binodoxys* Mackauer, 1960; *Diaeretiella* Starý, 1960; *Praon* Haliday, 1833) toplam 13 tür saptanmıştır. Tespit edilen türlerle ilgili lokalite bilgisi, toplama tarihleri, toplanan örneklerin sayısı ve cinsiyeti, türlerin zoocoğrafik ve Türkiye dağılımları ile ilgili bilgilere aşağıda sırasıyla yer verilmiştir.

Aphidius Nees, 1819

Aphidius (Aphidius) avenae Haliday, 1834

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 08.08.1982, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Paleartik, Doğu Paleartik, Nearktik, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Bursa (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Çankırı, Kastamonu, Ordu, Tokat (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Erzincan, Gümüşhane (Alaserhat, 2015), Edirne (Akar ve Çetin Erdoğan, 2017).

Aphidius (Aphidius) colemani Viereck, 1912

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 04.06.2007, ♀; Malatya-Doğanşehir-Reşadiye, 02.06.2007, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Afrotropikal, Batı Paleartik, Doğu Paleartik, Nearktik, Neotropikal, Okyanusya, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

İzmir (Erkin, 1983; Gücük ve Yoldaş, 2000; Günçan ve ark., 2006; Günçan ve ark., 2010; Yoldaş ve ark., 2011), Ankara (Güz, 2003), Diyarbakır (Ölmez ve Ulusoy, 2003; Bayram ve ark., 2018), Kahramanmaraş (Aslan ve ark., 2004), Edirne (Çetin Erdoğan ve ark., 2008) Adapazarı, Bilecik, Bursa, İzmit, Tekirdağ (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Amasya, Gümüşhane, Ordu, Sinop, Tokat (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Antalya (Güleç, 2011; Saraç, 2014), Erzurum (Narmanlıoğlu, 2013), Adana, Hatay, Mersin, Osmaniye, (Satar ve ark., 2014), Aydın (Karakaya, 2014), Çanakkale (Kök ve ark., 2017; Akar ve Çetin Erdoğan, 2017), Şanlıurfa (Bayram ve ark., 2018).

Aphidius (Aphidius) eadyi Starý, González & Hall, 1980

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 08.08.1990, 3♀♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Paleartik, Doğu Paleartik, Okyanusya.

Türkiye'deki Dağılımı:

Diyarbakır (Ölmez ve Ulusoy, 2003), Balıkesir (Ayyıldız ve Atlıhan, 2006), Bursa (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Erzincan, Gümüşhane (Alaserhat, 2015), Edirne (Akar ve Çetin Erdoğan, 2017).

Aphidius (Aphidius) ervi Haliday, 1834

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Canbeyler, 03.06.2007, ♀; Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 08.08.1990, 5♀♀, 03.06.2007, 5♀♀; Elazığ-Baskil-Topalkent, 03.06.2007, ♀; Elazığ-Keban-Ulupınar, 11.06.2008, ♀; Elazığ-Yukarıçakmak, 11.06.2008, ♀; Erzincan-Ekşisu, 23.08.2008, ♀; Erzincan-Üzümlü-Demirpınar, 24.08.2008, 6♀♀; Erzincan-Üzümlü-Geyikli, 15.06.2008, 8♀♀; Malatya-Battalgazi, 10.06.2008, 5♀♀; Malatya-Çiftlik, 03.06.2007, ♀; Tunceli-Pülümür-Kangallı, 27.08.2008, 2♀♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Afrotropikal, Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Nearktik, Neotropikal, Okyanusya, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Adana (Uygun ve Özgür, 1980; Zeren ve Düzgüneş, 1983), Mersin (Uygun ve Özgür, 1980), Edirne (Çetin Erdoğan ve ark., 2008; Akar ve Çetin Erdoğan, 2017), Konya (Elmalı, 1993), Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Tekirdağ (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Amasya, Bayburt, Çorum, Kastamonu, Ordu, Samsun, Sinop, Tokat (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Erzurum (Narmanlıoğlu, 2013), Diyarbakır, Şanlıurfa (Bayram ve ark., 2018),

Aphidius (Aphidius) matricariae Haliday, 1834

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 04.06.2007, 5♀; Erzincan-Ekşisu, 15.06.2008, 2♀; Erzincan-Üzümlü-Geyikli, 15.06.2008, 9♀; Malatya-Doğanşehir-Reşadiye, 10.06.2008, ♀; Tunceli-Pertek, 13.06.2008, ♀; Tunceli-Pülümür-Kangallı, 27.08.2008, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Afrotropikal, Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Nearktik, Neotropikal, Okyanusya, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

İzmir (Erkin, 1983; Yaşarakıncı ve Hıncal, 1997; Yaşarakıncı ve Hıncal, 2000b; Güncan ve ark., 2010), Diyarbakır (Ölmez ve Ulusoy, 2003; Bayram ve ark., 2018), Kahramanmaraş (Aslan ve ark., 2004), Edirne (Çetin Erdoğan ve ark., 2008; Akar ve Çetin Erdoğan, 2017; Tek ve Okyar, 2018), Isparta (Aslan, 2004; Aslan ve Karaca, 2005), Balıkesir (Ayyıldız ve Atlıhan, 2006), Iğdır (Daşcı ve Güçlü, 2008), Çorum (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Mersin (Yanpar, 2013; Satar ve ark., 2014), Adana, Hatay, Osmaniye, (Satar ve ark., 2014), Adapazarı, Bilecik, Bursa, İzmit (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Antalya (Güleç, 2011), Aydın (Karakaya, 2014; Kaya Apak ve Akşit, 2016), Burdur (Aslan, 2015), Çanakkale (Kök ve ark., 2017), Kayseri (Öztürk ve Muştı, 2017), Şanlıurfa (Bayram ve ark., 2018).

Aphidius (Aphidius) microlophii Pennachio & Tremblay, 1987

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 23.07.1993, ♀; Elazığ-Baskil-Topalkent, 03.06.2007, ♀; Elazığ-Keban-Aşürgen, 04.06.2007, ♀; Malatya-Akçadağ-Kürecik, 23.06.2009, ♀; Malatya-Battalgazi, 10.06.2008, 2♀♀; Malatya-Doğanşehir-Reşadiye, 02.06.2007, ♀; Malatya-Doğanşehir-Takaz, 08.06.2008, ♀; Malatya-Yazihan-Sürür Köyü, 09.06.2008, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik.

Türkiye'deki Dağılımı:

Edirne (Akar ve Çetin Erdoğan, 2017).

Aphidius (Aphidius) urticae Haliday, 1834

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 08.08.1982, 2♀♀, 03.06.2007, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Nearktik, Okyanusya, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Bursa, Erzurum, Samsun, Sinop, Kastamonu, Tekirdağ, Edirne (Tomanović ve ark., 2008; Akar ve Çetin Erdoğan, 2017), Kayseri (Öztürk ve Muştı, 2017).

Binodoxys Mackauer, 1960

Binodoxys acalephae* (Marshall, 1896)*İncelenen Materyal:**

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 23.05.1985, ♀, 23.07.1993, 2♀♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Nearktik, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Ankara (Güz, 2003), Diyarbakır (Ölmez ve Ulusoy, 2003; Bayram ve ark., 2018), Antalya (Güleç, 2011), Erzincan, Gümüşhane (Alaserhat, 2015), Çanakkale (Kök ve ark., 2017), Edirne (Akar ve Çetin Erdoğan, 2017), Şanlıurfa (Bayram ve ark., 2018).

Diaeretiella* Starý, 1960**Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855)****İncelenen Materyal:**

Malatya-Battalgazi, 10.06.2008, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Afrotropikal, Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Nearktik, Neotropikal, Okyanusya, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Ankara (Kılınçer, 1982; Güz, 2003), İzmir (Erkin, 1983; Yaşarakıncı ve Hıncal, 2000a; Yaşarakıncı ve Hıncal, 2000b; Güncan ve ark., 2010), Mersin (Zeren ve Düzgüneş, 1983; Satar ve ark., 2014), Erzurum (Avcı ve Özbek, 1991), Konya (Elmalı, 1993), Tekirdağ (Özder ve Kılınçer, 1999), Diyarbakır (Ölmez ve Ulusoy, 2003; Bayram ve ark., 2018), Kahramanmaraş (Aslan ve ark., 2004), Edirne (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Antalya (Güleç, 2011), Adana, Hatay, Osmaniye, (Satar ve ark., 2014), Burdur (Aslan, 2015), Akar ve Çetin Erdoğan, 2017), Şanlıurfa (Bayram ve ark., 2018).

Praon Haliday, 1833***Praon barbatum* Mackauer, 1967****İncelenen Materyal:**

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 04.06.2007, 9♀♀; Elazığ-Keban-Aşürgen, 04.06.2007, 4♀♀; Malatya-Battalgazi, 10.06.2008, ♀; Malatya-Çiftlik, 03.06.2007, ♀; Malatya-Doğanşehir-Reşadiye, 02.06.2007, ♀; Malatya-Doğanşehir-Takaz, 02.06.2007, ♀, 14.07.2007, ♀; Tunceli-Merkez-Aktuluk Köyü, 27.08.2008, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı: Bu tür Türkiye Aphidiinae faunası için yeni kayıttır.

Praon nonveilleri* Tomanović & Kavallieratos, 2003*İncelenen Materyal:**

Elazığ-Keban-Aşürgen, 04.06.2007, ♀; Elazığ-Keban-Ulupınar, 03.06.2007, ♀; Malatya-Çiftlik, 03.06.2007, ♀; Tunceli-Pülümür-Kangallı, 27.08.2008, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik.

Türkiye'deki Dağılımı:

Edirne (Akar ve Çetin Erdoğan, 2017).

***Praon volucre* (Haliday, 1833)**

İncelenen Materyal:

Elazığ-Baskil-Hacımustafa Köyü, 04.06.2007, 4♀♀; Elazığ-Baskil-Kuran, 10.06.2008, ♀; Elazığ-Baskil-Yalındam, 10.06.2008, ♀; Elazığ-Karaçavuş, 12.06.2008, 3♀; Elazığ-Keban-Ulupınar, 11.06.2008, ♀; Erzincan-Üzümlü-Geyikli, 15.06.2008, 2♀♀; Malatya-Battalgazi, 10.06.2008, ♀; Malatya-Çiftlik, 03.06.2007, 2♀♀; Tunceli-Marçik, 14.06.2008, ♀; Tunceli-Pülümür-Kangallı, 27.08.2008, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Neotropikal, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Adana, Mersin (Zeren ve Düzgüneş, 1983; Satar ve ark., 2014), Ankara (Kılınçer, 1982; Güz, 2003), Tekirdağ (Özder, 1998; Özder ve Kılınçer, 1999; Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Amasya, Bolu (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Diyarbakır (Ölmez ve Ulusoy, 2003; Bayram ve ark., 2018), Isparta (Aslan, 2004; Aslan ve Karaca, 2005; Demirözer ve Karaca, 2014), Balıkesir (Ayyıldız ve Atlıhan, 2006), Erzurum (Kavaz, 2006; Narmanlıoğlu ve Güçlü, 2008; Narmanlıoğlu, 2013; Güçlü ve ark., 2015), Bilecik, Bursa, Çanakkale (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Iğdır (Daşcı ve Güçlü, 2008), Edirne (Çetin Erdoğan ve ark., 2008; Akar ve Çetin Erdoğan, 2017; Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Gümüşhane (Çetin Erdoğan ve ark., 2010; Alaserhat, 2015), Ordu, Samsun, Tokat (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Antalya (Güleç, 2011), Hatay, Osmaniye (Satar ve ark., 2014), Burdur (Aslan, 2015), Erzincan (Alaserhat, 2015; Alaserhat ve Canbay, 2017), Kayseri (Öztürk ve Muştı, 2017), Şanlıurfa (Bayram ve ark., 2018),

Praon yomenae* Takada, 1968*İncelenen Materyal:**

Elazığ-Baskil-Kuran, 10.06.2008, ♀; Elazığ-Yukarıçakmak, 11.06.2008, ♀; Malatya-Doğanşehir-Takaz, 02.06.2007, ♀.

Zoocoğrafik Dağılımı:

Batı Palearktik, Doğu Palearktik, Oriental.

Türkiye'deki Dağılımı:

Bilecik, Bursa (Çetin Erdoğan ve ark., 2008), Tokat (Çetin Erdoğan ve ark., 2010), Edirne (Akar ve Çetin Erdoğan, 2017),

Araştırma bölgesinde saptanan türlerin toplanan birey sayısına göre dağılımları Şekil 5'te verilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda 26 lokaliteden 37 örnek ile *A. ervi* konukçu afit tür sayısının fazla olması ve ekolojik toleranslarının yüksek olması sebebiyle en çok birey sayısına sahip tür olarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında *A. avenae* ve *D. rapae* türlerinden ise sadece birer örnek elde edilmiştir.

Türlerin zoocoğrafik bölgelere göre dağılımlarına bakıldığında (Tablo 2) *A. colemani*; *A. ervi*; *A. matricariae* ve *D. rapae* türlerinin bütün zoocoğrafik bölgelerde bulunabildiği saptanmıştır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Batı Palearktik Bölgesi'nde ise bu çalışmada saptanan 13 türün tümünün bulunduğu görülmektedir.

Araştırma alanı olan Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinde tespit edilen türler illere göre değerlendirildiğinde (Tablo 3) *A. ervi*; *A. matricariae* ve *P. volucre*'nin illerin tümünde bulunduğu belirlenmiştir. *A. avenae*; *A. eadyi*; *A. urticae* ve *B. aculephae* sadece Elazığ ilinde; *D. rapae* ise sadece Malatya ilinde saptanmıştır.

Aphidius cinsi geniş bir dağılıma sahip ve çok sayıda tür içeren büyük bir gruptur. Yapılan araştırma sonucunda bu cinse ait 7 tür (*A. avenae*; *A. colemani*; *A. eadyi*; *A. ervi*; *A. matricariae*; *A. microlophii*; *A. urticae*) saptanmıştır.

Binodoxys cinsi geniş zoocoğrafik dağılıma sahiptir. Türkiye'de de kaydı bilinen bir cinstir. Bu çalışmada sadece *B. aculephae* Elazığ ilinde saptanmıştır. Türün Erzincan ilinde daha önce yapılan bir çalışmada (Alaserhat, 2015) kaydı bulunmaktadır.

Bu çalışmada *Diaeretiella* cinsine ait *D. rapae* sadece Malatya ilinde saptanmıştır.

Araştırma bölgesinde *Praon* cinsine ait 4 tür (*P. barbatum*; *P. nonveilleri*; *P. volucre*; *P. yomenae*) saptanmıştır. *P. barbatum* Türkiye için yeni kayıttır. Elazığ (13 adet), Malatya (5 adet) ve Tunceli (1 adet) illerinden toplam 19 adet örnek elde edilmiştir.

Çalışmada tespit edilen Aphidiinae türlerinin habitatlara göre dağılımları *Tablo 4*'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde *A. ervi*; *A. matricariae* ve *P. barbatum* türlerinin incelenen habitatların tümünde bulunduğu görülmektedir. *A. avenae* sadece otsu bitkilerde; *D. rapae* türüne ise sadece meyve bahçesinde bulunmuştur.

Literatürde *A. avenae*; *A. eadyi*; *B. acalephae* (Alaserhat, 2015) ve *P. volucre* (Alaserhat, 2015; Alaserhat ve Canbay, 2017) türlerinin daha önce Erzincan ilinde saptandığı kayıtlıdır.

Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinde tespit edilen birey sayıları *Şekil 6*'da verilmiştir. Buna göre Elazığ ilinde 60, Erzincan ilinde 28, Malatya ilinde 25 ve Tunceli ilinde 8 birey olmak üzere toplam 121 birey incelenmiştir.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nin Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinin Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) faunası taksonomik ve faunistik yönden değerlendirilmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda 1'i Türkiye için yeni kayıt olmak üzere 4 cinsine ait toplam 13 tür tespit edilmiştir.

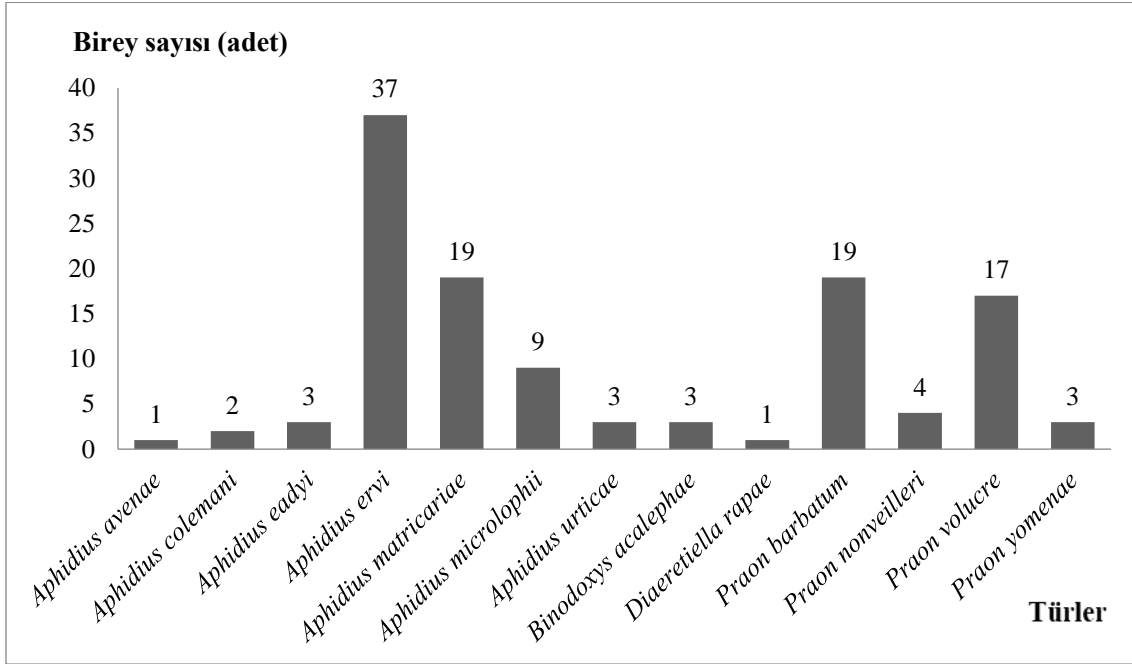


Figure 5. Distribution of the species in Elazığ, Erzincan, Malatya and Tunceli provinces according to the number of individuals collected

Şekil 5. Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinde saptanan türlerin toplanan birey sayısına göre dağılımları

Tablo 2. Elde edilen Aphidiinae türlerinin zoocoğrafik bölgelere göre dağılımları

Table 2. Distribution of Aphidiinae species according to zoogeographic regions

Zoocoğrafik Bölgeler	Türler						
	Afrotropikal	Batı Palearktik	Doğu Palearktik	Neartik	Neotropikal	Okyanusya	Oriental
<i>Aphidius avenae</i> Haliday, 1834		•	•	•			•
<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912	•	•	•	•	•	•	•
<i>Aphidius eadyi</i> Starý, González & Hall, 1980		•	•			•	
<i>Aphidius ervi</i> Haliday, 1834	•	•	•	•	•	•	•
<i>Aphidius matricariae</i> Haliday, 1834	•	•	•	•	•	•	•
<i>Aphidius microlophii</i> Pennachio & Tremblay, 1987		•					
<i>Aphidius urticae</i> Haliday, 1834		•	•	•		•	•
<i>Binodoxys acalephae</i> (Marshall, 1896)		•	•	•			•
<i>Diaeretiella rapae</i> (McIntosh, 1855)	•	•	•	•	•	•	•
<i>Praon barbatum</i> Mackauer, 1967		•	•				•
<i>Praon nonveilleri</i> Tomanović & Kavallieratos, 2003		•					
<i>Praon volucre</i> Haliday, 1833		•	•		•		•
<i>Praon yomenae</i> Takada, 1968		•	•				•

Tablo 3. Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinde tespit edilen türler

Table 3. Distribution of Aphidiinae species according to Elazığ, Erzincan, Malatya and Tunceli provinces

Türler	İller	Elazığ				Erzincan		Malatya		Tunceli	
		Elazığ	Erzincan	Malatya	Tunceli	Elazığ	Erzincan	Malatya	Tunceli		
<i>Aphidius avenae</i> Haliday, 1834		•									
<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912		•		•							
<i>Aphidius eadyi</i> Starý, González & Hall, 1980		•									
<i>Aphidius ervi</i> Haliday, 1834		•	•	•	•						
<i>Aphidius matricariae</i> Haliday, 1834		•	•	•	•						
<i>Aphidius microlophii</i> Pennachio & Tremblay, 1987		•		•							
<i>Aphidius urticae</i> Haliday, 1834		•									
<i>Binodoxys acalephae</i> (Marshall, 1896)		•									
<i>Diaeretiella rapae</i> (McIntosh, 1855)				•							
<i>Praon barbatum</i> Mackauer, 1967		•		•	•						
<i>Praon nonveilleri</i> Tomanović & Kavallieratos, 2003		•		•	•						
<i>Praon volucre</i> Haliday, 1833		•	•	•	•						
<i>Praon yomenae</i> Takada, 1968		•		•							

Tablo 4. Tespit edilen türlerin habitatlara göre dağılımları

Table 4. Distribution of Aphidiinae species according to habitats

Habitatlar	Ekin Tarlası Kenarı	Kavaklık Söğütlük	Meyve Bahçesi	Otsu Bitkiler	Yonca Tarlası
<i>Aphidius avenae</i> Haliday, 1834				•	
<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912		•			•
<i>Aphidius eadyi</i> Starý, González & Hall, 1980				•	•
<i>Aphidius ervi</i> Haliday, 1834	•	•	•	•	•
<i>Aphidius matricariae</i> Haliday, 1834	•	•	•	•	•
<i>Aphidius microlophii</i> Pennachio & Tremblay, 1987		•	•	•	•
<i>Aphidius urticae</i> Haliday, 1834				•	•
<i>Binodoxys acalephae</i> (Marshall, 1896)				•	•
<i>Diaeretiella rapae</i> (McIntosh, 1855)			•		
<i>Praon barbatum</i> Mackauer, 1967	•	•	•	•	•
<i>Praon nonveilleri</i> Tomanović & Kavallieratos, 2003	•		•	•	
<i>Praon volucre</i> Haliday, 1833	•		•	•	•
<i>Praon yomenae</i> Takada, 1968			•	•	

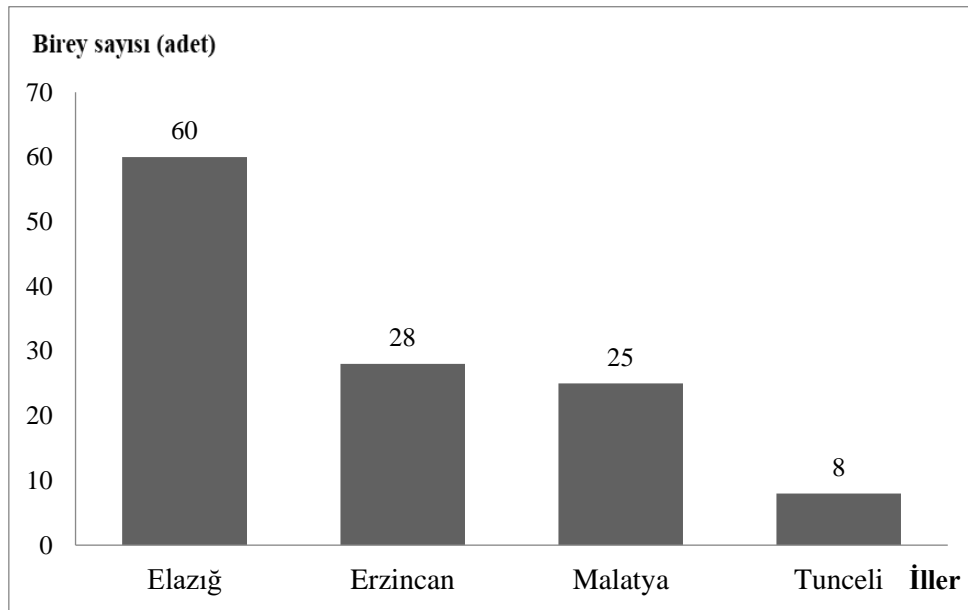


Figure 6. The number of individuals belonging to the Aphidiinae obtained from the provinces of Elazığ, Erzincan, Malatya and Tunceli

Şekil 6. Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinden elde edilen Aphidiinae altfamilyasına ait birey sayıları

4. Sonuç

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Elazığ, Erzincan, Malatya ve Tunceli illerinin Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) faunasını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada 1982-2009 yılları arasında 26 lokaliteden toplanmış olan 121 örnek incelenmiştir. Sonuçta 4 cinse ait (*Aphidius*; *Binodoxys*; *Diaeretiella*; *Praon*) 13 tür saptanmıştır.

Araştırma bölgesinde saptanan 13 türün 7'si *Aphidius* (*A. avenae*; *A. colemani*; *A. eadyi*; *A. ervi*; *A. matricariae*; *A. microlophii*; *A. urticae*, 1'i *Binodoxys* (*B. acalephae*), 1'i *Diaeretiella* (*D. rapae*), 4'ü *Praon* (*P. barbatum*; *P. nonveilleri*; *P. volucre*; *P. yomenae*) cinsine aittir. Bu türlerden *P. barbatum* Türkiye Aphidiinae faunası için yeni kayıttır.

Çalışma sonucunda Türkiye Braconidae faunasına katkıda bulunulmuş, özellikle afitlerin parazitoiti olan ve biyolojik kontrolde rol oynayan Aphidiinae türlerinin tespitiyle biyolojik mücadeleye çalışmalarına temel oluşturan parazitoit tür listelerine Doğu Anadolu Bölgesi'nden de yeni türler ilave edilmiş, Türkiye Aphidiinae tür sayısı 65'ten 66'ya çıkarılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmanın 2007-2009 yılları arasında toplanan materyali TÜBİTAK-106T588 no'lu proje desteği ile elde edilmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Makale birinci yazarın 08.07.2021 tarihinde kabul edilen yüksek lisans tez çalışmasından hazırlanmıştır.

Kaynakça

- Akar, S. and Çetin Erdoğan, Ö. (2017). Contributions to Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) fauna of Turkey with new records. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 18(2): 89-96.
- Alaserhat, İ. (2015). *Erzincan ve Gümüşhane İllerinde Yetiştirilen Ilman İklim Meyve Türlerinde Bulunan Aphididae (Hemiptera) Türleri, Yoğunlukları, Doğal Düşmanları ve Sekonder Konukçularının Belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Erzurum.
- Alaserhat, İ. and Canbay, A. (2017). Aphididae species, their parasitoids, predators, and parasitism rates on pepper (*Capsicum annuum* L.). *Entomological News*, 127(1): 36-50.
- Aslan, B. (2004). *Isparta İli ve İlçelerinde Meyve Ağaçlarında Zararlı Yaprakbiti (Homoptera: Aphidoidea) Türleri ve Doğal Düşmanları Üzerinde Çalışmalar*. (Yüksek Lisans Tezi) Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Isparta.
- Aslan, B. (2015). Survey of the predatory and parasitoid species-complex of aphids (Hemiptera: Aphididae) at fruit growing areas in Burdur, Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(1): 261-265.
- Aslan, B. and Karaca, İ. (2005). Fruit tree aphids and their natural enemies in Isparta region, Turkey. *Journal of Pest Science*, 78: 227-229.
- Aslan, M. M., Uygun, N. and Starý, P. (2004). A Survey of aphid parasitoids in Kahramanmaraş, Turkey (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae; and Hymenoptera: Aphelinidae). *Phytoparasitica*, 32(3): 255-263.
- Avcı, Ü. ve Özbek, H. (1991). Erzurum'da lahana yaprakbiti (*Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera, Aphididae))'nin doğal düşmanları üzerinde bir araştırma. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 15(1): 37-41.
- Aydoğdu, M. (2017). İç Anadolu Bölgesi Chelonus Panzer, 1806 (Hymenoptera, Braconidae, Cheloninae) faunası üzerine taksonomik bir araştırma. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14 (2): 64-70.
- Ayyıldız, Y. ve Atlıhan, R. (2006). Balıkesir ili sebze alanlarında görülen yaprakbiti türleri ve doğal düşmanları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(1): 1-5.
- Bayram, Y., Özdemir, I., Ateş, E., Tomanović, Ž., Bükün, B. and Mutlu, Ç. (2018). Secondary host changing between aphids (Hemiptera: Aphididae) and their parasitoids in wheat fields of Southeast Anatolian Region. *Munis Entomology & Zoology*, 13(1): 309-317.
- Çetin Erdoğan, Ö. ve Akar, S. (2018). Batı Palaearktik Bölgesi için yeni bir kayıt, *Adialytus veronicaecola* (Starý, 1978) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Bitki Koruma Bülteni*, 58(4): 231-234.
- Çetin Erdoğan, Ö., Tomanović, Ž. and Beyarslan, A. (2008). New aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in the Region of Marmara, Turkey. *Acta Entomologica Serbica*, 13(1/2): 85-88.
- Çetin Erdoğan, Ö., Tomanović, Ž. and Beyarslan, A. (2010). New distributional records on the subfamily Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) in Black Sea Region, Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 42(1): 613-616.
- Daşcı, E. ve Güçlü, Ş. (2008). Iğdır Ovasında meyve ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1): 71-73.
- Demirözer, O. ve Karaca, İ. (2014). Isparta ili yağ gülü (*Rosa damascena* Miller) üretim alanlarında bulunan avcı ve parazitoit türler ve yayılışı. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(3): 171-184.
- Elmalı, M. (1993). *Konya ilinde buğdaylarda zarar yapan yaprak bitki türleri ve faydalı faunanın tesbiti ile en yaygın türün biyoekolojisi üzerinde araştırmalar*. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Ankara.
- Erkin, E. (1983). Investigations on the hosts, distribution and efficiency of the natural enemies of the family Aphididae (Homoptera) harmful to pome and stone fruit trees in İzmir Province of Aegean Region. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7: 29-49.
- Ghaliow, M., Petrović, A., Kocić, K., Čkrkić, J., Bogdanović, A., Sary, P., Kavallieratos, N. and Tomanović, Ž. (2018). Key for identification of the parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of aphids infesting alfalfa in Europe. *Zootaxa*, 4378(1): 98.
- Güçük, M. ve Yoldaş, Z. (2000). *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae)'nin parazitoiti, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae)'nin bazı biyolojik özellikleri üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 24(2): 143-152.
- Güçlü, Ş., Kavaz, H., Güçlü, C. and Özdemir, I. (2015). Aphids (Hemiptera: Aphididae) and their parasitoids on ornamental trees and shrubs in Erzurum, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 39(1): 3-9.
- Güleç, G. (2011). *Antalya şehri park alanlarında Aphidoidea (Hemiptera) türlerinin saptanması ve doğal düşmanlarının belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Ankara.
- Güncan, A., Madanlar, N., Yoldaş, Z., Ersin, F. and Tüzel, Y. (2006). Pest status of organic cucumber production under greenhouse conditions in İzmir (Turkey). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 30(3): 183-193.
- Güncan, A., Yoldaş, Z. ve Madanlar, N. (2010). İzmir'de seftali bahçelerinde bulunan yaprakbiti (Hemiptera: Aphididae) türleri ve doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34(3): 399-408.
- Güz, N. (2003). *Ankara ilinde otsu bitkilerdeki Aphidoidea (Homoptera) türlerinin parazitoitlerinin saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Ankara.

- Karakaya, İ. S. (2014). *Aydın ilinde yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçlarında zararlı yaprakbiti (Hemiptera: Aphidoidea) türleri ile parazitoit ve predatörlerinin saptanması.* (Yüksek Lisans Tezi) Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Aydın.
- Kavaz, H. (2006). *Erzurum Atatürk Üniversitesi Kampusunda ağaç ve çalı formundaki bitkilerde bulunan afit türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları.* (Yüksek Lisans Tezi) Atatürk Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kaya Apak, F. and Akşit, T. (2016). Natural enemies and population dynamics of the blackmargined aphid (*Monellia caryella* (Fitch) Aphididae, Hemiptera) on pecan trees in Aydın, Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 18(3): 49-60.
- Kılınçer, N. (1982). Ankara'da lahanaya yaprak biti (*Brevicoryne brassicae* (L.) Homoptera: Aphididae)'nin parazit kompleksi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(1), 1-12.
- Kök, Ş., Tomanović, Ž., Şenal, D., Baştuğ, G. and Kasap, İ. (2017). Aphidophagous coccinellid and parasitoid species determined in the Çanakkale province with a new record for the parasitoid fauna of Turkey. *Bitki Koruma Bülteni*, 57(4): 485-502.
- Kök, Ş., Tomanović, Ž., Nedeljković, Z., Şenal, D. and Kasap, İ. (2020). Biodiversity of the natural enemies of aphids (Hemiptera: Aphididae) in Northwest Turkey. *Phytoparasitica*, 48: 51-61.
- Narmanlıoğlu, H. K. (2013). *Yukarı Çoruh Vadisi'nde yetiştirilen ılıman iklim meyvelerindeki Aphididae (Hemiptera) türleri ve bunların doğal düşmanları.* (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Erzurum.
- Narmanlıoğlu, H. K. ve Güçlü, Ş. (2008). İspir (Erzurum) ilçesi'nde meyve ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2), 225-229.
- Ölmez, S. and Ulusoy, M. R. (2003). A Survey of aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Diyarbakır, Turkey. *Phytoparasitica*, 31(5): 524-528.
- Özder, N. (1998). Tekirdağ ili ve çevresinde ayçiçeği üretim alanlarında görülen zararlı ve faydalı böcekler üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 22(3): 207-216.
- Özder, N. ve Kılınçer, N. (1999). Tekirdağ ilinde lahanalarda zararlı-doğal düşman kompleksi üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23(1): 27-37.
- Öztürk, D. Ö. ve Muştu, M. (2017). Kayseri'nin merkez ilçelerinde süs bitkilerinde bulunan yaprakbiti (Hemiptera: Aphididae) türleri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 7 (4): 277-292.
- Saraç, I. (2014). *Antalya ili turuncgil bahçelerinde yaprakbiti türleri, avcı ve asalaklarının saptanması.* (Yüksek Lisans Tezi) Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Isparta.
- Satar, S., Satar, G., Karacaoğlu, M., Uygun, N., Kavallieratos, N. G., Starý, P. and Athanassiou, C. G. (2014). Parasitoids and Hyperparasitoids (Hymenoptera) on aphids (Hemiptera) infesting citrus in East Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Insect Science*, 14(178): 1-6.
- Tek, S. E. and Okyar, Z. (2018). A contribution to the knowledge of parasitoids of insects associated with *Rosaceae* species from Edirne Province, European Turkey. *Acta Biologica Turcica*. 31(3): 86-101.
- Tomanović, Ž., Beyarslan, A., Çetin Erdoğan, Ö. and Žikić, V. (2008). New records of aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) from Turkey. *Periodicum Biologorum*, 110 (4): 335-338.
- Uygun, N. ve Özgür, F. (1980). İçel ve Adana illeri sera sebze zararlılarının saptanması, Endosülfan Rooktable ve Primicarb'ın Myzus persicae (Sulz)'ye Etkileri. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 4(3): 185-192.
- Uysal (Elmalı), M., Stray, P., Sahbaz, A. and Özsemerci, F. (2004). A review of aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 14: 355-370.
- Yanpar, R. (2013). *Mersin ili bağlarında zararlı olan yaprakbiti türleri, parazitoit ve predatörleri ile Aphis illinoisensis'in popülasyon gelişmesinin belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Adana.
- Yaşarakıncı, N. ve Hıncal, P. (1997). İzmir'de örtüaltında yetiştirilen domates, hıyar, biber ve marulda bulunan zararlı ve yararlı türler ile bunların popülasyon yoğunlukları üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 37(1-2): 79-89.
- Yaşarakıncı, N. ve Hıncal, P. (2000a). İzmir ilinde örtü altında yetiştirilen patlıcanda bulunan zararlılar ile bunların doğal düşmanları ve popülasyon gelişmeleri üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 40 (1-2): 29-48.
- Yaşarakıncı, N. ve Hıncal, P. (2000b). İzmir ilinde örtüaltı biber yetiştiriciliğinde bulunan zararlılar ile doğal düşmanları ve popülasyon gelişmeleri üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 40(3-4): 135-152.
- Yoldaş, Z., Günçan, A. and Koçlu, T. (2011). Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in satsuma mandarin orchards in İzmir, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(1): 59-74.
- Yu, D.S., van Achterberg, C. and Horstmann, K. (2016). Interactive Catalogue of World Ichneumonoidea Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution, Compact Disc (Master Version), Taxapad.
- Yücel, S.A. ve Kıvanç, M. (2018). İstanbul Göztepe Parkı gül bahçesinde bulunan zararlı Hemiptera ve Hymenoptera türleri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(2):95-100.
- Zeren, O. ve Düzgüneş, Z. (1983). Çukurova Bölgesinde sebzelerde zararlı olan Aphidoidea türlerinin doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7: 199-211.

Farklı Karanlık Koşullarında IBA ve Kafeik Asidin Karadut (*Morus nigra* L.) Odun Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Etkisi

Effect of IBA and Caffeic Acid on Rooting of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Hardwood Cuttings in Different Dark Conditions


**Osman Nuri ÖCALAN^{1*}, Onur SARAÇOĞLU², Kenan YILDIZ³, Fatmanur ÇEZİK⁴,
Ala Asi Mohammed Al-Salihi⁵**


Öz


Bu çalışma 2021 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü'ne ait köklendirme serasında yürütülmüştür. Çalışmada, farklı karanlık koşulları altında 6000 ppm indol-3-bütirik asit (IBA) ve 2000 ppm kafeik asit (KA) uygulamalarının karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Materyal olarak müdürlük bünyesinde bulunan damızlık karadut ağaçlarının bir yaşlı dallarından hazırlanan odun çelikleri kullanılmıştır. Odun çelikleri 2021 yılının şubat ayında alınarak alttan ısıtmalı (20±2°C) perlit ortamına dikilmiştir. Çalışmada kullanılan çelikler 3 gruba ayrılarak birinci gruptaki çeliklerin üzeri dikimden sonra siyah malç örtüsü ile kapatılmış (Dikim Sonrası Karanlık=DSK); ikinci gruptaki çelikler dikimden önce 5 gün karanlık koşulda bekletildikten sonra köklendirme ortamına dikilmiş (Dikim Öncesi Karanlık=DÖK); üçüncü gruptaki çeliklere ise herhangi bir karanlık uygulaması yapılmamıştır (Standart). Her bir karanlık uygulamasındaki çeliklere 6000 ppm IBA ve 2000 ppm KA tek başına veya birlikte uygulanmıştır. Köklenme ortamında 90 gün bekletilen çelikler bu süre sonunda sökülerek; köklenme oranı, kallus oluşum oranı, çürüme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı değerleri kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda köklenme oranı %2.2 ile %77.8 arasında değişmiştir. En yüksek köklenme oranına DÖK koşulundaki çeliklere 6000 ppm IBA ve 6000 ppm IBA + 2000 ppm KA uygulamaları sonucunda ulaşılmıştır. Kallus oluşturan çeliklerin oranı %64.4 ile %93.3, kök sayısı 1.5 ile 14.4 kök/çelik, kök uzunluğu 3.6 ile 10.8 cm ve kök çapı 0.86 ile 1.53 mm arasında değişim göstermiştir. Elde edilen veriler, DÖK koşulunda bekletilen çeliklere IBA'nın tek başına ya da KA ile birlikte uygulanmasının karadutun köklenmesine olumlu etki yaptığını göstermiştir.


Anahtar Kelimeler: Karanlık uygulaması, Kafeik asit, Kallus, *Morus nigra* L., Odun çeliği.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Osman Nuri Öcalan, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: osmannuri.ocalan@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6242-4667.

²Onur Saraçoğlu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: onur.saracoglu@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0001-8434-1782.

³Kenan Yıldız, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: kenan.yildiz@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0003-3455-5146.

⁴Fatmanur Çezik, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: fatmanurczk00@gmail.com  OrcID: 0000-0001-8588-6485.

⁵Ala Asi Mohammed Al-Salihi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. E-mail: ala.al-salihi7021@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0002-6071-0085.

Atıf/Citation: Öcalan, O. N., Saraçoğlu, O., Yıldız, K., Çezik, F., Al-Salihi, A. A. M. (2023). Farklı karanlık koşullarında IBA ve kafeik asidin karadut (*Morus nigra* L.) odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 270-277.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

Research was carried out in an experimental greenhouse on the lands of Agricultural Applications and Research Center in Tokat Gaziosmanpaşa University in 2021. In the study, the effects of 6000 ppm indole-3-butyric acid (IBA) and 2000 ppm caffeic acid (CA) applications on the rooting of black mulberry hardwood cuttings under different dark conditions were investigated. The experiment was set up in a factorial pattern with 3 replications according to the randomized plot design. As plant material, one-year-old hardwood cuttings of black mulberry taken from trees grown in Agricultural Applications and Research Center were used. Hardwood cuttings were collected on February 2021 and then planted in bottom-heated ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) perlite medium. The cuttings were divided into 3 groups and the cuttings in the first group were covered with black mulch after planting (Dark After Planting=DAP); the cuttings in the second group were kept in the dark for 5 days before planting and then planted in the rooting medium (Dark Before Planting=DBP); no dark was applied to the cuttings in the third group (Standard). 6000 ppm IBA and 2000 ppm CA, either alone or together, were applied to the cuttings in each dark treatment. The hardwood cuttings were kept in the rooting environment for 90 days and at the end of this period each cuttings were scored for rooting rate, callus formation rate, decay rate, root number, root length, and root diameter. As a result of the study the rooting rate varied between 2.2% and 77.8%. The highest rooting rate was achieved from 6000 ppm IBA and 6000 ppm IBA+2000 ppm CA applications to the cuttings in the DBP conditions. The rate of callus-forming cuttings varied between 64.4% and 93.3%, root number varied between 1.5 and 14.4 per cuttings, root length varied between 3.6 and 10.8 cm, and root diameter varied between 0.86 and 1.53 mm. The data showed that the application of IBA either alone or together with CA to the cuttings kept in the DBP condition had a positive effect on the rooting of the black mulberry hardwood cuttings.

Keywords: Dark treatment, Caffeic acid, Callus, *Morus nigra*, Hardwood cuttings.

1. Giriş

Dut (*Morus sp.*), *Moraceae* ailesinin *Morus* cinsine ait çok yıllık bir meyve türüdür. Binlerce yıldır yetiştiriciliği yapılmaktadır. Asya, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika ve Afrika'nın tropikal, subtropik ve ılıman bölgelerinin geniş alanlarına uyum sağlamıştır. Dut ağaçları tarihsel olarak ipek böcekçiliğinde yaprak verimi için kullanılmıştır. Meyveleri, kökleri ve kabuğu, halk tıbbında (özellikle Çin tıbbında) diyabet, hipertansiyon, anemi, artrit (eklem iltihabı) ve ağız lezyonlarının tedavisinde kullanılmıştır (Özgen ve ark., 2009). En önemli dut türleri *Morus alba* L. (Beyaz dut), *Morus australis* Poir. (Çin dutu), *Morus indica* L. (Hint dutu), *Morus microphylla* Bickl. (Texas dutu), *Morus nigra* L. (Kara dut), *Morus rubra* L. (Kırmızı-mor dut) ve *Morus serrata* Roxb. (Himalaya dutu)'tur (Vijayan et al., 2004; Ozrenk ve ark., 2010). Dutlarda tozlaşma rüzgarla (anemofil) sağlanmaktadır. Ağaçlar ya dioik ya da monoik ve bazen bir cinsiyetten diğere değişime uğramaktadır. Türkiye'de büyük öneme sahip olan dut, 400 yıldan uzun süredir bilinmekte ve yetiştirilmektedir. Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan türler; *M. Alba* L., *M. nigra* L. ve *M. Rubra* L.'dir (Ercisli ve Orhan 2007). "Karadut" olarak bilinen *M. nigra*, olağanüstü renkte sulu meyvelere ve kendine özgü, hafif asidik bir tada sahiptir (Özgen ve ark., 2009). Taze olarak veya reçel, marmelat, püre, meyve suyu, ezme, dondurma, şarap ve dondurulmuş tatlılar gibi çeşitli şekerleme ürünleri şeklinde tüketilmektedir (Koyuncu, 2004). Son yıllarda özellikle karadut fidanlarına olan ilgi artmaktadır (Saraçoğlu ve ark., 2016). Fidan üretimi; tohum, çelik, aşı, daldırma ve doku kültürü gibi yöntemlerle yapılabilmektedir (Zenginbal ve Eşitken, 2016). Geleneksel olarak dut, çelik ve tohumla çoğaltılmaktadır (Edizer ve ark., 2016). Çapraz tozlaşmadan kaynaklanan bitkilerde oluşan heterozigotluk nedeniyle tohum yoluyla çoğaltma istenmeyen bir durumdur. Aşılama yoluyla çoğaltım, yaşanan zorluklar nedeniyle oldukça sınırlıdır. Dutta aşılama sırasında süt salgısının oluşması ve tomurcuk dokusu altındaki boşluklu yapıdan dolayı aşı başarısı düşük olmaktadır (Ünal ve ark., 1992; Zenginbal ve Eşitken, 2016). Mikro çoğaltma gibi doku kültürü teknikleri, kısa sürede çok sayıda tek tip bitkicik üretimi için hızlı ve güvenilir bir yöntem sağlar (Anis ve ark., 2003) ancak uzman personel ve pahalı alt yapı ve donanım gereksiniminden dolayı tam olarak pratik kazanamamıştır. Çelikle çoğaltma, klonal rejenerasyon yeteneği olan bitkiler için en ucuz ve en pratik yöntemdir (Yıldız ve ark., 2009). Fakat karadut çeliklerinde adventif kök oluşumunda yaşanan zorluklar, dut yetiştiricileri için dezavantaj olmaktadır (Anis ve ark., 2003). Bu sıkıntının önüne geçebilmek için farklı hormon ve ortam çalışmaları yapılmaktadır. Çelikle çoğaltmada köklenme performansının, çeliklerin oksin metabolizması, fenolik metabolizması ve besin durumu ile bağlantılı olduğu bildirilmiştir (İsfendiyaroğlu ve Kacar, 2019). Fenolik asitler dahil olmak üzere çeşitli endojen maddeler, adventif köklenmeyi teşvik etmekte veya engelleyebilmektedir. Fenolik asitler, indol-3-asetik asit (IAA)-oksidaz sistemini inhibe ederek köklenme sırasında oksin aktivitesini artırmakta, böylelikle IAA'nın yok edilmesini önlemektedir (Shang ve ark., 2017). Shang ve ark., (2017)'nin *in vitro* ortamında yaptıkları çalışmada, endojen fenolik asitlerin (kafeik asit, metil gallat, paeoniflorin ve asetovanillone) içeriğindeki değişikliklerin ağaç şakayık (*Moutan peony*) bitkisinin köklenmesi ile yakından ilişkili olduğu ve eksojen trifenollerin ve özellikle difenollerin *in vitro* köklenme için avantajlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada, alttan ısıtma sistemine sahip çoğaltma ünitesinde, farklı karanlık koşullarda bekletilen karadut odun çeliklerinde indol-3-bütirik asit (IBA) ve kafeik asit (KA) büyüme düzenleyicilerinin köklenme performanslarına etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2021 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü'ne ait köklendirme serasında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 15 çelik mevcuttur. Materyal olarak müdürlük bünyesinde bulunan damızlık karadut ağaçlarının bir yaşlı dallarından hazırlanan odun çelikleri kullanılmıştır. Odun çelikleri 2021 yılının şubat ayında alınarak alttan ısıtmalı (20±2°C) perlit ortamına dikilmiştir. Dikimden önce odun çelikleri 15-20 cm uzunluğunda kesilerek; 1) 6000 ppm IBA (Yıldız ve ark., 2009) 2) 2000 ppm KA (Shang ve ark., 2017) 3) 6000 ppm IBA + 2000 ppm KA ve 4) saf su (kontrol) uygulanmıştır. Çözeltilerin etkin maddesi, metanol içinde çözündürülerek dozları ayarlanmıştır. Karadut çeliklerinin alttan 5 cm'lik kısmı çözeltilere batırıldıktan sonra (saf su ve IBA solüsyonunda 5 saniye, KA solüsyonunda 2 dakika tutulmuştur) üzerlerindeki alkolün uçması için 10 saniye bekletilmiştir. Çeliklerin köklendirme aşaması için 3 farklı koşul tasarlanmıştır:

1.Koşul; çözümlere daldırılmış karadut çelikleri sera içerisindeki perlitle doldurulmuş bentlere direkt olarak dikilip üzerlerine siyah malç örtüsü çekilmiştir ve sökülme gününe kadar sadece sulamak için üstleri açılmıştır (DSK=Dikim Sonrası Karanlık).

2.Koşul; karadut çelikleri dikimden önce siyah malç örtüsü ile oluşturulan karanlık koşul içerisinde 5 gün bekletildikten sonra çözümlere daldırılıp sera içerisindeki perlitle doldurulmuş bentlere dikilmiştir (DÖK=Dikim Öncesi Karanlık).

3.Koşul; çözümlere daldırılmış karadut çelikleri sera içerisindeki perlitle doldurulmuş bentlere direkt olarak dikilmiştir (Standart).

Köklenme koşullarında 90 gün bekletilip ardından sökülme yapılan çeliklerde şu ölçümler yapılmıştır:

Köklenme oranı: Her tekerrürde köklenen çelik sayısının toplam çelik sayısına oranı (%) olarak ifade edilmiştir

Kallus oluşum oranı: Her çelikte yara dokusunun oluşup oluşmadığına bakılmış ve yara dokusu oluşturan çelik sayısının toplam çelik sayısına oranı (%) olarak ifade edilmiştir.

Çürüme oranı: Çeliklerin adventif kök bölgelerindeki ölü kısımlar (kararmış) çürüme olarak değerlendirilmiş ve çürüyen çelik sayısının toplam çelik sayısına oranı (%) olarak ifade edilmiştir.

Yüzde oran olarak verilen yukarıdaki parametreler belirlenirken bazı çeliklerde köklenme, kallus oluşumu ya da çürüme bir arada meydana geldiğinden dolayı bunların toplamı %100'ü geçebilmektedir.

Kök sayısı: Çelik başına oluşan kökler sayılmıştır.

Kök uzunluğu: Her çelikte en uzun 5 kök belirlenmiştir. Bir cetvel yardımı ile kök boğazı ile kökün en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüştür.

Kök kalınlıkları: Her çelikte en kalın 5 kök üzerinden ölçümler alınmıştır. Bir kumpas yardımı ile kökün en kalın kısımları ölçülmüştür.

Elde edilen veriler SAS paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulduktan sonra ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi ($P<0.05$) kullanılmıştır. Yüzde olarak ifade edilen köklenme, kallus ve çürüme oranları normal dağılım göstermediğinden açı transformasyonu (karekök arcsin) uygulandıktan sonra, kök sayısı değerleri ise logaritmik olarak dönüştürüldükten sonra analiz edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Araştırma sonuçları

Köklenme oranı, kallus oluşum oranı ve çürüme oranı

Karadut odun çeliklerinden elde edilen köklenme oranı, kallus oluşum oranı ve çürüme oranı *Tablo 1*'de verilmiştir. Her üç köklendirme koşulunda da IBA'in hem tek başına hem de KA ile birlikte uygulanması köklenmede istatistikî açıdan önemli bir artış sağlamıştır. Standart koşulda saf su ve KA ile muamele edilen çeliklerin sırasıyla %2.2 ve %8.9'u adventif kök oluşturabilirken IBA uygulanan çeliklerin %62.2'si, IBA+KA uygulanan çeliklerin ise %51.1'i köklenmiştir. Benzer durum DSK ve DÖK koşullarında da görülmüştür. DSK koşulunda, saf su ve KA ile muamele edilen çeliklerde sırasıyla %8.9 ve %4.5 köklenme görülürken, IBA ve IBA+KA uygulamalarında sırasıyla %68,9 ve %46,7 köklenme gözlemlenmiştir. DÖK koşulunda ise saf su ve KA ile muamele edilen çelikler sırasıyla %20 ve %13.3 köklenme gösterirken, IBA ve IBA+KA uygulamalarında %77.8 köklenme oranı tespit edilmiştir. Karanlık koşullarının etkisi gelişme düzenleyici uygulamasına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Tek başına IBA ve KA uygulanan çeliklerde, köklenme başarısı açısından karanlık uygulamaları arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Hiçbir gelişme düzenleyicinin uygulanmadığı kontrol ve IBA+KA uygulamasında, DÖK koşulundan standart koşula kıyasla daha yüksek köklenme oranları elde edilmiştir (*Tablo 1*).

Çeliklerde kallus oluşum oranına bakıldığında gelişme düzenleyici uygulamaları açısından standart ve DÖK koşullarında herhangi bir farklılık görülmezken DSK koşulu içerisinde kontrol (%93.3) uygulaması, IBA (%75.6) ve IBA+KA (%75.6) uygulamalarına kıyasla daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Standart dahil karanlık uygulamalarında kallus oluşumu oranı tüm gelişme düzenleyicilerde benzer olmuş ancak kontrol ile farklılık

göstermiştir. Hiçbir gelişme düzenleyicinin uygulanmadığı kontrol uygulamasında, standart koşula kıyasla DSK koşulunda daha yüksek kallus oluşumu görülmüştür (*Tablo 1*).

Standart, DSK ve DÖK koşulları içerisinde çeliklerin adventif kök bölgelerindeki çürüme durumları incelendiğinde bütün yetiştirme koşullarında KA ile muamele edilen çeliklerde çürümenin daha az olduğu görülmüştür. Standart koşulda KA uygulanan çeliklerin sadece %13.3'ü çürürken IBA uygulanan çeliklerin %33.3'ü çürümüştür. DSK koşulunda, KA uygulanan çeliklerin %33.3'ünde çürüme görülürken IBA+KA uygulanan çeliklerde %55.6 çürüme görülmüştür. Aynı zamanda bu koşulda dikimle beraber köklenme faaliyetleri başladığı için özellikle IBA uygulamalarında köklenmiş bazı çeliklerde ortam neminin yüksek olması sebebiyle çürüme gözlemlenmiştir. DÖK koşulunda ise kontrol grubunda ve KA uygulanan çeliklerde çürüme görülmezken IBA ve IBA+KA uygulanan çeliklerde çürüme oranları sırasıyla %15.6 ve %22.2 olmuştur. Karanlık koşulların etkisi gelişme düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Gelişme düzenleyici ve saf su (kontrol) ile muamele edilen çeliklerde, DÖK koşulundan standart ve DSK koşullarına kıyasla daha düşük çürüme oranları elde edilmiştir (*Tablo 1*).

Tablo 1. Farklı uygulamalara ve koşullara tabi tutulan karadut odun çeliklerinin köklenme performansları

Table 1. Rooting performances of black mulberry hardwood cuttings subjected to different applications and conditions

Uygulama/Koşul	Standart	DSK	DÖK
Köklenme Oranı (%)			
Kontrol	2.2 (0.09) B b	8.9 (0.24) B ab	20.0 (0.46) B a
IBA	62.2 (0.91) A a	68.9 (0.99) A a	77.8 (1.08) A a
KA	8.9 (0.24) B a	4.5 (0.17) B a	13.3 (0.37) B a
IBA+KA	51.1 (0.80) A b	46.7 (0.75) A b	77.8 (1.08) A a
Kallus Oluşum Oranı (%)			
Kontrol	77.8 (1.09) A b	93.3 (1.36) A a	82.2 (1.21) A ab
IBA	64.4 (0.93) A a	75.6 (1.05) B a	75.6 (1.06) A a
KA	77.8 (1.09) A a	88.9 (1.23) AB a	77.8 (1.08) A a
IBA+KA	77.8 (1.08) A a	75.6 (1.05) B a	75.6 (1.06) A a
Çürüme Oranı (%)			
Kontrol	22.2 (0.48) AB a	35.6 (0.64) B a	0.0 (0.00) B b
IBA	33.3 (0.62) A a	46.7 (0.75) AB a	15.6 (0.32) A b
KA	13.3 (0.31) B b	33.3 (0.61) B a	0.0 (0.00) B c
IBA+KA	28.9 (0.56) AB ab	55.6 (0.84) A a	22.2 (0.48) A b

DSK=Dikim sonrası karanlık. DÖK=Dikim öncesi karanlık. Satırlarda küçük harflerle gösterilen gruplamalar her uygulamanın kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı küçük harfle gösterilmiştir. Sütunlarda büyük harflerle gösterilen gruplamalar her koşulun kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı büyük harfle gösterilmiştir (p<(0,05)). Köklenme, çürüme ve kallus oluşum oranları için parantez içindeki değerler radyan cinsinden açı değeridir.

Kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı

Karadut odun çeliklerinden elde edilen kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı *Tablo 2*'de verilmiştir. Standart, DSK ve DÖK koşulları içerisinde IBA hem tek başına hem de KA ile uygulandığında kök sayısında belirgin bir artış sağlamıştır. Standart koşulda saf su ve KA ile muamele edilen çeliklerde sırasıyla 3 ve 1.5 kök/çelik görülürken IBA uygulanan çeliklerde 7.7 kök/çelik, IBA+KA uygulanan çeliklerde ise 10.5 kök/çelik tespit edilmiştir. Benzer durum DÖK koşulunda da görülmüş, kontrol ve KA grubu çeliklerinde sırasıyla 2.1 ve 1.6 adet/çelik, IBA ve IBA+KA grubu çeliklerinde ise sırasıyla 12.2 ve 13 kök/çelik tespit edilmiştir. DSK koşulunda ise kontrol ve KA grubu çeliklerinde sırasıyla 2.2 ve 2.5 kök/çelik, IBA uygulanan çeliklerde 14.4 adet kök/çelik tespit edilmiştir. Bunu 6.7 adet/çelik oluşturan IBA+KA uygulaması takip etmiştir. Karanlık uygulamalarının etkisi gelişme düzenleyici uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Hiçbir gelişme düzenleyicinin uygulanmadığı kontrol ve KA grubu çeliklerde, kök sayısı açısından karanlık uygulamaları arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. IBA uygulamasında çeliklere dikim sonrası karanlık uygulandığında standart koşula

kıyasla daha fazla sayıda kök elde edilmiştir. IBA+KA çözeltisi ile muamele edilen çeliklerde ise dikim öncesi karanlık uygulamasının standart koşula göre kök sayısını artırdığı, dikim sonrası karanlık uygulamasının ise düşürdüğü görülmüştür (Tablo 2).

Kök uzunluğu açısından standart, DSK ve DÖK koşulları içerisinde uygulamalar arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Standart koşulda en yüksek kök uzunluğuna 10.8 cm ile KA uygulaması sonucunda ulaşılmıştır. Bu değeri 9.2 cm ile kontrol çelikleri takip etmiştir. En düşük değer ise 7.1 cm ile IBA+KA uygulanan çeliklerde görülmüştür. DSK koşulunda en yüksek kök uzunluğu değeri 6.4 cm ile kontrol çeliklerinde görülmüştür. En düşük değer ise 3.6 cm ile KA uygulamasından elde edilmiştir. DÖK koşulunda ise kontrol çelikleri 3.9 cm kök uzunluğuna sahipken IBA uygulamasından 8 cm, IBA+KA uygulamasından 7.3 cm kök uzunluğu tespit edilmiştir. Karanlık koşullarının etkisi gelişme düzenleyici uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Kontrol ve KA uygulanan çeliklerde standart koşuldan, DSK ve DÖK koşullarına kıyasla daha yüksek kök uzunluğu değerlerine ulaşılmıştır. IBA ve IBA+KA uygulanan çeliklerde ise standart ve DÖK koşullarından, DSK koşuluna kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir (Tablo 2).

Çeliklerin kök çapları incelendiğinde DSK ve DÖK koşullarında uygulamalar arasında belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Standart koşul içerisinde KA tek başına uygulandığında kök çapında belirgin bir artış sağlamıştır. Standart koşulda kontrol çeliklerinin kök çapı 0.86 mm iken KA uygulanan çeliklerin çapı 1.53 mm'dir. Karanlık uygulamalarının etkisi yalnızca KA uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. KA uygulanan çeliklerde standart ve DÖK koşullarından, DSK koşuluna kıyasla daha yüksek kök çapı değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı uygulamalara ve koşullara tabi tutulan karadut odun çeliklerinin köklenme performansları

Table 2. Rooting performances of black mulberry hardwood cuttings subjected to different applications and conditions

Uygulama/Koşul	Standart	DSK	DÖK
Kök Sayısı (adet/çelik)			
Kontrol	3.0 (1.1) B a	2.2 (0.8) C a	2.1 (0.7) B a
IBA	7.7 (2.0) A b	14.4 (2.6) A a	12.2 (2.5) A ab
KA	1.5 (0.3) B a	2.5 (0.9) C a	1.6 (0.4) B a
IBA+KA	10.5 (2.3) A ab	6.7 (1.9) B b	13.0 (2.6) A a
Kök Uzunluğu (cm)			
Kontrol	9.2 AB a	6.4 A b	3.9 B c
IBA	8.6 B a	4.5 AB b	8.0 A a
KA	10.8 A a	3.6 B b	5.2 B b
IBA+KA	7.1 B a	5.2 AB b	7.3 A a
Kök Çapı (mm)			
Kontrol	0.86 B a	1.07 A a	0.98 A a
IBA	1.21 AB a	1.09 A a	1.17 A a
KA	1.53 A a	0.93 A b	1.32 A ab
IBA+KA	1.27 AB a	1.10 A a	0.95 A a

DSK=Dikim sonrası karanlık. DÖK=Dikim öncesi karanlık. Satırlarda küçük harflerle gösterilen gruplamalar her uygulamanın kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı küçük harfle gösterilmiştir. Sütunlarda büyük harflerle gösterilen gruplamalar her koşulun kendi içinde değerlendirilmesinin yapıldığı testlerden elde edilmiştir ve farkları önemli olmayan ortalamalar aynı büyük harfle gösterilmiştir ($p < 0,05$). Kök sayısı için parantez içinde verilen değerler e tabanına göre logaritma değerleridir.

3.2. Tartışma

Köklenme oranı, kallus oranı ve çürüme oranı

Yaptığımız çalışmada, karadut odun çeliklerinin köklenmesinde en etkili koşulun DÖK koşulu olduğu tespit edilmiştir. Çeliklere dikim öncesi karanlık uygulanması durumunda ise köklenme oranı üzerine en etkili

uygulamaların %77.8 köklenme başarısıyla IBA ve IBA+ KA olduğu görülmüştür. IBA ve IBA+KA uygulamalarının bütün koşullarda köklenme oranı üzerine kontrol ve KA uygulamalarından daha etkili olduğu anlaşılmıştır. En fazla kallus oluşumu, DSK koşulunda kontrol (%93.3) ve KA (%88.9) uygulamalarından elde edilmiştir. Kallus oluşumu ile köklenme arasında bir bağlantı kurulamamıştır. Nitekim, çelikle çoğaltmada, yaralanmaya tepki olarak ortaya çıkan, köklenme ortamındaki çürümeyi önleyerek çeliklerin hayatta kalma süresini artıran kallus oluşumunun köklenme ile doğrudan bir ilişkisinin olduğu bildirilmemiştir (Kaşka ve Yılmaz, 1990; Koyuncu ve ark., 2003). Bu sonuç, Koyuncu ve ark., (2003) ve Sezgin (2009)'nin bildirdikleri ile uyuşmakta fakat Yıldız ve Koyuncu (2000) ve Koc ve ark., (2016)'nın bildirdikleri ile uyuşmamaktadır. Koruyucu bir tabaka oluşturarak çeliklerin çürümesini geciktirmenin yanı sıra, kallus dokusunun bazı durumlarda su alımına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Hartman ve Kester, 1974; Koc ve ark., 2016). Çürüme açısından baktığımız zaman en yüksek oran %55.6 ile DSK koşulu içerisinde IBA+KA uygulamasında görülürken, DÖK koşulu içerisinde kontrol ve KA uygulamalarında herhangi bir çürümeye rastlanılmamıştır. Genel itibariyle kontrol ve KA uygulamaları sonucunda daha az çürüme oluşmuştur. DSK koşulunda düşük çürüme oranı, yüksek köklenmeye sebebiyet vermiştir.

2000 ppm IBA uygulamasının karadut çeliklerinin köklenme oranına etkisi, Roussos ve ark., (2020)'nin bildirdiğine göre %85'lere kadar olurken, Singh (2018) ve Zenginbal ve Demir, (2018)'in yaptığı çalışmada bu oran %70 olarak ifade edilmiştir. Köklenme oranı, Yıldız ve Koyuncu (2000)'nun yaptığı çalışmada 5000 ppm IBA uygulaması sonucunda %89.3, Karabulut ve Saraçoğlu, (2022)'nin 6000 ppm IBA uygulaması sonucunda ise %83 olarak belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da 6000 ppm IBA uygulamasından %77.8 köklenme oranı ile benzer sonuç elde edilmiştir. Karadutta odun çelikleriyle yapılan diğer köklenme çalışmalarında elde edilen en yüksek oranlar şu şekildedir: 2000 ppm IBA uygulaması ile %23.4 (Karadeniz ve Şişman, 2004), 5000 ppm IBA uygulaması ile %33.3 (Koyuncu ve ark., 2004) ve 6000 ppm IBA uygulaması ile %24 (Yıldız ve ark., 2009). Bu oranların bizim çalışmamızdan elde edilen oranlardan düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi genotip, köklenme ortamı ve ekolojik farklar yanında çeliğin alındığı dal ve yöney gibi faktörler olabilir.

Kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı

Çelik başına kök sayısında karanlığın önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir (*Tablo 1*). Öyle ki en yüksek değer DSK koşulunda IBA uygulamasından (14.4 adet/çelik) elde edilmiştir ve bunu DÖK koşulu içerisinde IBA (12.2 adet/çelik) ve IBA+KA (13.0 adet/çelik) uygulamaları takip etmiştir. Kök sayısı, Roussos ve ark., (2020)'nin 14.8 adet olarak belirttiği değere benzer; Zenginbal ve Demir, (2018)'in 9.64 adet Singh (2018)'nin 8.55 adet, Yıldız ve ark., (2009)'nin 3.5 adet, Koyuncu ve ark. (2004)'nin 8,0 adet, Koyuncu ve Şenel (2003)'in 2.2 adet olarak buldukları değerden yüksektir.

Kök uzunluğu ile ilgili değerlere bakıldığında genel itibariyle standart koşulda daha iyi sonuçların alındığı söylenebilir. En yüksek kök uzunluğu standart koşul içerisinde KA uygulamasından elde edilmiştir (10.8 cm). Elde ettiğimiz kök uzunluğu değerleri, Roussos ve ark., (2020)'nin 8 cm, Zenginbal ve Demir, (2018)'in 8.23 ve Singh (2018)'in 9.11 cm olarak belirttiği değere benzer; Yıldız ve ark., (2009)'nin 6.66 cm olarak belirttiği değerden yüksek çıkmıştır.

KA uygulamasının koşullar arasında kök çapı bakımından önemli farklar oluşturduğu görülmüştür. En yüksek kök çapı standart koşul içerisinde KA uygulamasından (1.53 mm) elde edilmiştir. Bulduğumuz bu değer Zenginbal ve Demir, (2018)'in 2.31 mm ve Yıldız ve ark., (2009)'nin 2.03 mm olarak bulduğu değerden düşüktür.

4. Sonuç

Karadut çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı karanlık koşullar altında IBA ve KA'nın etkisinin araştırıldığı bu çalışmada en yüksek köklenme oranına DÖK koşulu içerisindeki çeliklere IBA ve IBA+KA uygulamaları sonucunda ulaşılmıştır. Aynı koşulda çürüme oranı da düşük olmuştur. Kafeik asidin IBA ile uygulandığında köklenmeye olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, IBA'nın yanı sıra kafeik asidin de kök kalitesi üzerine olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Fakat sadece bu sonuçlara bakılarak kafeik asit hakkında net bir şey söylemek yanlış olabilir. Kafeik asit gibi fenolik maddelerin hem farklı dozlarının köklenme üzerine etkisini hem de yeşil, yarı odun ve odun çeliklerine karşı tepkisini belirlemek amacıyla daha fazla çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kaynakça

- Anis, M., Faisal, M. and Singh, S. K. (2003). Micropropagation of mulberry (*Morus alba* L.) through in vitro culture of shoot tip and nodal explants. *Bangladesh Association for Plant Tissue Culture & Biotechnology*, 13(1): 47-51.
- Edizer, Y., Gökçek, O. and Saraçoğlu, O. (2016). Effects of growth regulators application on propagation with hardwood cuttings of the black mulberry. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3): 92-96.
- Ercisli, S. and Orhan, E. (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, 103(4): 1380-1384.
- Hartman, H.T. ve Kester, D. E. (1974) Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği. (Çevirenler: N. Kaşka ve M. Yılmaz) Ç.Ü.Z.F. Ders kitabı No: 79, Adana.
- İsfendiyaroğlu, M. and Kacar, E. (2019). Effects of different pre-sized rooting blocks and IBA concentrations on the rooting of Ramsey grapevine rootstock cuttings. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1): 1-10.
- Karabulut, N. S. and Saraçoğlu, O. (2022). The effects of cinnamic acid and IBA treatments on the rooting of wood cuttings of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 4(1): 1-5.
- Karadeniz, T. ve Şişman, T. (2004). Beyaz Dut ve Kara Dutun Meyve Özellikleri ve Çelikle Çoğaltılması. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu Kitabı*, s. 428-432, Trabzon, Türkiye.
- Kaşka N. ve Yılmaz, M. (1990). Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi No: 52, Adana.
- Koc, M., Yıldız, K. and Yıldırım, S. (2016). The effect of rooting medium temperature and moisture on rooting of black mulberry hardwood cutting. *Scientific Papers-Series B, Horticulture*, 60: 79-82.
- Koyuncu, F. and Senel, E. (2003). Rooting of black mulberry (*Morus nigra* L.) hardwood cuttings. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 11(1/4): 53-58.
- Koyuncu, F. (2004). Organic acid composition of native black mulberry fruit. *Chemistry of Natural Compounds*, 40(4): 367-369.
- Koyuncu, F., Emel, V. ve Çelik, M., (2004). Kara Dut (*Morus nigra* L) Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Araştırmalar. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, 23-25 Ekim, s. 424-427, Ordu, Türkiye.
- Ozrenk, K., Gazioglu, S. R., Erdinc, C., Guleryuz, M. and Aykanat, A. (2010). Molecular characterization of mulberry germplasm from Eastern Anatolia. *African Journal of Biotechnology*, 9(1): 1-6.
- Özgen, M., Serçe, S. and Kaya, C. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119(3): 275-279.
- Roussos, P. A., Denaxa, N. K., Ntanos, E., Tsafouros, A., Mavrikou, S. and Kintzios, S. (2020). Organoleptic, nutritional and anti-carcinogenic characteristics of the fruit and rooting performance of cuttings of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes. *Journal of Berry Research*, 10(1): 77-93.
- Saraçoğlu, O., Erdem, S. Ö., Çekiç, Ç. and Yıldız, K. (2016). Application of new vegetative propagation methods for black mulberry. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(Special Issue): 624-627.
- Sezgin, O. (2009). *Genotipik farklılığın karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi) GOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Shang, W., Wang, Z., He, S., He, D., Liu, Y. and Fu, Z. (2017). Research on the relationship between phenolic acids and rooting of tree peony (*Paeonia suffruticosa*) plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 224: 53-60.
- Singh, K. K. (2018). Effect of auxins and rooting media on rooting in stem cutting of mulberry (*Morus nigra* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 7(11): 12-15.
- Ünal, A., Özçağırın, R. ve Hepaksoy, S. (1992). Kara Dut ve Mor Dut Çeşitlerinde Odun Çeliklerinin Köklenmesi Üzerinde Bir Araştırma. *Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 13-16 Ekim, P.267-270, İzmir, Türkiye.
- Vijayan, K., Srivastava, P. P. and Awasthi, A. K. (2004). Analysis of phylogenetic relationship among five mulberry (*Morus*) species using molecular markers. *Genome*, 47(3): 439-448.
- Yıldız, K., Çekiç, Ç., Güneş, M. ve Özgen, M. (2009). Farklı dönemlerde alınan kara dut (*Morus nigra* L.) çelik tiplerinde köklenme başarısının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 1-5.
- Yıldız, K. ve Koyuncu, F. (2000). Kara dutun (*M. nigra* L.) odun çelikleri ile çoğaltılması üzerine bir araştırma. *Derim*, 17(3): 130-135.
- Zenginbal, H. and Eşitken, A. (2016). Effects of the application of various substances and grafting methods on the grafting success and growth of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 15(4): 99-109.
- Zenginbal, H. and Demir, T. (2018). Effects of some rhizobacteria and indole-3-butyric acid on rooting of black and white mulberry hardwood cuttings. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(5): 1426-1431.

Bahçe Traktörleri için Ön Koruyucu Mekanizması Tasarım ve İmalatı


Front Safety Mechanism Design and Manufacturing for Garden Tractors


Mehmet BAYKUT^{1*}, İbrahim YAVUZ², Şinasi DÜBÜŞ³, Sema ATEŞ⁴


Öz


Traktörler tarım sektöründe en yaygın kullanılan makinelerden biridir. Tarım sektöründe kazaların büyük bir bölümü traktörlerin devrilmesi ile oluşmaktadır. Devrildikten sonra sürücünün hayatta kalabilmesi için bazı pasif güvenlik tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Özellikle kabinsiz traktörlerde ROPS (Roll-Over Protective Structure) adı verilen bu mekanizma ile devrilme esnasında sürücünün traktör altında kalması önlenmektedir. ROPS'lar farklı tasarımlarda olmakla birlikte yönetmelik gereği belirli standartlarda imalatı yapılması gerekmektedir. Yönetmelik gereği temel zorunluluk; öne monteli koruyucu yapının (ROPS) aktif konum ve pasif konumları sırasında operatörün (sürücünün) bu işlemleri gerçekleştirirken harcaması gereken kuvvetin belirli sınırlar altında olmasıdır. ROPS tasarımında; U koruma demirinin ROPS sol-sağ ayağa irtibatlanmasını sağlamak üzere en az bir mil bulunacak şekilde yapılmıştır. Böylece U koruma demirinin ROPS sol-sağ ayağa göre dönebilir şekilde irtibatlanması sağlanmaktadır. Tasarlanan öne monteli yardımcı destek sistemi olmayan koruyucu yapının üzerine yay mekanizması tasarımı ve imalatı eklenmiştir. Sisteme yerleştirilen yay sayesinde sürücünün bu işlem sırasında harcayacağı enerjiye destek görevi görerek, daha az kuvvet harcaması sağlanmıştır. Böylece bu mekanizma sayesinde ön koruyucu yapı, aktif konumdan pasif konuma geçirilirken veya tersi işlemlerde yönetmeliklerdeki sınır değerlerin altında kalacak seviyelerdeki kuvvetlere düşürülmüştür. Yönetmelikte ölçüm değerleri 1. Bölge, 2. Bölge, 3. Bölge için uygulanması gereken kuvvetler sırasıyla 100 N, 75 N ve 50 N olması gerekmektedir. Yay mekanizması olmayan tasarımda bu kuvvetler sırası ile 166.77 N, 156.97 N ve 127.53 N olarak ölçülmüştür. Elde edilen verilerin yönetmelikteki sınırların çok üzerinde olduğu görülmüştür. Yay mekanizmalı ölçümlerde ise sırası ile 83.39 N, 68.67 N ve 39.24 N olarak tespit edilmiş olup yönetmelik sınırları altına düşürülmüştür. Sonuç olarak ROPS mekanizmaları, yönetmelik gereksinimleri sağlanarak kullanıcılar için daha az zaman kaybı ve kuvvet gereksinimi sağlayan bir sistem haline dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tarım traktörleri, Yaylı koruyucu yapı, Ön Koruyucu yapı, Traktör güvenliği, ROPS tasarımı

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Baykut, Hema Endüstri A.Ş. Çerkezköy, Tekirdağ, Türkiye, mehmetbaykut@hattat.com.tr  OrcID: 0000-0003-0838-0741.

²İbrahim Yavuz, Afyon Kocatepe Üniv., Teknoloji Fak., Otomotiv Mühendisliği, Afyon, Türkiye, iyavuz@aku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-4480-2342.

³Şinasi Dübüş, Hema Endüstri A.Ş. Çerkezköy, Tekirdağ, Türkiye, sinasidubus@hattat.com.tr  OrcID: 0000-0003-1561-5123.

⁴Sema Ateş, Hema Endüstri A.Ş. Çerkezköy, Tekirdağ, Türkiye, semaates@hattat.com.tr  OrcID: 0000-0002-2421-2935.

Atıf/Citation: Baykut, M., Yavuz, İ., Dübüş, Ş., Ateş, S. (2023). Bahçe Traktörleri için Ön Koruyucu Mekanizması Tasarım ve İmalatı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 278-292.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

Tractors are one of the most widely used machines in the agricultural sector. Most of the accidents in the agricultural sector are caused by the overturning of tractors. In order for the driver to survive after a rollover, some passive safety measures must be taken. Especially in tractors without cab, this mechanism called ROPS (Roll-Over Protective Structure) prevents the driver from being under the tractor during tipping. Although ROPS are in different designs, they must be manufactured to certain standards in accordance with the regulation. The basic obligation as per the regulation; is that the force that the operator (driver) must spend while performing these operations during the active and passive positions of the front-mounted protective structure (ROPS) is under certain limits. In ROPS design; It is made in such a way that there is at least one shaft to connect the U protection bar to the ROPS left-right leg. Thus, it is ensured that the U protection bar is rotatably connected with respect to the ROPS left-right leg. Spring mechanism design and manufacturing has been added to the protective structure, which does not have a front-mounted auxiliary support system. Thanks to the spring placed in the system, less force is consumed by supporting the energy that the driver will spend during this process. Thus, thanks to this mechanism, the front protective structure has been reduced to levels that will remain below the limit values in the regulations while being switched from the active position to the passive position or vice versa. In the regulation, the measured values for the 1st Region, 2nd Region and 3rd Region should be applied to the forces 100 N, 75 N and 50 N, respectively. In the design without spring mechanism, these forces were measured as 166.77 N, 156.97 N and 127.53 N, respectively. It has been observed that the data obtained is well above the limits in the regulation. In the spring mechanism measurements, it was determined as 83.39 N, 68.67 N and 39.24 N, respectively, and it was reduced below the regulation limits. As a result, ROPS mechanisms have been transformed into a system that provides less time loss and force requirement for users by meeting the regulation requirements.

Keywords: Agricultural tractors, Spring protective structure, Front safety structure, Tractor safety, ROPS design

1. Giriş

Traktör, tarımsal işlemenin en önemli güç kaynağı ve tarımın lokomotifidir. Tarım sektöründe işlerin zamanında tamamlanması verim artışı ve ürün kalitesi açısından en önemli faktördür (Reynolds ve Groves, 2000); (Day ve ark., 2004); (Sanderson ve ark., 2006); (Sümer ve ark.,2008); (Rondelli ve ark., 2018). Tarımsal faaliyetlerde mekanizasyon işçilik ve zaman tasarrufu sağlar. İşlerin zamanında ve düzenli bir şekilde tamamlanmasında traktörlere ihtiyaç vardır. İhtiyaçların zamanında tamamlanması için traktörlerin kullanım esnasında sürücülerin güvenliklerinin alınması gerekmektedir. Taşıtlardaki güvenlik tedbirleri iki kısma ayrılır. Birincisi taşıt kaza yapmadan önce devreye giren aktif güvenlik sistemleri, diğeri ise kazadan sonraki güvenlik sistemi olan pasif güvenlik sistemleridir. Traktörlerde güvenlik sistemleri otomobillerden farklıdır. Traktör kazalarında en çok karşılaşılan durum devrilmelerdir. Bu sebeple devrilmelerde sürücünün hayatta kalabilmesi için koruyucu yapılaraya ihtiyaç duyulmaktadır. Sürücünün güvenliğini sağlayan ve ergonomik ihtiyaçlarına göre düzenlenmiş koruyucu yapı, traktör kadar önemlidir. 1960'lı yıllarda koruyucu yapılarla ilgili çalışmalar başlamış ve zamanla sürücünün güvenliği için bu mekanizmaların traktöre monte edilmesi Ülkemizde de zorunlu hale gelmiştir (Akyuz, 2017). Tarım sektöründe ortaya çıkan kazaların büyük çoğunluğunun traktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir. Traktör kabinleri, sürücülerini dış etkenlerden korurken sağlıklı bir şekilde tarımsal alanlarda çalışmalarını sağlamak için tasarlanmıştır (Akdemir ve ark., 2016). Fakat kabinli traktörler özellikle bahçelerde ağaçlara zarar vermelerinden dolayı her alanda kullanılamamaktadırlar.

Traktörlerin devrilmesi bu kazaların %50 den fazlasını oluşturmaktadır (Marshall ve ark., 1996); (Jawa ve ark., 2013); (Rondelli ve ark., 2018). Traktör devrilmesi ile sonuçlanan kazaların %36'lık bir kısmı ölüm ile sonuçlanmaktadır (Hard ve ark., 2002). Devrilme sonucu ortaya çıkan kazalar sadece ölüm ya da yaralanmaların yanında, makine hasarına ve zaman kaybına da sebep olmaktadır (Silleli, 2006). Öz, 2005 yılında yapmış olduğu çalışmada; kabinli traktör oranını %34, güvenlik çemberine (Roll-Over Protective Structure - ROPS) sahip traktör oranını ise %14 olarak tespit etmiştir. Bunlara ek olarak traktörlerinde daha önce güvenlik çemberi bulunan fakat çeşitli nedenlerle çıkarılanların oranını ise %54 olarak tespit etmişlerdir. Çiftçilerin yaklaşık %80'i traktörlerindeki ROPS'ların olması sebebi ile ağaç altına giremedikleri için bu kısımları söktüklerini ifade etmişlerdir (Öz, 2005).

Emniyet kemeri ile birlikte kullanıldığı takdirde ölüm oranını azalttığı bilinmektedir. Yaygın olarak kullanılan farklı tiplerde koruyucu yapı bulunmaktadır (Yasartekin, 2019). Bunlar; Kafes yapı (*Şekil 1a*), kabin (*Şekil 1b*) ve öne veya arkaya monte edilen ROPS (*Şekil 1c*, *Şekil 1d*) adı verilen koruyucu yapılarıdır.



Figure 1. Tractor ROPS; (a) four-post frame, (b) cabin, (c) rear two-posts, (d) front-folding two-posts (Rondelli et al., 2018)

Şekil 1. Traktör ROPS'ları; (a) dört direkli çerçeve, (b) kabin, (c) arka iki direk, (d) önden katlanabilir iki direk (Rondelli ve ark., 2018).

Kabin; devrilme veya takla (yuvarlanma) durumunda kullanıcının herhan bir yere çarparak hasar görmesini engellemektedir (Gölbaşı, 2002). Ancak tarımsal çalışmalar her durumda kabinli traktör kullanımına uygun değildir. Örneğin; meyve bahçelerinde kabinli bir traktör ağaç dallarına zarar verebilmektedir. Kabinsiz traktörler için güvenlik tedbiri olarak kullanılan ROPS mekanizması devrilme sonucunda oluşan kaza durumunda ölümlerin önlenmesinde en iyi yöntemdir. Bu tip sistemler ihtiyaca bağlı olarak bir koruma modu (dik konum aktif konum) ve bir tarla modu (yatay konum, pasif konum) arasında yer değiştirebilmektedir. Bu sayede özellikle bahçe tipi tarlalarda iş verimliliğini arttırırken riskli yerlerde ise koruma moduna (aktif konum) alınarak güvenlik sağlanmaktadır (*Şekil 2*).

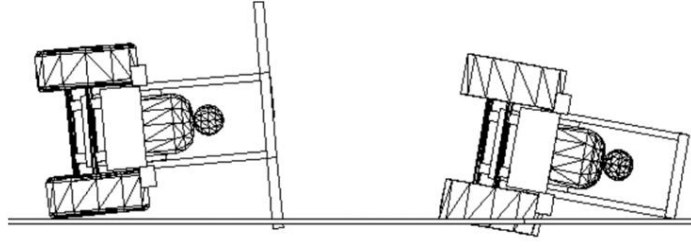


Figure 2. Living area for the driver after the rollover (Silleli, 2006)

Şekil 2. Devrilme sonucunda sürücü için yaşam alanı (Silleli, 2006)

Traktörler için hem ülkemizde hem de tüm dünyada yasal düzenlemeler ve yönetmelikler bulunmaktadır. Yönetmeliklerdeki testleri ve şartları sağlanmadan VE tip onay belgesi alınmadan traktörler tescil edilememektedir. Ülkemizde kullanılan geçerli traktör yönetmeliği 2003/37/AT' dir (BSTB, 2008); (BSTB 2013); (BSTB, 2014). Bu yönetmelik 01.07.2021 tarihinde AB/167/2013 olarak değiştirilmiştir (BSTB, 2013). İlgili yönetmelikte Koruyucu yapıların kaldırılması ve indirilmesi sırasında harcanan kuvvet maksimum değer olarak sınırlandırılmıştır. Yönetmelikte devrilme önleyici sistemin aşağı yukarı hareketini kolaylaştırılması (daha az kuvvet harçayarak aşağı yukarı hareketinin sağlanması) istenilmektedir. Bu çalışmanın amacı yönetmelikler gereği daha az kuvvet ile hareket ettirilebilen öne monte edilen koruyucu yapıların kaldırma ve indirme mekanizması geliştirilmesidir.

2. ROPS ile İlgili Yönetmelik (AB/167/2013- AB/1322/2014)

Bu yönetmelik traktörün devrilmesi durumunda sürücüye emniyet sağlamak üzere, traktör üzerine sabitlenen ROPS sol-sağ ayakları ile koruyucu yapı demiri irtibatlanarak devrilmeye karşı koruma sağlayan bir birinci konum (aktif konum) ve bahçe işlemesine (pasif konum) imkân sağlayan ikinci konum arasında hareketlendirilebilen devrilme koruma tertibatı hakkındadır. Bahçe içerisinde ağaç aralarına girilirken zarar vermemek için kapalı konuma getirilmektedir. Araziden çıkıldıktan sonra tekrar aktif (yukarı konumlu) hale getirilmesi gerekmektedir (Şekil 3).



Figure 3. Examples of ROPS in Open and closed positions (Anonim 2022)

Şekil 3. Açık ve kapalı konumdaki ROPS örnekleri (Anonim 2022)

Bu çalışmanın önceki tasarımlarda bu mekanizmayı hareket ettirmek için sadece insan gücünden faydalanılan ROPS ların daha az kuvvet ile hareket ettirilmesini amaçlamaktadır. Fakat günümüzde geçerli olan yönetmelik güncellenmiş olup burada kullanılan kuvvetin azaltılmasına yönelik bazı yaptırımlar eklenmiştir. ROPS ların, AB/167/2013- AB/1322/2014 yönetmelikleri kapsamında aktif halden pasif hale veya pasif halde aktif hale getirirken ki kuvvet gereksinimlerini sağlanması gerekmektedir (Şevçik, 2019).

AB 167/2013 yönetmeliği kapsamında traktör üzerinde bulunan koruyucu yapının (ROPS) sürücü tarafından kolayca indirip kaldırabilir hale getirilmesi istenmektedir. Tasarım konusu devrilme koruma sistemi traktör üzerinde U şekilli demire sahiptir. Bu U koruma demiri devrilerek yatay konuma getirilebilmektedir. Bu işlem yapılırken bir sönmleme elemanı kullanılabilir. Tasarımda herhangi bir problem yaşanmaması için ROPS yönetmeliği ile ilgili gerekli şartlar ile ilgili bilgiler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1. ROPS Yönetmeliği ve çalışma şartları

ROPS'lar kilitleme sistemi, kavrama alanı, kavrama alanının erişilebilir parçası, sıkıştırma noktası, kesme noktası kısımlarından meydana gelir.

Kilitleme sistemi; alçaltılmış veya yükseltilmiş konumlara ROPS'ları elle veya otomatik olarak kilitlemek için takılan bir cihazdır.

Kavrama alanı; operatöre kaldırma/alçaltma operasyonlarını yürütmesi için izin verildiğinde, ROPS'a takılan ek bir kol ve/veya ROPS'un bir kısmı olarak imalatçı tarafından tanımlanır.

Kavrama alanının erişilebilir parçası; ROPS'un kaldırma/alçaltma operasyonları esnasında operatör tarafından kullanılan alanı ifade eder. Bu alan, kavrama alanının genişlik kesitlerinin geometrik merkezine göre tanımlar.

Sıkıştırma noktası; kişilerin veya vücutlarının bazı kısımlarının sıkışmasına neden olabilecek şekilde parçaların birbirine veya sabit parçalara göre hareket ettiği güvensiz noktadır.

Kesme noktası; kişilerin veya vücutlarının bazı kısımlarının sıkışmasına veya kesilmesine neden olabilecek şekilde parçaların birlikte veya diğer parçalarla birlikte hareket ettiği güvensiz bölgedir (BSTB, 2012); (BSTB, 2014); (OECD-Code 4, 2021); (OECD-Code 7, 2021).

2.2 Elle çalışan katlanabilir ROPS ve test öncesi koşullar

Elle kullanma, koruyucu çubuğun kavrama alanında bir veya daha fazla kavramayla ayaktaki operatör tarafından kullanılır. Bu alan, operatörün yaralanmasına neden olması olası keskin kenar, keskin açılar ve kaba yüzeyler olmaksızın tasarlanmak zorundadır. Kavrama alanı, açıkça ve kalıcı olarak saptanmalıdır (*Şekil 4*).

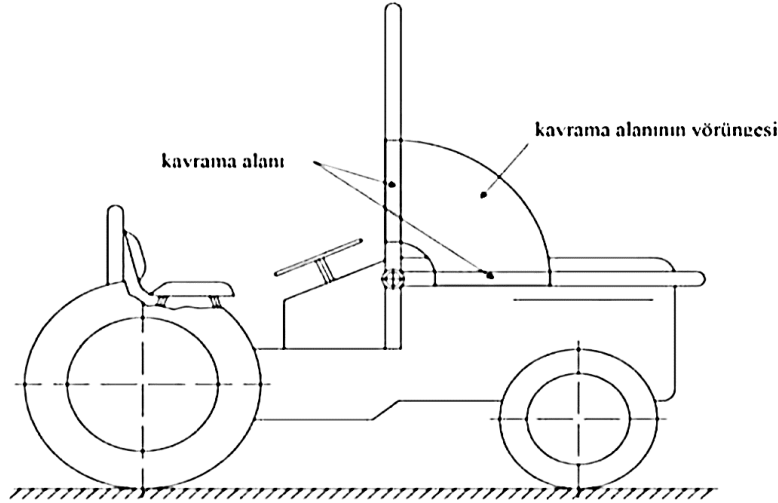


Figure 4. Grip area

Şekil 4. Kavrama alanı

Kavrama alanında, koruyucu çubuk veya ek kolların yapısal bir parçası olabilir ve bu traktörün bir veya her iki tarafında bulunabilir. Koruyucu çubuğu yükseltecek veya alçaltacak elle kullanma, operatöre kesme, sıkıştırma veya kontrol edilemez hareket alanları oluşturmamalıdır.

Farklı miktarlarda izin verilebilir kuvvetli üç erişilebilir bölge, operatörün yer değiştirmesini veya konumunu sınırlayan traktörün dış kısımlarına teğet dik düzlemler ve zeminin yatay düzlemine göre tanımlanır. *Şekil 3'* de bu erişilebilir bölge gösterilmektedir.

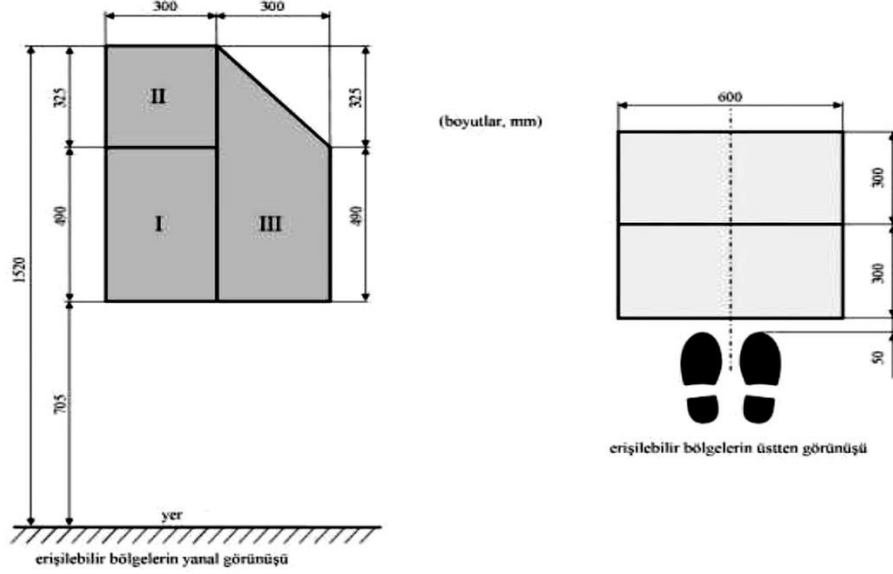


Figure 5. Accessible area

Şekil 5. Erişilebilir bölgeler

Şekil 5'te gösterilen "I bölge" konfor bölgesi, "II bölge" vücudu öne eğmeksizin erişilebilir bölge, "III bölge" ise vücudu öne eğmeyle erişilebilir bölge olarak sınıflandırılmıştır. Operatörün konumu ve hareketi, engellerle sınırlanır. Bunlar traktör parçalarıdır ve engelin dış kenarlarına teğet dik düzlemlerle tanımlanır. Operatör, koruyucu çubuğu elle kullanma esnasında ayağını hareket ettirmeye gerek duyulursa, bir engelin üstesinden gelmek için koruyucu çubuğun yörüngesine paralel bir düzlem içinde veya yalnızca önceki düzleme paralel diğer düzlem içinde yer değiştirmeye izin verilir. Genel yer değiştirme, koruyucu çubuk yörüngesine dik ve paralel hatların sıkı bir kombinasyonu olarak kabul edilir. Bir dik yer değiştirme, operatörün koruyucu çubuğa yaklaşması koşuluyla kabul edilir. Erişilebilir alan, farklı erişilebilir bölgelerin dış çevresi olarak kabul edilir.

Testin amacı, koruyucu çubuğu kaldırmak veya alçaltmak için gerekli kuvveti ölçmektir. Test, statik durumda yapılır: koruyucu çubuğunun ilk (başlangıç) hareketi yoktur. Koruyucu çubuğunu kaldırmak veya alçaltmak için gerekli kuvvetin her bir ölçümü, kavrama alanının genişlik kesitlerinin geometrik merkezinden geçen ve koruyucu çubuk yörüngesine doğrudan teğet olarak yapılır. Farklı erişilebilir bölgelerin teğet eğrisi veya erişilebilir bölge içinde yerleştiğinde kavrama alanının, erişilebilir olduğu düşünülür (Şekil 6) (BSTB, 2012); (BSTB, 2014); (OECD-Code 4, 2021); (OECD-Code 7, 2021).

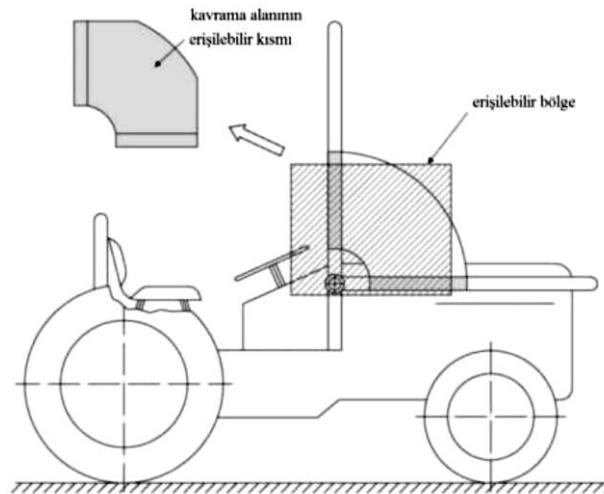


Figure 6. Accessible part of the grip area

Şekil 6. Kavrama alanının erişilebilir kısmı

2.3 Elle kilitleme sistemi

Üst/alt konumuna ROPS'u kilitlemek için kullanılan cihazlar pimler ise, serbest şekilde takılır veya çıkarılabilir olmalıdır. Bunu yapmak için, koruyucu çubuk üzerine bir kuvvet uygulamaya gerek varsa, kriterlere uygun tasarlanması gerekir. Diğer tüm kilitleme cihazları için, özellikle sıkıştırma veya kesme tehlikelerini önleyen kuvvet ve şekli ilgilendiren ergonomik bir yaklaşıma göre işlenmesi gerekir (BSTB, 2012); (BSTB, 2014).

2.4 Otomatik kilitleme sistemi

Elle kullanılan katlanabilir ROPS'la takılan bir otomatik kilitleme sistemi, ROPS'un dayanım testi yapılmadan önce ön teste tabi tutulur. Koruyucu çubuk, üst konumdan dik kilitli konum ve arkaya getirilir. Bu işlem 500 kez tekrarlanarak ön test tamamlanır. Döngü işlemi herhangi bir mekanizma ile (hidrolik, basınçlı veya elektrikli tahrik ediciler) veya manuel olarak yapılabilir. Her iki durumda da, kuvvet, kavrama alanı boyunca geçen ve koruyucu çubuğun yörüngesine paralel bir düzlem içinde uygulanır ve koruyucu çubuğun açılma hızı, 20 derece/saniyeden az ve kabaca sabittir. 500 döngüden sonra, koruyucu çubuk, üst konumda olduğunda uygulanan kuvvet, izin verilen kuvvetlerin %50'den fazlasını geçemez. Koruyucu çubuğun kilidinin açılması, kullanım kılavuzunu izleyerek yapılır. 500 döngünün tamamlanmasından sonra, kilitleme sistemi üzerinde hiçbir bakım veya ayar yapılmaması gerekir. Yönetmeli gereği ilk test otomatik olarak katlanabilir ROPS sistemlerine de uygulanabilir ve imalatçı tarafından yapılabilir. Bu tür bir durumda, imalatçı, testin, test prosedürüne göre yapılmış olduğunu ve 500 döngünün tamamlanması sonrasında kilitleme sisteminde hiçbir bakım veya ayar olmadığını belirten bir sertifikayı teknik servise sağlar. Teknik servis alt konumdan üst kilitli konum ve geriye bir döngüyle cihazın performansını kontrol etmesi gerekmektedir (BSTB, 2014); (OECD-Code 7, 2021).

3. Materyal ve Metot

Tasarımın kapsamı, ön koruma demiri yay mekanizması ile katlanma özelliğini iyileştirmektir. Mevcut sistemde mekanizmada herhangi bir yardımcı kuvvet bulunmayıp tüm ağırlık sürücünün kol kuvveti ile yapılmaktadır. Yeni yönetmelik gereği harcanan bu kuvvet belirli sınırlar altında olması gerekmektedir. Bu sebeple ön koruyucu mekanizmaya bir torsiyon yay eklenerek bu kuvvetin azaltılması düşünülmüştür. ROPS tasarımı geçmeden ihtiyacı karşılayabilecek yay hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara uygun olarak yay mekanizması ROPS tasarımına eklenmiş ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

3.1 Torsiyon Yay Tasarımı

Torsiyon yaylar (kurma yay), alaşımli metallere, dikdörtgen veya yuvarlak malzemeden helisel olarak sarılmış ve yay uçlarına şekil verilerek kollar oluşturulmuştur. Bu yaylar genellikle mekanizmalarda miller için hareket verici olarak kullanılmaktadırlar. Açılma yönünde depolanan enerjiyi depolamaktadırlar. Bu sebeple çalışmada bu tür yay kullanılmasının uygun olacağı kanısına varılmıştır. Torsiyon yaylarda, malzeme elastik bölgede kalmak şartıyla, yay ekseninden belirli bir "R" mesafesinde, teğetsel olarak etkileyen bir "F" kuvvetinin oluşturduğu "M" moment etkisiyle yay sıkıştırıldıktan sonra depolanan enerji ihtiyaç olduğunda geri alınabilir.

Torsiyon Yay (Kurma Yay) hesaplamalarında kullanılan kısaltmalar ve simgeler:

d : Yay telinin çapını (mm),

D_i : Yay iç çapını (mm),

$D_m = D_i + d$ Yayın ortalama çapını (mm),

$D_m = D_i + (2 \times d)$ Yay dış çapını (mm),

$w = \frac{D_m}{d}$: Yay indeksi

M_1 "Birinci momenti ifade eder (Nmm)". Birinci moment tesir mesafesinin eksene uzaklığı R (mm) ile teğetsel birinci kuvvet F_1 (N)'nin çarpımına eşittir.

M_2 : İkinci momenti ifade eder (Nmm). İkinci moment ise benzer şekilde tesir mesafesinin eksene uzaklığı R (mm) ile teğetsel ikinci kuvvet F_2 (N)'nin çarpımına eşittir.

A_1 : Moment altında (M_1) sıkışan yayın uç kısımları (Yay bacakları) açılma strok (derece),

α_2 : Moment altında (M_2) sıkışan yayın uç kısımları (Yay bacakları) açılma strok (derece),

α_h : Moment farkından (M_2-M_1) oluşan açısız strok farkı (derece),

δ_0 : Yay yüksüz iken yayın uç kısımları (Yay bacakları) arasındaki açıyı,

δ_1 : Moment altında (M_1) sıkışan yayın uç kısımları (Yay bacakları) arasındaki açıyı (derece),

δ_2 : Momenti (M_2) altında yayın uç kısımları (Yay bacakları) arasındaki açıyı (derece),

Yayı etkileyen moment sebebi ile yayın kesitinde oluşan ($\sigma_{iç}$) iç gerilme:

$$\sigma_{iç} = \frac{32 \times M}{\pi \times d} \quad (Nmm^{-1}) \quad (Eş.1)$$

Moment farkından dolayı (α_h) strok farkı olan yay rijitliği hesabı (Rende, 2017):

$$c = \frac{M_1 - M_2}{\alpha_h} \quad \left(\frac{Nmm}{derece} \right) \quad (Eş.2)$$

3.2 Torsiyon Yay Moment – Açısız Strok Diyagramı

Her iki yay ucu radyal bükülmüş Torsiyon Yaylarının İç büküm radius $r \geq d$ olması gerekir. Yay İndeksi sebebi ile Düzeltme Katsayısı “kw”

$$kw = \frac{w+0,07}{w-0,75} \quad (Eş.3)$$

Uç kısımları radyal bükülmüş olan yaylar için (r/d) oranı sebebi ile Düzeltme Katsayısı “krd”

$$krd = \frac{2 \times \frac{r}{d} + 1,07}{2 \times \frac{r}{d} + 0,25} \quad (Eş.4)$$

Maksimum İç Gerilmenin (σ_{max}) hesabı için, yayın çalışma şekline göre seçim yapılır.

a) Statik Çalışma: Yay 10000 çevrimden fazla çalışmayacaksa veya çalışma kuvveti “F” sabit ise Gerilme Düzeltme Faktörü “1” ($k=1$) alınır.

b) Dinamik Çalışma: Yay çalışma şartları zor ise 10000000 çevrim ömrü alınır. Bu durumda Gerilme Düzeltme Faktörü (k) için hesaplanan “kw” veya “krd” sonuçlarından büyük olan alınır.

Çalışma yerine ve durumuna göre seçim yapıldıktan sonra $M_{max} = M_2$ momenti altında yay da oluşan maksimum İç Gerilme (σ_{max}) hesaplanır.

$$\sigma_{max} = k \times \sigma \quad (Nmm^{-2}) \quad (Eş.5)$$

$$\sigma_{max} = \frac{32 \times k \times M_2}{(\pi \times d)^3} \quad (Nmm^{-2}) \quad (Eş.6)$$

Standart yay üretiminde kullanılan tel malzemelerinin çekme mukavemetleri ($R_m=N/mm^2$) çaplarına göre tablolarda verilmektedir. Fakat yaylar, elastik deformasyon bölgesinde çalışmak zorundadırlar. Bu nedenle seçilen yay malzemesi çalışma esnasında daima Akma Dayanımının (σ_{akma}) altında kalmak zorundadır.

Pratik olarak: $\sigma_{akma} = 0,70 \times R_m$ alınabilir. Sonrasında; “ $\sigma_{max} < \sigma_{akma}$ ” olacak şekilde tel çapı ve malzemesi seçilir.

Son olarak:

$$d = \left(\frac{32 \times k \times M_2}{p \times \sigma_{akma}} \right)^{1/3} \quad (Eş.7)$$

sağlanması gerekmektedir (Rende, 2017).

3.3 ROPS Kuvvet ölçüm standartları

Koruyucu çubuğunu kaldırmak veya alçaltmak için gerekli kuvvet, kavrama alanının erişilebilir kısmı içinde olan Şekil 7’de verilen noktalarda ölçülür.

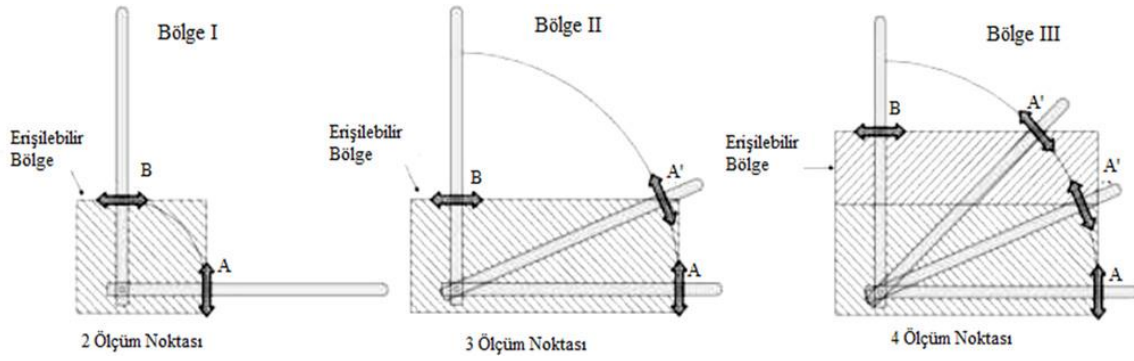


Figure 7. Points where force requirement will be measured

Şekil 7. Kuvvet gereksiniminin ölçüleceği noktalar

Birinci ölçüm, koruyucu çubuk tam olarak indirildiğinde kavrama alanının erişilebilir kısmının ucunda yapılır (A noktası). İkincisi, kavrama alanının erişilebilir kısmının üstüne kadar koruyucu çubuğunun döndürülmesi sonrasında A noktasına göre tanımlanır (A' noktası). İkinci ölçümde, koruyucu çubuk tam olarak kaldırılmazsa, bir ek nokta, koruyucu çubuk tam kaldırıldığında kavrama alanının erişilebilir kısmının ucunda ölçülür (Nokta B). İlk iki ölçüm arasında, birinci noktanın yörüngesi, Bölge I ve Bölge II arasındaki sınırdan geçerse, kesişme noktasında bir ölçüm yapılır (A'' noktası). Gerekli noktalardaki kuvveti ölçmek için, kuvveti ölçmek üzere ya koruyucu çubuğu indirmek veya kaldırmak için gerekli torku ölçmek veya doğrudan değeri ölçmek mümkündür (BSTB, 2012); (BSTB, 2014).

4. Araştırma Sonuçları

Bulgular kısmı üç aşamada incelenmiştir. Birinci kısım mevcut ROPS için ihtiyaç olan yardımcı kuvvetin belirlenmesi ve buna uygun yay hesaplamaları, ikinci kısım elde edilen yay verilerine göre yeni ROPS tasarım aşamalarını, üçüncü kısım ise imalatı yapılmış yeni mekanizmanın ölçümleri ve yönetmelik ile kıyaslamalarını kapsamaktadır.

4.1. Yay hesaplamaları

Yay mekanizmasında kullanılacak olan yay olarak torsiyon yay tipi (temperlenmiş yaylık çelik tel) kullanılmış ve torsiyon yay hesaplamaları doğrultusunda *Tablo 1*'deki veriler elde edilmiştir.

Tablo 1. Torsiyon yay tasarımı ile elde edilen veriler

Table 1. Data obtained with torsion spring design

Mevcut Yaysız ROPS Kola Gelen Kuvvet (N)	Yol (mm)	İki Koldaki Moment (Nmm)	7.5 kg'ı karşılamak için gerekli moment (Nmm)	Tek Koldaki Moment (N.mm)	7.5 kg gereksinimini sağlama için ihtiyaç olan yay çapı (mm)
130	1411	183430	105825	38802.5	7.22

Tablo 1'deki veriler kullanılarak tasarıma yay kontrolleri yapılmış olup ortaya çıkan yay kullanılarak iyileştirme sağlanmıştır. Böylelikle kola gelen yaklaşık 170N kuvvet, 7mm çapındaki yay yardımıyla 80N civarına düşürülmüştür (*Şekil 8*). Elde edilen bulgular *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2. Yay kontrol verileri

Table 2. Spring control data

Çap mm	Ortalama Çap mm	Sarım sayısı	Esneklik katsayısı	Açı	Moment (N.mm)	Max Gerilme (N/mm ²)	Tablodaki Gerilme (N/mm ²)	Emniyetli Gerilme (N/mm ²)
7	28	8	602.57	80	48205.97	1432.28	1760	1408

Buna göre yeniliği, U koruma demirinin, birinci konumdan (aktif konum) bahsedilen ikinci konuma (pasif konum) geçirilirken en azından kısmen yavaşlatılabilmesine imkan vermek üzere; bir ucundan ROPS sol-sağ ayaklara, diğer ucundan U koruma demirine ilişkilendirilebilen kurma yay içermesi ve bahsedilen kurma yayın U koruma demirinin döndürülmesiyle oluşan kinetik enerjiyi sönmüleyecek şekilde konfigüre edilmiş olmasıdır. Böylece U koruma demirinin ROPS sol-sağ ayaklara göre döndürülürken kullanıcı üzerine ağır yük binmesi engellenerek ergonomik bir kullanım sağlanmış olmaktadır.



Figure 8. Springless ROPS mechanism force measurements

Şekil 8. Yaysız ROPS mekanizması kuvvet ölçümleri

Şekil 8’de sırası ile bölgelerden kuvvet ölçümleri “kg” cinsinden ölçülüp yer çekimi ivmesi ile çarpılarak yönetmelikteki birime (N) çevrilmiştir. Ölçümler en az üç kez tekrarlanarak alınmış ve ortalama değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler yönetmelikte belirtilen bölgelerden sırası ile alınmıştır. Ölçüm değerleri 1. Bölge, 2. Bölge, 3. Bölge olarak sırası ile 17 kg (166.77 N), 16kg (156.97 N) ve 13 kg (127.53 N) olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler yönetmelikteki sınırların çok üzerinde olduğu görülmüştür.

4.1 ROPS Mekanizması Tasarım Aşamaları

Şekil 9’da tasarım bir devrilme koruma tertibatı ile ilgilidir. Buna göre bahsedilen devrilme koruma tertibatı (1) özellikle tarım traktörlerinde kullanılmaktadır. Bahsedilen devrilme koruma tertibatı traktörün herhangi bir sebeple yan yatması veya devrilmesi durumunda sürücünün korunmasını sağlayacak şekilde konfigüre edilmektedir. Bunun yanı sıra devrilme koruma tertibatının devrilme koruma özelliği ihtiyaca göre pasif hale de getirilebilmektedir. Bunları sağlamak üzere devrilme koruma tertibatı U koruma demirine (10) ve ROPS sol-sağ ayağa (20) sahiptir. Bahsedilen ROPS sol-sağ ayak (20) esasen devrilme koruma tertibatının traktör üzerinde sabit bir şekilde irtibatlandığı kısımdır. U koruma demiri (10) ise ROPS sol-sağ ayak (20) üzerinde en azından kısmen dönme serbestliğine sahip olabilecek şekilde irtibatlanan kısımdır. U koruma demiri (10) esasen “U” şekilli bir profil (11) olup traktörde sürücüye yakın gelecek şekilde konumlanabilmektedir. U koruma demirinin (10) ROPS sol-sağ ayağa (20) göre dönme serbestliğine sahip olması ile devrilme koruma tertibatı (1) bir birinci konum (I) ve bir ikinci konum (II) arasında yer değiştirebilmektedir (Bülbül, 2006); (Yahsi, 2019).

İkinci konum ise (II) devrilme koruma tertibatının devrilme veya yan yatma durumlarına karşı koruma özelliğinin pasif hale getirilmiş olduğu konumdur. Bu konumdayken U koruma demiri (10) esasen ROPS sol-sağ ayak (20) etrafında döndürülerek yaklaşık olarak yere paralel bir konuma getirilmektedir. İkinci konum (II) birinci konuma (I) göre traktörün daha emniyetsiz olduğu konumdur. Fakat bu konum özellikle bahçelerde traktörün ağaçlar altına rahatça girebilmesi ve ağaç dallarının birinci parça (10) tarafından zarar görmesinin engellenmesi amacıyla tercih edilebilmektedir.

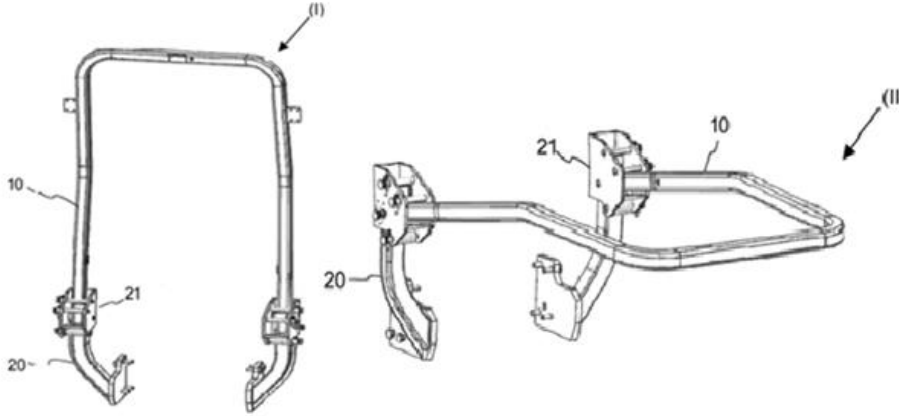


Figure 9. Active and passive position perspective view of the rollover protection device

Şekil 9. Devrilme koruma tertibatının aktif ve pasif konum perspektif görünümü

Devrilme koruma tertibatında U koruma demirinin (10) ROPS sol-sağ ayak (20) üzerinde birinci konumdan (I) ikinci konuma (II) geçirilmesi sırasında kullanıcı üzerine binen yükün azaltılması istenmektedir. Bu durum bir taraftan kullanıcının konforunu iyileştirirken hem de yönetmelikler gereği bir şart haline gelmiştir.

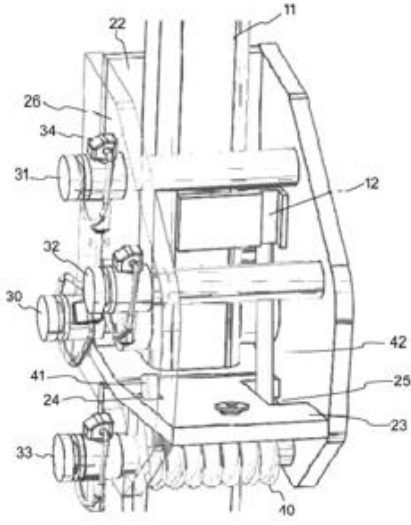
ROPS sol-sağ ayağın (20) U koruma demiri (10) ile birleşim yerinde en az bir eklem elemanı (21) bulunmaktadır. Bahsedilen eklem elemanı (21) tercihen ROPS sol-sağ ayak (20) üzerinde sağlamış bir birleştirme elemanı olup şekli ve üzerinde bulunan delikleri sayesinde U koruma demirinin (10) hareketine imkân vermektedir.

Şekil 10' da tasarım konusu devrilme koruma tertibatında bulunan eklem elemanının perspektif görünümü verilmiştir. Birinci yaslanma duvarı (22) ve ikinci yaslanma duvarının (23) yanlarından aralarında boşluk olacak şekilde birer yanak (26) kısmı bulunmaktadır. Bahsedilen yanak (26) kısımları arasında U koruma demirinin (10) profili (11) konumlanabilmektedir. Profilin (11) konumlanabilmesine imkân üzere yanak (26) arasında uzanan bir mil (30) bulunmaktadır. Bahsedilen mil (30) vasıtasıyla profil (11) birinci yaslanma duvarı (22) ve ikinci yaslanma duvarı (23) arasında hareket ettirilebilmektedir. Yanaklar (26) arasında bir ikinci mil (31) ve bir üçüncü mil (32) de bulunmaktadır. Bahsedilen ikinci mil (31), U koruma demirini (10) birinci konumda (I), üçüncü mil (32) ise U koruma demirini (10) ikinci konumda (II) tutabilmektedir.

Ayrıca yanaklar (26) arasında dördüncü mil (33) uzanmaktadır. Dördüncü mil (33) etrafında en az bir kurma yay (40) konumlanmaktadır. Kurma yay (40) diğer bir adı ile torsiyon yay tercihen helisel olarak sarılmış ve uçlarında şekil verilmiş birinci uç (41) ve ikinci uç (42) bulunan yay çeşididir. Kurma yay (40); bahsedilen birinci uç (41) ve bahsedilen ikinci ucun (42) birbirine göre döndürülmesi ile kinetik enerjiyi potansiyel enerji olarak depolamaktadır.

Tüm bu yapılanma ile beraber; traktörlerde kullanılan bir devrilme koruma tertibatının (birinci konumdan (I) bir ikinci konuma (II) geçirilirken pratik ve emniyetli bir hareket mekanizmasının elde edilmesi sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra birinci parçanın (10) ikinci konuma (II) geçirilirken ki hareketi en azından kısmen sönmülenerak kullanıcı için ergonomik ve emniyetli bir yapı elde edilmiş olmaktadır. Bunun yanı sıra önceden belirlenen yönetmelik kurallarına uygun bir yapının teknikte bilinen bir kurma yayın (40) kullanılması ile çözülmüş olmaktadır.

Tasarlanıp imalatı yapılan mekanizmanın katı model ve imalat sonundaki traktör üzerindeki görünüşleri Şekil 11'de verilmiştir.



1	Devrilme Koruma Tertibatı	30	Birinci Mil
10	Birinci Parça	21	İkinci Mil
11	Profil	32	Üçüncü Mil
12	Dayanak	33	Dördüncü Mil
20	İkinci Parça	34	Pim
21	Eklem Elemanı	40	Kurma Yay
22	Birinci Yaslanma Duvarı	41	Birinci Uç
23	İkinci Yaslanma Duvarı	42	İkinci Uç
24	Birinci Açıklık	(I)	Birinci Konum
25	İkinci Açıklık	(II)	İkinci Konum
26	Yanak		

Figure 10. Perspective view of the joint element in the rollover protection device

Şekil 10. Devrilme koruma tertibatında bulunan eklem elemanının perspektif görünümü

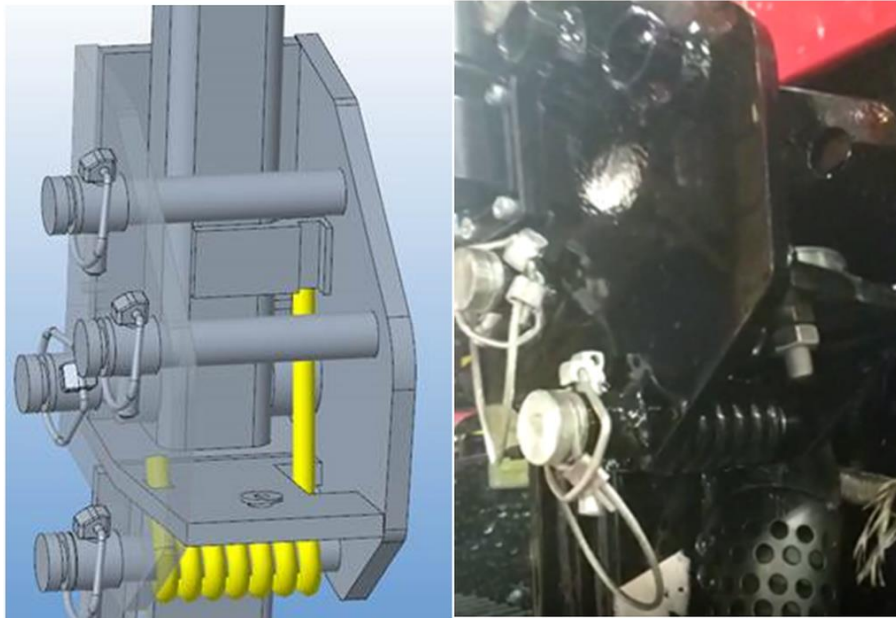


Figure 11. Images of the spring protective structure on the solid model (a) and the tractor (b)

Şekil 11. Yaylı koruyucu yapının katı model (a) ve traktör üzerindeki görüntüleri (b)

4.3 Tasarım ve İmalat Sonundaki Ölçümler

Şekil 12'de yay mekanizmalı ölçüm önceki ölçüm ile aynı sıralamada ve aynı bölgelerden yapılmıştır. Ölçüm değerleri 1. Bölge, 2. Bölge, 3. Bölge olarak sırası ile 8 kg (83.39 N), 7 kg (68.67 N) ve 4 kg (39.24 N) olarak ölçülmüştür. Elde edilen verilerin yönetmelikteki sınırların altında kaldığı görülmüştür.

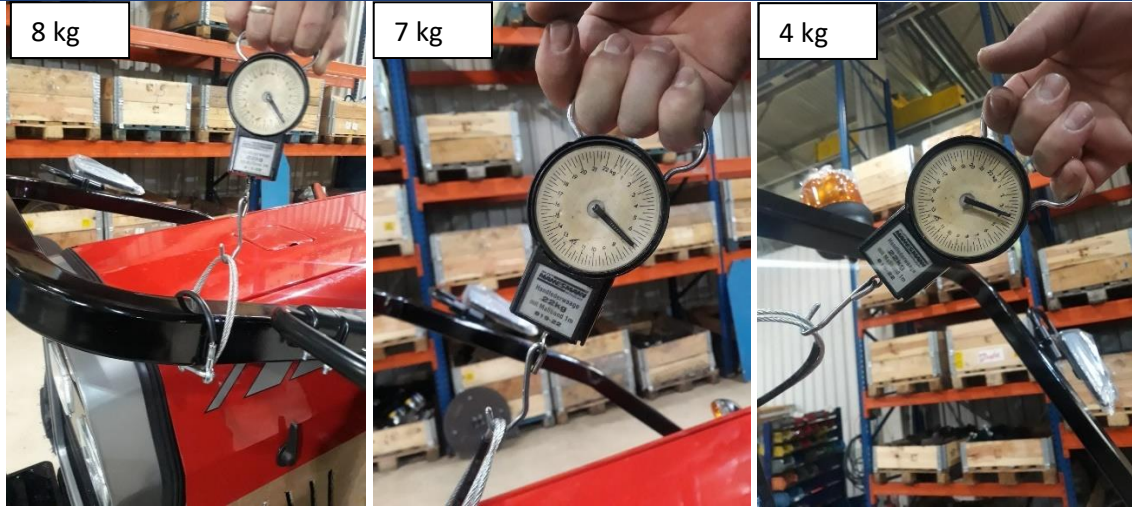


Figure 12. Spring ROPS mechanism force measurements

Şekil 12. Yaylı ROPS mekanizması kuvvet ölçümleri

ROPS'un çalıştırılması için kabul edilebilir kuvvet, Tablo 3'de görüldüğü gibi erişilebilir bölgeye bağlıdır. Bu kabul edilebilir kuvvetlerin %25'inden daha fazla olmayan bir artışa, koruyucu çubuk tam indirildiğinde ve tam kaldırıldığında izin verilir. Bu doğrultuda yapılan tasarım sonucunda elde edilen verilerin yönetmelik sınırları içinde kaldığı görülmüştür.

Tablo 3. İzin verilen kuvvetler ve deney sonucundaki verilerin kıyaslanması

Table 3. Comparison of allowable forces and test results

Bölge	Bölge I	Bölge II	Bölge III
Kabul edilebilir kuvvet (N)	100	75	50
Yaysız Ön ROPS (N)	166.77	156.97	127.53
Yaylı Ön ROPS (N)	83.39	68.67	39.24

Bahsedilen eklem elemanı üzerinde U koruma demirinin birinci konumda (pasif konum) dayandırıldığı yaslanma duvarı ve ikinci konumda (aktif konum) dayandırıldığı yaslanma duvarına sahip olmasıdır. Böylece U koruma demirinin eklem elemanı üzerine irtibatlanabilmesi ve dönerken hareketinin sınırlandırılabilmesi için mekanik şartlar uygun hale getirilmektedir.

Tasarımın bir diğer özelliği, kurma yayının birinci ucu U koruma demiri üzerine sabitlenirken, ikinci ucu ROPS sol-sağ ayaklar üzerindeki parçaya temas edebilir olmasıdır. Böylece yayın bir ucundan U koruma demirine yaslandırılırken diğer ucundan da tarafından ROPS sol-sağ ayaklarındaki parça ile sıkıştırılabilmektedir.

Yapılan tasarım ile birinci parça üzerinde kurma yayının temas edebildiği en az bir dayanak bulunmasıdır. Böylece kurma yayının birinci parça tarafından sıkıştırılabilmesi sağlanmaktadır.

5. Sonuçlar

Bu çalışma ile mevcut sistem üzerine iyileştirme ve bir tasarım yapılarak yönetmelik gereksinimlerinin sağlanması, konfor ve ergonomi kazandırması amaçlanmaktadır. Bu amaçla öne monteli koruyucu yapıları traktörler için kullanıcılar en az kuvvet gereksinimleri ve yönetmelik şartları sağlanması ile bahçe işlerinde koruyucu yapıyı aktif ve pasif duruma getirebileceklerdir. Geliştirilen ve tasarım olarak ortaya çıkan bu tasarımın uygulanması ile daha güvenli bir sistem elde edilmiştir. En önemlisi ise güvenlik ve yönetmelik gereksinimleri sağlanarak kullanıcıların ölümcül kazalardan korunması sağlanacaktır.

ROPS tasarımında; U koruma demirinin ROPS sol-sağ ayağa irtibatlanmasını sağlamak üzere en az bir mil bulunacak şekilde yapılmıştır. Böylece U koruma demirinin ROPS sol-sağ ayağa göre dönerken şekilde irtibatlanması sağlanmaktadır.

Yayın ROPS sol-sağ ayakta sabitlenen ucu, U koruma demirine sabitlenen ucunun esneyebilmesine imkân verecek şekilde boyutlandırılmıştır. Böylece kurma yayın U koruma demiri tarafından sıkıştırılabilmesi sağlanmaktadır.

Bahçe traktörleri için yapılan tasarım ile devrilme esnasında sürücüyü koruyacak yapı daha kullanışlı hale getirilmiştir. Bu gelişmenin koruyucu yapının aktif olarak kullanımını teşvik edeceği ve böylece meydana gelecek traktör kazalarında ölüm oranının daha aşağı çekilebileceği düşünülmektedir.

ROPS Ölçüm değerleri yönetmelik kapsamında kaldırma kuvveti olarak 1. Bölge, 2. Bölge, 3. Bölge 100 N, 75 N ve 50 N olması gerekmektedir. Yay mekanizması olmayan tasarımda sırası ile 166.77 N, 156.97 N ve 127.53 N olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler yönetmelikteki sınırların çok üzerinde olduğu görülmüştür. Yay mekanizmalı ölçümlerde ise sırası ile 83.39 N, 68.67 N ve 39.24 N olarak tespit edilmiş olup yönetmelik sınırları içerisine düşürülmüştür.

Güvenlik tedbirlerinin (ROPS) kaldırmasının zor olması sebebi ile sürücüler tarafından çıkarıldığı literatür çalışmalarında görülmüştür. Yapılan bu tasarım ile daha az bir kuvvet ile mekanizma çalıştırılabildiği için bu durumda azaltılabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Hattat Traktör ve Hema Endüstri'nin destekleri kapsamında gerçekleşmiştir. 2020/19846 sayılı Patent Başvurusu içerisinden bilgiler kullanılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde verilen tüm destekler için teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akdemir, S., Öztürk S. ve Poyraz, Ü. (2016). Bir traktör kabininde ortam şartlarının yaz koşullarında HAD ile belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2):46-54.
- Akyuz, A. S. (2017). Koruyucu yapı tipinin traktör gürlü ve titreşim karakteristikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2):43-53.
- Anonim (2022). Hattat B3000 Serisi. <https://www.hattattractor.com/traktorler/hattat-tractor/hattat-bahce>, (Erişim Tarihi: 13.07.2022).
- BSTB (2008). Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, AB/2003/37, Tarım veya Orman Traktörleri, Bunların Römorkları ve Birbirine Değiştirilebilir Çekilen Makinaları ile Sistemleri, Aksamları, Ayrı Teknik Üniteleri ile İlgili Tip Onay Yönetmeliği.
- BSTB (2012). Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, AB/2009/75, Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörlerinin Devrilmeye Karşı Koruyucu Yapısı ile İlgili Tip Onay Yönetmeliği.
- BSTB (2013). Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, AB/167/2013 Tarım ve Orman Araçlarının Tip Onay ve Piyasa Gözetimi ve Denetimi Hakkındaki Yönetmelik.
- BSTB (2014). Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, AB/1322/2014 Yapım ve Genel Gereklilikleri Hakkında Tarım ve Orman Araçlarının Tip Onayı ile İlgili Yönetmelik.
- Bülbül, H. (2006). *Ankara'nın bazı ilçelerinde tarım alet ve makinaları ile çalışmada gerçekleşen iş kazalarının incelenmesi üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.
- Day, L., Rechner, G. and Lough, J. (2004). An Australian experience with tractor rollover protective structure rebate programs: Process, impact and outcome evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5): 861-867.
- Gölbaşı, M. (2002). *Tarım alet-makine ve traktörlerin kullanımından kaynaklanan iş kazaları nedenlerinin ve tahmini kaza maliyetleri indeksinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.
- Hard, D., Myersand, L. J. R. ve Gerberich, S. G. (2002). Traumatic Injuries in Agriculture. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 8:51-65.
- Jawa, R. S., Young, D. H., Stothert, J. C., Yetter, D., Dumond, R., Shostrom, V. K., Cemaj, S., Rautiainen, R. H. and Mercer, D. W. (2013). Farm machinery injuries: The 15-year experience at an urban joint trauma center system in a rural state. *Journal of Agromedicine*, 18(2):98-106.
- Marshall, S. W., Clarke, J., Langley, J. D. and Cryer, P.C. (1996). Overview of injury on New Zealand farms. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 2(4):175-190.
- OECD-Code 4 (2021). Standard Code for The Official Testing of Protective Structures on Agricultural and Forestry Tractors.
- OECD-Code 7 (2021). Standard Code for The Official Testing of Rear Mounted Roll-over Protective Structure on Narrow-track Agricultural and Forestry Tractors.
- Öz, E. (2005). Ege Bölgesi'nde meydana gelen traktör kazalarının tarımsal iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2):191-202.
- Rende, H. (2017). Makine Elemanları Cilt 1, Birsen Yayınevi, 3. Baskı, 350s.
- Reynolds, S. J. and Groves, W. (2000). Effectiveness of rollover protective structures in reducing farm tractor fatalities. *American Journal of Preventive Medicine*, 18:63-69.
- Rondelli, V., Casazza, C. and Martelli, R. (2018). Tractor rollover fatalities, analyzing accident scenario. *Journal of Safety Research*, 67:99-106.
- Sanderson, W. T., Madsen, M. D., Rautiainen, R., Kelly, K. M., Zwerling, C., Taylor C. D., Reynolds, S. J., Stromquist, A. M., Burmeister, L. F. and Merchant, J. A. (2006). Tractor overturn concerns on Iowa: Perspectives from the Keokuk county rural health study. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 12(1):71-81.
- Ševčík, L., (2019). Protective Elements of Agricultural Electric Vehicles, *In Proceeding Of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering*. 17-20 September, Prague, Czech Republic.
- Silleli, H. H. (2006). Traktör Sürücüsü ve Önüne Takılan Koruyucu Yapılarda Sürücü Güvenliğini ve Sürüş Performansını Artıracak Bir Sistem Geliştirilmesi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(1): 41-48.
- Sümer, S. K., Say, S. M. ve Özpınar S. (2008). Çanakkale ilinde kullanılmış traktör fiyatlarının değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(3):253-266.
- Yasartekin, M. (2019). *Yuvarlanmaya karşı koruyucu yapılara (ROPS) uygulanan simülasyon tekniklerinde etkili parametrelerin belirlenmesi* (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yahsi, M. (2019) *Bir yuvarlanmaya karşı koruyucu yapının (YKEY) performansının sonlu elemanlar analizi, tasarım optimizasyonu ve fiziksel testler ile korelasyonu* (Yüksek Lisans) Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

Frost Tolerances of Turkish Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars


Türkiye Zeytin Çeşitlerinin Dona Toleransları


Nurengin METE^{1*}, Hatice GULEN², Öznur CETİN³, Mehmet HAKAN⁴, Ugur GULOĞLU⁵,
Hulya KAYA⁶, Nurcan ULUCAY⁷

Abstract

The motherland of the olive is considered as east of the Mediterranean Basin. Turkey is partly located within this basin having a rich source of biodiversity. Olive growing in Turkey is carried out in the Aegean, Marmara, Mediterranean, Southeastern Anatolia and Black Sea Regions. Climatic factors determine the cultivation limits of olive which is not very selective in terms of soil demand. In regions where olives are grown, the Mediterranean climate prevails. Winters are warm and rainy in the region, while summers are hot and dry. On the other hand, severe cold damage in some years can cause significant damage especially in the inner parts of Aegean, Marmara and Black Sea Regions. As a matter of fact, it is known that 31.8% of olive plantations in Turkey are exposed to occasional frost damage. This situation has revealed the necessity of determining the varieties with high frost tolerance and determining the suitable varieties for the regions where cold damage may occur. In the study, 40 registered olive cultivars in "Kemalpaşa Olive Germplasm Bank" in Bornova Olive Research Institute, in İzmir were screened in terms of frost tolerance. To evaluate the frost tolerance (LT₅₀) of cultivars, as estimated by ion leakage (electrical conductivity), leaf samples taken in six different periods over two years were exposed to temperatures at +4 °C (control), -2 °C, -5 °C, -8 °C, -11 °C, -14 °C, -17 °C and -20 °C. In conclusion; it has been determined that frost tolerance of olive varieties revealed significant variability both genetically and seasonally. Butko, Memeli, Otur, Gemlik, Sinop No 5, Yün Çelebi, Kara Yaprak, Satı and Sarı Ulak were determined as cultivars that were more tolerant of frost. Sinop No 1, Marantelli, Ayvalık, Görvele, Çakır, Samsun Tuzlamalık, Erkence, Saurani, Eşek Zeytini (Tekirdağ), Kan Çelebi, İzmir Sofralık, Çilli, Samsun Yağlık, Domat, Eşek Zeytini (Ödemiş), Saçaklı Otur, Sinop No 4, Memecik, Nizip Yağlık, Tekirdağ Çizmelik and Patos were found to be moderately tolerant cultivars while Edincik, Sinop No 6, Çekişte, Mavi, Kiraz, Kilis Yağlık, Çelebi (İzmir), Trabzon Yağlık, Uslu and Girit olive cultivars were grouped as cultivars having low tolerance to frost. In addition, data showed that cold acclimation in the olive is quite important, and exposure to low temperatures for a certain period of time has significantly increased the frost tolerance. However, this condition was not stable and could rapidly become reversed when temperature reached to the point at which adaptation did not ensure.

Keywords: Olive, Acclimation, Cultivar, Frost tolerance, LT₅₀, *Olea europaea* L.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nurengin Mete, Olive Research Institute, İzmir, Turkey. E-mail: nurenginmete@hotmail.com  OrcID: 0000-0003-4357-8614.


²Hatice Gülen, İstinye University Faculty of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, Turkey. E-mail: hatice.gulen@istinye.edu.tr  OrcID: 0000-0001-7586-3108.

³Öznur Çetin, Olive Research Institute, İzmir, Turkey. E-mail: oznur.cetin@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0003-4252-0357.

⁴Mehmet Hakan, Olive Research Institute, İzmir, Turkey. E-mail: mehmet.hakan@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-7353-0323.

⁵Ugur Güloğlu, Olive Research Institute, İzmir, Turkey. E-mail: ugur.guloglu@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0003-2000-1855.

⁶Hulya Kaya, Olive Research Institute, İzmir, Turkey. E-mail: kayahulya@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-7516-8014.

⁷Nurcan Uluçay, Olive Research Institute, İzmir, Turkey. E-mail: nurcan.ulucay@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0003-3865-7705.

Atıf/Citation: Mete, N., Gulen, H., Cetin, O., Hakan, M., Guloglu, U., Kaya, H., Ulucay, N. (2023). Frost tolerances of Turkish olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 293-305.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Zeytinin anavatanı Akdeniz Havzası'nın doğusu olarak görülmektedir. Türkiye coğrafi konum olarak bu havzayı kısmen içermektedir ve zeytin biyoçeşitliliği bakımından zengin bir kaynağa sahiptir. Türkiye'de zeytin yetiştiriciliği Ege, Marmara, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde yapılmaktadır. Toprak isteği bakımından fazla seçici olmayan zeytinin sınırlarını iklimsel faktörler belirlemektedir. Zeytincilik yapılan bölgelerde genellikle Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bu bölgelerde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Buna karşın, bazı yıllar oluşan şiddetli soğuklar özellikle İç Ege, Marmara ve Karadeniz bölgelerinde önemli zararlanmalara neden olabilmektedir. Nitekim Ülkemizdeki zeytin işletmelerinin % 31.8'inin dönem dönem don zararına maruz kaldığı bilinmektedir. Bu durum don toleransı yüksek çeşitlerin belirlenmesi ve soğuk zararlarının meydana gelebileceği bölgeler için uygun çeşitlerin saptanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Çalışmada Zeytincilik Araştırma Enstitüsü (Bornova/İzmir) bünyesinde bulunan "Kemalpaşa Zeytin Arazi Gen Bankası"ndaki 40 zeytin çeşidinin don toleransı araştırılmıştır. Çeşitlerin dona toleransının araştırmak amacıyla iki yıllık süreçte altı farklı dönemde alınan yaprak örnekleri kontrol (+4°C), -2°C, -5°C, -8°C, -11°C, -14°C, -17°C ve -20°C'lerde don testlerine tabi tutulmuş ve bu testlerde iyon sızıntısı (elektriksel iletkenlik) yönteminden yararlanılmıştır. Sonuç olarak zeytin çeşitlerinin don toleransının gerek genetik olarak gerekse mevsimsel olarak önemli değişkenlikler gösterdiği saptanmıştır. Butko, Memeli, Otur, Gemlik, Sinop No 5, Yün çelebi, Kara yaprak, Satı ve Sarı Ulak çeşitlerinin don toleransının yüksek olduğu belirlenmiştir. Sinop No 1, Marantelli, Ayvalık, Görvele, Çakır, Samsun Tuzlamalık, Erkence, Saurani, Eşek Zeytini (Tekirdağ), Kan Çelebi, İzmir Sofralık, Çilli, Samsun Yağlık, Domat, Eşek Zeytini (Ödemiş), Saçaklı Otur, Sinop No 4, Memecik, Nizip Yağlık, Tekirdağ Çizmelik ve Patos çeşitlerinin dona orta derecede toleranslı olduğu, Edincik, Sinop No 6, Çekişte, Mavi, Kiraz, Kilis Yağlık, Çelebi (İzmit), Trabzon Yağlık, Uslu ve Girit Zeytini çeşitlerinin ise don toleransının düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sonuçlar zeytinde soğuk aklimasyonunun oldukça önemli olduğunu ve belirli bir süre düşük sıcaklıklara maruz kalmanın don toleransını önemli derecede arttırdığını göstermiştir. Ancak bu durumun durağan olmadığı ve uyumun gerçekleşmediği sıcaklığa dönüldüğünde hızlıca kaybedilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Zeytin, Aklimasyon, Çeşit, Don toleransı, LT₅₀, *Olea europaea* L.

1. Introduction

Between about the 30°-45° latitudes Mediterranean region is considered as economic olive production zone (Bongi and Palliotti, 1994; Mancuso, 2000). Low temperature is one of the most important abiotic stress factors limiting production and quality of olive within this zone (Yang et al., 2005; Sanzani et al., 2012; Aybar et al., 2015). Olive is a plant species with better frost tolerance compared to other subtropical plant species. However, leaf loss and branch dieback may occur in olive trees depending on the period and temperature, specially in the case of lower than -7°C and this leads to severe yield loss (Vitagliano and Sebastiani, 2002). Although it is stated that plants may completely die when temperature drops to -12°C, some cultivars are able to display frost tolerance at temperatures from -12°C to -18°C (Fiorino and Mancuso, 2000; De-Andres Cantero, 2001).

Olive has been cultivated in Aegean, Marmara, Mediterranean, Southeastern Anatolia, and Black Sea Regions of Turkey. Table olive and olive oil are considered as some of the most important agricultural products of this geography (Mete et al., 2016b). Olive trees cultivated in these regions are considerably influenced by climatic factors in some years. It was reported that numerous olive trees were exposed to extremely severe frost damage especially in Marmara region after sudden decreases of weather temperature in the years 1983, 1985, and 1987 (Usanmaz et al., 1988). A similar case occurred in Mudanya district of Bursa province in 2010 and many olive trees got damaged because of low temperature. Likewise, excessively low temperatures in January 2015 caused defoliations and branch dieback in olive trees (Mete et al., 2016a). A study conducted throughout Turkey reported that 31.8% of olive plantations suffered from frost damage periodically (Özaltaş et al., 2016). In addition, probability of low temperature induced injury in olive trees has increased as the result of shift in olive cultivation areas to more marginal areas in recent years.

Frost damage occurring in plants depends on genetic structure, phenological period, nutrition and health condition, age of the plant and organs that are exposed to frost stress (Graniti et al., 2011). Air humidity, period of temperature, rate of decrease in temperature, and speed and direction of wind are effective on frost. Depending on this condition, frost tolerance of plants is affected by its genetic structure and environmental factors and thus it shows variation (Beck et al., 2004). Therefore, it is crucial in terms of reliability of the results to take samples homogeneously from the trees cultivated under the same conditions to carry out artificial freezing tests.

Different methods have been used in order to determine frost tolerance of olive cultivars. Among these methods, “electrolyte leakage tests” (measured by the electrical conductivity) is considered as the most effective and practical method because it shows the cell membrane injury right after the frost damage (Palliotti and Bongi, 1996; Bartolozzi and Fontanazza, 1999; Mancuso, 2000). Bartolozzi and Fontanazza (1999) noted in their studies carried out to identify tolerance of olive cultivars to low temperatures (indicated by LT₅₀) that olive cultivars ‘Bouteillan’ (LT₅₀: -18.2°C) and ‘Nostrale di Rigali’ (LT₅₀: -18°C) were tolerant to frost, whereas the cultivars ‘Morcona’ (LT₅₀: -11.4 °C) and ‘Borsciona’ (LT₅₀: -12.2°C) were sensitive. During winter months, mean LT₅₀ was determined to be -12 °C for leaves, -13 °C for buds, and -18 °C for offshoots of the olive cultivars ‘Nostrale di Rigali’, ‘Frantoio’, ‘Leccino’, and ‘Moralio’ (Antognozzi et al., 1990). Mancuso (2000) stated that LT₅₀ was between -12.0 °C (‘Coratina’) and -18.3 °C (‘Ascolana’) for some olive cultivars. Frost tolerance of olive cultivars ‘Roghani’, ‘Zard’, ‘Mission’, and ‘Kroneiki’ was determined in the periods of December and October. ‘Zard’ was found to be the most tolerant one among the studied cultivars (Soleimani et al., 2004). Asl Moshtaghi et al. (2009) investigated frost tolerance of 7 different olive cultivars and determined that ‘Delghan’ cultivar was the one with the highest frost tolerance. In another study comparing frost damage occurring under natural circumstances and after artificial freezing tests, ‘Cornicabra’ (-13.3°C) and ‘Picual’ (-13.2°C) were the most tolerant cultivars, while ‘Empeltre’ (-9.5°C) cultivar was the most sensitive according to LT₅₀ value within 8 different cultivars (Barranco et al., 2005). Cansev et al. (2009) carried out freezing tests on leaves of the cultivars ‘Manzanilla’, ‘Lecques’, ‘Ascolona’, ‘Hojoblanca’, ‘Domat’, ‘Meski’, ‘Uslu’, ‘Gemlik’ and ‘Samanlı’ during dormant and active growth periods. According to the results, ‘Manzanilla’ was the most sensitive to low temperature stress and ‘Domat’ was the cultivar with the highest tolerance. Other cultivars were found to be moderately tolerant. A study of frost tolerance of 24 olive cultivars under field conditions in Italy revealed that only 3 cultivars (‘Ascolana dura’, ‘Orbetana’, and ‘Mignolone’) had considerable frost tolerance (Lodolini et al., 2016).

To the best of our knowledge, there are limited studies conducted to determine the tolerance of local olive cultivars to freezing stress. In this manner, determining the freezing tolerance of the cultivars is very important for effective olive growing as well as olive breeding studies in the future. Therefore the study was conducted in order

to identify the cultivars with high frost tolerance and determine the cultivars appropriate for the regions where cold damage may occur. In the study, 40 major olive cultivars found in the Olive Germplasm Bank of Turkey were screened by freezing test and clustered based on their cold-hardiness.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material

The study was conducted on 47 years old olive trees of 40 olive cultivars planted in Olive Germplasm Bank of Turkey (Kemalpaşa, Izmir / Turkey: 38°27'49.94"K, 27°22'33.64"D). All of the cultivars listed on *Table 1* were planted in the same orchard and were subjected to equal cultural procedures. And to better assess the cold hardiness of cultivars the samples were taken in three periods within a year for two consecutive years. These periods were determined as follows; November when cold occurs, January being one of the coldest months of the year (at which time they are cold-acclimated), and March when the flowering starts.

For the freezing test, leaf samples were collected randomly from the middle part of current-year shoots (30-40 cm) located in the northern site of the tree in each cultivar and packed on ice and brought to the laboratory.

Table 1. Olive cultivars used in the study and their region of origin

Cultivars	Region of origin	Cultivars	Region of origin
Ayvalık	Aegean	Sarı Ulak	Mediterranean
Çakır	Aegean	Yün Çelebi	Southeastern
Çekişte	Aegean	Kan Çelebi	Southeastern
Çilli	Aegean	Kilis Yağlık	Southeastern
Girit Zeytini	Aegean	Mavi	Southeastern
Domat	Aegean	Nizip Yağlık	Southeastern
Eşek Zeytini (Ödemiş)	Aegean	Butko	Blacksea
İzmir Sofralık	Aegean	Görvele	Blacksea
Kiraz	Aegean	Marantelli	Blacksea
Memeli	Aegean	Patos	Blacksea
Uslu	Aegean	Otur	Blacksea
Erkence	Aegean	Saçaklı Otur	Blacksea
Memecik	Aegean	Satı	Blacksea
Kara Yaprak	Aegean	Samsun Yağlık	Blacksea
Gemlik	Marmara	Samsun Tuzlamalık	Blacksea
Tekirdağ Çizmelik	Marmara	Trabzon Yağlık	Blacksea
Edincik	Marmara	Sinop No 1	Blacksea
Eşek Zeytini (Tekirdağ)	Marmara	Sinop No 4	Blacksea
Çelebi (İznic)	Marmara	Sinop No 5	Blacksea
Saurani	Mediterranean	Sinop No 6	Blacksea

2.2. Controlled freezing test

In this study, membrane injury of leaf tissues was carried out by ion leakage method developed by Arora et al. (1992) and modified for olive plant by Eriş et al. (2007). Briefly, leaf discs in 10 mm diameter were punched from the leaves, they were then lightly rinsed in distilled water, gently blotted with paper, and placed in test tubes (one disc per tube). Tubes were placed in a glycol freezing bath (JULABO brand F38-ME). Three replications were performed for each temperature and each cultivar in each leaf sampling period. A water bath device with cooler and a 45-lt chamber manufactured from stainless steel was used for applying the freezing tests. The temperature was decreased at 2°C/h of speed, down to +4°C to -2, -5, -8, -11, -14, -17, and -20°C and samples were allowed to gradually thaw inside ice box removing from freezing bath after keeping them for 2 hours at each of temperature.

2.3. Cell membrane injury and cold-hardiness determination

Ten ml of distilled water was added to each tubes from exposed and non-exposed (control) to freezing stress and they were then shaken on a gyratory shaker (250 rpm) for 4 h at room temperature. Electrical conductivity of each sample was measured using Selecta- CD-2005 conductivity meter. Electrical conductivity of each sample

was measured once more after the tubes were autoclaved (0,12 MPa, 120°C, 20 min) and cooled. Proportional injury at each temperature was calculated from ion leakage data using the equation: $\text{proportional injury} = \frac{\text{proportional L(t)} - \text{proportional L(c)}}{1 - \text{proportional L(c)}}$, where proportional L(t) and proportional L(c) are percentage ion leakage data for the treatments and control samples, respectively (Arora et al., 1992). Cold-hardiness (LT_{50}) was defined as the subzero temperature at which 50% injury occurred.

2.4. Statistical analyses

The study was planned with 3 replications according to randomized block experimental design. Resulting data was statistically analyzed using Student's t grouping test in JMP software. Data from cold-hardiness were evaluated according to logistic regression analysis (Weisberg, 1985).

3. Results and Discussion

3.1. Cold-hardiness of olive cultivars

Freezing tests were repeated for two years and tests were applied in three different periods for each year. These periods were November 2014, January 2015, March 2015 (1st year), November 2015, January 2016, and March 2016 (2nd year). Table 2 and Table 3 show mean LT_{50} values of the cultivars within these periods.

In November of the year 1, though the cultivar 'Yün Çelebi' had the highest LT_{50} value with -14.25°C. The cultivars 'Memeli' (-14.25°C, LT_{50}) and 'Otur' (-14.01°C, LT_{50}) were statistically found within the same group as 'Yün Çelebi' cultivar. These were followed by the cultivars 'Sinop no 5' (-13.97°C, LT_{50}) and 'Butko' (-13.83°C, LT_{50}). The cultivar with the lowest frost tolerance was 'Çelebi (İzник)' which had -9.30°C of LT_{50} result. Other cultivars with relatively low frost tolerance within this period were 'Uslu' (-10.18°C, LT_{50}), 'Girit Zeytini' (-10.59°C, LT_{50}), 'Eşek Zeytini' (Ödemiş) (-10.84°C, LT_{50}), 'Tekirdağ Çizmelik' (-10.85°C, LT_{50}), and 'Trabzon Yağlık' (-10.88°C, LT_{50}). LT_{50} values increased based on cold acclimation in January 2015 when air temperature is lowest among all the periods. LT_{50} values of the cultivars varied between -22.53°C ('Satı') and -13.51°C ('Çelebi, İzник'). The cultivar 'Gemlik' which is one of the most important table olive cultivars in Turkey had -22.42 °C of LT_{50} value and statistically involved in the same group with cultivar 'Satı'. These cultivars were followed by the cultivars 'Otur' (-22.06°C, LT_{50}), 'Memeli' (-21.98°C, LT_{50}), and 'Kan Çelebi' (-21.47°C, LT_{50}), respectively. The cultivars 'Uslu' (-14.78°C, LT_{50}), 'Girit Zeytini' (-14.83°C, LT_{50}), 'Çekişte' (-14.89°C, LT_{50}), and 'Trabzon Yağlık' (-15.23°C, LT_{50}) as well as 'Çelebi (İzник)' shared the last five ranks. In March, which was the last period of the tests for the year 1, the cultivar having the highest frost tolerance with -21.63°C of LT_{50} was 'Butko'. This cultivar was followed by the cultivars 'Sinop no 5' (-20.50°C, LT_{50}), 'Kara Yaprak' (-20.30°C, LT_{50}), 'Yün Çelebi' (-19.63°C, LT_{50}), and 'Memeli' (-18.42°C, LT_{50}). The last 5 ranks within this period were listed as follows; 'Girit Zeytini' (LT_{50} , -11.60°C), 'Sinop no 6' (-11.80°C, LT_{50}), 'Trabzon Yağlık' (-11.87°C, LT_{50}), 'Uslu' (-12.63°C, LT_{50}), and 'Eşek Zeytini (Ödemiş)' (-12.82°C, LT_{50}).

The cultivar with the highest LT_{50} value obtained from 2nd year freezing tests conducted in November was 'Otur'. This cultivar with -14.40°C of LT_{50} value was followed by the cultivars 'Çakır' (-14.35°C, LT_{50}), 'Butko' (-14.30°C, LT_{50}), 'Memeli' (LT_{50} , -13.57°C) and 'Kara Yaprak' (-12.94°C, LT_{50}). The cultivars 'Çekişte' (LT_{50} , -10.21°C), 'Kilis Yağlık' (LT_{50} , -10.14°C), 'Kiraz' (-9.83°C, LT_{50}), 'Mavi' (LT_{50} , -9.78°C) and 'Sinop no 5' (-9.68°C, LT_{50}) were the cultivars with the lowest frost tolerance. LT_{50} values obtained from 2nd year freezing tests in January were found to be lower compared to same period in previous year. LT_{50} values of the cultivars varied between -12.06°C ('Girit Zeytini') and -17.96°C ('Saçaklı Otur'). The first 5 cultivars with high frost tolerance within this period were determined as Saçaklı Otur' (-17.96°C, LT_{50}), 'Butko' (-17.71°C, LT_{50}), 'Memeli' (-17.59°C, LT_{50}), 'Yün Çelebi' (-17.52°C, LT_{50}), and 'Gemlik' (-17.24°C, LT_{50}). Within the last 5 ranks were the cultivars 'Girit Zeytini' (-12.06°C, LT_{50}), 'Kilis Yağlık' (-12.57°C, LT_{50}), 'Uslu' (-12.60°C, LT_{50}), 'Çekişte' (-13.04°C, LT_{50}), and 'Domat' (-13.08°C, LT_{50}). The first 5 cultivars with the lowest frost tolerance in March were 'Edincik' (-9.43°C, LT_{50}), 'Girit Zeytini' (-9.85°C, LT_{50}), 'Trabzon Yağlık' (-10.34°C, LT_{50}), 'Uslu' (-10.60°C, LT_{50}), and 'Kiraz' (-10.74°C, LT_{50}). Within this period, the cultivar 'Memeli' had the highest frost tolerance with -14.59 °C of LT_{50} value. This cultivar was followed by 'Erkençe' (-13.97°C, LT_{50}), 'Butko' (-13.74°C, LT_{50}), 'Ayvalık' (-13.74°C, LT_{50}), and 'Kara Yaprak' (-13.65°C, LT_{50}), respectively. The other cultivars were aligned between these groups.

Table 2. The cold-hardiness (LT_{50}) of the olive cultivars in three different periods in the first year

November 2014		January 2015		March 2015	
Cultivar	LT_{50} (- °C)*	Cultivar	LT_{50} (- °C)*	Cultivar	LT_{50} (- °C)*
Yün çelevi	14.25 a	Satı	22.53 a	Butko	21.63 a
Memeli	14.25 a	Gemlik	22.42 a	Sinop No 5	20.50 ab
Otur	14.01 a	Otur	22.06 ab	Kara Yaprak	20.30 b
Sinop No 5	13.97 ab	Memeli	21.98 a-c	Yün Çelebi	19.63 bc
Butko	13.83 a-c	Kan Çelebi	21.47 a-d	Memeli	18.42 cd
Çekişte	13.38 b-d	Eşek Zeytini (Ö)	21.17 b-e	Sinop No 1	18.39 cd
Domat	13.25 c-e	Görvele	21.06 b-e	Gemlik	18.30 d
Satı	13.24 c-e	Sarı Ulak	20.77 c-e	Nizip Yağlık	18.00 de
Sinop No 6	13.08 d-f	Eşek Zeytini (T)	20.60 de	Otur	17.97 de
Samsun Yağlık	12.99 d-g	Butko	20.43 de	Ayvalık	17.88 de
Marantelli	12.98 d-g	Sinop No 1	20.36 de	Marantelli	17.88 de
Çakır	12.89 d-h	Samsun Tuzlamalık	20.09 e	Çakır	17.80 d-f
Eşek Zeytini (T)	12.81 d-ı	Sinop No 5	20.03 e	Satı	17.71 d-f
Saurani	12.73 e-j	Yün Çelebi	18.68 f	Saurani	17.58 d-f
Sinop No 4	12.72 e-j	Erkence	18.67 f	Sarı Ulak	17.52 d-f
Samsun Tuzlamalık	12.68 e-k	İzmir Sofralık	18.50 fg	Domat	17.44 d-f
Saçaklı Otur	12.64 e-l	Marantelli	18.50 fg	Tekirdağ Çizmelik	16.89 e-g
Sarı Ulak	12.56 fg-m	Çilli	18.36 f-h	Samsun Tuzlamalık	16.85 e-g
Kara Yaprak	12.43 g-n	Ayvalık	18.36 f-h	Samsun Yağlık	16.79 e-h
Erkence	12.31 h-no	Domat	18.31 f-h	Kan Çelebi	16.56 f-ı
Nizip Yağlık	12.27 ı-o	Mavi	18.12 f-ı	Görvele	16.18 g-j
Patos	12.22 ı-o	Edincik	18.09 f-ı	Eşek Zeytini (T)	15.64 h-k
Memecik	12.19 j-o	Kilis Yağlık	17.40 g-j	Sinop No 4	15.40 ı-l
Kan Çelebi	12.15 j-o	Kiraz	17.30 g-j	İzmir Sofralık	15.35 ı-l
Sinop No 1	12.10 k-p	Memecik	17.23 g-j	Çilli	15.34 ı-l
Edincik	12.06 l-p	Saçaklı Otur	17.18 h-j	Saçaklı Otur	15.25 j-l
Ayvalık	12.03 l-p	Saurani	17.03 ı-k	Erkence	15.19 j-l
Görvele	11.98 m-p	Çakır	16.89 ı-k	Patos	15.14 j-l
İzmir Sofralık	11.96 m-p	Sinop No 6	16.89 ı-k	Edincik	15.08 j-l
Kilis Yağlık	11.86 n-q	Kara Yaprak	16.72 jk	Çekişte	14.74 k-m
Kiraz	11.75 o-q	Tekirdağ Çizmelik	16.45 j-l	Kiraz	14.68 k-m
Gemlik	11.74 o-q	Sinop No 4	16.39 j-l	Memecik	14.39 k-m
Çilli	11.51 pq	Nizip Yağlık	16.28 j-l	Kilis Yağlık	14.16 l-n
Mavi	11.25 qr	Samsun Yağlık	15.97 k-m	Çelebi (İznic)	13.55 m-o
Trabzon Yağlık	10.88 rs	Patos	15.25 lm	Mavi	13.07 n-p
Tekirdağ Çizmelik	10.85 rs	Trabzon Yağlık	15.23 lm	Eşek Zeytini (Ö)	12.82 o-q
Eşek Zeytini (Ö)	10.84 rs	Çekişte	14.89 m	Uslu	12.63 o-q
Girit Zeytini	10.59 st	Girit Zeytini	14.83 m	Trabzon Yağlık	11.87 pq
Uslu	10.18 t	Uslu	14.78 m	Sinop No 6	11.80 q
Çelebi (İznic)	9.30 u	Çelebi (İznic)	13.51 n	Girit Zeytini	11.60 q

* Means grouped by Student's t test ($p<0.05$)

The statistical grouping of all the cultivars based on their periodic mean LT_{50} values was shown in Table 4. Periodic mean LT_{50} value of all cultivars was determined as -12.32°C (November), -18.27°C (January), and -16.20°C (March) for the 1st year; -11.72°C (November), -15.19°C (January), and -12.17°C (March) for the 2nd year. The average daily temperatures for the last 30 days before application of freezing tests in this period (Table 4) were determined to be 4.39°C (January 2015), 8.10°C (March 2015), 6.25°C (January 2016), 12.52°C (November 2014), -12.85°C (March 2016), and -13.97°C (November 2015). Upon examination of the data, a negative correlation between frost tolerance and temperature was found to be notable. In the northern hemisphere, cold acclimation starts in fall when day-time begins to get shorter and non-optimal temperature starts for vegetation.

In addition, subzero degrees that are not lower than critical damage threshold elevates frost resistance (Vitagliano and Sebastiani, 2002). Similar results were also obtained from this study. The highest frost tolerance was obtained in January of 1st year (2015) when average daily temperature was the lowest and temperature was measured to be the highest in November of 2nd year (2015) when frost tolerance was lower. There was a difference only between mean LT₅₀ values in March of 1st year (2015) and mean LT₅₀ values in January of 2nd year (2016) in terms of temperature correlation. This situation may be associated with substantially increased cold acclimation of cultivars depending on low temperatures in the period of January in 1st year (2015). Low temperatures occurring within February of the same year ensured continuity of cold adaptation process and were considered to cause high frost tolerance in March of 1st year (2015). Moreover, there was a sharp fluctuation between daily average temperatures in January of 2nd year (2016). This might have had negative effects on cold acclimation of the cultivars.

Table 3. The cold-hardiness (LT₅₀) of the olive cultivars in three different periods in the second year

November 2015		January 2016		March 2016	
Cultivar	LT ₅₀ (- °C)*	Cultivar	LT ₅₀ (- °C)*	Cultivar	LT ₅₀ (- °C)*
Otur	14.40 a	Saçaklı Otur	17.96 a	Memeli	14.59 a
Çakır	14.35 a	Butko	17.71 ab	Erkence	13.97 ab
Butko	14.30 ab	Memeli	17.59 ab	Butko	13.74 bc
Memeli	13.57 bc	Yün Çelebi	17.52 ab	Ayvalık	13.74 bc
Kara Yaprak	12.94 cd	Gemlik	17.24 a-c	Kara Yaprak	13.65 b-d
Samsun Tuzlamalık	12.82 de	Otur	16.96 a-d	Çilli	13.60 b-d
Sinop No 1	12.78 de	Sinop No 5	16.79 b-e	Eşek Zeytini (Ö)	13.51 b-d
Sarı Ulak	12.55 d-f	Görvele	16.79 b-e	İzmir Sofralık	13.33 c-e
Ayvalık	12.52 d-g	Marantelli	16.78 b-e	Saurani	13.12 c-f
Patos	12.47 d-g	İzmir Sofralık	16.70 b-e	Sinop No 1	13.07 d-f
Erkence	12.39 d-h	Çilli	16.36 c-f	Yün Çelebi	13.07 d-f
Samsun Yağlık	12.39 d-h	Saurani	16.24 c-f	Gemlik	12.85 e-g
Eşek Zeytini (T)	12.35 d-h	Satı	16.14 c-f	Çakır	12.68 f-h
Çilli	12.27 d-ı	Kara Yaprak	16.09 d-g	Sarı Ulak	12.56 f-ı
Marantelli	12.14 e-j	Kan Çelebi	16.07 d-g	Samsun Yağlık	12.51 f-ı
Çelebi (İznic)	11.90 f-k	Erkence	15.91 d-h	Görvele	12.40 g-j
Domat	11.78 g-l	Sinop No 4	15.81 e-ı	Sinop No 5	12.39 g-j
Sinop No 4	11.72 h-l	Memecik	15.75 e-j	Satı	12.35 g-j
Gemlik	11.71 h-l	Eşek Zeytini (Ö)	15.55 f-k	Samsun Tuzlamalık	12.35 g-j
Nizip Yağlık	11.68 h-l	Ayvalık	15.03 g-l	Çekişte	12.26 g-j
Satı	11.60 ı-m	Sarı Ulak	14.94 h-l	Sinop No 4	12.14 h-k
Saurani	11.59 ı-m	Eşek Zeytini (T)	14.93 h-m	Otur	12.07 h-k
İzmir Sofralık	11.48 j-n	Sinop No 6	14.80 ı-n	Memecik	12.02 ı-l
Görvele	11.44 k-n	Samsun Yağlık	14.79 ı-n	Patos	11.98 ı-l
Girit Zeytini	11.32 k-o	Samsun Tuzlamalık	14.73 ı-o	Nizip Yağlık	11.94 ı-l
Sinop No 6	11.32 k-o	Mavi	14.69 j-o	Çelebi (İznic)	11.83 j-m
Tekirdağ Çizmelik	11.21 k-p	Edincik	14.64 k-o	Marantelli	11.79 j-m
Memecik	11.13 l-p	Tekirdağ Çizmelik	14.64 k-o	Sinop No 6	11.78 j-m
Trabzon Yağlık	11.10 l-p	Çakır	14.26 l-p	Mavi	11.59 k-n
Uslu	10.91 m-q	Trabzon Yağlık	13.83 m-q	Eşek Zeytini (T)	11.59 k-n
Yün Çelebi	10.88 m-r	Patos	13.69 n-r	Tekirdağ Çizmelik	11.40 l-o
Kan Çelebi	10.75 n-r	Sinop No 1	13.65 o-s	Domat	11.25 m-p
Edincik	10.59 o-r	Nizip Yağlık	13.34 p-s	Kan Çelebi	11.10 n-q
Saçaklı Otur	10.50 p-s	Çelebi (İznic)	13.16 p-t	Saçaklı Otur	10.88 o-r
Eşek Zeytini (Ö)	10.35 q-t	Kiraz	13.11 q-t	Kilis Yağlık	10.85 o-r
Çekişte	10.21 q-t	Domat	13.08 q-t	Kiraz	10.74 p-r
Kilis Yağlık	10.14 r-t	Çekişte	13.04 q-t	Uslu	10.60 q-r
Kiraz	9.83 st	Uslu	12.60 r-t	Trabzon Yağlık	10.34 rs
Mavi	9.78 st	Kilis Yağlık	12.57 st	Girit Zeytini	9.85 st
Sinop No 5	9.68 t	Girit Zeytini	12.06 t	Edincik	9.43 t

* Means grouped by Student's t test (p<0.05)

Table 4. Daily average temperatures (°C) 30 days before the frost tests and periodic average LT₅₀ (-°C) values of all cultivars

Days before frost tests	Daily average temperatures (°C)					
	1 st . year			2 nd . year		
	Nov. 2014	Jan. 2015	Mar. 2015	Nov. 2015	Jan. 2016	Mar. 20
30	20.20	5.20	5.30	16.80	7.90	15.60
29	16.10	10.60	5.30	17.30	6.90	16.90
28	15.80	12.10	5.50	17.10	3.50	18.80
27	14.00	8.30	4.80	19.10	3.10	15.70
26	12.60	4.40	-0.30	20.80	6.70	12.70
25	11.90	5.40	-0.50	19.60	-0.10	15.10
24	12.60	6.60	3.70	18.30	-1.60	16.30
23	12.60	1.80	5.80	15.50	-3.30	11.40
22	12.20	3.10	5.00	14.00	2.50	9.30
21	11.70	5.50	11.10	13.60	8.60	7.10
20	10.80	10.30	11.20	14.20	13.70	10.10
19	10.50	9.50	9.50	14.10	16.50	11.70
18	8.60	4.30	10.80	13.00	14.60	12.50
17	8.60	13.20	8.70	12.70	7.50	11.20
16	10.60	4.90	9.80	13.90	3.60	14.20
15	12.10	1.10	9.80	14.10	5.90	11.00
14	14.00	2.80	9.80	12.80	13.20	13.40
13	12.80	3.30	10.10	12.50	15.70	18.80
12	13.20	0.80	9.90	11.70	15.10	16.40
11	14.20	1.00	7.10	10.00	9.10	12.90
10	13.60	3.90	13.60	9.80	5.30	12.20
9	13.40	1.20	15.10	12.60	13.30	10.40
8	12.30	-0.30	9.70	12.30	11.70	9.70
7	10.40	-3.80	8.90	11.10	2.70	10.80
6	14.90	-4.00	9.00	11.10	0.00	11.40
5	14.40	-1.70	10.80	12.10	-1.50	11.60
4	15.60	2.30	6.80	12.20	2.80	12.20
3	9.70	9.90	8.50	12.50	3.00	11.80
2	8.30	4.90	9.10	12.60	1.20	11.10
1	8.00	5.10	9.00	11.80	-0.20	13.30
Periodic Aver. Temp. (°C)	12.52	4.39	8.10	13.97	6.25	12.85
Aver. LT ₅₀ (-°C)	12.32	18.27	16.20	11.72	15.19	12.17

3.2. Grouping the olive cultivars based on cold-hardiness

Statistical grouping of olive cultivars based on their frost tolerance was conducted considering the interactions between the periods and LT₅₀ values and mean LT₅₀ values by logistic regression analysis are presented in the Figure 1 (p<0.01). The cultivars were separated into 3 categories including high, moderate, and low tolerance following frequency distribution through these data. The Figure shows that 8 cultivars had high frost tolerance, 22 cultivars had moderate frost tolerance, and 10 cultivars had low frost tolerance.

The cultivars with high frost tolerance were ‘Butko’, ‘Memeli’, ‘Otur’, ‘Gemlik’, ‘Yün Çelebi’, ‘Satı’, ‘Sinop no 5’, and ‘Kara Yaprak’, respectively. The cultivars with moderate frost tolerance were determined as follows; ‘Sarı Ulak’, ‘Sinop no 1’, ‘Marantelli’, ‘Görvele’, ‘Ayvalık’, ‘Samsun Tuzlamalık’, ‘Çakır’, ‘Erkence’, ‘Saurani’, ‘Kan Çelebi’, ‘Eşek Zeytini (Tekirdağ)’, ‘Çilli’, ‘İzmir Sofralık’, ‘Samsun Yağlık’, ‘Domat’, ‘Saçaklı Otur’, ‘Eşek Zeytini (Ödemiş)’, ‘Sinop No 4’, ‘Nizip Yağlık’, ‘Memecik’, ‘Tekirdağ Çizmelik’, and ‘Patos’. The cultivars with low frost tolerance were ‘Edincik’, ‘Sinop no 6’, ‘Çekişte’, ‘Mavi’, ‘Kiraz’, ‘Kilis Yağlık’, ‘Çelebi (İznik)’, ‘Trabzon Yağlık’, ‘Uslu’, and ‘Girit Zeytini’.

It was seen as the result of freezing tests applied in six different periods that the olive cultivar with the highest frost tolerance was ‘Butko’ (mean LT₅₀, -16.94°C) originated from Artvin province. The cultivars ‘Otur’ (mean LT₅₀, -16.25°C) and ‘Satı’ (mean LT₅₀, -15.60°C), which were grouped with highest frost tolerance, were also

originated from Artvin province. It was observed that the cultivars adapted to this region where winters are more severe compared to other regions with olive cultivation were good choices for the circumstances of the Blacksea Region.

The cultivar ‘Gemlik’ which is one of the most important olive cultivars in Turkey was ranked as the fourth (mean LT_{50} , $-15.71^{\circ}C$) in terms of frost tolerance. The cultivar which was originated from Gemlik district of Bursa province has been known to be well adapted to the regions with highly cold winter. The olive cultivar Gemlik is also cultivated with different names (as ‘Erdek Yağlık’, ‘Tekirdağ Siyah Salamuralık’, ‘Sinop No 2’, ‘Samsun Ufak Tuzlamalık’) in Marmara and Black Sea regions. This indicates that the cultivar Gemlik can be a beneficial option for these regions or similar ones with severely cold winter.

The cultivars ‘Ayvalık’ (mean LT_{50} , $-14.93^{\circ}C$), ‘Domat’ (mean LT_{50} , $-14.18^{\circ}C$) and ‘Memecik’ (mean LT_{50} , $-13.79^{\circ}C$) covering an significant portion of olive tree stock in Turkey were involved in the group with moderate tolerance. The cultivar ‘Ayvalık’ distributed mostly in Northern Aegean Region was ranked as the 13rd among all the cultivars, the cultivar ‘Domat’ as the 23rd, and the cultivar ‘Memecik’ which is adapted to climatic conditions of Southern Aegean as the 28th in terms of frost tolerance. The cultivar ‘Uslu’ which is one of the black table olive cultivars, was ranked as the 39th and showed a poor performance in terms of frost tolerance.

Frost tolerances of the cultivars examined in the project displayed significant changes depending on the sampling periods. It is known that frost tolerance is influenced by genetic predisposition of the plant and environmental factors, therefore it generally shows a time-dependent variance (Beck et al., 2004). Numerous researchers have suggested that cold acclimation increases frost tolerance of plants (Levitt, 1980; Palliotti and Bongioanni 1996; Travert et al., 1997; Thomashow, 1999; Mancuso, 2000; Kosova et al., 2007; Cansev et al., 2009). In line with the previous studies cold acclimated period increased the frost tolerance of the cultivars in current study. Indeed frost tolerance of each cultivar exhibited periodical differences. Additionally, the cultivars ‘Butko’, ‘Memeli’ and ‘Otur’ stood out as the cultivars generally with high tolerance considering all the periods. Frost tolerance of the cultivars ‘Girit Zeytini’, ‘Uslu’, ‘Trabzon Yağlık’ and ‘Çelebi (İznic)’, on the other hand, was found to be mostly low according to tests performed within 6 different periods. While frost tolerance of all these cultivars was low in the tests conducted in November, their frost tolerances were observed to increase significantly in January. ‘Gemlik’ was one of the most remarkable cultivars regarding the subject due to the fact that it had a LT_{50} value of $-11.74^{\circ}C$ in the period of November during the 1st year of study but it had an almost doubled LT_{50} value ($-22.42^{\circ}C$) in January.

Previously some data were examined regarding the frost tolerance of the cultivars ‘Uslu’, ‘Domat’, ‘Edincik’, ‘Samanlı’ and ‘Gemlik’ which were the cultivars examined in this project (Sütçü et al., 1994; Cansev et al., 2009). Sütçü et al. (1994) who started the first trials on this subject in Turkey reported that there was no significant differences between the cultivars they examined however, the olive cultivar ‘Domat’ was more tolerant to cold, the cultivars ‘Gemlik’ and ‘Edincik’ were moderately tolerant, and the cultivar ‘Uslu’ was susceptible. Another study (Cansev et al., 2009) also found that the cultivar ‘Domat’ was tolerant and the cultivars ‘Gemlik’ and ‘Uslu’ were moderately tolerant. Results of the present study are relatively accordance with the results from other studies. This was considered to be associated with the materials, methods, and environmental differences among studies. In the study by Sütçü et al. (1994), 1-year-old offshoots with foliation were planted in fogging greenhouse for vitality test after their exposure to frost stress and their cold tolerance was determined by the rate of surviving leaves after 4 weeks. Even though they concluded that the cultivar ‘Domat’ which was moderately tolerant in the present study, was tolerant, there was no statistical differences between the cultivars and authors attributed this to the effects of environmental factors. Results of the study by Cansev et al. (2009) were based on freezing tests performed in 2 different periods as cold-acclimated and non-acclimated (January and July, respectively). In the present study freezing tests were carried out during 3 different periods starting from winter cold for two years. Thus, a greater number of tests were applied and further data were obtained from considered periods when winter cold starts, which are critical for olive plant.

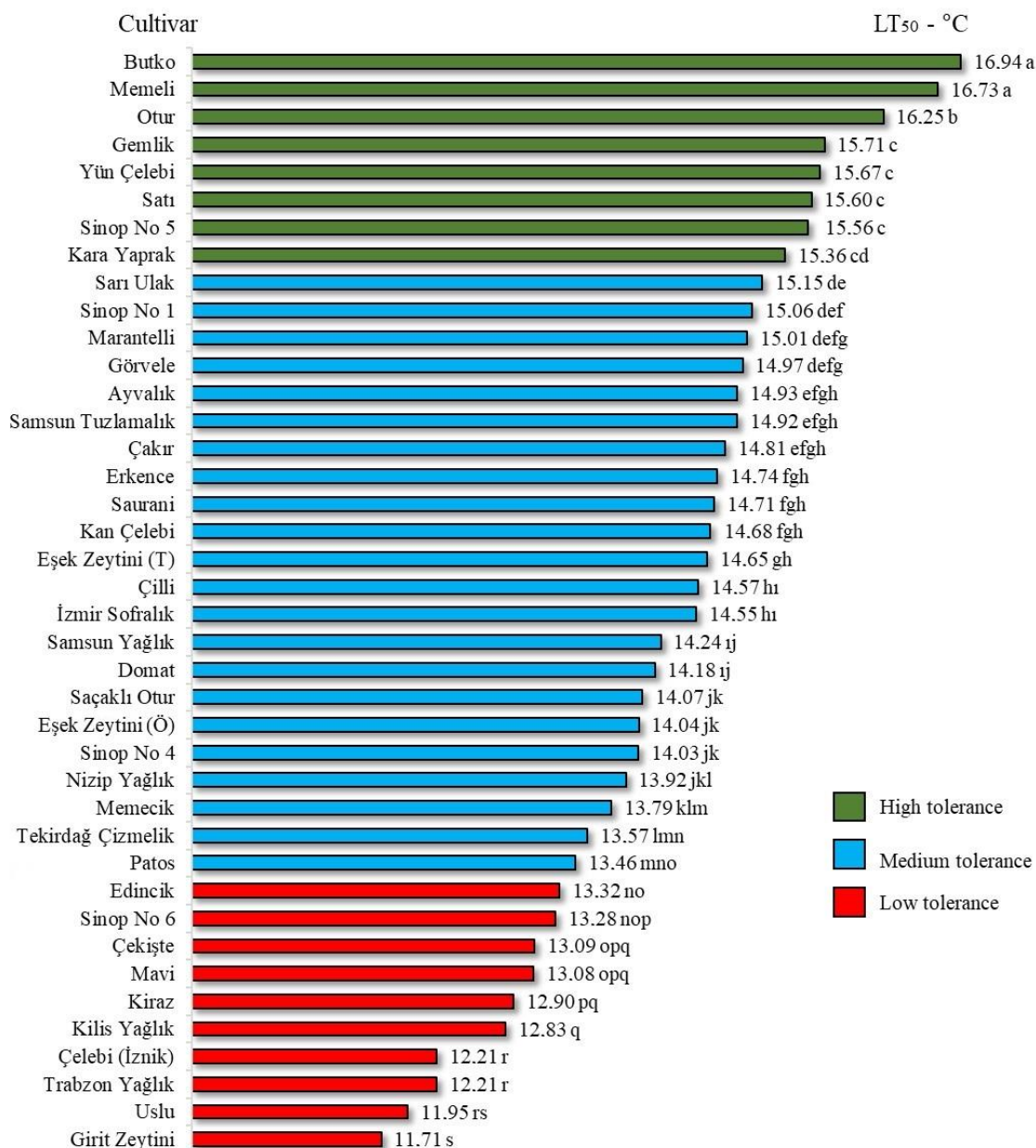


Figure 1. Grouping olive cultivars in terms of the frost tolerance

4. Conclusions

According to the results, cold-hardiness of olive cultivars significantly changed in terms of both genetic and climatic factors. The cultivars were clustered in three groups with high, medium and low frost tolerance. The data revealed that the cultivars 'Butko', 'Memeli', 'Otur', 'Gemlik', 'Yün Çelebi', 'Satı', 'Sinop No 5', and 'Kara Yaprak' had high frost tolerance. The cultivars 'Sarı Ulak', 'Sinop No 1', 'Marantelli', 'Görvele', 'Ayvalık', 'Samsun Tuzlamalık', 'Çakır', 'Erkence', 'Saurani', 'Kan Çelebi', 'Eşek Zeytini (Tekirdağ)', 'Çilli', 'İzmir Sofralık', 'Samsun Yağlık', 'Domat', 'Saçaklı Otur', 'Eşek Zeytini (Ödemiş)', 'Sinop No 4', 'Nizip Yağlık', 'Memecik', 'Tekirdağ Çizmelik' and 'Patos' had moderate frost tolerance. The cultivars 'Edincik', 'Sinop No 6', 'Çekişte', 'Mavi', 'Kiraz', 'Kilis Yağlık', 'Çelebi (İznic)', 'Trabzon Yağlık', 'Uslu' and 'Girit Zeytini' were fall into the group with low frost tolerance.

This study revealed that frost tolerance of olive cultivars displayed both genetic and seasonal variations. It was found that cold-acclimation was considerably significant for olive, exposure to low temperatures for a period of time substantially elevated frost tolerance. But this situation was not stable and could rapidly become reversed

when temperature reached to the point at which adaptation did not ensure. In addition, as stated by many researchers, electrolyte leakage method has been found to be a fast and efficient screening method to determine frost tolerance of cultivars. To the best of our knowledge this is the first detailed study screening the local olive genetic resources for frost tolerance and clustering the cultivars according to their cold-hardiness.

Acknowledgment

Grants from Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM/BBAD/14/A08/P06/02) supported the current research.

References

- Antognozzi, E., Pilli, M., Proietti, P. and Romani, F. (1990). Analysis of Some Factors Affecting Frost Resistance in Olive Trees. *XXIII International Horticultural Congress*, August 27 - September 1, Abstract Book, 4289, Firenze, Italy.
- Arora, R., Wisniewski, M. E. and Scorza, R. (1992). Cold acclimation in genetically related (sibling) deciduous and evergreen peach (*Prunus persica* [L.] Batsch). I. Seasonal changes in cold hardiness and polypeptides of bark and xylem tissues. *Plant Physiology*, 99: 1562-1568.
- Asl Moshtaghi, E., Shahsavari, A. R. and Taslimpour, M. R. (2009). Ionic leakage as indicators of cold hardiness in olive (*Olea europaea* L.). *World Applied Sciences Journal*, 7(10): 1308-1310.
- Aybar, V. E., Melo-Abreu, J. P. D., Searles, P. S., Matias, A. C., Del Río, C., Caballero, J. M. and Rousseaux, M. C. (2015). Evaluation of olive flowering at low latitude sites in Argentina using a chilling requirement model. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(1): e09-001, 10 pages.
- Barranco, D., Ruiz, N. and Campo, M. G. (2005). Frost tolerance of eight olive cultivars. *American Society for Horticultural Science*, 40(3): 558-560.
- Bartolozzi, F. and Fontanazza, G. (1999). Assessment of frost tolerance in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 81(3): 309-319.
- Beck, E. J., Heim, R. and Hansen, J. (2004). Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. *Journal of Biosciences*, 29(4): 449-459.
- Bongi, G. and Palliotti, A. (1994). Olive, In *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops: Temperate Crops*, Vol. I, p. 165-187, (Editors: Shaffer B, Anderson P. C), CRC Press, Boca Raton.
- Cansev, A., Gulen, H. and Eris, A. (2009). Cold-hardiness of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in cold-acclimated and non-acclimated stages: seasonal alteration of antioxidative enzymes and dehydrin-like proteins. *Journal of Agricultural Science*, 147(1): 51-61.
- De-Andres Cantero, F. (2001). *Enfermedades Y Plagas Del Olivo*. Riquelme y Vargas Ediciones, Madrid, Spain.
- Eriş, A., Gulen, H., Barut, E. and Cansev, A. (2007). Annual patterns of total soluble sugars and proteins related to cold-hardiness in olive (*Olea europaea* L. 'Gemlik'). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82(4): 597-604.
- Fiorino, P. and Mancuso, S. (2000). Differential thermal analysis, deep supercooling and cell viability in organs of *Olea europaea* at subzero temperatures. *Advances in Horticultural Science*, 14(1): 23-27.
- Graniti, A., Faedda, R., Cacciola, S. O. and Magnano di San Lio, G. (2011). Olive diseases in a changing ecosystem, In *Olive Diseases and Disorders*, p. 403-433, (Editors: Schena L, Agosteo G. E, Cacciola S. O), Transworld Research Network, Trivandrum, Kerala, India.
- Kosova, K., Vitamvas, P. and Prasil, I. T. (2007). The role of dehydrins in plant response to cold. *Biologia Plantarum*, 51(4): 601-617.
- Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, New York.
- Lodolini, E. M., Alfei, B., Santinelli, A., Cioccolanti, T., Polverigiani, S. and Neri, D. (2016). Frost tolerance of 24 olive cultivars and subsequent vegetative re-sprouting as indication of recovery ability. *Scientia Horticulturae*, 211: 152-157.
- Mancuso, S. (2000). Electrical resistance changes during exposure to low temperature measure chilling and freezing tolerance in olive tree (*Olea europaea* L.) plants. *Plant, Cell and Environment*, 23: 291-299.
- Mete, N., Şahin, M., Çetin, Ö., Hakan, M., Güloğlu, U., Kaya, H. ve Uluçay, N. (2016a). Bazı zeytin çeşitlerinde don toleransının dönemsel değişimi. *Zeytin Bilimi*, 6(1): 25-31.
- Mete, N., Şahin, M. and Çetin, Ö. (2016b). Determination of self-fertility of the 'Hayat' olive cultivar obtained by hybridization breeding. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 13(3): 60-64.
- Özaltaş, M., Savran, M. K., Ulaş, M., Kaptan, S. ve Köktürk H. (2016). *Türkiye Zeytincilik Sektör Raporu*. Zeytincilik Araştırma Enstitüsü yayınları, ISBN: 978-605-9175-57-9, Bornova, İzmir.
- Palliotti, A. and Bongi, G. (1996). Freezing injury in the olive leaf and effects of mefluidide treatment. *Journal of Horticultural Science*, 71(1): 57-63.
- Sanzani, S. M., Schena, L., Nigro, F., Sergeeva, V., Ippolito, A. and Salerno, M. G. (2012). Abiotic diseases of olive. *Journal of Plant Pathology*, 94(3): 469-491.
- Soleimani, A., Talie, A. R., Tabaeiaghdaei, M., Esmailzadeh, H. and Eghrari, B. H. (2004). The survey of cold hardiness in some olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Horticultural Science Abstract*, 74(10): 1410.
- Sütçü, A. R., Burak, M., Fidan, A. E. ve Büyükyılmaz, M. (1994). Bazı Zeytin Çeşitlerinin Kış Soğuklarına Dayanıklılıkları Üzerinde Araştırmalar. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları, Yalova.
- Thomashow, M. F. (1999). Plant cold acclimation: Freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50: 571-599.
- Travert, S., Valerio, L., Fouraste, I., Boudet, A. M. and Teulieres, C. (1997). Enrichment in specific soluble sugars of two eucalyptus cell-suspension cultures by various treatments enhances their frost tolerance via a non-colligative mechanism. *Plant Physiology*, 114(4): 1433-1442.

-
- Usanmaz, D., Canözer, Ö. ve Özahçı, E. (1988). Zeytinde Soğuk Zararı ve Alınacak Önlemler. Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayın No: 41 Bornova, İzmir.
- Vitagliano, C. and Sebastiani, L. (2002). Physiological and biochemical remarks on environmental stress in olive (*Olea europaea* L.). *Acta Horticulturae*, 586: 435-440.
- Weisberg, S. (1985). Applied Linear Regression. 2nd ed. John Wiley, New York, 324 pp.
- Yang, M. T., Chen, S. L., Lin, C. Y. and Chen, Y. M. (2005). Chilling stress suppresses chloroplast development and nuclear gene expression in leaves of mung bean seedlings. *Planta*, 221(3): 374-385.

Farklı Ağız Yapısına Sahip Kültivatör Uç Demirlerinin Çeki Kuvveti Üzerine Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi

Draft Force Determination for Cultivator Shares with Different Mouth Structures Using The Finite Element Method

Mustafa Gökalp BOYDAŞ^{1*}

Öz

Toprak işleme alet ve makinalarının tasarımında ve optimizasyonunda bilinmesi gereken en önemli dinamik parametre çeki kuvvetidir. Günümüzde toprak işleme alet ve makinalarında çeki kuvveti değişik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Bunlar deneysel, analitik ve nümerik yöntemlerdir. Nümerik yöntemler içinde özellikle sonlu elemanlar yöntemi toprak işleme alet ve makinalarının tasarımında ve çeki kuvveti tahminlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Toprak makine ilişkisinde sonlu elemanlar yönteminin kullanılması yeni ekipmanların ve makinaların tasarım, optimizasyon ve değerlendirilmesinde büyük kolaylıklar ve ekonomiklik sağlamıştır. Toprak makine ilişkisini tanımlamada kullanılan önemli yazılımlardan biri ANSYS dir. ANSYS Sonlu elemanlar yöntemini kullanarak toprak-makine ilişkisini analiz edebilen güçlü bir nümerik yazılım programı olması ve gerçek toprak parametrelerinin ve sınır şartlarının simülasyona girilmesiyle gerçeğe çok yakın sonuçlar vermesi nedeniyle bu çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada, kültivatörler için kullanılacak farklı ağız yapılarına sahip (düz, sivri ve çatal şekilli) uç demirleri kullanılmıştır. Bu uç demirlerinin farklı çalışma hızlardaki (1.5 m s^{-1} , 2.5 m s^{-1} ve 3.5 m s^{-1}) çeki kuvveti değerleri belirlenmiştir. ANSYS içerisinde gömülü toprak modelleri mevcut olup bu modeller içerisinde Drucker and Prager modeli kullanılarak uç demirleri ile elde edilen çeki kuvveti değerleri belirlenmiştir. Bu model toprak makine ilişkisini temsil eden en iyi model olarak belirtilmektedir. İlerleme hızının artması ile çeki kuvvetinin arttığı belirlenmiştir. Ancak çatal uç demirinin diğer uç demirlerine göre hız artışından daha az etkilendiği belirlenmiştir. Bu durum bu uç demirini diğerlerinden daha önemli bir konuma getirmiştir. En yüksek çeki kuvveti 3.5 m s^{-1} ilerleme hızında düz uç demiri ile 1.64 kN olarak bulunmuştur. En düşük çeki kuvveti ise 1.5 m s^{-1} ilerleme hızında çatal uç demiri ile 0.39 kN olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Toprak işleme, Çeki kuvveti, Kültivatör uç demiri, Sonlu elemanlar metodu, Toprak-makine ilişkisi

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa Gökalp BOYDAŞ, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye. E-mail: mboydas@atauni.edu.tr  ORCID: [0000-0002-3290-9089](https://orcid.org/0000-0002-3290-9089).

Atıf/Citation: Mustafa Gökalp BOYDAŞ. Farklı ağız yapısına sahip kültivatör uç demirlerinin çeki kuvveti üzerine etkisinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 306-317.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023

Abstract

The most important dynamic parameter to be known in the design and optimization of soil tillage tools and machines is the draft force. Today, the draft force in soil cultivation tools and machines can be determined by different methods. These are experimental, analytical, and numerical methods. Among the numerical methods, especially the finite element method has been widely used in the design of soil tillage tools and machinery and in the estimation of the draft force. The use of the finite element method in the soil-machine relationship has provided great convenience and economy in the design, optimization, and evaluation of new equipment and machines. One of the important software used to define the soil-machine relationship is ANSYS. ANSYS has been used in this study because it is a powerful numerical software program that analyzes the soil-machine relationship using the finite element method and gives very close results by entering real soil parameters and boundary conditions into the simulation. In the study, shares with different mouth structures (flat, pointed and fork-shaped) that can be used for cultivators were used. The draft force values of shares at different operating speeds (1.5 m s^{-1} , 2.5 m s^{-1} , and 3.5 m s^{-1}) were determined. There are buried soil models in ANSYS and the draft force values obtained with the cultivator shares were determined by using the Drucker and Prager model among these models. This model is stated as the best model representing the soil-machine relationship. It was determined that the draft force increased with the increase of the forward speed. However, it was determined that the fork share was less affected by the speed increase compared to the other shares. This situation has made this cultivator shares a more important position than the others. The highest draft force was found to be 1.64 kN with the flat share at a forward speed of 3.5 m s^{-1} . The lowest draft force was found to be 0.39 kN with the fork share at a forward speed of 1.5 m s^{-1} .

Keywords: Tillage, Draft force, Cultivator shares, Finite element method, Soil-machine interaction

1. Giriş

Tarım insanlığın en eski faaliyetlerinden biri olup, insan hayatının devamı için gerekli olan yiyecek, giyecek ve barınma ihtiyacını karşılar. İnsan nüfusunun hızla artması bu ihtiyaçlarında artmasına sebep olmaktadır. 2050 yılına kadar insan nüfusunun 9 milyara ulaşacağı düşünüldüğünde zirai faaliyetlerin önemi bir kez daha ön plana çıkmaktadır. Ziraai faaliyetlerin yürütüldüğü toprakların sınırlı olması, ihtiyaçların ise sınırsız olması göz önüne alındığında ürün artışının ancak zirai verimliliğin artırılması ile gerçekleşebileceği gerçeğini ortaya koymaktadır (Burgess ve Morris, 2009).

İnsanlar ürün verimini artırmak için eski çağlardan beri toprağın işlenmesi gerektiğini keşfetmişlerdir. Toprak işlemenin amacı toprağı uygun büyüklükte parçalamak, havalandırmak, karıştırmak ve diğer toprak fiziksel özelliklerini iyileştirmek olarak tanımlayabiliriz. Böylece bitkinin gelişebileceği uygun bir toprak yapısı oluşturulmaktadır (Johnson ve Buchele, 1969; Baran ve ark., 2014; Korkutal ve ark., 2018). Toprak işleme aletlerinin bu işlemleri yerine getirebilmeleri için önemli miktarda bir enerjiye ihtiyaçları vardır. Bu enerji toprak işleme aletinin geometrik yapısına, iş derinliğine, makinanın çalışma hızına ve işlem yapılan toprak özelliklerine göre önemli oranda değişmektedir. Bu nedenle toprak işleme alet ve makinaları üzerine yapılan çalışmalar sürekli olarak artmaktadır. Bu çalışmalar ile mümkün olduğunca verimliliği yüksek, enerji tüketimi az makinaların üretimi amaçlanmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda araştırmacılar çeki kuvvetini azaltmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır. Örneğin Peltre ve ark. (2015) atık çamuru toprağa atarak bir kültivatörün çeki kuvveti üzerine etkisini araştırmışlardır, Hoseinian ve ark. (2022) bir çizel pulluğun ayak geometrik yapısını değiştirerek çeki kuvvetine etkisini ölçmüşlerdir, Boydaz (2017) kanatlı çizel pullukta kullanılan farklı kanat yapılarının çeki kuvvetine etkisini araştırmıştır, benzer olarak Çelik ve ark. (2007) kulaklı pulluk ve diskli pulluk karışımı bir pulluğun çeki kuvvetini ve yakıt tüketimini diskli ve kulaklı pulluk ile karşılaştırmışlardır. Bu konu üzerine yapılan çalışmaların bir kısmı tarla şartlarında, bir kısmı toprak kanallarında deneysel olarak yapılmış, bir kısmı analitik ve bir kısmı da nümerik olarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel olarak yapılan çalışmalar pratik olmasına karşın pahalı çalışmalardır. Ayrıca tarla çalışmalarında toprağın homojen olmaması yanıltıcı sonuçlar çıkmasına da sebep olabilmektedir. Analitik yöntemlerde Owen (1988), Godwin ve ark. (2007), Tong ve Moayad (2006) gibi araştırmacıların da kullandığı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak toprak yapısının homojen olmaması ve toprak işleme makinalarındaki geometrik yapıların çok farklı olması her bir makine ve alet için yeni bir denklem geliştirmeyi gerekli kılmaması bu yöntemin zor kısmıdır. Toprak makine arasındaki ilişkiyi modelleyen diğer bir yöntem ise nümerik yaklaşımdır. Son yıllarda kullanılan güçlü bilgisayarların ve geliştirilen yazılımların hızla artması toprak işleme üzerine çalışan araştırmacıları hızla bu yöntemi kullanmaya yöneltmiştir. Günümüzde toprak işleme konusunda yapılan çalışmalarda iki nümerik yöntem ön plana çıkmaktadır. Bunlardan biri sonlu elemanlar yöntemi (FEM-Finite Element Method) diğeri ise ayırık eleman yöntemi (DEM- Discrete Element Method) dir. Birçok çalışmada hem FEM hemde DEM karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarında göz atılacak olursa, Armin ve ark. (2015) sonlu elemanlar yönteminin toprak işlemede uygulanabilirliğini araştırmıştır, Upadhyay ve ark. (2017) diskli pulluğun güç gereksinimi sonlu elemanlar yöntemi kullanarak belirlemişlerdir, Savrukoğlu (2016) kulaklı pullukların kulak-toprak ilişkisini nümerik ve analitik yöntemler ile modellemiştir, Şahin ve ark. (2018a) farklı firmalarca üretilen kültivatör kazayağı uç demirlerinin bazı mukavemet özelliklerini sonlu elemanlar metodu kullanarak belirlemişlerdir, yine Şahin ve ark (2018b) farklı firmaların ürettiği kültivatörler dar uç demirlerinin değişken yüklenmeler altında deformasyon değişimlerini sonlu elemanlar metodu kullanarak belirlenmişlerdir. Kesner ve ark. (2021) çizel pulluk ayağının optimizasyonunu hem sonlu elemanlar yöntemi hem de ayırık elemanlar yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Benzer şekilde Sadek ve ark. (2021) ayırık elemanlar yöntemini kullanarak yüksek hızlı diskli bir pulluğun çeki kuvvetini belirlemişlerdir.

Toprak işleme aletleri içerisinde yaygın kullanılan aletlerden biri kültivatörlerdir. Kültivatörler bitki üretiminin birçok aşamasında kullanılmaktadırlar. Bu özelliği kültivatörün önemini daha da artırmaktadır. Kültivatörler çoğunlukla birinci toprak işlemeden sonra tohum yatağı hazırlamada, yabancı ot kontrolünde, toprağı kabartmada ve azaltılmış toprak işlemede yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Birçok araştırmacı, bitki yetiştirme işlemlerinin basitleştirilmesinin enerji tüketiminin azalmasına neden olduğunu, aynı zamanda toprak bozulmasını azalttığını ve verimi olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir (Chen ve ark., 2005; Rouw ve ark., 2010). Kültivatörün bu öneminden dolayı kültivatörlerin çeki gücünü azaltmaya yönelik deneysel, analitik ve nümerik birçok çalışma yürütülmüştür. Özellikle farklı geometrik şekillere sahip uç demirlerinin ve ayak tiplerinin çeki kuvveti üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Mamman ve Oni, 2005; Lejman ve

ark., 2018). Shmulevich ve ark. (2007) simülasyon yoluyla uç demiri açılarını değiştirerek toprak direnci üzerine etkilerini araştırmışlardır. Benzer olarak Bo ve ark. (2016) aynı ayak üzerinde dört farklı uç demirinin çeki kuvveti üzerine etkisini DEM modeli kurarak araştırmışlardır. Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak üç farklı uç demirinin farklı hızlarda çeki kuvvetine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışmada kullanılan kültivatör uç demirleri

Bu çalışmada aynı ayakta kullanılacak şekilde dizayn edilmiş düz, sivri ve çatal şekilli uç demirleri tasarlanmıştır. Uç demirlerinin ağız kısımları hariç diğer bölgeleri aynı bırakılmıştır. Düz ve sivri uç demirlerinin tercih edilme sebebi uygulamada yaygın kullanılmasıdır. Böylece yeni geliştirilmiş olan çatal uç demirinin değerlendirilmesinde bu uç demirleri kullanılmıştır. Uç demirlerinin malzeme özellikleri *Tablo 1.*' de, geometrik özellikleri *Şekil 1.*' de verilmiştir.

Simülasyonda kullanılan uç demirlerinin sadece ağız kısımları değiştirilmiş diğer kısımları sonuçları etkilememesi için aynı bırakılmıştır.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan uç demiri malzeme özellikleri

Table 1. The material properties of the cultivator shares used in the research

Özellik	Değer
Kullanılan malzemenin ismi	Paslanmaz çelik (AISI 4130)
Yoğunluk (ρ) (kg m^{-3})	7850
Elastisite Modülü (E) (N m^{-2})	2×10^{11}
Poisson oranı (ϵ)	0.3
Sıkışma modülü (K) (N m^{-2})	1.6667×10^{11}
Kayma modülü (G) (N m^{-2})	7.692×10^{10}
Akma noktası (N m^{-2})	2.5×10^8
Basma dayanımı (N m^{-2})	2.5×10^8
Nihai gerilme kuvveti (N m^{-2})	4.6×10^8

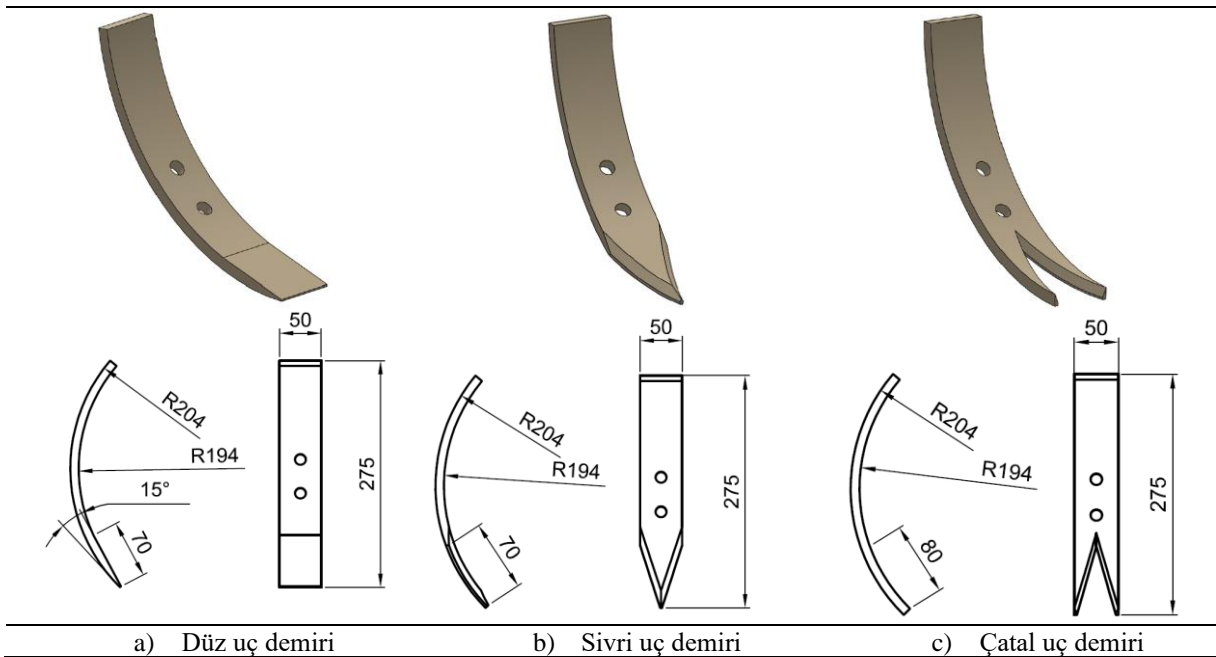


Figure 1. The cultivator shares and technical dimensions used in the research

Şekil 1. Araştırmada kullanılan uç demirleri ve teknik ölçüleri

2.2. Araştırma modelinin kurulduğu toprak özellikleri

Simülasyonda kullanılan toprak özellikleri zirai işlemlerin yapıldığı toprak özellikleri dikkate alınarak seçilmiştir. Bu özellikler Tablo 2’de verildi.

Tablo 2. Simülasyonda kullanılan toprak özellikleri

Table 2. Soil properties used in the simulation

Özellik	Değer
Hacim ağırlığı (ρ) (kg m^{-3})	1420
Kohezyon (c) (N/m^2)	4×10^3
Toprak iç sürtünme açısı (ϕ) (derece)	28
Dilatasyon açısı (ψ) (derece)	0
Elastisite Modülü (E) (N m^{-2})	5×10^6
Poisson oranı (ϵ)	0,3
Toprak-metal sürtünme açısı (ϕ_b) (derece)	23
Toprak-metal sürtünme katsayısı (μ)	0.3

2.3. Simülasyonun yapıldığı yazılım ve toprak modeli

Çalışmada Atatürk Üniversitesi network ağına bağlı olan ANSYS 2021 sonlu elemanlar yazılım programı kullanılmıştır. ANSYS sonlu elemanlar yazılımı üstün özelliklere sahip bir yazılım programı olup birçok bilim alanında sonlu elemanlar konusunda hizmet vermektedir.

Toprağın mekanik özellikleri kullanılarak toprak makine ilişkisi analizleri sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılmaktadır. Bunun yapılabilmesi için çok sayıda toprak modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerin sayısının fazla olmasının sebebi toprak materyal davranışının karmaşık olması, toprağa uygulanan kuvvet karşısında verdiği tepkinin lineer olmaması analizlerde zorluklar yaşanmasına neden olmaktadır. Shen ve Kushawaha (1998), toprağın gerilme-şekil değiştirme ilişkisini tanımlamak için kullanılan yapısal modelleri doğrusal ve doğrusal olmayan modeller, elastik, plastik ve elastoplastik modeller, statik ve dinamik modeller (zamanın dahil edilip edilmediğine bağlı olarak) olarak sınıflandırmışlardır. Lineer modeller çoğunlukla yapısal elemanlardaki gerilme analizinde kullanılırken, lineer olmayan modeller ise çoğunlukla tarımsal çalışmalarda kullanılmaktadırlar. Toprağın elastikiyetini ve plastisitesini tanımlayan unsurlar göz önüne alındığında, elastoplastik modeller, toprağın tarım aletlerinin çalışan organları ile etkileşime girdiğinde mekanik tepkilerini simüle etmede en çok kullanılan modeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü toprak farklı koşullara bağlı olarak plastik, elastik veya elastoplastik şekil değiştirmeye maruz kalmaktadır. Doğrusal olmayan elastik ya da elastoplastik toprak modelleri içinde en çok kullanılanlar; Mohr-Coulomb, Drucker and Prager, Cam-Clay dir. ANSYS yazılımında bu modellerin hepsi mevcut olup istenildiğinde kullanılabilirlerdir.

Bu çalışmada Drucker and Prager modeli kullanılmıştır. Bu model toprağın plastik davranışını temsil etmektedir. Toprak-makine ilişkisini inceleyen birçok araştırmacı bu modeli kullanmıştır. Moslem ve Hossein (2014) tekerlek-toprak ilişkisini bu modeli kullanarak Finite Element Analysis (FEA) ile incelemişlerdir. Skirkus ve Jankauskas (2015) kültivatör ayağının aşınmasını bu modeli kullanarak FEA ile araştırmıştır. Benzer olarak Elbashir ve ark. (2014) farklı kama açılarının toprak işleme aletinde çeki kuvvetine etkilerini bu modeli kullanarak FEA ile belirlemişlerdir. Drucker and Prager modeli toprak kohezyonu ve iç sürtünme açısına bağlı olarak akma yüzeyi dik bir koni şeklindedir.

Toprak materyallerini tanımlamak için ANSYS ile gelen Drucker and Prager modeli aşağıdaki eşitlikle (Eş.1) tanımlanmıştır (Avcı ve Bhargava, 2020).

$$f(I_1, J_2) = \alpha I_1 + \sqrt{J_2} - K = 0 \quad (\text{Eş.1})$$

Burada I_1 = gerilme tensörünün ilk değişmezi, J_2 = gerilme tensörünün ikinci değişmezi, α ve K ; kohezyon (c), iç sürtünme açısı (ϕ) ve dilatasyon açısına (ψ) bağlı parametreler (Tan ve ark., 2022).

2.4. Sonlu Elemanlar Modeli

Üç farklı kültivatör uç demirinin çeki kuvvetine olan etkisini belirlemek için yapılan bu çalışmada ANSYS de üç

boyutlu bir model oluşturuldu (Şekil 2).

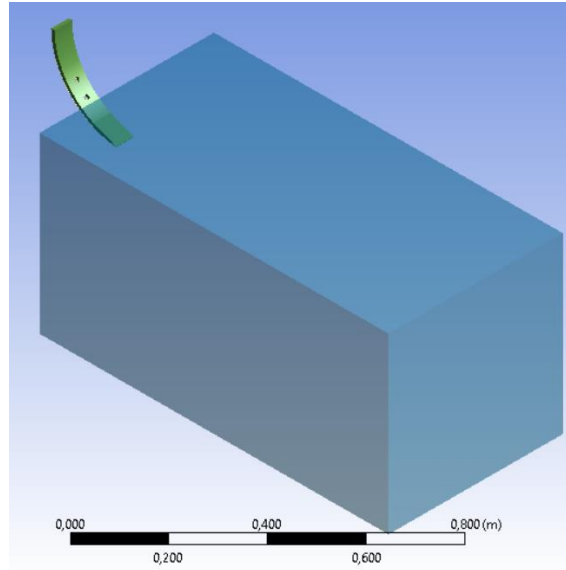


Figure 2. The cultivator share and soil model created in ANSYS

Şekil 2. ANSYS' de oluşturulan kültivatör uç demiri ve toprak modeli

Bu model iki kısımdan oluşmaktaydı. Birincisi deforme olabilen toprak kanalı, ikicisi uç demiri idi. Toprak kanalı boyutları 1x0.5x0,5 m olarak tasarlandı. Uç demirleri ise 15 cm derinlikte çalışacak şekilde ve göğüs açısı 25° olarak seçildi (Şekil 3).

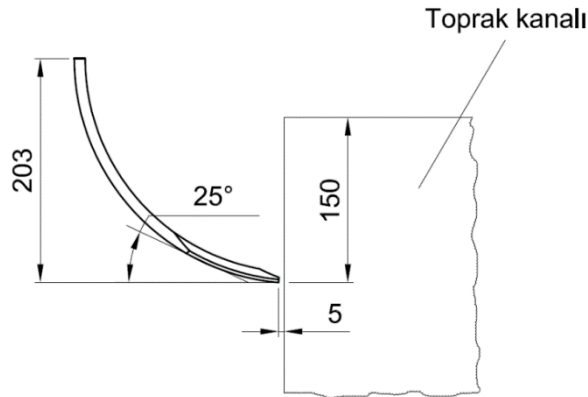


Figure 3. Positioning of the cultivator share in the soil channel

Şekil 3. Kültivatör uç demirlerinin toprak kanalına konumlandırılması

Dar uç demirine sahip kültivatörlerde göğüs açısı 20°-45° arasında değişmekte olup 30° altındaki açılar genelde kültivatörlerde 30° üzeri açılardan ise ağır kültivatör veya çizel pulluklarda kullanılmaktadır (Erol ve Yavuzcan 1995). Uç demiri toprak kanalına 5 mm uzaklıkta, 25° göğüs açısında ve 15 cm derinliğe gelecek şekilde pozisyonlandırılmıştır. Simülasyonda üç farklı çalışma hızı belirlenmiştir. Bu hızlar ASAE D497.5 (2006) de verilen değerler dikkate alınarak 1.5, 2.5 ve 3.5 m s⁻¹olarak belirlenmiştir. Mesh işlemi yapılırken uç demirleri için TET10 dört yüzlü hacim elemanı kullanıldı. Bu elemanın her bir düğüm noktası 3 serbestlik derecesine sahip olup üçgen prizma şeklinde bir elemandır. Uç demiri gibi kavisli ve girintili-çıkıntılı şekle sahip modeller için geliştirilmiş bir elemandır. Toprak kanalı mesh yapılırken toprağın işleneceği bölge daha küçük parçalara ayrılırken, dışa doğru kısımlar büyük parçalara ayrılarak hem çalışmanın hassasiyeti yükseltildi hem de çözüm süresi mümkün olduğunca kısaltılmaya çalışıldı (Şekil 4). Toprak kanalı mesh yapılırken HEX20 altı yüzlü hacim elemanı kullanıldı. Çalışmada toprak kanalı eleman sayısı 6000 ve nod sayısı 27111 idi. Uç demiri eleman sayısı ise uç demirinin şekline bağlı olarak minimum eleman sayısı 354 ve nod sayısı 878 idi. Mesh kalitesi ortalama 0.87 olarak belirlendi. Ortalama aspect ratio oranı 3.24 ve ortalama skewness değeri 0.028 olarak bulunmuştur. Bu değerler mesh kalitesinin iyi

olduğunu göstermektedir.

Sınır şartları verilirken toprak kanalının yan, alt ve uç demirinin karşısındaki kenar sabitlendi. Uç demiri-toprak sürtünme katsayısı olarak 0.3 alındı.

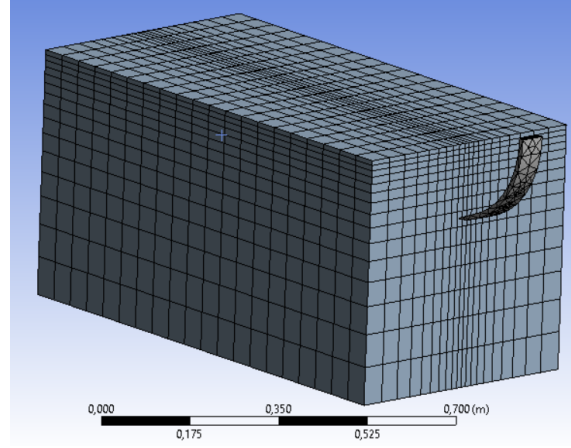


Figure 4. Mesh processing

Şekil 4. Mesh işleminin yapılması

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Çeki kuvveti üzerine hızın etkisi

Şekil 5 (a, b, c ve d) de 1.5 m s^{-1} ilerleme hızında sırası ile 0.0293 s, 0,0410 s, 0.05 s ve 0,08 s aralıklarındaki uç demiri-toprak etkileşimini gösterilmiştir.

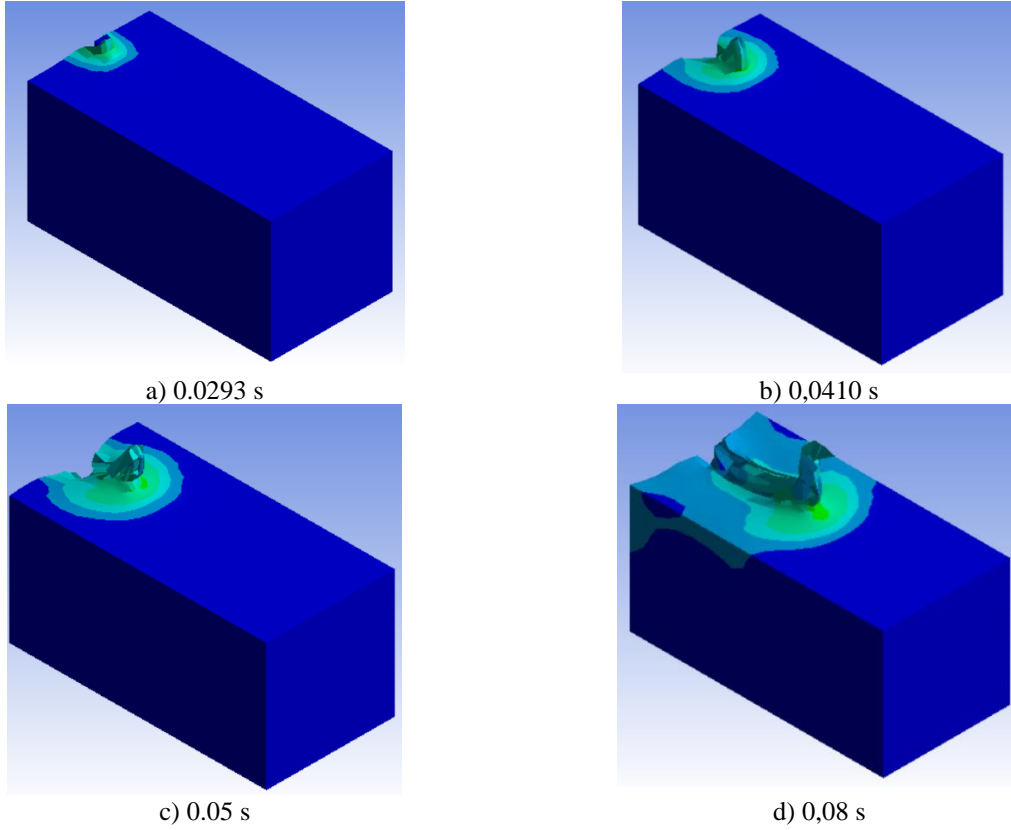


Figure 5. The cultivator share–soil interaction at different time intervals at a forward speed of 1.5 m s^{-1}

Şekil 5. 1.5 m s^{-1} ilerleme hızında farklı zaman aralıklarındaki uç demiri-toprak etkileşimini

Uç demirinin topraktaki hareketi kanal boyunca 0.8 m olarak sınırlandırılmıştır. Üç farklı ilerleme hızı için yürütülen simülasyon çalışmalarında elde edilen çeki kuvveti-zaman değerlerine ilişkin örnek grafik (Şekil 6) incelendiğinde ilk başta yüksek bir çeki kuvveti görülmekte daha sonra bu değer azalmaktadır.

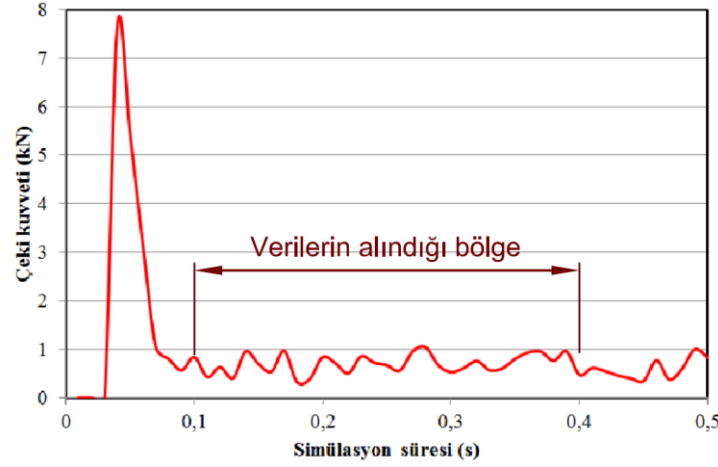


Figure 6. Example graph of draft force-time values obtained from simulations

Şekil 6. Simülasyonlardan elde edilen çeki kuvveti-zaman değerlerine ilişkin örnek grafik

Bunun sebebi uç demirinin toprak kanalına 5 mm uzakta konumlandırılmış olmasıdır. Hızla toprağa giren uç demiri yüksek bir çeki kuvvetine neden olmuş daha sonra bu değer azalarak normal çalışma hızındaki çeki kuvveti değerine ulaşmıştır. Bu sebeple elde edilen çeki kuvveti değerlerini bulmak için başlangıçtaki bu ani çeki kuvveti değerleri ihmal edilerek şekilde gösterildiği gibi belirlenen zaman aralığındaki çeki kuvveti değerleri dikkate alınmıştır.

Düz uç demiri ile farklı hızlarda elde edilen çeki kuvveti değerleri Şekil 7. de verilmiştir.

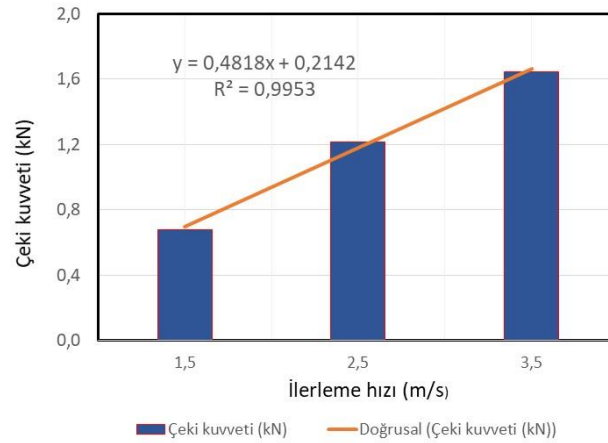


Figure 7. Draft force values obtained at different forward speeds with the flat cultivator share

Şekil 7. Düz uç demiri ile farklı ilerleme hızlarda elde edilen çeki kuvveti değerleri

Bu uç demiri ile elde edilen en küçük çeki kuvveti değeri 1.5 m s⁻¹ ilerleme hızında 0.68 kN olarak belirlenirken en büyük çeki kuvveti değeri 3.5 m s⁻¹ ilerleme hızında 1.64 kN olarak belirlenmiştir. İlerleme hızındaki artış çeki kuvveti değerlerinde artışa neden olmuştur. Benzer etki diğer uç demirlerinde de görülmüştür. Sivri uç demirinde 1.5 m s⁻¹ ilerleme hızında elde edilen çeki kuvveti değeri 0.52 kN olurken en yüksek değer 3.5 m s⁻¹ ilerleme hızında bu değer 1.40 kN olarak belirlenmiştir (Şekil 8). İlerleme hızının artması ile çeki kuvvetinin arttığı görülmüştür. Çatal uç demiri ile elde edilen çeki kuvveti değerlerinin de ilerleme hızı ile arttığı görülmüştür (Şekil 9). Bu uç demirinde elde edilen en düşük çeki kuvveti değeri 1.5 m s⁻¹ ilerleme hızında 0.39 kN olurken en yüksek değer 3.5 m s⁻¹ ilerleme hızında 1.08 kN olarak bulunmuştur.

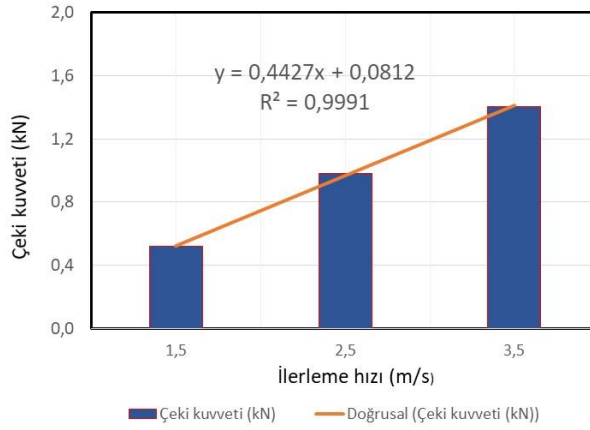


Figure 8. Draft force values obtained at different forward speeds with the pointed cultivator share

Şekil 8. Sivri uç demiri ile farklı ilerleme hızlarda elde edilen çeki kuvveti değerleri

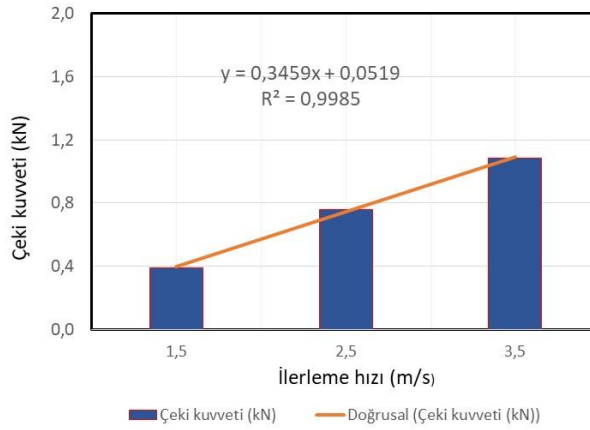


Figure 8. Draft force values obtained at different forward speeds with the fork-shaped cultivator share

Şekil 9. Çatal uç demiri ile farklı ilerleme hızlarda elde edilen çeki kuvveti değerleri

Birçok çalışmada toprak işleme aletlerinin ilerleme hızındaki artışın çeki kuvvetini artırdığı bulunmuştur. Boydış (2017) kanatlı çizel pullukta kullanılan kanatlarda farklı ağız yapılarının ilerleme hızının ve iş derinliğinin çeki kuvveti üzerine etkisini belirlediği çalışmasında ilerleme hızının artmasıyla özgül çeki kuvvetinin arttığını bulmuştur. İlerleme hızının 0.12 m s^{-1} den 0.28 m s^{-1} çıkması ile özgül çeki kuvvetinin 0.88 N cm^{-2} den 1.35 N cm^{-2} ye çıkmıştır. Elsheikha ve ark. (2021) farklı metallere yapılmış çizel uç demirlerinin farklı ilerleme hızlarında göstermiş oldukları çeki kuvveti değerlerini belirlemişlerdir. Çalışmada 15 cm işleme derinliğinde en düşük çeki kuvveti 0.58 m s^{-1} ilerleme hızında paslanmaz çelik malzemeden yapılmış uç demiri ile 0.76 kN olarak elde edilirken en yüksek çeki kuvveti 1 m s^{-1} ilerleme hızında aynı uç demiri ile 1.23 kN olarak bulunmuştur. İlerleme hızının artmasıyla çeki kuvvetinin diğer malzemelerden yapılmış uç demirlerinde de aynı etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. Benzer olarak ASAE D497.5 (2006) de toprak işleme aletlerinin çeki kuvvetinin belirlenmesi için verilen analitik denklemde çeki kuvvetinin hızın bir fonksiyonu olarak arttığı gösterilmiştir. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki ilerleme hızı arttıkça çeki kuvveti de artmaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu hız artışına bağlı olarak elde edilen çeki kuvvetinin artış değeridir. Çalışmada, uç demirlerinden elde edilen ilerleme hızı-çeki kuvveti değerini gösteren doğrusal grafiklerin eğimlerine bakıldığında düz, sivri ve çatal uç demirlerinden elde edilen doğrusal çizginin yatayla yaptığı açının sırasıyla 25.64° , 23.74° ve 18.77° olduğu bulunmuştur. Eğim açısının artması bize uç demirinin hıza karşı daha yüksek bir tepki verdiğini göstermektedir. Bu ise istenen bir durum değildir. Toprak işleme aletlerinde hızın artmasına karşın çeki kuvvetinin daha az artması beklenir. Çalışmada görülmektedir ki en düşük eğim açısı çatal uç demiri ile elde edilmiş ve bu eğim açısıyla çatal uç demiri diğer uç demirlerinden

daha iyi bir performans sağlamıştır.

3.2. Ağız yapısının çeki kuvvetine etkisi

Yapılan simülasyonda elde edilen sonuçlar ağız yapısındaki geometrik farklılığın çeki kuvvetini değiştirdiğini göstermiştir (Şekil 10).

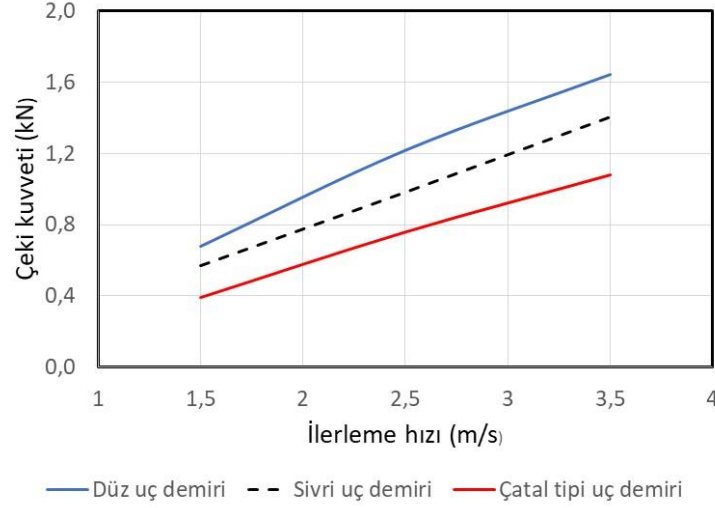


Figure 10. The effect on the draft force of the cultivator share with different mouth structures depending on the forward speed

Şekil 10. Farklı ağız yapısına sahip uç demirlerinin ilerleme hızına bağlı olarak çeki kuvveti üzerine etkisi

Çatal uç demirinin aynı hızda ve şartlarda sivri uç demiri ve düz uç demirinden daha düşük bir çeki kuvveti gerektirdiği görülmüştür. Sivri uç demirinin de düz uç demirinden daha düşük çeki kuvveti değerleri göstermiştir. 1.5 m s⁻¹ ilerleme hızında düz uç demiri, çatal uç demirinden %74.35, 2.5 m s⁻¹ ilerleme hızında %19.24 ve 3.5 m s⁻¹ ilerleme hızında %34.78 daha yüksek bir çeki kuvveti meydana getirmiştir. 1.5 m s⁻¹ ilerleme hızında sivri uç demiri, çatal uç demirinden %33.33, 2.5 m s⁻¹ ilerleme hızında %28.94 ve 3.5 m s⁻¹ ilerleme hızında %29.62 daha yüksek bir çeki kuvveti meydana getirmiştir. Görülmektedir ki uç demiri kesme ağızındaki geometrik değişim çeki kuvvetinin artmasına veya azalmasına yol açmıştır. Yapılan birçok bilimsel çalışmada, toprak işleme aletlerinin geometrik yapılarının değiştirilmesi çeki kuvvetini önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Salar ve ark. (2021) bir kanatlı çizel pulluğun kanat açısındaki değişimin çeki kuvvetini önemli derecede değiştirdiğini bulmuştur. Yapmış oldukları çalışmada kanata verilen yatay (10°, 20°, 30°) ve dikey (7.5°, 15°, 22.5°) açıların sırasıyla 4.53 kN, 4.74 kN, 5.50 kN, 4.67 kN, 4.87 kN, 5.23 kN' luk çeki kuvvetleri meydana getirmiştir. Boydaş (2017) çizel pullukta kullanılan farklı kanat ağız yapılarının özgül çeki kuvvetini önemli düzeyde değiştirdiğini bulmuştur. Çalışmada düz ağız yapısına sahip kanatta en yüksek özgül çeki kuvvetinin 1.25 N cm⁻² olduğu belirlenirken en düşük özgül çeki kuvvetinin 1.03 N cm⁻² olduğu belirlenmiştir. Raper (2005) eğrisel ve düz çizel pulluk ayağının çeki kuvveti değerlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada eğri ayağın düz çizel ayakta daha yüksek çeki kuvveti meydana getirdiğini bulmuştur.

4. Sonuç

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan bu simülasyon çalışması sonucunda farklı ağız yapısına sahip uç demirlerinin çeki kuvveti üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Çatal şeklinde ağız yapısına sahip uç demirinin düz ve sivri uç demirinden daha düşük çeki kuvveti meydana getirdiği ve ilerleme hızındaki artıştan daha az etkilendiği belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda çatal şeklinde ağız yapısına sahip uç demirine uygulamada rastlanmamış fakat bu ağız yapısına benzer nitelikte uç demiri tipleri görülmüştür. Bu tip uç demiri üzerine yapılacak olan daha fazla çalışma ile kültivatör çeki kuvvetinin önemli düzeyde azaltılabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılması için kullanılan ANSYS yazılımını Atatürk üniversitesi çalışanlarının hizmetine sunan Atatürk Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

Kaynakça

- Armin, A., Fotouhi, R. and Szyszkowski, W. (2015). 3D finite element analysis for mechanics of soil-tool interaction. *Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 9(5): 843-848.
- ASAE (2006) ASAE Standard D497.4: Agricultural Machinery Management Data. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- Avci, O. and Bhargava, A. (2020). Investigation of uplift pressures on a drainage shaft using ANSYS SOLID185 elements and Drucker–Prager Failure Criterion for the surrounding rock stratum. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 34(1): 04019083.
- Bo, L., Rui, X., Fanyi, L., Jun, C., Wenting, H. and Bing, H. (2016). Determination of the draft force for different subsoiler points using discrete element method. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(3): 81-87.
- Baran, M. F., Durgut, M. R., Kayhan, İ. E., Kurşun, İ., Aydın, B. and Bayhan, Y. (2014). Determination of different tillage methods in terms of technically and economically in second crop maize for silage (2nd year). *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 11(2): 11-20.
- Boydaş, M. G. (2017). Kanatlı çizel pullukta kullanılan kanatlarda farklı ağız yapılarının, ilerleme hızının ve iş derinliğinin çeki kuvveti üzerine etkisinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(3): 219-225.
- Burgess, P. J. and Morris, J. (2009). Agricultural technology and land use futures: the UK case. *Land Use Policy*, 26, 222-229.
- Celik, A., Boydas, M. G. and Turgut, N. (2007). Comparison of the energy requirements of an experimental plow, a moldboardplow and a disk plow. *The Philippine Agricultural Scientist*, 90(2): 173-178.
- Chen, Y., Cavers, C., Tessier, S., Monero, F. and Lobb, D. (2005). Short-term tillage effects on soil cone index and plant development in a poorly drained, heavy clay soil. *Soil & Tillage Research*, 82: 161-171.
- Elbashir, M. A., Zhao, Z., Hebeil, E. A. and Li, X. (2014). Comparative finite element analysis of the effects of tillage tool geometry on soil disturbance and reaction forces. *Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology*, 7(15): 3145-3149.
- Elsheikha, A., Al-Rajhi, M. and El-Shabasy, T. M. (2021). Effect of coating chisel plow shares with some materials on draft force requirement. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 12(9):611 – 614.
- Erol, M. A. ve Yavuzcan, H. G. (1995). Toprak İşleme Aletlerine İlişkin Hesaplama Yöntemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No 1421. Ankara.
- Godwin, R. J., O’Dogherty, M. J., Saunders, C. and Balafoutis A. T. (2007). A force prediction model for mouldboard ploughs incorporating the effects of soil characteristic properties, plough geometric factors and ploughing speed. *Biosystems Engineering*, 97(1), 117-129.
- Hoseinian, S. H., Hemmat, A., Eshaghbeygi, A., Shahgoli, G. and Baghbanan, A. (2022). Development of a dual sideways-share subsurface tillage implement: Part 2. Effect of tool geometry on tillage forces and soil disturbance characteristics. *Soil and Tillage Research*, 215: 105200.
- Johnson, C. E. and Buchele, W. F. (1969). Energy in clod-size reduction of vibratory tillage. *Transaction of the ASAE*, 12(3): 371-374.
- Kesner, A., Choteborsky, R., Linda, M., Hromasov, M., Katinas, E. and Sutanto, H. (2021). Stress distribution on a soil tillage machine frame segment with a chisel shank simulated using discrete element and finite element methods and validate by experiment. *Biosystems Engineering*, 209: 125-138.
- Korkutal, İ., Bahar, E. ve Bayram, S. (2018). Farklı toprak işleme ve yaprak alma uygulamalarının syrah üzüm çeşidinde, sürgün ve yaprak özellikleri ile su stresi üzerine etkileri. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 15(1): 1-13.
- Lejman, K., Owsiak, Z., Pieczarka, K. and Sekutowski, T. (2018). Vertical forces acting on cultivator tines in the aspect of shearing speed and flexibility of tines. *Agricultural Engineering*, 22(2): 39-48.
- Mamman, E. and Oni, K. C. (2005). Draught performance of a range of model chisel furrowers. *Agricultural Engineering International: the CIGR E-journal. Manuscript PM 05 003. Vol. VII*.
- Moslem, N. and Hossein, G. (2014). Numerical simulation of tire/soil interaction using a verified 3D finite element model. *Journal of Central South University*, 21: 817–821.
- Owen, G. T. (1988). Subsoiling forces and tool speed in compact soils. *Canada Agriculture Engineering Research*, 28(4): 15-20.
- Peltre, C., Nyord, T., Bruun, S., Jensen, L. S. and Magid, J. (2015). Repeated soil application of organic waste amendments reduces draught force and fuel consumption for soil tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 211: 94-101.
- Raper, R. L. (2005). Subsoiler shapes for site-specific tillage. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(1): 25–30.
- Rouw, A., Huon, S., Souleuth, B., Jouquet, P., Pierret, A., Ribolzi, O., Valentin, C., Bourdon, E. and Chantharath, B. (2010). Possibilities of carbon and nitrogen sequestration under conventional tillage and no-till cover crop farming (Mekong valley, Laos). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136: 148-161.
- Sadek, M. S., Chen, Y. and Zeng, Z. (2021). Draft force prediction for a high-speed disc implement using discrete element modelling. *Biosystems Engineering*, 202: 133-141.
- Salar, M. R., Karparvarfar S. H., Askari, M. and Kargarpour, H. (2021). Forces and loosening characteristics of a new winged chisel plough. *Research in Agricultural Engineering*, 67(1): 17–25.
- Savrukoğlu, İ. (2016). *Kulaklı pullukların kulak–toprak ilişkisinin nümerik ve analitik yöntemler ile modellenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul

Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Katı Cisimlerin Mekanik Programı.

Shen, J. and Kushawaha, R. L. (1998). *Soil-Machine Interactions: A Finite Element Perspective*, New York: Marcel Dekker, Inc.

Shmulevich, I., Asaf, Z. and Rubinstein, D. (2007). Interaction between soil and a wide cutting blade using the discrete element method. *Soil & Tillage Research*, 97: 37–50.

Skirkus, R. and Jankauskas, V. (2015). Wear model development of soil tillage element. *Agricultural Engineering, Research Papers*, 47: 1-5.

Şahin, A., Altuntaş, E. ve Güleç, U. (2018a). Kültivatör kazayağı uç demirlerinin sonlu elemanlar metodu (sem) ile mu-kavemet özelliklerinin belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3): 257-265.

Şahin, A., Altuntaş, E. ve Güleç, U. (2018b). Bazı firmalarca kültivatörler için üretilen dar uç demirlerinin farklı yüklenmeler altında deformasyon davranışının sonlu elemanlar analizi ile belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2): 131-141.

Tan, N., Zhou, L., Zheng, W., Song, H., Sun, Z., Wang, Z., Wang, G., Wang, W., Zhang, L. and Zho, X. (2022). Using finite element method for stress-strain evaluation of commonly used buried pipelines in fault. *Energies*, 15(5): 1655.

Tong, J. and Moayad, B. Z. (2006). Effects of rake angle of chisel plough on soil cutting factors and power requirements: A computer simulation. *Soil and Tillage Research*, 88(1): 55-64.

Upadhyay, F., Raheman, H. and Rasool, S. (2017). Three dimensional modelling and stress analysis of a powered single acting disc harrow using FEA. *Current Agriculture Research Journal*, 5(2): 203-219.

Determination of the Effect of Different Irrigation Regimes on Some Quality Properties of Cucumber

Hıyarın Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Farklı Sulama Rejimlerinin Etkisinin Belirlenmesi


Harun KAMAN^{1*}, Ömer ÖZBEK², Ersin POLAT³


Abstract

This study aimed to examine the effects of varying levels of deficit irrigation applied through partial root drying (PRD) and conventional deficit irrigation on some parameters of cucumber plant such as fresh and dried biomass, plant stem diameter, number of leaf, fruit length, fruit diameter, fruit weight, water soluble dry matter (WSDM). Seven irrigation treatments (DI75, APRD75, FPRD75, DI50, APRD50, FPRD50) were examined together with the control treatment (FULL). The irrigation water of the treatments DI75, APRD75 and FPRD75 are 25% less than the FULL treatment. The irrigation water of the DI50, APRD50 and FPRD50 treatments is 50% less than the FULL treatment. DI75 and DI50 are traditional deficit irrigation applications in which both sides of the plant root zone are wetted. In APRD75 and APRD50 treatments, one half of the plant root zone is wetted and the other half is left dry and the wet/dry parts are switched in each irrigation application. In FPRD75 and FPRD50 treatments, one half of the plant root zone is wetted and the other half is left dry for a fixed period during the entire season. It has been revealed that 25% and 50% water deficit levels affect the amount of biomass as a result of the application of conventional deficit irrigation and partial root drying (PRD) techniques when compared to the FULL treatment. However, it has been found that the parameters such as plant stem diameter, fruit length, fruit diameter, fruit weight and WSDM are not affected. When the results obtained in the research are evaluated; it has been observed that water application techniques (DI, APRD, FPRD) have a significant effect on both plant development and yield when the same amount of water is given. As irrigation water constraint increases, the yield has been found to decrease. However, the decrease in the amount of irrigation water and the decrease in yield have not been the same. Research aiming to save irrigation water is increasingly important, especially in arid and semi-arid regions where water is scarce and expensive. In this regard, the fact that the decrease in yield remains smaller than the rate of decrease in irrigation water can be seen as an advantage of PRD treatments.

Keywords: Drip irrigation, Deficit irrigation, Partial root drying, Biomass, Fruit diameter, Fruit weight.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Harun Kaman, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. E-mail: hkaman@akdeniz.edu.tr  ORCID: 0000-0001-9308-3690.

²Ömer Özbeke, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Antalya, Türkiye. E-mail: omer.ozbek@tarimorman.gov.tr  ORCID: 0000-0001-6334-1222.

³Ersin Polat, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07058 Antalya, Türkiye. E-mail: polat@akdeniz.edu.tr  ORCID: 0000-0003-2414-5071.

Atıf/Citation: Kaman, H., Özbeke, Ö., Polat, E. (2023). Determination of the effect of different irrigation regimes on some quality properties of cucumber. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 318-333.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Bu araştırmada; farklı kısıntılı sulama suyu düzeylerinin geleneksel kısıntılı sulama ve yarı ıslatmalı sulama teknikleriyle uygulanması sonucu hıyar bitkisinde taze ve kuru biyokütle, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, meyve boyu, meyve çapı, meyve ağırlığı, suda çözünebilir kuru madde gibi kalite parametrelerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kontrol konu (Tam sulama) ile birlikte yedi sulama (DI75, APRD75, FPRD75, DI50, APRD50, FPRD50) konusu ele alınmıştır. DI75, APRD75 ve FPRD75 konularının sulama suyu Tam sulama konusuna kıyasla %25 daha azdır. DI50, APRD50 ve FPRD50 konularının sulama suyu ise Tam sulama konusuna kıyasla %50 daha azdır. DI75 ve DI50 bitki kök bölgesinin her iki tarafının ıslatıldığı geleneksel kısıntılı sulama uygulamalarıdır. APRD75 ve APRD50 konularında bitki kök bölgesinin görece olarak bir yarısının ıslatılıp diğer yarısının kuru bırakıldığı ve ıslak/kuru kısımların her sulamada yer değiştirildiği uygulamadır. FPRD75 ve FPRD50 konularında tüm sezon boyunca sabit bir şekilde bitki kök bölgesinin görece olarak bir yarısının ıslatılıp diğer yarısının kuru bırakıldığı uygulamadır. Tam sulama konusuna kıyasla %25 ve %50 su kısıntısı seviyelerinin geleneksel kısıntılı sulama ve yarı ıslatmalı sulama teknikleriyle uygulanması sonucu biyokütle miktarını etkilediği ortaya çıkmıştır. Ancak, bitki gövde çapı, meyve boyu, meyve çapı, meyve ağırlığı ve suda çözünebilir kuru madde parametrelerini etkilemediği belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; su uygulama tekniklerinin (DI, APRD, FPRD) aynı miktarda su verildiği şartlarda hem bitki gelişimine hem de verime önemli etkisi olduğu görülmüştür. Sulama suyunun kısıntı düzeyi artıkça verimde azalma saptanmıştır. Ancak, sulama suyu miktarındaki azalış ile verimdeki düşme oranı aynı olmamıştır. Sulama suyundan tasarruf sağlamaya yönelik araştırmalar özellikle suyun kıt ve pahalı olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde önemini gittikçe artırmaktadır. Bu bağlamda, verimdeki düşüş sulama suyundaki azalma oranından daha küçük kalması PRD konularının bir avantajı olarak görülebilir.

Anahtar Kelimeler: Damla sulama, Kısıntılı sulama, Kısmi kök kuruluğu, Biyokütle, Meyve çapı, Meyve ağırlığı

1. Introduction

Cucumber is produced in 135 countries, mainly in China. Cucumber production in the world was 87805086 tons in 2019, followed by China with 70288130 tons, Turkey with 1916645 tons and Russia with 1626360 tons in the top three countries in production (FAO, 2021). Cucumber is produced in every region in Turkey, especially in the Mediterranean and Aegean regions, and the total production of cucumber in 2017 was 1827782 tons. 1687927 tons of this production is classified into two categories as table cucumber and gherkin, and about 61% of cucumber production is done in greenhouses (Yağcıoğlu, 2018). The amount of table cucumber production in Turkey in 2021 was 1696520 tons. 40346 tons of this production took place in a low tunnel, 249975 tons in a glass greenhouse, 754754 tons in a plastic greenhouse, 124976 tons in a high tunnel, and 441163 tons outdoor (Anonymous, 2022). Cucumber is one of the most important vegetables grown in greenhouses and is the second most vegetable species grown in greenhouses after tomato in Turkey. Cucumber is a plant that requires more technical knowledge and experience when produced in a greenhouse compared to other vegetables. Together with this, when the cultivation technique is applied properly and the necessary environmental conditions are ensured, higher yields and profits can be obtained in cucumber production compared to other greenhouse vegetables (Yücel Engindeniz, 2017). In recent years, the effect of many different applications on the yield and quality characteristics of cucumber in Turkey has been studied. Söylemez et al. (2020) examined the effect of different irrigation levels on yield and some quality characteristics in perlite and coco peat environments. Akın et al. (2020) examined the effect of mycorrhiza application and different irrigation levels on yield and yield components in cucumber. Tarakçıoğlu (2017) introduced new ways in plant cultivation in environments with soil pollution and emphasized the importance of deficit irrigation and fertilization-related studies. Dursun et al. (2017) conducted a study on cucumber fertilization and examined the effect of different doses of fertilizer applications on cucumber yield.

One of the most important factors affecting the yield and quality of crop production in Turkey and around the world is the use of appropriate amounts and good quality irrigation water. However, water resources are under significant threat due to irregularities in rainfall regimes and human-caused damage. This threat, therefore, affects the sustainability of agricultural production. Thus, it is becoming important to use the irrigation water in agriculture most efficiently. In recent years, some studies have been conducted on cucumber irrigation; Bozkurt and Sayılıkan Mansuroglu (2017) examined the effect of a subsurface drip irrigation system in which the laterals are placed at different depths on cucumber yield; Turhan et al. (2015) examined the effect of different salinity levels applied to cucumber plants on yield and fruit characteristics; Kırbay and Özer (2015) investigated the effect of different shading applications on cucumber yield and quality.

It is highlighted that Turkey is one of the countries at the risk of the possible effects of global warming, while the Mediterranean and Central Anatolia regions may be more affected by climate change. Reducing the negative effects of agricultural drought can be possible with measures and proper planning. Therefore, the measures to be taken before the drought and steps to be taken during the drought should be planned separately. Although it is not possible to increase the amount and improve the quality of water resources by interfering in the amount and time of rainfall, it is possible to reduce the negative effects caused by drought (Kapluhan, 2013). For example, increasing the efficiency of water use in agricultural irrigation may be the most important way. In order to increase the efficiency of water use in agricultural irrigation, different types of deficit irrigation applications could be considered. Many studies have also been conducted in Turkey on deficit irrigation (for example; Azder et al., 2020; Göçmen and Erdem, 2019; Ali et al., 2021). In general, the studies conducted by Azder et al. (2020) and Ali et al. (2021) were about the amount of irrigation water applied affects the reactions of plants.

In contrast to traditional deficit irrigation, another application of deficit irrigation is the partial root drying (PRD) technique. Water loss is less in the leaves of plants grown under the PRD technique and their stomata are relatively closed (Zhang et al., 1987; Davies and Zhang, 1991; Davies et al., 1994). This study aimed to determine the changes in biomass, yield and fruit quality in cucumber under deficit and optimal irrigation practices. This research aimed to identify the effects of varying deficit irrigation levels through the application of different irrigation levels by conventional deficit irrigation and partial root drying (PRD) techniques on the parameters of the cucumber plant, such as biomass, plant stem diameter, fruit length, fruit diameter, fruit weight and water soluble dry matter (WSDM).

2. Materials and Methods

2.1. Study and characteristics

This research was carried out in two different greenhouses in the Research and Application Area of the Faculty of Agriculture of Akdeniz University in 2011 and 2012. The greenhouse was designed with a size of 16×60 m, which is widely used in Turkey and is established in a north-south direction. The height of the research area is 54 m above sea level (Anonymous, 1998). Summers are hot and dry, winters are warm and rainy in the research area where the Mediterranean climate prevails. January is the coldest month with an average annual temperature of 9.2°C, the average annual temperature is 18.0°C, and July is the hottest month with an average annual temperature of 28.2°C in Antalya. The average annual proportional humidity is 63%, the average total precipitation is 1063.5 mm, and the average total evaporation is 1886.3 mm (Anonymous, 2000). The soil type of the research area is the Gölbaşı series. Gölbaşı series, which is developed on massive travertines, is included in the Entisol ordo because they are young soils that do not show much profile development. All profiles of the soils of this series, which have an AC horizon and are very young, have a clay-tin texture. They are located in almost flat and almost-flat topographies (Sarı et al., 1993).

2.2. Plant material

Deltastar F1 – hybrid cucumber species were used in the study. This type is a multi-cucumber type, the fruits of which are of high quality and homogeneous, have a long shelf life, are suitable for cultivation in the late autumn and early spring.

2.3. Irrigation implementation and research planning

Irrigation applications were carried out by drip irrigation method. The seven treatments used in the study are: (1) FULL, traditional control treatment applied without any water deficit in the irrigation water that plant needs and it was calculated according to the Class-A evaporation pan; (2) DI75, traditional deficit irrigation in which 75% of the amount of water that was applied to the FULL treatment to both sides of the plant roots; (3) DI50, traditional deficit irrigation in which 50% of the amount of water that was applied to the FULL treatment to both sides of the plant roots; (4) APRD75, 75% of the amount of water applied to the FULL treatment was applied and irrigated sides of the root zone were alternated every irrigation; (5) APRD50, 50% of the amount of water applied to the FULL treatment was applied and irrigated sides of the root zone were alternated every irrigation; (6) FPRD75, 75% of the amount of water applied to the FULL treatment was applied to the same half of the plant root through the irrigation season, (7) FPRD50, 50% of the amount of water applied to the FULL treatment was applied to the same half of the plant root through the irrigation season.

The irrigation treatments examined in the study were placed in the greenhouse in a random way and 3 replicates. Seedlings were planted into the soil according to the random parcel experimental design. The planting process of the cucumber was carried out leaving 50 cm- of space between plants on the same line and 80 cm-space between lines. There were 16 plants in each line and a total of 5 lines in each irrigation treatment. Harvesting was carried out from 14 plants, generally from an iteration of each treatment, taking into account the edge effect. Watering was planned to be once a week at fixed intervals until flowering, and twice a week from the time of fruit set to the final harvest. A-Class evaporation container was placed in the greenhouse and the amount of irrigation water applied to the control (FULL) treatment was calculated with the help of the following Equation (1) using evaporation measurements taken from this (Kirda et al., 2004; Kaman et al., 2006).

$$I=K \times E_p \quad (\text{Eq. 1})$$

In equation: I refers to the irrigation water (mm); K refers to the coefficient of vegetation cover; E_p refers to the total evaporation (mm) from the Class-A evaporation container corresponding to the irrigation intervals.

100 mg l⁻¹, 30 mg l⁻¹ and 200 mg l⁻¹ of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, respectively were applied in line with the data obtained from the research results and the manufacturer's practices in the region, which are considered necessary for the cucumber plant (Kirda and Baytorun, 1999).

2.4. Observations and measurements made on plants and fruits

In order to determine potential changes in the plants and fruits under different irrigation practices in the research, the parameters of fresh and dried biomass, plant stem diameter, number of leaf, fruit length, fruit diameter, fruit

weight, water soluble dry matter (WSDM) were observed and measured.

Biomass measurements were made by cutting plants in 3 replicates, one from each iteration of each treatment. This process continued from the beginning of the irrigation until the final harvest date. In the calculation of biomass, the cut plants were divided into stem, leaf and fruits and kept in the drying oven at 65°C until they reached a constant weight. Then, the amount of biomass on the soil was calculated by weighing and averaging the dried samples.

Stem diameter measurements were made before starting irrigation applications, six plants (six replicates) were marked from each treatment to represent each treatment during the whole season.

Fruit length, fruit diameter and fruit weight were measured/weighed at each harvest and monitored throughout the season.

Apart from the difference in the level of irrigation water and the way of applying irrigation, fertilization, pruning, spraying, etc. were made equally. Therefore, parameters such as fruit length, fruit diameter, fruit weight, water soluble dry matter (WSDM) in cucumber plants were affected only by the level of irrigation water applied and how it was applied.

The data obtained from the study were subjected to variance analysis according to the random parcel experiential design pattern, and the data with a statistical difference in the averages were evaluated at a 5% significance level using the Tukey multiple comparison test.

In addition, more detailed information regarding the material and method of the research could be seen in the publication by Kaman et al. (2022).

3. Results and Discussion

The change between the yield values obtained in the study was found to be significantly different at Tukey's 5% level (Kaman et al., 2022). The 25% less irrigation water of the control treatment (FULL) was applied to the treatments of DI75, APRD75 and FPRD75, and similarly, the 50% less was applied to the treatments of DI50, APRD50 and FPRD50. The amount of irrigation water applied to the treatments covered in the study ranged between 152 mm and 217 mm in the first season and between 89 mm and 148 mm in the second season (Kaman et al., 2022). Yield values were found to have changed between 12267 kg da⁻¹ and 18810 kg da⁻¹ in the first season, and ranged between 10001 kg da⁻¹ and 19168 kg da⁻¹ in the second season. In the first season of the study, FPRD50 and DI50 treatments were the treatments with the lowest efficiency among irrigation applications, while in the second season, DI50 treatment was the treatment with the lowest efficiency.

3.1. Fresh and dried biomass

Changes in total fresh and dried biomass of the irrigation treatments examined at the end of the first and the second seasons are given in *Figure 1* and *Figure 2*, respectively. Additionally, for first season, the detailed variation of the plant's fresh and dried biomass, including stem, leaf, fruit, blooming and unblooming flower, can be seen in *Figure 3*. In general, the biomass value tends to decrease numerically in the treatments with a 50% water deficit, while pruning operations applied during the season in all treatments also led to decreases in biomass values. During the plant development season, biomass values varied from treatment to treatment depending on plant development and leaf pruning. In general, the values of parameters of the fresh and dried biomass were decreased as expected at the time of pruned (*Figure 1*, *Figure2*, *Figure 3*).

Similarly, when the biomass values of the general average were examined, the APRD50 and FPRD50 treatments were found to be the treatments with the lowest biomass average compared to the control FULL treatment, which applied no water deficit. However, there was no statistically significant difference between other irrigation treatments and FULL treatment in terms of biomass values. Hossain et al. (2018) conducted research and found that varying irrigation levels affected the biomass of cucumber. It has been reported that as the irrigation water applied to the cucumber decreases, the fruit yield and the amount of biomass decreased significantly (Bozkurt and Sayılıkan Mansuroğlu, 2017; Ali et al., 2020; Parkash et al., 2021). Abd El-Mageed et al. (2018) explained that there is a strong relationship between the compound effect of deficit irrigation and growing season on biomass in cucumber. Similarly, it has been reported that there is a linear relationship between plant water consumption and biomass in studies that applied deficit irrigation in maize plants (Eck, 1986; Payero et al., 2009;

Djaman et al., 2013). It was found in another study in which the effects of water deficit applied in the varying stages of the growth of tomato plant that the water deficit applied until the flowering period suppressed the biomass significantly while the gradual water deficit applied after the flowering period had caused no significant loss in the biomass.

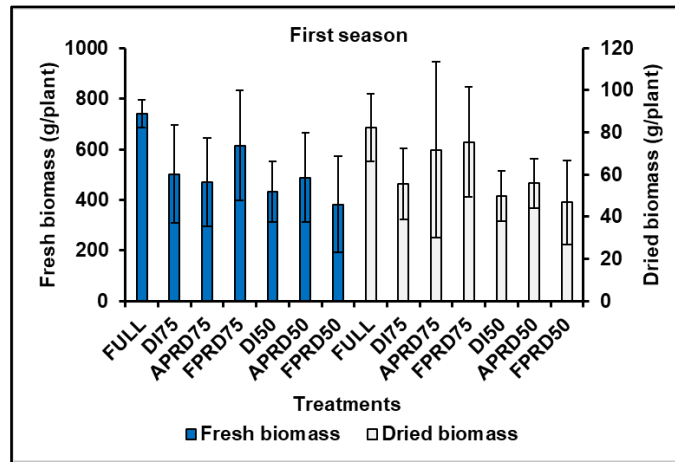


Figure 1. Changes in total fresh and dried biomass at the end of the season of irrigation applications for the first season in the study.

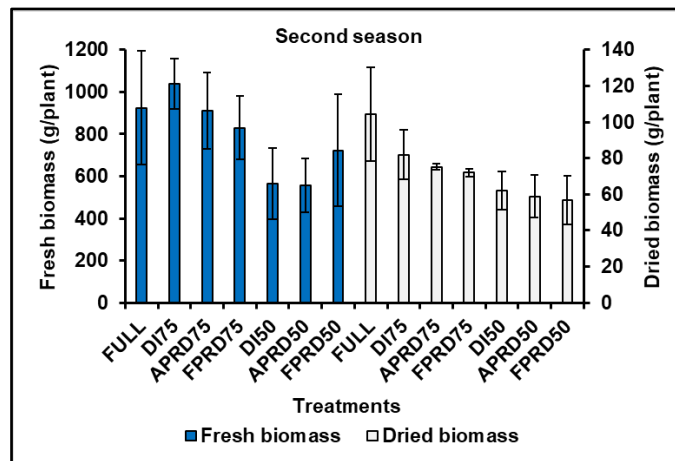


Figure 2. Changes in total fresh and dried biomass at the end of the season of irrigation applications for the second season in the study.

3.2. Stem diameter

In detail, plant stem diameter change 5, 10 and 15 cm above the soil surface and on the soil surface in the first season of the study can be seen in Figure 4. In the second season of the study, the change in the stem diameter on the soil surface was given in Figure 5. In the first season, the stem diameter values measured in the soil surface ranged between 10.8 and 16.7 mm (Figure 4). In the second season, the stem diameter values measured in the soil surface ranged between 9.5 and 13.3 mm (Figure 5). The change between both years can be explained by the difference in temperature values. The effect of irrigation treatments on plant stem diameter was found to be statistically insignificant in both years of the study. Although the stem diameter values changed decimally between the treatments, this change was found to be statistically insignificant. In some of the studies where the effect of different irrigation treatments on stem diameter was examined, the effect of applications on stem diameter was found to be significant, while in some of them it was found to be insignificant. For example, Söylemez et al. (2020) found that irrigation levels decreased in cucumber plants grown in perlite and coco peat environments and watered at different irrigation levels (S1: 125%, S2: 100% and S3: 75%) and stem diameter values decreased significantly. Cemek et al. (2005) reported that significant changes in stem diameter values were observed depending on the

irrigation water and plant water consumption. In another study conducted by Başak (2020) to examine the application methods of prohexadione-calcium (Pro-We) on the growth of cucumber seedlings, it was found that

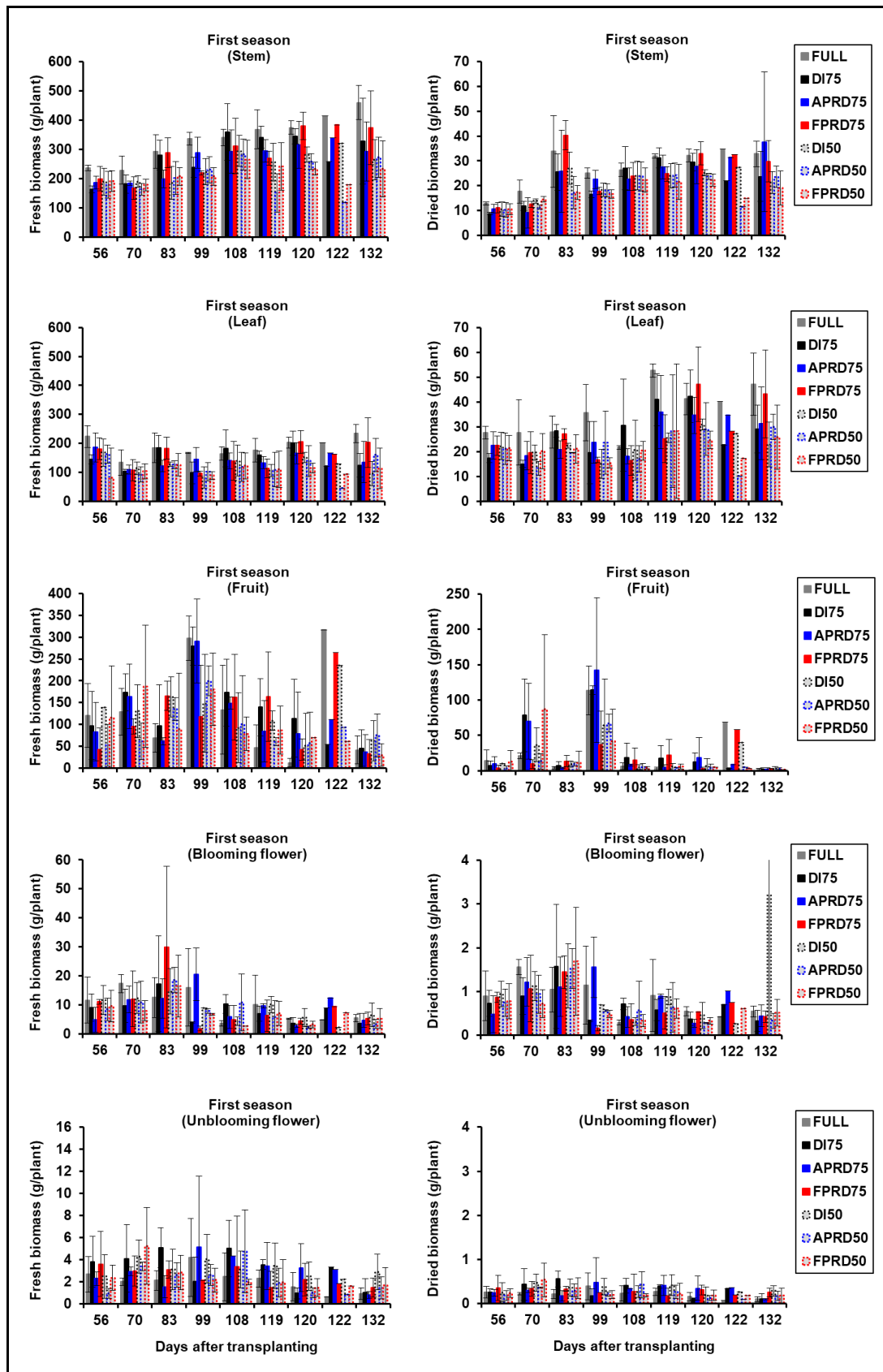


Figure 3. Change of the plant's fresh and dried biomass, including stem, leaf, fruit, blooming and unblooming flower for first season.

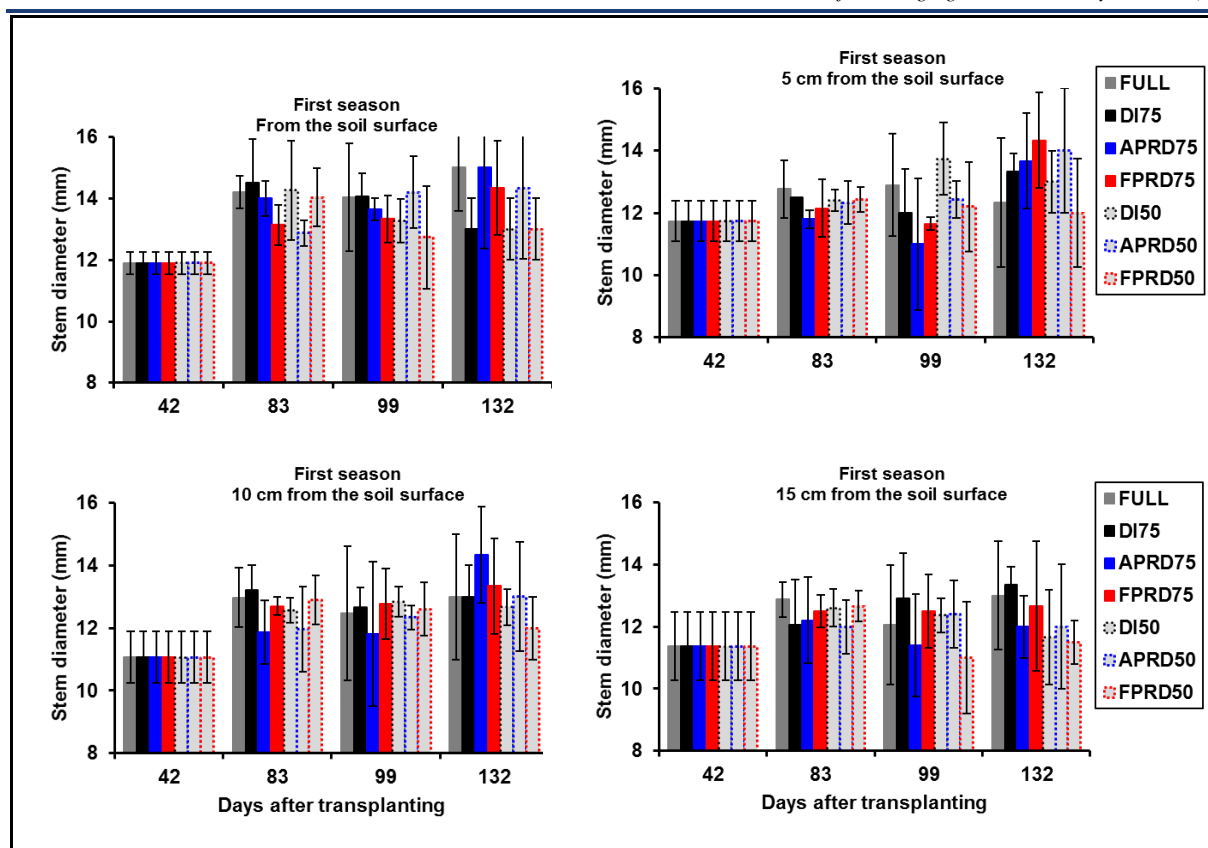


Figure 4. Plant stem diameter change 5, 10 and 15 cm above the soil surface and on the soil surface in the first season of the study.

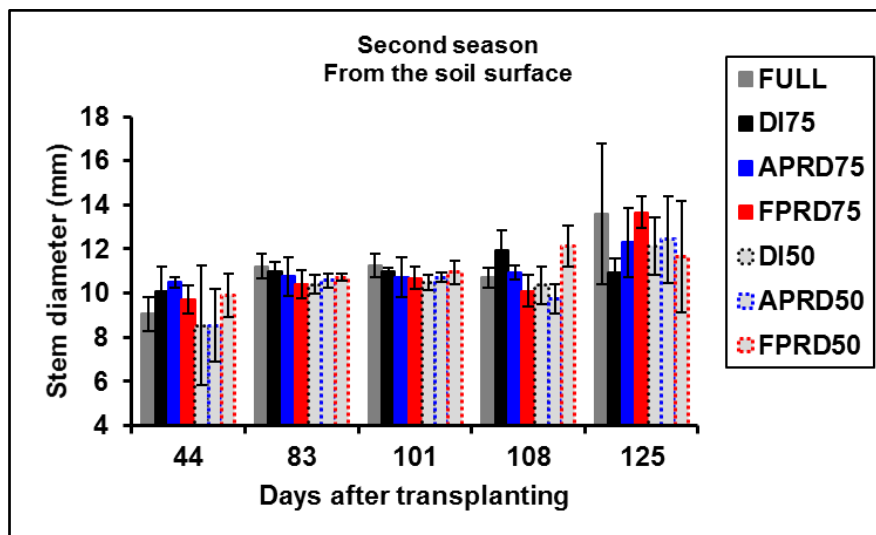


Figure 5. Plant stem diameter change on the soil surface in the second season of the study.

Pro-Ca applications slightly increased the stem diameter except for the 100 and 200 ppm doses applied at the seedling stage compared to the control plant; however, this increase was not found to be statistically significant. In another study conducted by Demirsoy and Aydın (2020) to determine the effects of the use of additional light sources to sunlight on the quality of cucumber (Beith Alpha F1) seedlings, it was reported that there was no statistically significant difference in the stem diameter between the applied treatments.

3.3. Number of leaf

Changes in the number of plant leaf of the irrigation treatments examined in the study for the first and the second season is given in Figure 6 and Figure 7, respectively. The change in the number of plant leaf was affected

by the applied irrigation program. In general, the number of leaf increased at the beginning of the season until the end of the season, as expected.

In general, the values of some parameters such as fresh and dried biomass, number of leaves were decreased as expected at the time of pruned (Figure 1, Figure2, Figure 3, Figure 6, Figure 7).

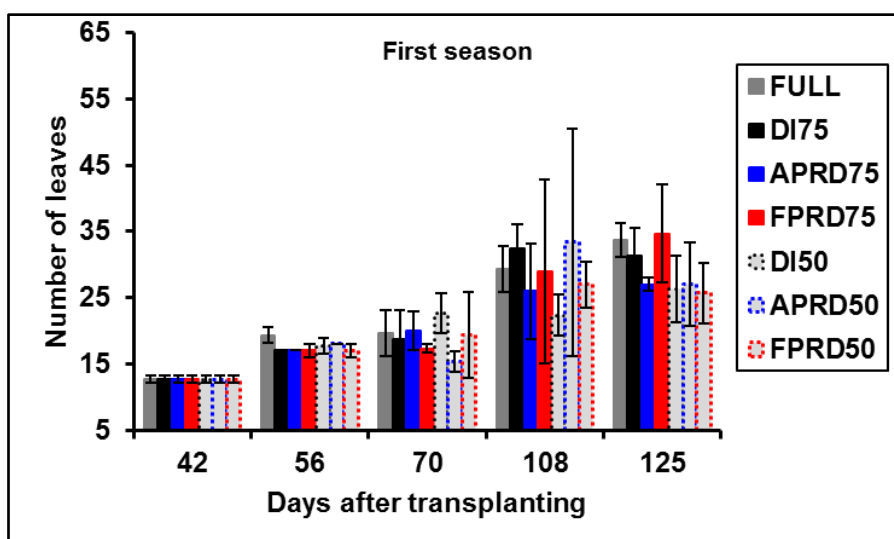


Figure 6. Number of leaf changes of the irrigation treatments examined for the first season in the study.

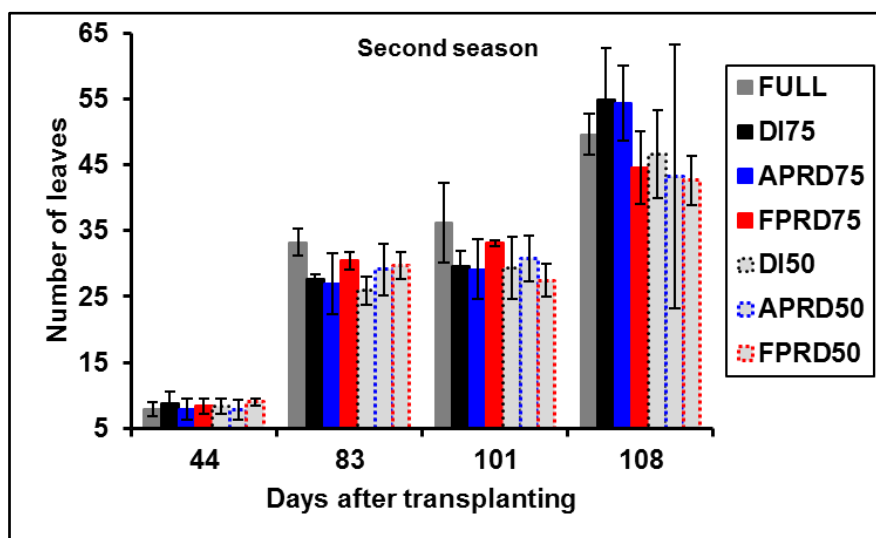


Figure 7. Number of leaf changes of the irrigation treatments examined for the second season in the study.

3.4. Fruit length

The change in the fruit length for the first and second seasons of the study can be seen in Figure 8 and Figure 9, respectively. In the first season of the study, the fruit length was ranged between 15.9 - 21.8 cm, and in the second season, it was ranged between 16.3 - 18.9 cm. In the analysis of variance conducted for fruit length values, there was no statistically significant difference between irrigation treatments except for day 105 following the planting. The results of the LSD test for day 105 are given in Table 1. There was no statistically significant difference between the treatments of FULL, FPRD75, APRD50, DI75 and FPRD50 in the fruit length. However, the averages of these treatments were found to be higher than the DI50 treatment. In the FULL and FPRD75 treatments, the fruit length was found to be higher than in APRD75 and DI50 treatments (Table 1). In the second season of the study, there was no statistical difference between irrigation treatments in terms of fruit length. In a study conducted by Akin et al. (2020) to examine the effect of mycorrhiza application on yield and yield-related components of cucumber plant under various irrigation levels, it was reported that the fruit diameter, fruit length and fruit weight values ranged between 29-36 mm, 134-161 mm and 103-135 g, respectively. In addition, it has

been reported that the effect of mycorrhiza and irrigation practices on fruit diameter, fruit length and fruit weight is important (Akın et al., 2020).

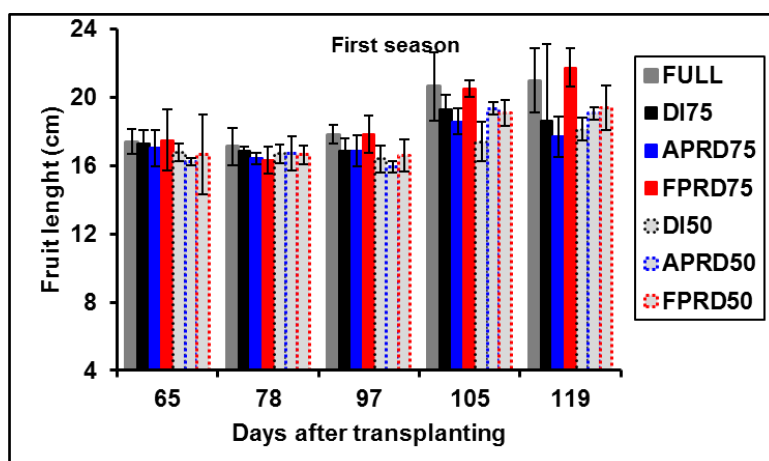


Figure 8. The change in the fruit length in the first season of the study.

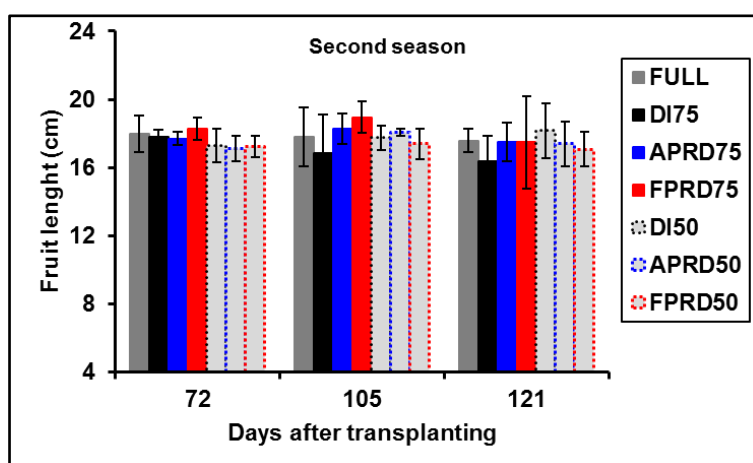


Figure 9. The change in the fruit length in the second season of the study.

Table 1. The LSD test result of the fruit length for the 105th day after transplanting in the first season of the study ($\alpha=0.05$).

Treatment	Fruit length
FULL	20.66A
DI75	19.28AB
APRD75	18.58B
FPRD75	20.51A
DI50	16.72C
APRD50	19.36AB
FPRD50	19.10AB
Least Significant Difference	1.6721
	1.67

3.5. Fruit diameter

The change in the fruit diameter for the first and second seasons of the study is given in Figure 10 and Figure 11, respectively. The fruit diameter was found to have ranged between 3.3–3.9 cm in the first season and 3.0–4.1 cm in the second season. In the analysis of variance conducted for fruit diameter values, no statistical differences were found between the treatments.

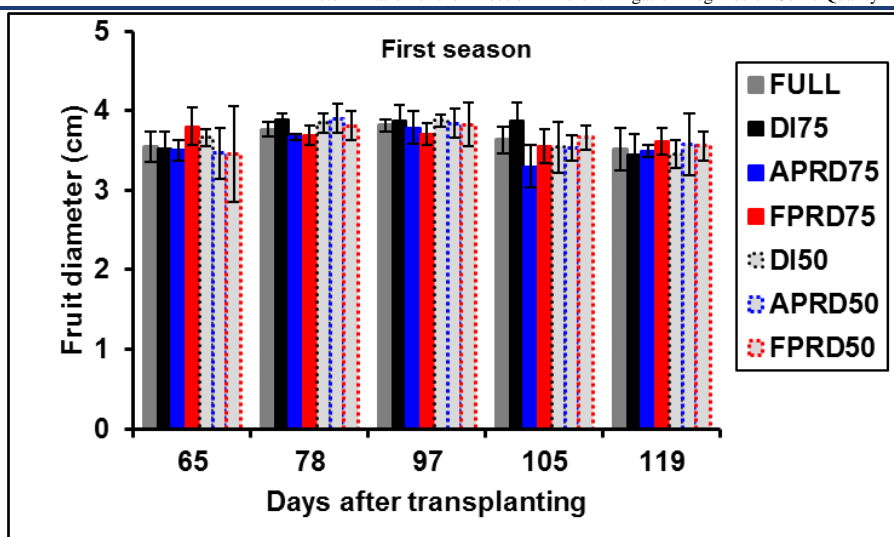


Figure 10. The change in the fruit diameter for the first season of the study.

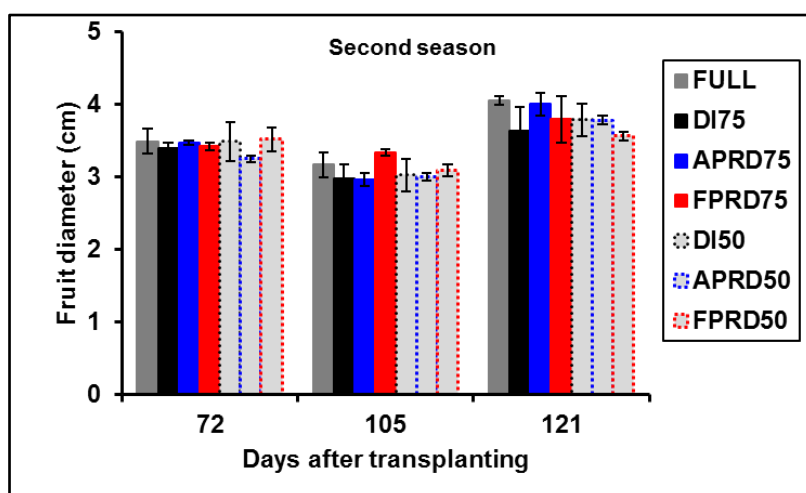


Figure 11. The change in the fruit diameter for the second season of the study.

3.6. Fruit weight

The change in the fruit weight for the first and second seasons of the study can be seen in Figure 12 and Figure 13, respectively. The fruit weight ranged between 133.2 – 206.3 g in the first season and 108.8 – 194.9 g in the second season. There was no statistically significant difference in the analysis of variance for the first season. In the second season, the fruit weight values on day 105 following the planting were found to be statistically significant ($p=0.0078$). The results of the LSD test are given in Table 2. When the fruit weight LSD results were examined, there was no statistical difference between FPRD75 and FULL treatments. However, the treatment of FPRD75 had a higher fruit weight value than the treatments of APRD75, FPRD50, APRD50, DI50 and DI75 (Table 2).

In the study, the effect of irrigation treatments on fruit length, fruit diameter and fruit weight in general (except for the fruit length on day 105 following the planting in the first season, fruit weigh on the day 105 in the second season after planting) were found to be not significant. Bozkurt and Sayılıkan Mansuroğlu (2017) reported that there is no statistically significant difference between the applied treatments in terms of fruit weight in cucumber irrigated at different levels with a subsurface drip irrigation system. Ali et al. (2020) reported that as the water deficit rate increases in the cucumber plant, the fruit length and weight decrease. These research results are generally similar to those of this study.

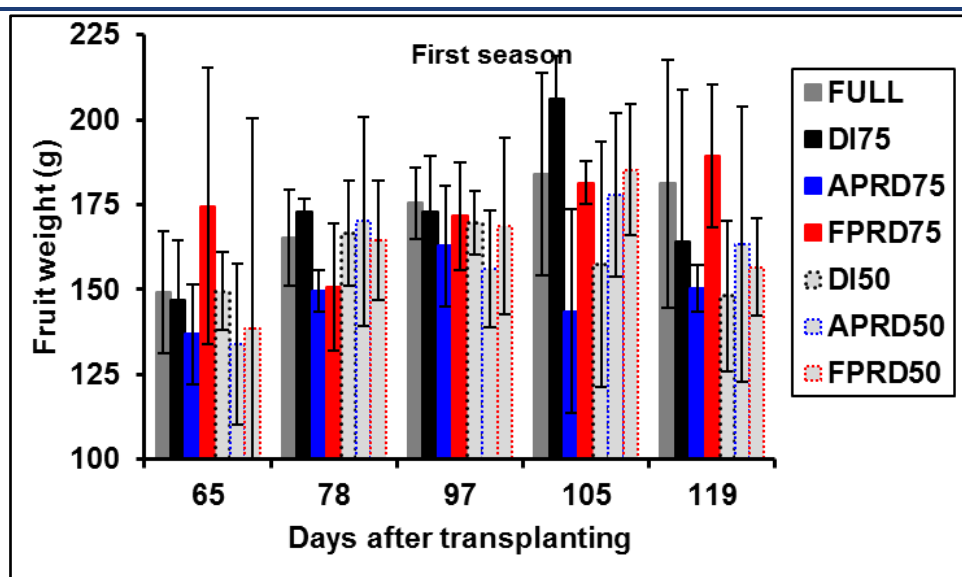


Figure 12. The change in the fruit weight for the first season of the study.

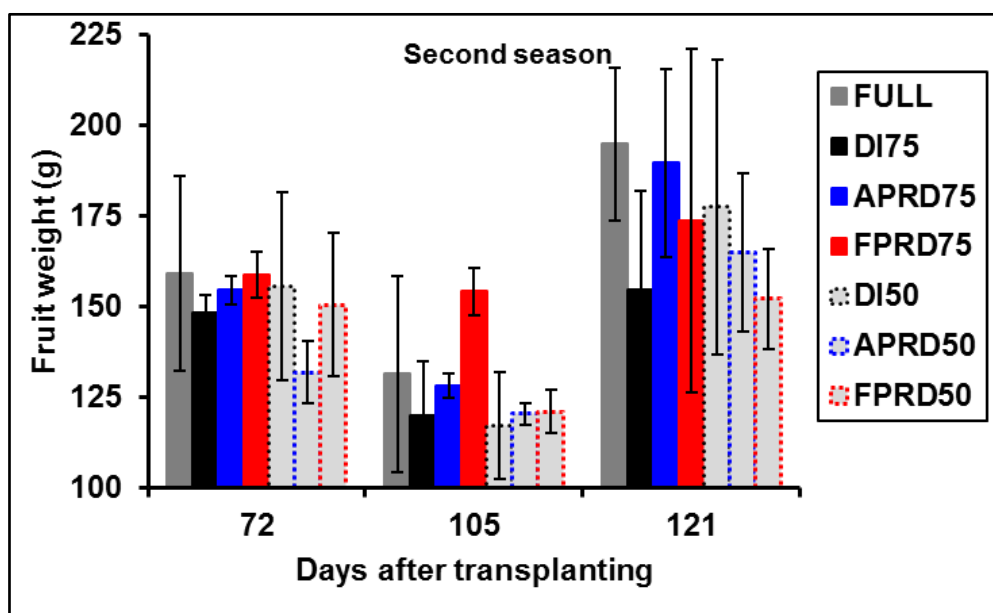


Figure 13. The change in the fruit weight for the second season of the study.

Table 2. The LSD test result of the fruit weight for the 72, 105 and 121st day after transplanting in the second season of the study ($\alpha=0.05$).

Treatment	Day after transplanting		
	72	105	121
FULL	159.3	131.5AB	194.9
DI75	148.4	108.8B	154.8
APRD75	154.6	128.2B	189.7
FPRD75	158.8	154.2A	173.7
DI50	155.6	117.4B	177.6
APRD50	131.9	120.5B	164.9
FPRD50	150.6	121.1B	152.2
Least Significant Difference	N.S.	25.95	N.S.

3.7. Water soluble dry matter (WSDM)

The rates of water soluble dry matter (WSDM) for the first and second seasons of the study is given in Figure 14 and Figure 15, respectively. The rates of water soluble dry matter (WSDM) ranged between 2.7 and 3.9% in

the first season. Except for day 97 in the first season after planting, there was no statistically significant difference between irrigation treatments in the second season WSDM measurements. The WSDM values in the first season on the day 97 after planting were found to be higher in the treatments where 50% irrigation deficit was applied and FPRD75 treatments than the other treatments. Dasgan et al. (2013) reported that WSDM values ranged between 3.62 – 4.12% in cucumber plants grown under the partial root drying (PRD) technique. Ali et al. (2020) reported that as the water deficit increases in cucumber plants grown through different irrigation levels and different doses of biofuel, the rate of WSDM increases in the fruit. These research results are generally similar to those of this research.

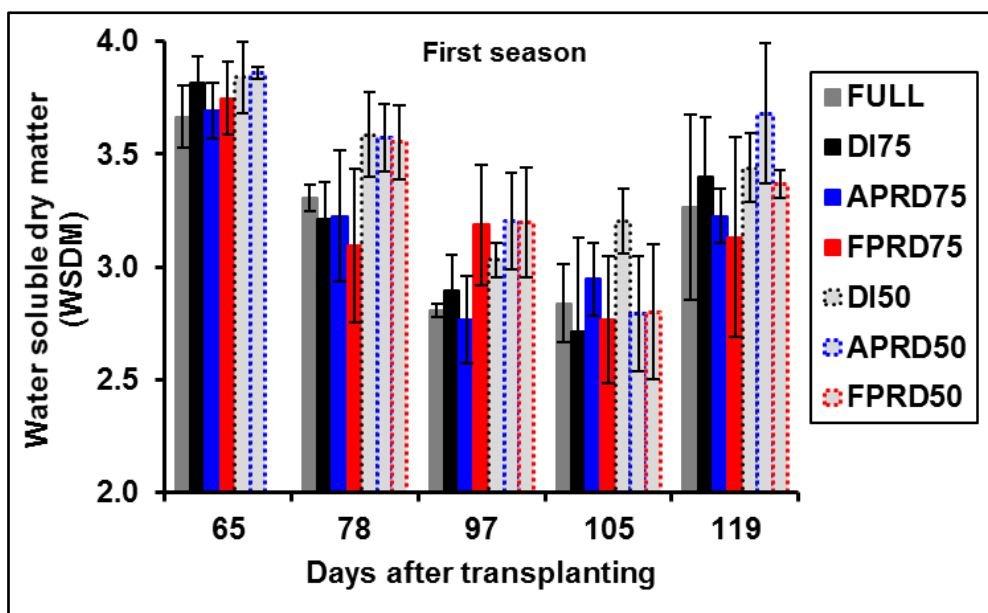


Figure 14. The rates of water soluble dry matter (WSDM) for the first season of the study.

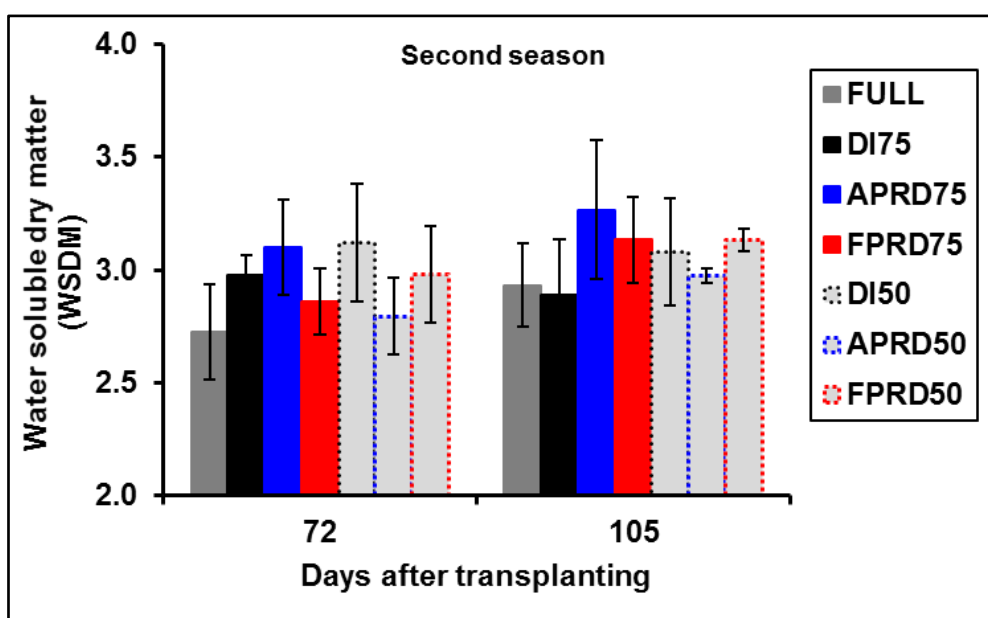


Figure 15. The rates of water soluble dry matter (WSDM) for the second season of the study.

4. Conclusions

Apart from the irrigation water level and the application methods used in the study, all agricultural operations such as fertilization, pruning, spraying, etc. were the same in the whole study. For this reason, in the study aimed to examine the effects of varying levels of deficit irrigation applied through partial root drying (PRD) and

conventional deficit irrigation on some parameters of cucumber plant such as fresh and dried biomass, plant stem diameter, number of leaf, fruit length, fruit diameter, fruit weight, water soluble dry matter (WSDM).

It was revealed that 25% and 50% water deficit levels applied through conventional deficit irrigation and partial root drying (PRD) techniques affected the amount of biomass when compared to the FULL treatment. In general, the values of some parameters such as fresh and dried biomass, number of leaves were decreased as expected at the time of pruned.

It was found that it did not affect the parameters such as plant stem diameter, fruit length, fruit diameter, fruit weight and WSDM. When the results obtained in the study were evaluated, it was seen that water application techniques (DI, APRD, FPRD) had a significant effect on both plant development and yield when the same amount of water was given.

As the level of irrigation deficit increases, a decrease in yield was observed. However, the decrease in the amount of irrigation water and the decrease in yield had not been the same.

Research aiming to save irrigation water is increasingly important, especially in arid and semi-arid regions where water is scarce and expensive. In this regard, the fact that the decrease in yield remains smaller than the rate of decrease in irrigation water can be seen as an advantage of PRD treatments.

Acknowledgment

The authors would like to thank the Research Fund of Akdeniz University for support given to this study. Regarding the study, the water-yield relationship data of the research was published by Kaman et al. (2022).

References

- Abd El-Mageed, T. A., Semida, W. M., Taha, R. S. and Rady, M. M. (2018). Effect of summer-fall deficit irrigation on morpho-physiological, anatomical responses, fruit yield and water use efficiency of cucumber under salt affected soil. *Scientia Horticulturae*, 237: 148-155.
- Akın, S., Şimşek, M., Sarioğlu, A. ve Keskiner, A. D. (2020). Mikoriza uygulaması ve farklı sulama seviyelerinin geç dönemde yetiştirilen hıyarın verim ve verim bileşenleri üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (2): 241-249.
- Ali, A. B., Elshaikh, N. A., Hussien, G., Abdallah, F. E. and Hassan, S. (2020). Biochar addition for enhanced cucumber fruit quality under deficit irrigation. *Bioscience Journal* 36 (6): 1930-1937.
- Ali, M., Gençoğlu, C., Gençoğlu, S. and Uçak, A. B. (2021). Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under different irrigation regimes and fertilizers. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 18(3): 533-544.
- Anonim (1998). 1997 Yılı Çalışma Raporu. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Antalya, 71ss.
- Anonim (2000). Antalya İli Uzun Yıllık İklim Verileri. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Anonim (2022). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, (Erişim Tarihi: 22.02.2022).
- Azder, G., Göçmen, E. and İstanbulluoğlu, A. (2020). Effects of different irrigation levels on yield and yield components of capia pepper (*Capsicum annum* CV. Kapija) in Tekirdağ conditions. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 17(3): 422-431.
- Başak, H. (2020). Prohexadione-calcium uygulama yöntemlerinin hıyar (*Cucumis sativus* L.) fide gelişimi ve yaprak pigmentasyonu üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(2): 274-279.
- Bozkurt, S. ve Sayılıkan Mansuroğlu, G. S. (2017). Sera hıyar yetiştiriciliğinde farklı damla sulama lateral derinlikleri ve sulama düzeylerinin bitki gelişimi ve verime etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 61-66.
- Cemek, B., Apan, M., Demir, Y. ve Kara, T. (2005). Sera koşullarında farklı sulama suyu miktarlarının hıyar bitkisinin büyüme, gelişme ve verimi üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 (3): 27-33.
- Dasgan, H. Y., Kuşvuran, Ş. and Kirda, C. (2013). Using of partial root drying (PRD) in soilless grown cucumber by 41% deficit irrigation-II. *Turkish Soil Water Journal*, 2(2): 1249-1256.
- Davies, W.J., Zhang, J. (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42: 55-76.
- Davies, J. W., Tardieu, F. and Trejo, C. L. (1994). How do chemical signals work in plants that grow in drying soil? *Plant Physiology*, 104: 309-314.
- Demirsoy, M. ve Aydın, M. (2020) İlkbahar dönemi hıyar (*Cucumis sativus* L.) fidesi yetiştiriciliğinde farklı ışık kaynaklarının fide kalitesine etkileri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(2): 16-22.
- Djaman, K., Irmak, S., Rathje, W. R., Martin, D. L. and Eisenhauer, D. E. (2013). Maize evapotranspiration, yield production functions, biomass, grain yield, harvest index, and yield response factors under full and limited irrigation. *Transactions of the ASABE*, 56(2): 373-393.
- Dursun, A., Ekinci, M., Yıldırım, E., Karagöz, F. ve Kul, R. (2017). Serada hıyar (*Cucumis sativus* L.) yetiştiriciliğinde potasyum sülfat ve magnezyum sülfat'ın verim üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 211-218.
- Eck, H. V. (1986). Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy Journal*, 78 (6): 1035-1040.
- FAO (2021). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (Erişim Tarihi: 22.02.2021).
- Göçmen, E. and Erdem, T. (2019). Effects of different lateral layout and irrigation regimes on water use and vegetative growth parameters of young walnut trees. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(2): 181-191.
- Hossain, S. A. A. M., Wang, L. and Liu, H. (2018). Improved greenhouse cucumber production under deficit water and fertilization in Northern China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(4): 58-64.
- Kaman, H., Kirda, C., Cetin, M. and Topcu, S. (2006). Salt accumulation in the root zones of tomato and cotton irrigated with partial root-drying technique. *Irrigation and Drainage*, 55: 533-544.
- Kaman, H., Özbek, Ö. ve Polat, E. (2022). Serada yetiştirilen hıyarın yarı ıslatmalı sulama ve geleneksel kısıntılı sulamaya tepkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2): 337-347.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27): 487-510.
- Kırbay, E. ve Özer, H. (2015). Farklı gölgeleme uygulamalarının örtüaltında organik olarak yetiştirilen hıyarın (*Cucumis sativus* L.) verim ve kalite üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1(1): 7-14.
- Kirda, C. and Baytorun, N. (1999). Fertigation under saline conditions: Irrigation management minimizing soil salinity risk. Ryan, J. (ed.), 2000. Plant Nutrient Management under Pressurized Irrigation Systems in the Mediterranean Region. Proceedings of the IMPHOS International Fertigation Workshop Organized by the World Phosphate Institute (IMPHOS), 25-27 April, pp. 288-296, Amman, Jordan. ICARDA, Aleppo, Syria.

- Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M. R. and Ozguven, A. I. (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 69: 191-201.
- Parkash, V., Singh, S., Deb, S. K., Ritchie, G. L. and Wallace, R. W. (2021). Effect of deficit irrigation on physiology, plant growth, and fruit yield of cucumber cultivars. *Plant Stress*, 1: 100004.
- Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D. and Petersen, J. L. (2009). Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry mass. *Agricultural Water Management*, 96(10): 1387-1397.
- Sarı, M., Aksoy, T., Köseoğlu, T., Kaplan, M., Kılıç, Ş. ve Pılanalı, N. (1993). Akdeniz Üniversitesi Yerleşim Alanının Detaylı Toprak Etüdü ve İdeal Arazi Kullanım Planlaması. Akdeniz Üniversitesi Yayınları, Antalya, 145 ss.
- Söylemez, S., Esin, Ş. ve Pakyürek, A. Y. (2020). Kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen hıyarın verim ve bazı kalite özelliklerine waterpad polimer uygulamasının etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4): 1031-1042.
- Tarakçıoğlu, C. (2017). Damla sulamayla farklı zamanlarda uygulanan azot dozlarının hıyarın verim ile bazı bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 219-226.
- Turhan, A., Kuşçu, H. ve Demir, A. O. (2015). Sulama suyu tuzluluğunun hıyarın verim, meyve özellikleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(3): 29-38.
- Yağcıoğlu, M. (2018). *Hıyarda (Cucumis sativus L.) tohum iriliği ile düşük sıcaklıkta çimlenme yeteneğinin karşılıklı melezleme ve genomik bağlantı analizleriyle QTL haritalanması*. (Doktora tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Yücel Engindeniz, D. (2017). Serada hıyar yetiştiriciliğinin ekonomik yönleri ve yatırım özellikleri (Economic aspects and investment characteristics of greenhouse cucumber growing in Turkey). *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 23(1): 123-132.
- Zhang, J., Schurr, U. and Davies, W. J. (1987). Control of stomatal behaviour by abscisic acid which apparently originates in roots. *Journal of Experimental Botany*, 38 (7): 1174-1181.

Determination of Macro, Micro Element and Heavy Metal Contents of *Astragalus Taxa* Collected from Nature


Doğadan Toplanan *Astragalus* Taksonlarının Makro, Mikro Element ve Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi


Erdal ÇAÇAN^{1*}, Ömer KILIÇ², Kağan KÖKTEN³

Abstract

The aim of the research is to determine the macro (Ca, Mg, P and K), micro (Fe, Mn, Cu, Zn and Be) element and heavy metal (Al, Cr, Ni, Se and Cd) contents of some *Astragalus* taxa collected from nature. Nine *Astragalus* taxa (*Astragalus gummifer*, *A. compactus*, *A. lineatus* var. *longidens*, *A. aureus*, *A. onobrychis*, *A. declinatus*, *A. lineatus* var. *lineatus*, *A. oocephalus* subsp. *stachyophorus*, *A. inereus*) collected from the natural areas of Bingöl province were used as the plant material of the research. *Astragalus* taxa were collected from the central villages of Bingöl province in June 2018, during the flowering period of the plants. Macro, micro element and heavy metal contents of the collected and dried plant samples were determined with the help of NIRS (Near Infrared Spectroscopy) and ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) devices. As a result of the analysis, the average Ca content of *Astragalus* taxa was determined as % 1.63, Mg content % 0.36, P content % 0.27, K content % 1.49, Fe content 2436 mg kg⁻¹, Mn content 153.7 mg kg⁻¹, Cu content 84.5 mg kg⁻¹, Zn content 14.08 mg kg⁻¹, Be content 0.10 mg kg⁻¹, Al content 2535 mg kg⁻¹, Cr content 7.67 mg kg⁻¹, Ni content 9.99 mg kg⁻¹ and Se content 2.19 mg kg⁻¹. In general, the highest Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Cr and Ni contents were determined in *A. declinatus*, the highest P and K contents were determined in *A. oocephalus* subsp. *stachyophorus*, the highest Cu content was determined in *A. cinerarius*, the highest Zn content was determined in *A. lineatus* var. *longidens*, the highest content Be was determined in *A. gummifer* and the highest Se content was determined in *A. compactus*. Cd content could not be detected in any *Astragalus* taxa. As a result of the study, it was concluded that *Astragalus* taxa, which are abundant in the natural flora of our country, can be used as a source of roughage in animal nutrition and can meet the macro and micro element needs of animals.

Keywords: *Astragalus* sp, Macro elements, Micro elements, Minerals, Heavy metals.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Erdal Çaçan, Department of Crop and Animal Production, Vocational School of Food, Agriculture and Livestock, Bingöl University, Bingöl, Türkiye. E-mail: ecacan@bingol.edu.tr  ORCID: [0000-0002-9469-2495](https://orcid.org/0000-0002-9469-2495).

²Ömer Kılıç, Department of Pharmaceutical Professional Science, Faculty of Pharmacy, Adiyaman University, Adiyaman, Türkiye. E-mail: omerkilic77@gmail.com  ORCID: [0000-0003-3409-1572](https://orcid.org/0000-0003-3409-1572).

³Kağan Kökten, Department of Plant Production and Technologies, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Sivas University of Science and Technology, Sivas, Türkiye. E-mail: kahafe1974@yahoo.com  ORCID: [0000-0001-5403-5629](https://orcid.org/0000-0001-5403-5629).

Atıf/Citation: Çaçan, Ç., Kılıç, Ö., Kökten, K. (2023). Determination of macro, micro and heavy element contents of *Astragalus* taxa collected from nature. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 334-342.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Bu çalışma doğal alanlardan toplanan bazı *Astragalus* taksonlarının makro (Ca, Mg, P ve K), mikro (Fe, Mn, Cu, Zn ve Be) ve ağır metal (Al, Cr, Ni, Se ve Cd) içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bingöl ili doğal alanlarından toplanan dokuz adet *Astragalus* taksonu (*Astragalus gummifer*, *A. compactus*, *A. lineatus* var. *longidens*, *A. aureus*, *A. onobrychis*, *A. declinatus*, *A. lineatus* var. *lineatus*, *A. oocephalus* subsp. *stachyophorus*, *A. inereus*) araştırmanın bitkisel materyali olarak kullanılmıştır. *Astragalus* taksonları 2018 yılının haziran ayında, bitkilerin çiçeklenme döneminde Bingöl ilinin merkez köylerinden toplanmıştır. Toplanıp kurutulan bitki örneklerinin makro, mikro element ve ağır metal içerikleri NIRS (Near Infrared Spectroscopy) ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) cihazları yardımıyla belirlenmiştir. Analizler sonucunda *Astragalus* taksonlarının ortalama Ca içeriği % 1.63, Mg içeriği % 0.36, P içeriği % 0.27, K içeriği % 1.49, Fe içeriği 2436 mg kg⁻¹, Mn içeriği 153.7 mg kg⁻¹, Cu içeriği 84.5 mg kg⁻¹, Zn içeriği 14.08 mg kg⁻¹, Be içeriği 0.10 mg kg⁻¹, Al içeriği 2535 mg kg⁻¹, Cr içeriği 7.67 mg kg⁻¹, N içeriği 9.99 mg kg⁻¹ ve Se içeriği 2.19 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Cr ve Ni içerikleri *A. declinatus*, en yüksek P ve K içerikleri *A. oocephalus* subsp. *stachyophorus*, en yüksek Cu içeriği *A. cinearus*, en yüksek Zn içeriği *A. lineatus* var. *longidens*, en yüksek Be içeriği *A. gummifer* ve en yüksek Se içeriği de *A. compactus* taksonunda tespit edilmiştir. *Astragalus* taksonlarında Cd içeriği tespit edilmemiştir. Çalışma sonucunda, Ülkemiz doğal florasında bol miktarda bulunan *Astragalus* taksonlarının hayvan beslemede kaba yem kaynağı olarak kullanılabilceği ve hayvanların makro ve mikro element ihtiyacını karşılayabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Astragalus* sp., Makro elementler, Mikro elementler, Mineraller, Ağır metaller.

1. Introduction

Plants are very important because of their nutritional worth, and they have always been a primary source of medicines throughout human history. Herbal supplements, botanicals, nutraceuticals, and medication formulations account for 30 to 40% of today's conventional pharmaceuticals used in the medicinal and curative characteristics of various plants (Schulz et al., 2001). Essential metals and minerals are important and play a unique role in the structuring of living systems' functional and structural integrity (Wadhwa, 2015).

The genus *Astragalus* L. is a member of the *Fabaceae* (*Leguminosae*) family, *Leguminosae* which is one of the largest plant families on earth and second big family after *Asteraceae*. Many *Astragalus* L. taxa have high medicinal and economic values. This genus is the biggest genus in the world in terms of number of species, this genus is represented more than 2700 annual or perennial taxa in the World (Podlech and Zarre, 2013); in Turkey, *Astragalus* is represented more than 470 taxa with about 50% endemism ratio (Aytac et al., 2012; Ekici et al., 2015; Donmez and Aydin, 2018).

The taxa of *Astragalus* have a broad spectrum of usages. Many *Astragalus* taxa are helpful as forage plants, to management erosion, as medicinal plants or as ornamentals; besides some *Astragalus* taxa have a wide range of applications in pharmaceuticals, as thickening agents in foods, and may have applications in controlling cancer cells. Some of *Astragalus* taxa used as feed for animals, as fuel and they are indicator plants for selenium.

The literature also shown that the majority of edible gum derived from the *Astragalus* genus has a wide range of uses in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries (Verbeken et al., 2003; Jani et al., 2009; Azarikia and Abbasi, 2010; Gorji et al., 2011; Nejatian et al., 2013). Some *Astragalus* taxa are used as animal feeds, medications and pharmaceuticals, erosion control, bee pastures, dye and textile industries (Gruenwald et al., 1998). *Astragalus* taxa are often grazed by ruminants in steppes with low precipitation levels and Alpines with cold temperatures. The literature shows that, some *Astragalus* taxa has antioxidant, hepatoprotective, anti-inflammatory, antitumor, anti-fatigue, anticancer, antiviral, antibacterial, immune system enhancing, immune stimulant, antiinfective some viruses, adaptogen, cardiogenic, diuretic, hypotensive, immunomodulator, hypoglycaemic, circulatory stimulant, vasodilator and expectorant effects (Ma et al., 2011; Zhao et al., 2011); also uses to treatment chronic phlegmatic disorders, general gastrointestinal disturbances including stomach ulcer, chronic diarrhea and intestinal inflammation (Yang et al., 2014). Radix *Astragali* drug provide important protection against heart, intestine, kidney, liver, brain, kidney, and lung injury in various models of oxidative stress-related disease (Shahzad et al., 2016). In many ethnobotanical practices around the world, these vital plants are widely used as medicine, food, fodder, fuel, and ornamental plants (Amiri et al., 2020).

Astragalus taxa are used in many different ways. Most of *Astragalus* taxa have high nutritional values. It is known to be grazed by animals during their maturity period. Some *Astragalus* taxa are uprooted with their roots (Manga et al., 2003). Some *Astragalus* contribute to the protection and formation of the soil, especially by growing in steppe and areas exposed to erosion. *Astragalus* species that grow in natural habitats not only provide feed sources for domestic and wild animals, but also create shelter areas for wild animals (Basbag et al., 2017). Especially in the form of bush and semi-shrub, *Astragalus* species protect some weeds around them due to their thorny structures during grazing in pastures in spring and summer. As a result of the softening of the thorns and the moistening of the dried grass with the rain in autumn, the need for roughage is supplied from these dried grasses together with the reduced grass in the pasture.

The number of nutrients studies conducted on this big genus, is still too few. Therefore, the main goal of current study was to determine macro, micro element and heavy metal contents and nutritive value of studied *Astragalus* taxa in order to support sufficient baseline data for subsequent works.

2. Material and Method

Plant materials are collected at the localities and dates indicated in *Table 1*, by O. Kılıç, E. Çağan and K. Kökten. Plants were identified according to Volume-3 of Flora of Turkey and East Aegean Islands (Davis, 1982).

Plant samples belonging to *Astragalus* taxa were taken at the locations and dates indicated in *Table 1*, during the flowering period and according to the random sampling method. An average of 200 g of green grass was taken from each location. The plant samples taken were dried at 70°C for 48 hours. After the dried samples were ground with the help of a hand mill, they were sieved through a 1 mm sieve and made ready for analysis. Ca, Mg, P and

K contents of *Astragalus* taxa were determined with the help of NIRS (Near Infrared Spectroscopy, Foss Model 6500) device (Engin and Mut, 2018; Basbag et al., 2019) at Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture. Fe, Mn, Cu, Zn, Be, Al, Cr, Ni, Se and Cd contents were determined with the help of ICP-MS device in Bingol University Central Laboratory Application and Research Center.

Table 1. The localities and dates where the *Astragalus* taxa were collected

Plant samples	Localities	Collected Date
<i>Astragalus gummifer</i>	Bingöl Center Yolcati vicinity	June 2018
<i>Astragalus compactus</i>	Bingöl Center Yolcati vicinity	June 2018
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>longidens</i>	Bingöl Center Kuruca vicinity	June 2018
<i>Astragalus aureus</i>	Bingöl Center Kuruca vicinity	June 2018
<i>Astragalus onobrychis</i>	Bingöl Center Kuruca vicinity	June 2018
<i>Astragalus declinatus</i>	Bingöl Center Kuruca vicinity	June 2018
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>lineatus</i>	Bingöl Center Hesarek vicinity	June 2018
<i>Astragalus ocephalus</i> subsp. <i>stachyophorus</i>	Bingöl Center Asagikoy vicinity	June 2018
<i>Astragalus cinereus</i>	Bingöl Center Asagikoy vicinity	June 2018

3. Result and Discussion

Plants, which have a strong connection with the soil rich in plant nutrients, continue their lives more efficiently and successfully. Each plant has its own optimum nutrition range as well as a minimal nutrient demand level. Plants begin to show signs of nutrient shortage below this threshold. Due to toxicity, excessive nutrient intake might potentially result in poor growth. As a result, the amount of nutrients applied and their positioning are critical.

Ca (Calcium) has an important role in the development and plasticity of the cell wall membrane, which influences normal cell division by maintaining cell integrity and membrane permeability. Without enough calcium, which is needed to produce solid cell walls in the form of calcium pectate, freshly emerging leaves may stick together at the margins, causing ripping as the leaves spread and unfurl. The stem structure may also be weakened as a result of this. Mineral substances have an important place in the nutrition of animals. Calcium is the third most used plant nutrient in plants. It is a part of the plant cell wall and therefore it is known as the plant nutrient element that regulates the cell wall structure.

The macro element contents of the studied *Astragalus* taxa are shown in Table 2. Calcium ratios of taxa varied between 0.69-2.02%; and average Ca ratio is 1.63%. *Astragalus declinatus* has highest Ca ratio (2.02%). The lowest calcium rate is seen in *Astragalus compactus* (0.69%) (Table 2). Calcium is high in *Astragalus meridionalis* seeds (Rahimi et al., 2017). Calcium play significant role in maintaining strong bones and teeth. It is also required for appropriate heart muscle activity, blood coagulation, milk clotting, and cell permeability modulation (Smith, 1987). Calcium deficiency back pain, causes rickets, indigestion, osteoporosis, irritability and cramping of the uterus (Diaz-Gomez et al., 2003). In a study calcium ratios of *Astragalus hamosus* from different localities varies between 1.25-1.99% (Basbag et al., 2019). In another research Ca ratios in different *Astragalus* taxa was ranged from 0.93-1.18% (*Astragalus pinetorum* subsp. *declinatus* (1.18%), *Astragalus densifolius* (1.09%), *Astragalus lagurus* (0.94%), *Astragalus aduncus* (0.93%) (Parlak, 2019).

Mg (Magnesium) is an important element and part of the chlorophyll molecule, the deficiency symptom of interveinal chlorosis first appears in older leaves. Magnesium has many roles including supporting the functioning of the immune system; synthesis of proteins and in muscle contraction and cell integrity. The Mg ratios of the studied taxa are very close to each other; *Astragalus declinatus* has highest Mg ratio (0.47%) and the lowest calcium rate is seen in *Astragalus cinereus* (0.24%) (Table 2). In a study, Mg ratios of *Astragalus hamosus* from different localities varies between 0.31-0.46% (Basbag et al., 2019). In another study, Mg ratio was determined highest (1.51%) in *Astragalus microcephalus* (Parlak, 2019).

Table 2. Macro element contents of *Astragalus taxa* (%)

Plant samples	Ca	Mg	P	K
<i>Astragalus gummifer</i>	1.53	0.41	0.25	1.21
<i>Astragalus compactus</i>	0.69	0.28	0.27	1.55
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>longidens</i>	1.45	0.33	0.32	2.49
<i>Astragalus aureus</i>	1.81	0.39	0.30	1.62
<i>Astragalus onobrychis</i>	1.99	0.41	0.19	0.68
<i>Astragalus declinatus</i>	2.02	0.47	0.17	0.58
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>lineatus</i>	1.80	0.38	0.29	1.27
<i>Astragalus ocephalus</i> subsp. <i>stachyophorus</i>	1.64	0.36	0.36	2.51
<i>Astragalus cinereus</i>	1.71	0.24	0.25	1.55
Average	1.63	0.36	0.27	1.49

Because of K (Potassium) is an enzyme activator that increases metabolism, its presence is critical for plant growth, K has been demonstrated to help plants withstand disease, increase grain and seed size, and improve the quality of fruits and vegetables. K ratios of taxa varied between 0.58-2.51%; and average K ratio is 1.49%. *Astragalus ocephalus* subsp. *stachyophorus* has highest K ratio (2.51%); the lowest K rate is in *Astragalus declinatus* (0.58%) (Table 2). K shortage causes nervous irritability, mental confusion, low blood sugar, sleeplessness, and coma because it aids in the release of molecules that act as nerve impulses and control heart rhythms (Gaeta and Hider, 2005).

Phosphorus (P) is a mineral that is found in plants' nucleus and is involved in protein synthesis control. Phosphorus is essential for the formation of new tissue and cell division. Plants carry out complicated energy transmissions, which necessitates the use of phosphorus. P is very effective especially in the early development stages of the plant and plays an important role in flowering, root development, seed and fruit formation. It affects the energy balance with the circulation and exchange of substances in the plant. P ratios of the studied taxa are also very close to each other; and detected an average 0.27% (Table 2). In a study P ratio of *Astragalus hamosus* collected from different localities varies between 0.20-0.45% (Basbag et al., 2019). In another study the highest phosphorus content was 2.82% from *Astragalus aduncus*, this followed by *Astragalus densifolius* with a rate of 0.92%, and *Astragalus lagurus* with the lowest rate of 0.84% (Parlak, 2019).

Motsara and Roy (2008) reported that the limit values Ca ratio should be between 0.1-1.0%, Mg ratio between 0.1-0.4%, P ratio between 0.2-0.5% and K ratio between 1.0-5.0% in plants. It was observed that Ca contents (%1.63) of *Astragalus* taxa were high, while other macro element contents (Mg %0.36, P %0.27, K %1.49) were within or close to the limit values reported by Motsara and Roy (2008).

The micro element contents of the studied *Astragalus* taxa are shown in Table 3. Iron (Fe) is essential in the heme enzyme system in plant metabolism. Iron is one of the most deficient micro-elements in the world. Fe is less mobile in the plant and is required for photosynthesis processes in conjunction with plant respiration. It plays an important role in enzyme activities and chlorophyll synthesis. Iron also serves as an activator for biochemical processes such as photosynthesis, respiration, and symbiotic nitrogen fixation (Hawkes et al., 1985). On the basis of the base normal levels of iron in plants (50-300 mg kg⁻¹), the analyzed plant accumulates enough iron at all stages of growth (Fox and Guerinot, 1998). The Fe content in *Astragalus onobrychis* subsp. *chlorocarpus* increased during vegetation and showed maximum in the seed forming stage of growth, 343.02 mg kg⁻¹ (Miladinovic et al., 2011). The Fe content of *Astragalus mollissimus* changes significantly throughout the growing season, peaking in February at 400 mg kg⁻¹ (Leand, 1986). In their investigation, Sheded et al. found Fe levels ranging from 261 to 1239 mg kg⁻¹ in a variety of Egyptian medicinal herbs (Sheded et al., 2006). In this research, highest Fe ratio (7338 mg kg⁻¹) in *Astragalus declinatus* and the lowest Fe rate is seen in *Astragalus ocephalus* subsp. *stachyophorus* (200 mg kg⁻¹) (Table 3).

Table 3. Micro element contents of *Astragalus taxa* (mg kg⁻¹)

Plant samples	Fe	Mn	Cu	Zn	Be
<i>Astragalus gummifer</i>	794	48.5	71.1	1.59	0.42
<i>Astragalus compactus</i>	2264	108.4	62.3	0.00	0.14
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>longidens</i>	2478	132.6	88.8	34.22	0.00
<i>Astragalus aureus</i>	3096	229.1	87.6	13.36	0.06
<i>Astragalus onobrychis</i>	3581	301.4	99.1	12.13	0.07
<i>Astragalus declinatus</i>	7338	349.1	101.2	33.07	0.17
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>lineatus</i>	1236	70.0	68.5	4.41	0.00
<i>Astragalus ocephalus</i> subsp. <i>stachyophorus</i>	200	44.5	74.9	0.51	0.00
<i>Astragalus cinereus</i>	935	99.8	107.3	27.42	0.00
Average	2436	153.7	84.5	14.08	0.10

Manganese (Mn) helps the formation of chloroplast together with Iron. In its deficiency, the chloroplast is disrupted and yellow spots are observed on the leaf blade. It is effective in the formation of chloroplastic protein. It acts as an enzyme and co-enzyme. Manganese is found in plant sections that are physiologically active, particularly the stem and shoots (Hawkes et al. 1985). The range of Mn in *Astragalus ocephalus* subsp. *stachyophorus* varied between 69.34 mg kg⁻¹ in initial stage of vegetation and 115.91 mg kg⁻¹ in seed forming stage. Optimal levels of manganese in plants are 25-250 mg kg⁻¹ (Fox and Guerinot, 1998). Sheded et al. reported that the range of Mn in their research was between 44.6 and 339 mg kg⁻¹ in selected medicinal plant of Egypt (Sheded et al., 2006). In this study with *Astragalus taxa* Mn ratio was detected an average (153.7 mg kg⁻¹) (Table 3).

Copper (Cu) assists in the formation of hemoglobin in humans, and it is required for disease resistance, seed production, and water regulation in plants. Despite the fact that Cu is a required element, its high concentration can cause anemia, stomach and intestinal discomfort, and liver and kidney damage (Martinez and Motto, 2000). The ratio of studied *Astragalus taxa* are seen in Table 3. In a research the Cu ratio of *Astragalus auganus* is 0.8234 mg kg⁻¹ (Hussain et al., 2019). The concentration of Zinc (Zn) ranged from 0.51-34.22 mg kg⁻¹ (except *Astragalus compactus*) and the average ratio was 14.08 mg kg⁻¹ (Table 3). Hussain et al. (2019) reported the Zn concentration in *Astragalus auganus* as 2.750 mg kg⁻¹. When Beryllium (Be) levels increase in plants, growth decreases, Ca, Mg and partially P uptake are inhibited, and some proteins and enzymes are degraded (Kabata-Pendias, 2011). Beryllium (Be) was found in very small quantities or not found in studied taxa (Table 3).

Motsara and Roy (2008) stated that the optimum Fe content should be between 50-250 µg g⁻¹, Mn content between 20-300 µg g⁻¹, Cu content between 5-20 µg g⁻¹ and Zn content between 20-100 µg g⁻¹ in plants. It was observed that Fe and Cu contents of *Astragalus taxa* were high, Mn contents were sufficient and Cu contents were low.

The trace element contents of the studied *Astragalus taxa* are shown in Table 4. Nickel ratios of taxa varied between 6.24-19.66 mg kg⁻¹; and average Ni ratio is 9.99 mg kg⁻¹. *Astragalus declinatus* has highest Ni ratio (19.66 mg kg⁻¹). The lowest Ni rate is seen in *Astragalus lineatus* var. *lineatus* (4.18 mg kg⁻¹) (Table 4).

In the studied plants, there is no concentration of Cd (Table 4); therefore all studied *Astragalus taxa* of the area as for our findings are safe to be used in different aims. In a study conducted in Çanakkale, it was reported that the Cd content of pasture grasses was at a harmless level (Gokkus et al., 2013). Se ratios average of studied taxa is 2.19 mg kg⁻¹; whereas there is not found Se in *Astragalus lineatus* var. *lineatus* (Table 4). The concentrations of Al and Cr elements are seen in detailed in Table 4.

Kabata-Pendias (2011) stated that the optimum Al content should be between 85-3470 mg kg⁻¹, Cr content between 0.2-4.2 mg kg⁻¹, Ni content between 1.2-2.7 mg kg⁻¹, Se content for USA 0.32 mg kg⁻¹, for India 0.67 mg

kg⁻¹ and Cd content between 0.8-0.46 mg kg⁻¹ for legume plants. It was determined that Al, Ni and Se contents of *Astragalus* taxa were higher than the limit values reported by Kabata-Pedias (2011).

Table 4. Heavy metal contents of *Astragalus* taxa (mg kg⁻¹)

Plant samples	Al	Cr	Ni	Se	Cd
<i>Astragalus gummifer</i>	1128	4.00	6.24	3.77	0.00
<i>Astragalus compactus</i>	2573	6.84	8.25	4.49	0.00
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>longidens</i>	2244	9.00	8.67	0.00	0.00
<i>Astragalus aureus</i>	3092	7.66	11.60	2.16	0.00
<i>Astragalus onobrychis</i>	3847	10.91	10.78	3.07	0.00
<i>Astragalus declinatus</i>	7685	17.42	19.66	0.90	0.00
<i>Astragalus lineatus</i> var. <i>lineatus</i>	1218	4.70	4.18	1.25	0.00
<i>Astragalus ocephalus</i> subsp. <i>stachyophorus</i>	205	1.98	9.55	1.75	0.00
<i>Astragalus cinereus</i>	820	6.55	10.96	2.31	0.00
Average	2535	7.67	9.99	2.19	0.00

4. Conclusion

In this study, 9 different *Astragalus* species were compared in terms of macro, micro element and heavy metal contents. As a result of the research, it was observed that the macro, micro element and heavy metal contents of some *Astragalus* species were higher than some forage plants. In general, the highest Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Cr and Ni contents were observed in *Astragalus declinatus* species, the highest P and K contents in *Astragalus ocephalus* subsp. *stachyophorus* species, the highest Cu content in *Astragalus cinereus* species, the highest Zn content in *Astragalus lineatus* var. *longidens* species, the highest Be content in *Astragalus gummifer* species, the highest Se content in *Astragalus compactus* species. Cd content could not be detected in any *Astragalus* species. It has been concluded that *Astragalus* species, which are abundant in natural areas, can be a cheap source of roughage in terms of animal nutrition and can provide various macro and micro nutrients to animals.

References

- Amiri, M. S., Joharchi, M. R., Nadaf, M. and Nasseh, Y. (2020). Ethnobotanical knowledge of *Astragalus* spp.: The world's largest genus of vascular plants. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 10(2): 128-132.
- Aytac, Z., Ekici, M. and Akan, H. (2012). *Astragalus*. In: Guner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babac, M. T. (eds.), Turkey's List of Vascular Plants, 427-456. Nezahat Gokyigit Botanical Garden and Flora Research Association Publication, Istanbul.
- Azarikia, F. and Abbasi, S. (2010). On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids*, 24(4): 358-363.
- Basbag, M., Cacan, E., Sayar, M. S. and Karan, H. (2017). Some shrub and tree taxa in the grassland-pasture and natural vegetation of Turkey. *Middle East Journal of Science*, 3(2): 115-128.
- Basbag, M., Cacan, E., Sayar, M. S. and Firat, M. (2019). Determination of some quality characteristics of southern milk-vetch (*Astragalus hamosus* L.) herbage collected from different locations of Southeastern Anatolia Region. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 5(2): 346-354.
- Davis, P. H. (1982). Flora of Turkey. Edinburgh University Press, 7, Edinburgh.
- Diaz-Gomez, N. M., Domenech, E., Barroso, F., Castells, S., Cortabarría, C. and Jimenez, A. (2003). The effect of zinc supplementation on linear growth body composition and growth factors in preterm infants. *Pediatrics*, 111(5): 1002-1009.
- Donmez, A. A. and Aydin, Z. U. (2018). *Astragalus ihsanalisii* (Fabaceae), a new species from Erzurum province, E Turkey. *Willdenowia*, 48: 399-404.
- Ekici, M., Akan, H. and Aytac, Z. (2015). Taxonomic revision of *Astragalus* L. section *Onobrychoidei* DC. (Fabaceae) in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 39(2): 708-745.
- Engin, B. and Mut, H. (2018). Variation of some nutrient contents with relative feed value according to cutting order in alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(02): 119-127.
- Fox, T. C. and Guerinet, M. L. (1998). Molecular biology of cation transport in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49: 669-696.
- Gaeta, A. and Robert Hider, C. (2005). The crucial role of metal ions in neurodegeneration; the basis for promising therapeutic strategy. *British Journal of Pharmacology*, 146(8): 1041-1059.
- Gokkus, A., Parlak, A. O., Baytekin, H. and Hakyemez, B. H. (2013). Change of mineral composition of herbaceous species at the Mediterranean shrublands. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 10(1): 1-10.
- Gorji, E. G., Mohammadifar, M. A. and Ezzatpanah, H. (2011). Influence of gum tragacanth, *Astragalus gossypinus*, addition on stability of nonfat Doogh, an Iranian fermented milk drink. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2): 262-268.
- Gruenewald, J., Brendler, T. and Jaenicke, C. (1998). PDR for Herbal Medicines. Medical Economics Company, Montvale, New Jersey.
- Hawkes, G. R., Campbell, K. B., Ludwick, A. E., Millway, R. M. and Thorup, R. M. (1985). Essential Plant Nutrients. In: Western Fertilizer Handbook, 7th ed., The Interstate Printers & Publishers, Inc, Illinois, p. 61-81.
- Hussain, M., Hidayatullah, S., Baqi, A., Jabeen, R. and Iqbal Khattak, M. (2019). Study of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb & Zn) in some medicinal plant species (*Hernia intermedia*, *Cardaria chalepense*, *Scorzonera ammophila*, *Tamarix karelini*, *Astragalus auganus*) at Pishin area in Balochistan, Pakistan. *Pure and Applied Biology*, 8(1): 995-1007.
- Jani, G. K., Shah, D. P., Prajapati, V. D. and Jain, V. C. (2009). Gums and mucilages: Versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(5): 309-323.
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants: Fourth Edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Leand, P. A. (1986). *Mineral elements concentration and carbohydrate trends in wodly loco Astragalus mollissimus*. (MSc. Thesis) Texas Tech University, Texas.
- Ma, J., Qiao, Z. and Xiang, X. (2011). Aqueous extract of *Astragalus mongholicus* ameliorates high cholesterol diet induced oxidative injury in experimental rat models. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(5): 855-858.
- Manga, I., Acar, Z. and Ayan, I. (2003). Leguminous Forage Crops. Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture, Textbook No:7, p. 381, Samsun.
- Martinez, C. and Motto, H. (2000). Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils. *Environmental Pollution*, 107(1): 153-158.
- Miladinović, D. L., Ilić, B. S. and Milosavljević, V. N. (2011). Trace elements and antioxidants in *Astragalus onobrychis* L. subsp. *chlorocarpus* (Griseb.) S. Kozuharov et D.K. Pavlova. *Hemijska industrija*, 65(3): 323-327.
- Motsara, M. R. and Roy, R. N. (2008). Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No: 19:78.
- Nejatian, M., Hatami, M. and Mohammadifar, M. A. (2013). Effect of gum tragacanth exuded by three Iranian *Astragalus* on mixed milk protein system during acid gelation. *International journal of biological macromolecules*, 53: 168- 176.

- Parlak, H. (2019). *The identification of some Astragalus taxa in Agri mountain and determination of nutrients for taxa*. (MSc. Thesis) Iğdır University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Field Crops, Iğdır.
- Podlech, D. and Zarre, S. (2013). A Taxonomic Revision of the Genus *Astragalus* L. (*Leguminosae*) in the Old World (Volume 2). Vienna Natural History Museum Press, p. 1553–1640, Vienna.
- Rahimi, E., Asgarpanah, J. and Ziarati, P. (2017). Nutritive value and mineral elements of wild *Astragalus meridionalis* sensu auct. seeds in south of Iran. *Journal of Pharmaceutical and Health Sciences*, 5(2): 121-129.
- Schulz, V., Hansel, R. and Tayler, V. E. (2001). Medicinal Plants, Phytomedicines, and Phytotherapy. In: Rational Phytotherapy. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Shahzad, M., Shabbir, A., Wojcikowski, K., Wohlmuth, H. and Gobe, G. C. (2016). The antioxidant effects of radix *Astragali* (*Astragalus membranaceus* and related species) in protecting tissues from injury and disease. *Current Drug Targets*, 17(123): 1331-1340.
- Sheded, G. M., Pulford, I. D. and Hamed, I. A. (2006). Presence of major and trace elements in seven medicinal plants growing in the South-Eastern Desert, Egypt. *Journal of Arid Environments*, 66(2): 210-217.
- Smith, J. C. (1987). Copper Nutritive and Cardiovascular Integrity. *21st Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health*. May 25-28, p. 499-513, Colombia.
- Wadhwa, N. (2015). Textbook of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition. In: Anupam Sibal, Sarath Gopalan (editor), Akshay Kapoor, Vidyut Bhatia (Contributor), Published by Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd, 1st edition. Indian J Pediatr, New Delhi, India.
- Verbeken, D., Dierckx, S. and Dewettinck, K. (2003). Exudate gums: occurrence, production, and applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 63(1): 10-21.
- Yang, M., Lin, H. B., Gong, S., Chen, P. Y., Geng, L. L., Zeng, Y. M. and Li, D. Y. (2014). Effect of *Astragalus* polysaccharides on expression of TNF- α , IL-1 β and NFATc4 in a rat model of experimental colitis. *Cytokine*, 70(2): 81-86.
- Zhao, L. H., Zhi-Xin, M., Jie, Z., Xiao-Hong, Y. and Deng-Po, W. (2011). Characterization of polysaccharide from *Astragalus radix* as the macrophage stimulator. *Cellular Immunology*, 271(2): 329–334.

Measurement of Water Depth in a Class A Pan Using Ultrasonic Transducer and Programmable Logic Control (PLC)

Ultrasonik Algılayıcı ve Programlanabilir Lojik Kontrolü (PLC) Kullanarak A Sınıfı Buharlaştırma Kabında Su Yükünün Ölçümü


Cafer GENÇOĞLAN^{1*}, Serpil GENÇOĞLAN², Selçuk USTA³


Abstract

The aim of this study is to compare water depths measured by manually and PLC from a Class A Pan in field conditions using ultrasonic transducer. The study was conducted in garden of Faculty of Agriculture, University of Kahramanmaraş Sutcu Imam in the summer season of 2019. A steel meter was used to measure water depth manually in the evaporation pan. Using the ultrasonic transducer, PLC measured water depth from the evaporation pan between 140 and 223 mm water depth at 8:00 am. An ultrasonic transducer is attached one end of sliding buttress, at which was 50 cm above from its inner-bottom at the center of the evaporation pan. The ultrasonic transducer was set to be able to read water depth and calibrated using sliding buttress. A program was written in CODESYS-ST language to measure the water depth from a Class A Pan using PLC, which was connected the ultrasonic transducer and uploaded to PLC. With the program, digital water depths were converted to millimeter water depths. To be able to read the water depth more accurately, each depth value read by the PLC was determined by averaging 30 measurements made successively at 300 millisecond intervals. In this processes, moving average method was used. Water depth measured by PLC was saved on the SD (secure digital memory) card. In the manual water depth measurements, there were 26 observations. The water depths on the manual measurement dates were matched with the water depths measured by PLC. A regression analysis was performed between the water depths measured by the steel meter and PLC in the pan, and determination coefficient (R^2) was result as 0.96. The Mean Absolute Percent Error (MAPE) of these two data sets was calculated as 2.3%. The level of agreement between the two data sets; if the MAPE is below 10%, it is considered "very good". The results of this study revealed that the PLC could measure the water depth close to the measured manually water depth in the evaporation pan with an ultrasonic transducer.

Keywords: Evaporation pan, Buttress, PLC, Ultrasound, Level.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Cafer Gençoğlan, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, 46040 Kahramanmaraş, Turkey. E-mail: gencoglan@ksu.edu.tr  ORCID: [0000-0002-4559-4354](https://orcid.org/0000-0002-4559-4354).

²Serpil Gençoğlan, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, 46040 Kahramanmaraş, Turkey. E-mail: sgencoglan@ksu.edu.tr  ORCID: [0000-0002-7390-8365](https://orcid.org/0000-0002-7390-8365).

³Selçuk Usta, Van Yüzüncü Yıl University, Van Vocational School, Department of Construction, 65090 Van, Turkey. E-mail: susta@yyu.edu.tr  ORCID: [0000-0001-8970-7333](https://orcid.org/0000-0001-8970-7333).

Atıf/Citation: Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., Usta, S. (2023). Measurement of water depth in a class a pan using ultrasonic transducer and programmable logic control (PLC). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 343-352.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Bu çalışmanın amacı, ultrasonik algılayıcı ve PLC kullanarak arazi koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından PLC ve elle ölçülen su derinliğini karşılaştırmaktır. Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi bahçesinde 2019 yaz sezonunda yapılmıştır. Buharlaşma kabı su derinliğinin elle ölçümlerinde, çelik metre kullanılmıştır. PLC ve çelik metre ile su derinliği ölçümleri, buharlaşma kabındaki su derinliğinin 140 ile 223 mm'lik su seviyesi arasında sabah saat 8:00'de yapılmıştır. Bir ultrasonik algılayıcı, bir hareketli payandanın bir ucuna bağlanmıştır. Hareketli payandaya tutturulan ultrasonik algılayıcı, anılan hareketli payandadan yararlanarak buharlaşma kabının ortasına ve iç-tabanından 50 cm yüksekliğe gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Ultrasonik algılayıcının okuma ayarları yapılmış ve söz konusu algılayıcı, hareketli payandadan yararlanarak kalibre edilmiştir. PLC ve ultrasonik algılayıcı kullanarak A sınıfı buharlaşma kabından su derinliğini ölçmek için CODESYS-ST dilinde bir program yazılmış ve PLC'ye yüklenmiştir. Bu programla okunan sayısal değerler milimetre cinsinden su derinliğine dönüştürülmüştür. PLC tarafından ölçülen derinlik değerlerini daha doğru okumak için arka arkaya 300 mili saniyede bir 30 dijital değer alınmış ve anılan değerlerin ortalaması bulunmuştur. Bu işlemde hareketli ortalama yöntemi kullanılmıştır. PLC ile ölçülen su derinliği değerleri, SD (secure digital memory) karta kaydedilmiştir. Elle ölçümde toplam gözlem sayısı 26'dır. Elle ölçüm tarihlerindeki su derinlikleri, PLC ile ölçülen su derinlikleri ile eşleştirilmiştir. Bu iki su derinliği değerleri arasında regresyon analizi yapılmış ve belirleme katsayısı (R^2) 0.96 olarak belirlenmiştir. Anılan verilerin Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)'sı %2.3 olarak hesaplanmıştır. İki veri değerleri arasındaki uyum düzeyi; MAPE %10'un altında ise "çok iyi" olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın sonuçları, PLC'nin ultrasonik algılayıcı ile buharlaşma kabındaki su derinliğini, doğruya yakın ölçebileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Buharlaşma kabı, Payanda, PLC, Ultrason, Seviye.

1. Introduction

Class A pan is used in the preparation of irrigation scheduling for plants grown both in field and greenhouse conditions in the Faculties of Agriculture of the Universities and Agricultural Research Institutes. Evaporation from a Class A pan is called pan evaporation. In irrigation scheduling, Reference evapotranspiration (Eto) is calculated from pan evaporation by multiplying the pan coefficient (Ep) and plant evapotranspiration (Etc) is calculated from Eto by multiplying the crop coefficient (kc) (USDA, 1993; Gençoğlan et al., 2006; Gençoğlan and Kıraç, 2008).

In many countries on the world, Class A pan is used to create real-time irrigation program (Huang et al., 2001). In irrigation programming, Class A pan should be made, installed and managed in accordance with its technique. Besides, an appropriate pan coefficient should be selected (Huang et al., 2002). There are many studies carried out using Class A pan in irrigation scheduling of plants. Some of these are: Kanber et al. (1991); Yazar et al. (1991); Çevik et al. (1991); Ertek and Kanber, (2001); Gençoğlan et al., (2006); Ertek et al., (2006); Kıraç, (2007); Gençoğlan and Kıraç, (2008); Ünal, (2008); Ünlü et al., (2014); Gençoğlan et al., (2019); Yenigün and Erdem, (2019); Azder et al., (2020). In this respect, it is very important to accurately measure the water depth in the Class A pan in the creation of a real-time irrigation program.

Daily water depth measurements in Class A pans and refilling them with water up to a certain level are generally done by human hands in our country. In practice, the human errors in the measurements and the daily measurements by human being in Class A pan, which increases labor costs, could be seen as the negative aspects of it in irrigation programming. To decrease negative aspects of it and to increase usage in irrigation programming, the first automation studies of Class A pan started by Summer (1963) and continued by Phene and Campbell (1975), Burgess and Hanson (1981), Asrar et al. (1982), Van Haveren (1982), McKinion and Trent (1985), Boughton and McPhee (1987), Thibault and Savoie (1989), Phene et al. (1992), Mbajiorgu and Wilkie (1995), Caissie (2011), Gençoğlan et al. (2013), Fisher and Sui, (2013), Gençoğlan and Gençoğlan (2016), Yıldırım (2016), Sezer et al. (2017), Yahaya et al. (2018), Hasanuddin (2019) and Gençoğlan et al. (2021). Ultrasonic sensor started to use on automation of Class A pan since 2013. The ultrasonic sensor sends the ultrasonic wave towards an object at the speed of sound, and the echo that hits the object returns to the detector. The distance from the sensor to the object is calculated according to the time elapsed between sending the wave and returning the echo (Fisher and Sui, 2013). Ultrasonic sensors with many different features are sold in the market. Using ultrasonic sensor with different properties and methods, some researchers had measured the depth of water in Class A pan to determine pan evaporation (Gençoğlan et al., 2013; Fisher and Sui, 2013; Sezer et al., 2017). On the other hand, the water depth in the pan was measured using a pressure sensor in workshop and field conditions (Gençoğlan and Gençoğlan, 2016; Gençoğlan et al., 2021). In this study, the water depth in the pan was measured by attaching the ultrasonic sensor to one end of a buttress.

The aim of this study is to measure the water depth using an ultrasonic sensor and PLC in Class A pan under field conditions and compare it with the water depth values measured with a steel meter.

2. Materials and Methods

This study was carried out in the orchard (37°32'08" and 36°54'59" East and 700 meters above sea level) in Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture Research Area in order to compare the water depth values measured by PLC and steel meter from A Class evaporation pan. Water depth measurements in Class A pan were made in July and September 2019. During the study period, the monthly average wind speed varied between 0.9 (light) and 2.0 m s⁻¹ (moderate).

Class A pan was placed on the wooden platform near the pear orchard, which was set and levelled on the ground in a grassy location, away from any obstacles which obstructed a natural air flow around the pan. To measure the water depth in the pan under field conditions, ultrasonic sensor and a steel meter were utilized. The ultrasonic sensor was placed in the centre of the evaporation pan by means of a buttress (*Figure 1*). On the other hand, to reduce the shading of the buttress on pan, it was attached to the northwest corner of the wooden platform (*Figure 2*). The dimensions of this buttress were given in *Figure 3*. The input of the ultrasonic sensor is 24 VDC and the output is 4-20 mA, and its sensing range is between 60-2000 mm, and adjustment range is between 90-2000 mm. The standard target plate of the sensor is 100x100 mm (Anonymous, 2022). A solenoid valve is used to automatically fill the Class A pan with water and its input is 24 VDC (*Figure 1*). In the study, a control system

was used to measure the depth of water in Class A pan with an ultrasonic sensor (*Figure 4*). The control system consisted of circuit breaker power supply, PLC (CPU PM564), analog module (AX561), relays and clemens. Ultrasonic sensor output is connected to IO+ and R0 channels of analog module (AX561) and common terminal is connected to IO- channel (*Figures 5 and 6*). In the PLC, address of the IO+ channel is %IW0 and its channel input is selected as 4-20 mA. PLC converts 4-20 mA input analog values to 0-27648 (normal range) numerical values.

Since the distance between the ultrasonic sensor and the bottom of the Class a pan is approximately 500 mm, the sensing distance was taken as 500 mm. For this reason, the system given in *Figure 7* was used to convert the sensing range of the ultrasonic sensor to 90-500 mm. In this system, there are an ultrasonic sensor-buttruss and a board, and their distance between them was 500 mm. For this purpose, the ultrasonic sensor was connected to the buttruss end. The method suggested by Anonymous (2022) and Tüysüz (2018) was used to change sensing range of the ultrasonic sensor at a distance of at least 60 mm and at most 500 mm. Accordingly, ultrasonic sensor can send waves up to 500 mm. In the chancing sensing range, the target board was chosen larger than the standard size.

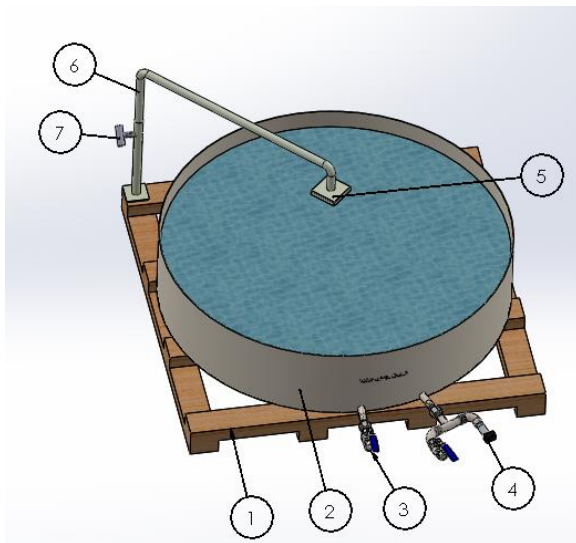


Figure 1. Class A pan and its elements (1-platform, 2-Pan, 3-Water supply, 4-Pressure sensor, 5-Ultrasonic sensor, 6-Buttruss, 7-Clamping screw)

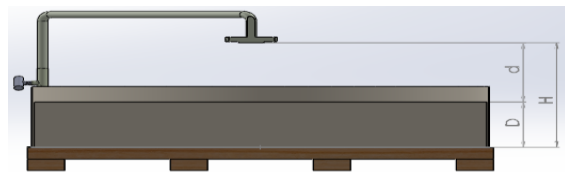


Figure 2. Location of the ultrasonic sensor on Class A pan

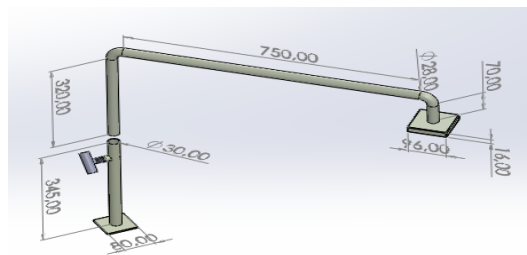


Figure 3. Buttress of ultrasonic sensor

Equation 1 was used to measure the depth of water in a Class A pan with an ultrasonic sensor (Gençoğlan and Tüysüz, 2018).

$$D=H-d \quad (\text{Eq. 1})$$

Where, D; Water depth in A class pan (mm), H; distance (mm) between the ultrasonic sensor and the bottom of the Class A pan, and d; distance from the ultrasonic sensor to the water surface (mm).

A program was written in CODESYS-ST language in order to measure the water depth in Class A pan with PLC using an ultrasonic sensor and the flow chart of the program is given in *Figure 8*. In this program, digital values are converted to water depth varying between 0-210 mm with the help of the LIN_TRAFO function. Each measurement value read by the PLC was determined by averaging 30 measurements made successively at 300 ms intervals. In this processes, moving average method was used (Tülücü, 2002). The water depth average was determined according to the moving average method. In addition, water depths measured by PLC were calibrated. For this reason, the pan was first filled with water at a depth varying between 150-200 mm. Then, the water depth in the pan was measured with a steel meter. Then, it was connected to the PLC online with the computer and at that moment the water depth in the pan was read, which value was compared with the value measured with the steel meter. By loosening the clamping screw of the buttruss given in *Figures 1 and 3*, the upper part of the buttruss was moved up and down until these two values are equal to each other. At the end of the calibration, the pan was filled with water to a depth of 200 mm, and water depth was recorded on the SD card at 8:00 am. When the water

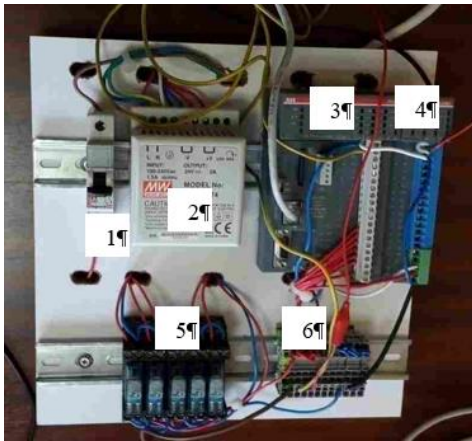


Figure 4. Control unit measuring water depth in Class A pan (1-circuit breaker 2-power supply, 3-PLC (CPU), 4-analog module, 5-relays and 6-clemens)

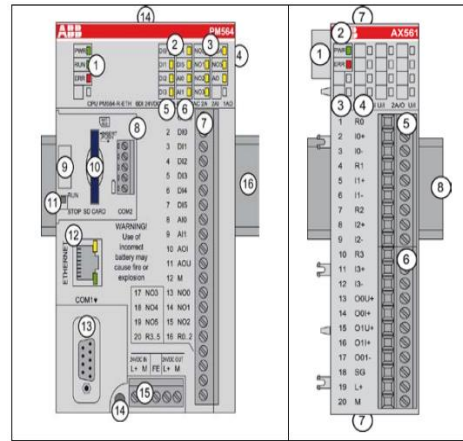


Figure 5. Detailed view of PLC's CPU and analog module (ABB, 2022)

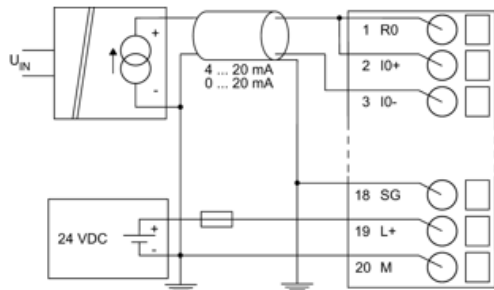


Figure 6. Connection of ultrasonic sensor to the analog module (ABB, 2022)

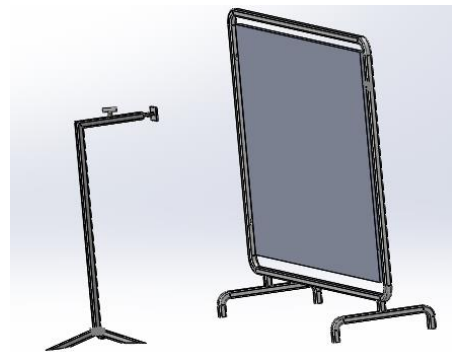


Figure 7. Sensing range adjustment board for ultrasonic sensor

depth in the pan decreased to 150 mm by evaporation, it was recorded at 8:00 on SD card and it was filled to a depth of 200 mm and recorded to the SD card at 8:05 again. It was waited for 5 minutes for the water ripple in the pan to stop. Water depth measurements with steel meter were made after PLC measurements. A total of 26 observations were taken in July and September in years of 2019. A regression analysis was performed between the water depths in the pan measured by the steel meter and PLC. On the other hand, Absolute Average Percentage Error (MAPE) (Lewis, 1982), which is an expression of the deviation of the water depth measured by the steel meter in the pan from the water depth measured by the PLC, was calculated from Equation 2.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|WDSM_i - WDUS_i|}{WDSM_i} 100 \right) \quad (\text{Eq.2})$$

Where, WDSM_i; water depth measured by steel meter (mm), WDUS_i; water depth measured by ultrasonic sensor (mm), n; is the number of observations.

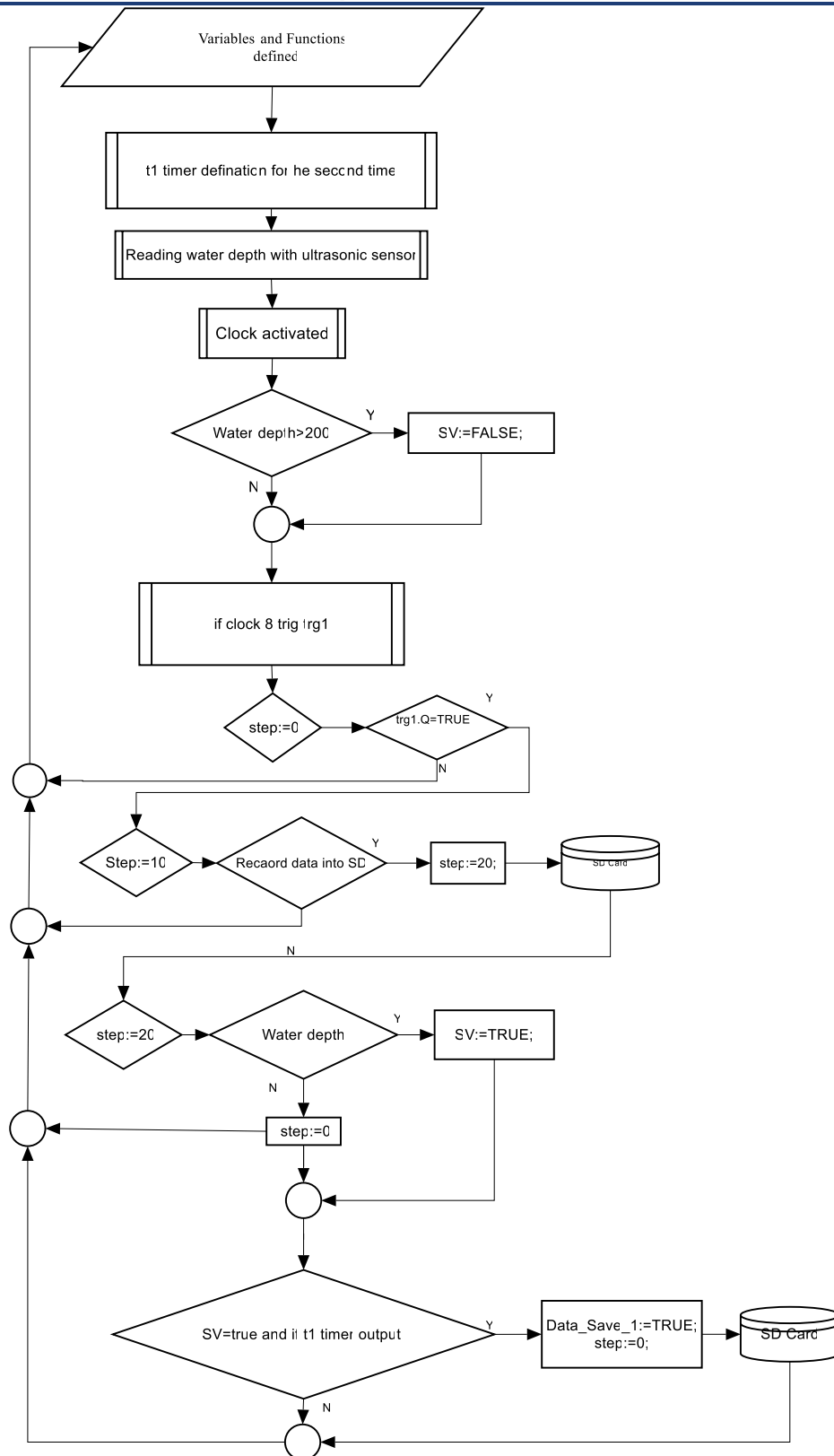


Figure 8. Flow chart of program of PLC used to measure water depth in Class A pan

3. Results and Discussion

This study was carried out to measure the water depth using an ultrasonic sensor and steel meter in the Class A pan under field conditions and to compare them. Water depths were measured 26 times from the pan at 8 o'clock in July and September (Figure 9). The averages of 26 water depth values measured by steel meter and ultrasonic

sensor were 171.56 ± 4.1 mm and 172.5 ± 3.6 mm, respectively. The highest difference between these two water depth values is 8 mm and the average of the absolute differences is 3.85 mm. The standard error of water depth measured by ultrasonic sensor is lower than the standard error of water depth measured by steel meter. The regression equation between these two data sets was determined as $WDUS = 0.88WDSM + 22.3$ and the coefficient of determination (R^2) was 0.96. The slope of the equation and the intercept point on Y-axis approached 1 and 0 (zero), respectively. The ratio of representing water depth values measured with ultrasonic sensor to water depth values measured with steel meters is 96%. The level of agreement between the water depths measured by both the steel meter and the ultrasonic sensor in the pan was calculated as MAPE of 2.3%. The level of agreement between the two data sets; if MAPE is below 10%, it is considered as “very good”, between 10-20% as “good”, between 20-50% as “acceptable” and above 50% as “inconsistent” (Lewis, 1982). Both R^2 and MAPE demonstrated that ultrasonic sensor could read the water depth in the pan with very high accuracy.

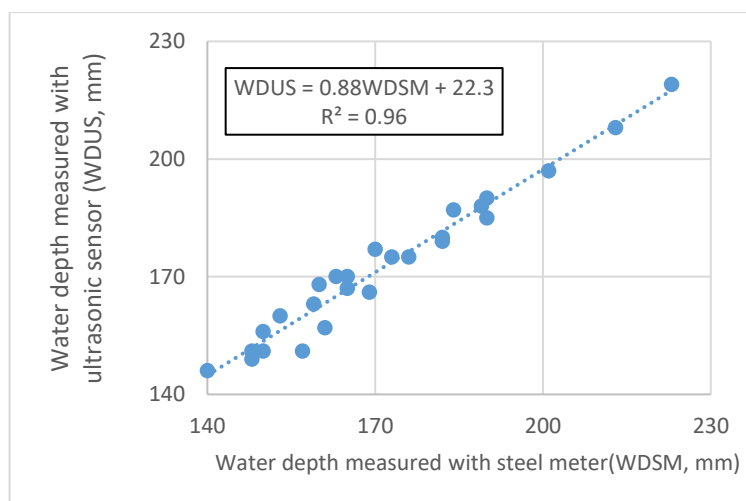


Figure 9. Water depth values measured in Class A pan with steel meter and ultrasonic sensor

In the study of Gençoğlan et al. (2013) stated that they could measure the depth of water in the Class A evaporation pan with an absolute error of less than 1 mm in both waveless and undulating conditions, in their study conducted under workshop conditions using a PLC and ultrasonic sensor. Fisher and Sui (2013) measured the water depth in the evaporation pan using an ultrasonic sensor and found values close to the hand-measured water depth. Sezer et al. (2017) stated that the accurate measurement of the amount of evaporation from a class A evaporation pan using an ultrasonic sensor varies depending on the evaporation amount. It was suggested usage of more sensitive ultrasonic sensor, and a floatable flat float on the surface of the water to be able to measure at higher depths in the metal pipe, and reducing diameter of the metal pipe as much as possible to affect evaporation minimum. Gençoğlan and Tüysüz (2018) measured the water depths and flow rates in the open channel using PLC, rating curve, pressure and ultrasonic sensor. On the other hand, they compared the water depth and flow rates measured with the electronic limnigraph with the water depth and flow rates measured by pressure and ultrasonic sensor. The researchers determined that the water depth and flow rates of the pressure and ultrasonic sensor were not statistically different from that of the electronic limnigraph's. They resulted that water depth and flow could be measured in an open channel using pressure and ultrasonic sensors.

The most important factor negatively affecting the water depth measurements in the Class a pan is the fluctuation of the water and noise. When the water in the evaporation pan fluctuates, the water depth in the pan changes. Accordingly, the water depth read by the PLC also changes. When the water fluctuation in the evaporation pan stops, the value read approaches the constant (Gençoğlan et al., 2013). On the other hand, there are signals called noise around. These signals change the numerical values determined by the PLC.

4. Conclusions

The water depths in the Class A pan were measured in field conditions using an ultrasonic sensor and compared with the water depth values measured with a steel meter. The standard error of the water depth measured with the ultrasonic sensor was found to be lower than the standard error of the water depth measured with the steel meter. The determination coefficient was acceptable level and the slope and intercept of the regression equation

approached 1 and 0 (zero), respectively. On the other hand, it was determined that the conformity of MAPE between the water depths measured by the steel meter and the ultrasonic sensor in the pan was at a very good. It is concluded that the water depth in the pan can be measured with very high accuracy using an ultrasonic sensor.

Acknowledgements

The water depth in the Class A pan was measured with a steel meter by Serkan Yılmaz, a graduate student. The paper was submitted to the 2nd International and 15th National Congress on Agricultural Structures and Irrigation.

References

- Anonymous (2022). Ultrasonic sensor <https://www.tme.eu/Document/8c4faa1fa4f153b055bfa0aa91600582/133991.pdf>. (Accessed date: 25.02.2022).
- ABB (2022). Automation Builder 2.4 Basic. <https://new.abb.com/plc/programmable-logic-controllers-plcs/ac500-eco> (Accessed date: 20.02.2022).
- Asrar, G., Kunze, R. J. and Linvill, D. E. (1982). Automating a Class A evaporation pan for semi-continuous recording. *Agricultural and Forest Meteorology*, 25: 275-281.
- Azder, G., Göçmen, E. and İstanbulluoğlu, A. (2020). The effects of different irrigation levels on yield and yield components of capia pepper (*Capsicum annum* Cv. Kapija) in Tekirdağ conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(3): 422-431.
- Boughton, W. C. and McPhee, R. J. (1987). An automatic recording Class A pan evapo-pluviometer for long-term unattended operation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 41: 21-29.
- Burgess, M. D. and Hanson, C. L. (1981). Automatic Class-A pan-filling system. *Journal of Hydrology*, 50: 389-392.
- Caissie, D. (2011). The design of a new device to automate a class A evaporation pan. Fisheries and Oceans, Canadian Tech. Report of Fisheries and Aquatic Sci. 2927, Canada.
- Çevik, B., Oğuzer, V., Kanber, R., Önder, S., Sinan, S., Köksal, H., Gençoğlan, C. and Yardımcıoğlu, T. (1991). Determination of utilization opportunities of open water surface evaporation in determining sunflower irrigation interval and water consumption in Harran Plain conditions. Republic of Türkiye, Prime Ministry Southeastern Anatolia Project Regional Development Administration. C.U. Faculty of Agriculture GAP Publications No: 56, Adana.
- Ertek, A. and Kanber, R. (2001). Effects of different irrigation programs on the quality properties of drip irrigated cotton. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25: 415-425.
- Ertek, A., Şensoy, S., Küçükyumuk, C. and Gedik, İ. (2006). Determination of plant-pan coefficients for field-grown eggplant (*Solanum melongena* L.) using Class A Pan evaporation values. *Agricultural Water Management*, 85(1-2): 58-66.
- Fisher, D. K. and Sui, R. (2013). An inexpensive open-source ultrasonic sensing system for monitoring liquid levels. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(4): 328-334.
- Gençoğlan, C., Altunbey, H. and Gençoğlan, S. (2006). Response of green bean (*P. vulgaris* L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation. *Agricultural water management*, 84(3): 274-280.
- Gençoğlan, C. and Gençoğlan, S. (2016). Measurement of water height in Class A Pan using pressure transducer and programmable logic control (PLC). *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*, 30: 35-43.
- Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., Küçüktopcu, E., Uçak, A. B. and Kırac A. M. (2013). Measuring water depth in Class A Pan using ultrasonic sensor. III. *Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi*, 22-24 Ekim, p: 391-398, Tokat, Türkiye.
- Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., Nikpeyma, Y. and Ucak, A. B. (2019). Determination of water-yield relationship of comice pear (*Pyrus Communis* L.) variety irrigated by the irrigation automation system (IAS) based on programmable logic controller (PLC). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28: 2433-2441.
- Gençoğlan, C., Gençoğlan, S. and Selçuk, U. (2021). Designing Class A Pan automation system (CAPAS) based on programmable logic control (PLC) and testing. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1): 1-10.
- Gençoğlan, C. and Kırac, A. M. (2008). The effects of some irrigation techniques applied by drip irrigation on water use and salt accumulation in dwarf apple trees. *Sulama Tuzluluk Toplantısı*, s:177-189, Devlet Su İşleri (DSİ), 5. Dünya Su Formu İstanbul-2009, Şanlıurfa, Turkey
- Gençoğlan, C. and Tüysüz, M. D. (2018). Water head measurement and flow estimation in open channel by pressure and ultrasonic sensors using programmable logic control (PLC). In: Binici, T. Sakin, E. Çopur, O. Özmen Özbakır, G. Odabaşoğlu, M.İ. Eray, Ş. (Eds) *Ist GAP International Agriculture and Livestock Congress Proceedings Book*. 25-27 April, p:144-149, Şanlıurfa, Turkey.
- Hasanuddin, M. I. (2019). Design and development of automatic evaporation pan system for hydrological station. (MSc. Thesis) University of Malaya.
- Huang, X. F., Li, G. Y., Wang, X. W., Zeng D. C. and Sun, N. J. (2001). Water use of micro-sprinkler irrigated apple trees under full irrigation and regulated deficit irrigation. *Transactions CSAE*, 17: 43-47.
- Huang, X. F., Li, G. Y., Zeng, D. C., Wang, W. and Sun, N. J. (2002). Real time determination of irrigation scheduling for micro-irrigated orchards. *Transactions CSAE*, 18: 79-83.
- Kanber, R., Tekinel, O., Kumova, Y., Alagöz, T., Önder, S., Köksal, H., Gencer, O., Koç, K., Diker, K. and Gençoğlan, C. (1991). Determination of utilization opportunities of open water surface evaporation in determining cotton irrigation interval and water consumption in Harran Plain conditions. Republic of Türkiye, Prime Ministry Southeastern Anatolia Project Regional Development Administration. Ç.Ü. Agricultural Faculty GAP publication Number:44, Adana
- Kırac, A. M. (2007). The effect of deficit and partial root zone drying irrigation technique on some growth parameters of dwarf apples. (MSc. Thesis) Kahramanmaraş Sütçü İmam University, The Institute of Natural Sciences, Kahramanmaraş, Türkiye.
-


- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods: A practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting*. Butterworths Scientific. ISBN: 978-0-408-00559-3, London, England, 144s.
- Mbajjorgu, C. C. and Wilkie, K. I. (1995). Automation of an Evaporation Pan for Water Level Control and Digital Recording. Proceedings Nigerian Society of Agricultural Engineers. 18-25 April 1995. Thomas Idibiye Francis Auditorium, Federal University of Technology, Akure, Ondo State. Nigeria.
- McKinion, J. M. and Tarent, A. (1985). Automation of a Class A evaporation pan. *Transactions of the ASAE*, 28: 169-171.
- Phene, C. J. and Campbell, R. B. (1975). Automating pan evaporation measurements for irrigation control. *Agricultural meteorology*, 15: 181-191.
- Phene, C. J., DeTar, W. R. and Clark, D. A. (1992). Real-time irrigation scheduling of cotton with an automated pan evaporation system. *Applied Engineering in Agriculture*, 8: 787-793.
- Sezer, Ç. Ö., Öztekin, T. and Cömert, M. M. (2017). Determination of instant evaporation from Class A Pan with ultrasonic depth meter. *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*, 31: 1-7.
- Summer, C. J. (1963). Unattended long period evaporation recorder. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 89: 414-417.
- Thibault, G. and Savoie, P. (1989). Automatic filling and emptying of a water evaporation pan. *Computers and Electronics in Agriculture*, 3(4): 327-333.
- Tülücü, K. (2002). Hydrology. Çukurova University, Faculty of Agriculture, General publication No:139, Books publication No:A-44, Adana.
- Tüysüz, M. D. (2018). Water head measurement and flow estimation in open channel by pressure and ultrasonic sensors using programmable logic control (PLC). (MSc. Thesis) Kahramanmaraş Sütçü İmam University, The Institute of Natural Sciences, Kahramanmaraş, Türkiye.
- USDA (1993). National Engineering Handbook. Irrigation Water Requirements. Chapter 2. 2-1. (210-vi-NEH, September 1993). United States. Department of Agriculture Soil Conservation Service. Part 623 National. Engineering Handbook. Agriculture. Soil. Conservation. Service. Part, 623.
- Ünal, A. (2008). Determination of irrigation schedule and amount of water for application in drip-irrigated vineyard using a class evaporation pan. (MSc. Thesis) Adnan Menderes University, The Institute of Natural Sciences, Aydın, Turkey.
- Ünlü, M., Kanber, R., Koç, D. L., Özekici, B., Kekeç, U., Yeşiloğlu, T., Ortaş, İ., Ünlü, F., Kapur, B., Tekin, S., Käthner, J., Gebbers, R., Zude, M., Peeters, A. and Ben-Gal, A. (2014). Irrigation scheduling of grapefruit trees in a Mediterranean environment throughout evaluation of plant water status and evapotranspiration. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(6): 908-915.
- Van Haveren, B. P. (1982). An automated recording system for evaporation pans. *Journal of the American Water Resources Association*, 18: 533-536.
- Yahaya, O., Smart, B., Omoakhalen, A. I. and Ehibor, O. G. (2018). Development and calibration of automated Class A evaporimeter. *Hydrology Current Research*, 9(3): 1000304.
- Yazar, A., Oğuzer, V., Tülücü, K., Arıoğlu, H., Gençoğlan, C. and Diker, K. (1991). Developing irrigation program for second crop soybean utilizing open water surface (Class A Pan) evaporation in Harran Plain conditions. Republic of Türkiye, Prime Ministry Southeastern Anatolia Project Regional Development Administration. Ç.U. Faculty of Agriculture GAP Publications No: 45, Adana.
- Yenigün, S. D. and Erdem, T. (2019). Determination of water use characteristics of eggplant plant in Tekirdağ conditions. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(2): 221-231.
- Yıldırım, M. (2016). Drip irrigation automation with a water level sensing system in a greenhouse. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26: 131-138.

Effects of Adding Anti-saline and Humic Acid Foliar Spraying on Yield Parameters of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*)Waleed F. HASSAN^{1*}, Basem Rahem BADER²**Abstract**

Spraying humic acid on a growing plant cauliflower enhances chlorophyll and carotene levels in the leaves; its crucial role in protecting plants from salt stress, water stress, and heavy metals, and its many other advantages in saline soils. The research study was carried out in one of the agricultural fields in the Muqdadiyah area, Haruniyah area, 21km, using a randomized complete block design (RCBD) and a normal factorial experiment during the agricultural season 2019-2020. It was located 40 kilometers North-East of Diyala governorate, Baquba district. This study aimed to determine how adding anti-saline and spraying humic acid affects the yield parameters of Nahar cauliflower. The results demonstrated that the addition of anti-saline when treated with N₂ was superior in the majority of the studied traits, including: (head weight, head diameter, percentage of dry matter in the heads, total yield, and total plant weight without the heads). Sequentially, the results demonstrated (4349 g, 26.39 mm, 15.79 %, 13.39 mcg ha⁻¹, 1.971 kg plant⁻¹) superiority over the control treatment. The majority of the analyzed parameters, including (head weight, head diameter, percentage of dry matter in heads, total yield, and total plant weight without heads) (3584 g, 26.52 mm, 16.80 percent, 15.15 tons H⁻¹, 2.182 kg plant⁻¹), were superior to the control treatment (3584 g, 26.52 mm, 16.80 percent, 15.15 tons H⁻¹, 2.182 kg plant⁻¹). The N₂H₂ treatment was found to be higher in most of the analyzed parameters, including (head weight, head diameter, percentage of dry matter in the heads, total yield, and total plant weight without the heads), which were (4684 g, 29.80 mm, 19.33 percent, 15.47 tons h⁻¹, 3.224 kg plant⁻¹) respectively compared to the control.

Keywords: Fertilization, Salt stress, Water stress, *Brassica oleracea* var. *Botrytis*.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Waleed F. Hassan, University of Kufa, najaf, Iraq. E-mail: waleed.almayahi@uokufa.edu.iq  OrcID: 0000-0003-2108-6037.

²Basem Rahem Bader, University of Diyala, Baqubah, Iraq. E-mail: basembader@uodiyala.edu.iq  OrcID: 0000-0002-4310-0250.

Atıf/Citation: Hassan W. F., Bader B. R. Effects of adding anti-saline and humic acid foliar spraying on yield parameters of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 353-360.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023

1. Introduction

Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) is a member of the *Brassicaceae* family and one of the essential winter vegetable crops, with over 350 genera and 4000 species spread across the globe, found in the Mediterranean region, and Cyprus is believed to be its original home (Jabbar et al., 2013). The cauliflower of vegetables is rich in many vitamins such as vitamin A and C as well as carotene, protein, phosphorus, potassium, iron, and calcium. It was shown that each 100 g of cauliflower contains 91.7% water, 25 calories, 2.4 g protein, 4.9 g carbohydrates, 72 mg phosphorus, 2.2 mg calcium, 1.1 mg iron, and many vitamins (Matlop et al., 1989). Anti-saline is a liquid fertilizer ready to be used to treat the phenomenon of salinity. It is added to soils with a salt concentration near the soil's surface to prevent it from moving to the top, leading to crop damage. It ends the problem of accumulated salt without forming layers. Impermeable and not added at temperatures below 5 degrees Celsius because this effect decreases when using low temperatures (Zodape, 2001). This substance reduces water evaporation in the soil and groundwater levels. They also found that it reduces the entry of salty seawater added by the wind into the soil by preserving the ready water (Ahmed and Salem, 2020).

Many methods exist for adding nutrients to the plants. One of the most basic and effective techniques is foliar fertilization, which involves spraying nutrients directly into the leaves (Rajasekar, 2017; Rachid et al., 2020). Recent research shows that foliar feeding is more significant than soil fertilizer in terms of effectiveness and success. It's a compliment, not a replacement, for soil fertilization (Bader et al., 2020). Humic acid is a critical acid that plays essential roles in plant life. It works by increasing the production of chlorophyll and carotene pigments, the rate of carbon metabolism, and the activity of many essential enzymes, inhibiting ethylene synthesis and having the opposite effect to acid abscisic. Spraying humic acid on a developing plant under abiotic stress increases the concentration of nutrients and pigments chlorophyll and carotene in the leaves (Kaya et al., 2018). In addition to its excellent qualities and benefits and its essential function in protecting plants from salt, water, and heavy metal stress (Khoshbakht and Asgharei, 2015). Adding this acid improves the supply of nutrients to plants in salty soils. It causes an increase in oxygen activity, which is essential in promoting the plant's development and production (Sayfzadeh et al., 2011; Rahim and Mohammed, 2020). As a result, the research aims to study anti-saline and humic acid and their interactions in cauliflower development and yield. The study aimed to know the extent of the anti-salinity effect in protecting saline lands to increase agricultural production.

2. Materials and Methods

A field experiment was carried out within the randomized complete block design (RCBD) and with a normal factorial experiment in the agricultural season 2019-2020 in one of the agricultural fields in Muqdadiyah district, Al-Harouniya district, Kleu 21, 40 km north of Baquba district of Diyala governorate, to study the effect of adding anti-saline and spraying humic acid Assad On the characteristics of the Nahar cauliflower crop, where the field designated for the experiment was prepared by plowing horizontally, leveling and plowing again vertically, then leveling and smoothing. The field was divided into three sectors, and each sector contains 9 experimental units, meaning that a total of 27 experimental units with dimensions of 3*2 m for each experimental unit With a distance of 1 m between an experimental unit and another and a distance of 2 m between one sector and another, and Each trial unit contains 7 plants. Irrigation pipes were extended with dimensions of 1.30 m between one tube and another inside the experimental unit, and seedlings were planted on one side of the line with a distance of 40 cm between one plant and another.

The experiment included a study of two factors, the first factor is anti-salinity and is symbolized by the symbol ((N₂, N₁, N₀) and at concentrations (2, 1, 0) ml / liter sequentially, it was added to the soil until complete saturation and the second factor is humic acid lion and symbolized by the symbol (H₂, H₁, H₀) and at concentrations (4, 2, 0) ml / liter sequentially as it was sprayed as shown in *Table 2*.

On the vegetative total and seedlings were planted on 10/10/2019 and the crop was harvested on 12/25/2019 10 samples were randomly taken from the soil and extracted well A representative sample of the field was taken from it for the purpose of analysis before planting from a depth of 0-30 cm, air-dried, ground with a wooden hammer and sifted with a sieve with a diameter of (2 mm) and divided into several sections to ensure that the sample was not damaged or lost and kept in different and known places until the analysis and the following characteristics were studied (weight Disc (gm), disc diameter (mm), percentage of dry matter in pink discs (%),

total yield (Mg H^{-1}), total plant weight without flower discs (kg plant^{-1}) and the soil of the study field was classified as alluvial mixture. The results were analyzed using the statistical program (SAS), and the significant differences between the means were tested according to the (Duncan) multiplex test. Dodd at the 0.05 probability level (Al-Rawi and Khalaf Allah, 2000) as shown in *Table 1*.

Table 1. The soil's chemical and physical qualities before planting

Parameters	pH	CEC	CE	N	P	K	Sand	Silt	Clay	Texture
			Ds m^{-1}	(mg kg^{-1})						
Amount	7.5	24.9	1.92	45	12.24	192.9	38.8	8.8	52.4	Clay

Table 2. The Chemical properties of humic acid and Anti-saline

Properties of humic acid				
Parameters	Humic	K ₂ O	Humidity	solubility
Amount	14%	2%	14%	99.8%
Properties of Anti-saline				
Parameters	Organicmatter	Alginate acid	amino acids	Mannitol
Amount	50%	16%	2%	3%

3. Results and Discussion

3.1. Diameter weight of cauliflower (gm)

Table 3 revealed that adding anti-saline to the N₂ treatment, 4349 gm, significantly affected the comparison treatment N₀, 2389 gm. Adding humic acid outperformed the control treatment H₀, which totaled 3585 gm, while the treatment H₂ weighed 3041 gm. Regarding the interaction between the two variables, the treatment N₂H₂ had the highest value of 4684 g, compared to the comparison treatment N₀H₀, which had a value of 2357 g.

Table 3. Effect of adding anti-saline and spraying humic acid on the head weight (gm) of the Nahar cauliflower cultivar

Treatment	H ₀	H ₁	H ₂	Mean±SEM
N ₀	2357e	2414e	2396e	2389±16.82C
N ₁	2731de	3400cd	3673bc	3268±297.88B
N ₂	4035abc	4329ab	4684a	4349±187.62A
Mean±SEM	3041±508.63B	3381±496.95AB	3584±661.97A	

According to Duncan's polynomial testing, there is no significant difference in the coefficients with the same letter at the 0.05 probability level.

3.2. Cauliflower head diameter (mm)

Table 4 revealed that adding anti-saline to treatment N₂ resulted in a significant difference of 26.39 mm compared to comparison treatment N₀, which resulted in a difference of 20.16 mm. N₂H₂ had the most significant interaction value of 29.80 mm, compared to N₀H₀, which had a value of 16.64 mm.

Table 4: The effect of anti-saline and humic acid spraying on head diameter (cm) and yield parameters of the Nahar cultivar

Treatment	H ₀	H ₁	H ₂	Mean±SEM
N ₀	16.64e	19.92d	23.92bc	20.16±2.10C
N ₁	18.91d	22.97c	25.84b	22.57±2.010B
N ₂	23.40c	25.96b	29.80a	26.39±1.85A
Mean±SEM	19.65±1.98C	22.95±1.78B	26.52±1.73A	

The Duncan polynomial test indicates that at the 0.05 probability level, coefficients with the same letters do not differ substantially.

3.3. Cauliflower florets' dry matter content as a percentage (percent)

According to Table 5, adding anti-saline to treatment N₂ resulted in a significant increase of 15.79 % over comparison treatment N₀, which amounted to 12.25 %. Humic acid supplementation outperformed the H₀ control treatment by 16.80% and the H₀ control treatment by 12.27%. Treatment N₂H₂ exhibited the most significant interaction between the two variables, at 19.33 percent, compared to comparative treatment N₀H₀, which had 11.20 percent.

Table 5. The effect of anti-saline and humic acid spraying on the percentage of dry matter in head diameter (%) and yield parameters of the Nahar cauliflower cultivar

Treatment	H ₀	H ₁	H ₂	Mean±SEM
N ₀	11.20c	12.12bc	13.44bc	12.25±0.65B
N ₁	12.19bc	12.86bc	17.63a	14.22±1.71A
N ₂	13.42bc	14.61b	19.33a	15.79±1.80A
Mean±SEM	12.27±0.64B	13.19±0.73B	16.80±1.75A	

The Duncan polynomial test indicates that at the 0.05 probability level, coefficients with the same letters do not differ substantially.

3.4. Cauliflower head yield total (kg ha⁻¹)

Table 6 revealed that adding anti-saline to treatment N₂ resulted in a significant effect of 13.39 tons ha⁻¹ compared to comparison treatment N₀, which resulted in 10.45 tons ha⁻¹. Adding marine algae to the H₂ treatment resulted in 15.15 tons ha⁻¹, outperforming the H₀ control treatment, which resulted in 11.68 tons ha⁻¹. Compared to N₀H₀, the treatment N₂H₂ had a higher value of 15.47 tons ha⁻¹ in terms of the interaction between the two variables.

Table 6. The effect of adding anti-saline and humic acid on total head yield (kg ha⁻¹) of the Nahar cauliflower cultivar

Treatment	H ₀	H ₁	H ₂	Mean±SEM
N ₀	11.05d	12.24cd	14.99ab	10.45±1.16B
N ₁	12.54bc	11.79cd	14.79ab	12.45±0.90B
N ₂	11.45cd	13.25bc	15.47a	13.39±1.16A
Mean±SEM	11.68±0.44B	12.42±0.43B	15.15±0.20A	

The Duncan polynomial test indicates that at the 0.05 probability level, coefficients with the same letters do not differ substantially.

3.5. Plant weight (kg plant⁻¹) without heads: (kg plant⁻¹)

The maximum interaction value was 3.224 kg plant⁻¹ in treatment N₂H₂, compared to 1.034 kg plant⁻¹ in treatment N₀H₂. The maximum interaction value was 3.224 kg plant⁻¹ in treatment N₂H₂, compared to 1.034 kg plant⁻¹ in treatment N₀H₂.

Table 7 showed a significant impact of anti-saline addition to treatment N₂, 1.971 kg plant⁻¹, compared to control N₀, 1.281 kg plant⁻¹. The H₂ treatment with added marine algae produced 2.182 kg plant⁻¹, which exceeded the control treatment H₀, which produced 1.269 kg plant⁻¹. The maximum interaction value was 3.224 kg plant⁻¹ in treatment N₂H₂, compared to 1.034 kg plant⁻¹ in treatment N₀H₂. The maximum interaction value was 3.224 kg plant⁻¹ in treatment N₂H₂, compared to 1.034 kg plant⁻¹ in treatment N₀H₂.

Table 7. The impact of anti-saline and humic acid treatment on the Nahar cauliflower cultivar's total plant weight without heads (kg plant⁻¹)

Treatment	H ₀	H ₁	H ₂	Mean±SEM
N ₀	1.034c	1.307bc	1.503bc	1.281±0.13C
N ₁	1.491bc	1.506bc	1.818b	1.605±0.10B
N ₂	1.280bc	1.409bc	3.224a	1.971±0.62A
Mean±SEM	1.269±0.13B	1.407±0.05B	2.182±0.52A	

The Duncan polynomial test indicates that at the 0.05 probability level, coefficients with the same letters do not differ substantially.

The study revealed that adding an anti-saline showed a significant difference due to the role of anti-saline in reducing salinity through practices or activities that represent the correct management of irrigation and water use with high efficiency, as well as reducing the added water to prevent waste, particularly in water-stressed areas. Three primary considerations must be considered to control the amount of water added in each irrigation: the consumption of crop water, the availability of water with which the irrigation process takes place, and the ability of soil to store water in the root zone. These findings agreed with those (Varma and Namara, 2006; Azooz, 2009; Rahim and Mohammed, 2020). It was presumed that anti-saline reduces crop water stress, maximizes yield, lowers the costs of delivering irrigation water to agricultural fields, increases soil moisture storage, and reduces fertilizer loss. Because it reduces surface and subsurface runoff and increases crop yields, the overall production is improved, the yield quality has improved, and excessive amounts of water have been reduced, reducing waterlogging issues. It helps control root zone salt accumulation by reducing the excess water that causes the groundwater level to rise.

Furthermore, irrigation water contains salts, and increasing irrigation implies adding salts to the soil, which results in increased returns by using the water stored in the soil for irrigation during the short periods when the crop is not irrigated, which is consistent with (Broner, 2005). Water stress has been linked to a decreased water supply in the soil due to continuous water loss via transpiration and evaporation.

Additionally, water stress results in several physiological and chemical changes in the plant, resulting in reduced growth, notably decreased leaf size, stem elongation, root growth, and water utilization efficiency (Farooq et al., 2009). Cell elongation and division have been used to promote plant growth and give the plant more opportunities to grow and expand. As the plant's hormone levels fluctuate, the stomata close. Increased abscisic acid levels in leaves and decreased cytokinin levels in roots lowered transpiration and water stress (Jaleel et al., 2009). Some hypotheses state how to overcome the problem of salinity and activate the anti-saline action in its explicit form, such as spraying with potassium sulfate fertilizer to reduce osmotic stress of the leaves or improve the host's nutrition by improving plant drought tolerance. Involvement in a wide range of physiological activities, such as transporting and storing numerous chemicals and water relations inside plants, regulated by soil salinity, indicates potassium's importance. This finding agreed with those (Yordanov et al., 2003; Zarghami et al., 2014; El-Taher et al., 2022).

It is conceivable that it influences ion entry, transfer, and transpiration processes, and the results support this theory (Khan et al., 2003; Mahdi et al. 2010). The reason could also be attributed to the synergistic effect of some phenolic compounds with other growth regulators, such as indole-3-acetic, which play an essential part in cell division and enlargement, resulting in increased plant height and thus increased vegetative growth and yield characteristics. These findings were agreed with (Al-sahaf et al., 2017; Abdul Kareem and Saeed, 2017). Humic acid is thought to have a role in forming plant hormones by activating enzymes in carbon metabolism.

As a result, the accumulation of processed nutrients in the plant rises, stimulating the plant to enhance its vegetative growth and production characteristics. These findings agreed with (Al-Abbasi et al., 2015). The role of humic acid has been attributed to increasing the effectiveness of carbon metabolism and element absorption, which leads to increased plant growth. As a result, vegetative growth and yield characteristics improve (Hegazi and El-Shraiy, 2007). These findings were consistent with those (Al-Qaisi, 2012; Al-Tamimi, 2015). Besides its role in increasing carbon dioxide absorption, which aids in carbon metabolism, it increases plant growth (Al-Obaidi, 2013). Spraying this acid boosts the ratio of nucleic and amino acids and the rate of carbon metabolism. It enhances carbohydrate content by oxidation, which improves the plant's characteristics and increases yield. These findings were consistent with those (Kumar et al., 2010; Gholamereza et al., 2011).

4. Conclusions

Adding anti-saline at a concentration of 2 mL L⁻¹ enhanced most of the characteristics studied. When 4 mL L⁻¹ humic acid was added, a large percentage of the characteristics studied performed better. Concentrations (4.2) mL L⁻¹ produced better results in most of the traits studied for the anti-saline/humic acid interaction.

Acknowledgment

This work is supported by the *Department of Soil Science and Water, Faculty of Agriculture, University of Kufa, Iraq.*

References

- Abdul Kareem A.J and M. Saeed (2017) Effect of Pinching Date and Foliar Spray of Salicylic Acid on Growth and Flowering of Marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Double Eagle. *Technical Journal*, 30(3): 22-31.
- Ahmed, M. Y. and Salem S. A. R. (2020). Effect of growth regulators, salinity, and chitosan on vegetative triats for the shoots of rootstocks of Citrus (*Swingle citrumelo*) multiplied in vitro. *Euphrates Journal of Agricultural Sciences*, 12(2): 511-521.
- Al-Abbasi, A. M., Abbas, J. A. and Al-Zurfi, M. T. (2015). Effect of spraying thiamin and salicylic acid on growth and flowering of *Zinnia elegans* L. *Advances in Agriculture & Botanics*, 7(1): 44-50.
- Al-Qaisi, W. A. and Al-Muntafji, H. N. H. (2012). The effect of spraying with aspirin (acetylsalicylic acid) on the growth and yield of mung plants exposed to drought stress. *Al-Mustansiriya Science Journal*, 23(8): 67-82.
- Al-Obaidi, Z. H. H. (2013). The Effect of Salicylic Acid and Growth-Stimulating Bacteria on The Activity of Enzymatic and Non-Enzymatic Antioxidants in The Growth and Yield of Maize Under Salt Stress. College of Agriculture, University of Baghdad.
- Al-Rawi, K. M. and Khalaf Allah, A. M. (2000). Design and Analysis of Agricultural Experiments. Baghdad University. Ministry of Higher Education and Scientific Research. Iraq. pp, 561.
- AL-Sahaf, F. H. R., AL-Zurfi, M. T. H., Saheb, A. R. and Saheb, T. H. (2017). Effect of spraying yeast extract and salicylic acid on growth and flowering of *Mathoila incaana* L. *Kufa Journal for Agricultural Sciences*, 9(1): 32-52.
- Al-Tamimi, A. J. H. (2015). *The effect of salicylic acid and proline under saline stress conditions on the growth, yield, and quality of sunflowers*. (Ph.D. Thesis). Department of Soil Sciences and Water Resources. College of Agriculture, University of Baghdad.
- Azooz, M. M. (2009). Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(4): 343-350.
- Bader, B. R., Abood, M. A., Aldulaimy, S. E. H., Al-Mehmdya, S. M. H. and Hamdi, G. J. (2020). Effect of water deficit and foliar application of amino acids on growth and yield of eggplant irrigated by two drip systems under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Science*, 31(2): 131-138.
- Broner, I. (2005). Irrigation: Irrigation Scheduling. Fact Sheet No. 4.708. Colorado State University Extension–USDA. 2 p.
- El-Taher, A. M., El-Raouf, A., Hany, S., Osman, N. A., Azoz, S. N., Omar, M. A., ... and Mahmoud, A. M. (2022). Effect of salt stress and foliar application of salicylic acid on morphological, biochemical, anatomical, and productivity characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) plants. *Plants*, 11(1): 115.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A. and Basra, S. M. A. (2009). Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. In: Sustainable Agriculture, Eds: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S. and Alberola, C., pp 153–188, Springer, France.
- Gholamreza, A. B. D. I., Mohammadi, M. and Hedayat, M. (2011). Effect of salicylic acid on Na⁺ accumulation in shoot and roots of tomato in different K⁺ status. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 5(13): 31-35.
- Hegazi, A. M. and El-Shraiy, A. M. (2007). Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(4): 834-840.
- Jabbar, A. H.; Iman, J. A. R. and Nasreen, K. A. A. (2013). Principles of Horticulture. Ministry of Higher Education and Scientific Research. Baghdad University. Faculty of Agriculture. University House for Printing Faculty of Agriculture. University House for Printing, Publishing, and Translation, 364.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram R. and Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(1): 100-105.
- Kaya, C., Akram, N. A., Ashraf, M. and Sonmez, O. (2018). Exogenous application of humic acid mitigates salinity stress in maize (*Zea mays* L.) plants by improving some key physico-biochemical attributes. *Cereal Research Communications*, 46(1): 67-78.
- Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160(5): 485-492.
- Khoshbakht, D. and Asgharei, M. R. (2015). Influence of foliar-applied salicylic acid on growth, gas-exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence in citrus under saline conditions. *Photosynthetica*, 53: 410-418.
- Kumar, S. P., Kumar, C. V. and Bandana, B. (2010). Effects of salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6(3): 102-113.
- Mahdi, S. S., Hassan, G. I., Samoon, S. A., Rather, H. A., Dar, S. A. and Zehra, B. (2010). Bio-fertilizers in organic agriculture. *Journal of Phytology*, 2(10): 42-54.
- Matlop, A. N., Azzedine, S. M. and Karim, S. A. (1989). Vegetable Production Part I. The second revised edition. Directorate of the House of Books for Printing and Publishing University of Mosul. Ministry of Higher Education and Scientific Research Republic of Iraq, 680.
-

- Rachid, A. F., Bader, B. R. and Al-Alawy, H. H. (2020). Effect of foliar application of humic acid and nanocalcium on some growth, production, and photosynthetic pigments of cauliflower (*Brassica oleracea* var. Botrytis) planted in calcareous soil. *Plant Archives*, 20(1): 32-37.
- Rahim, O. M. A. and Mohammed, I. Q. (2020). Effect of organic fertilizer and foliar application of humic and salicylic acids on reducing salinity stress of irrigation water on vegetative growth characteristics of broccoli (*Brassica Oleracea*) plant. *Plant Archives*, 20(1): 2263-2268.
- Rajasekar, M., Nandhini, D. U. and Suganthi, S. (2017). Supplementation of mineral nutrients through foliar spray-A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(3): 2504-2513.
- Sayfzadeh, S., Habibi, D., Taleghani, D. F., Kashani, A., Vazan, S., Qaen, S. H. S., ... and Rashidi, M. (2011). Response of antioxidant enzyme activities and root yield in sugar beet to drought stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(3): 357-362.
- Varma, S. and Namara, R. E. (2006). Promoting micro irrigation technologies that reduce poverty. *Water Policy Briefing*, 23: 1-6.
- Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003). Plant to responses to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal Plant Physiology*, Special Issue: 187-206.
- Zarghami Moghaddam, M., Shoor, M., Ganjeali, A., Moshtaghi, N. and Tehranifar, A. (2014). Effect of salicylic acid on morphological and ornamental characteristics of *Petunia hybrida* at drought stress. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4(3): 523-532.
- Zodape, S. T. (2001). Seaweed as a biofertilizer. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 60(5): 378-382.

Investigation of The Physicochemical Properties of Propolis Added Ice Creams During Storage*

Propolis İlaveli Dondurmaların Depolama Süresince Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi


Serdar MEHMETOĞLU¹, Zekai TARAKÇI^{2*}

Abstract

The aim of this study is to add functional food feature to ice cream, which is a popular food, by enriching it with propolis. In addition, another aim of the study is to provide a widespread consumption potential through ice cream to propolis, which cannot be consumed raw and whose benefits and functional properties are unknown to most consumers. A mixture consisting of a total of 6 sample groups containing 0.0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% and 0.5% propolis powder was prepared for the ice cream mix. Ice cream samples were prepared from these ice cream mixes. Different analyses were executed for propolis, ice cream mix and ice cream samples. While only antioxidant analysis was executed for propolis samples, Dry matter, pH, titration acidity analyzes were executed in ice cream mix samples. Volume increase index, texture analysis, melting rate, antioxidant activity and sensory analyzes in propolis added ice cream samples were carried out on different days during 2 months of storage. According to the findings, while the volume increase of the ice cream samples was not affected by the storage time, the difference between the propolis concentrations was found. It was observed that the first dripping times increased with storage, while the melting rate of the ice cream decreased. There was no significant change in the melting rate and first drip times depending on the propolis concentrations. The texture properties of ice cream samples have changed with the addition of propolis. The hardness and stickiness values of ice cream samples changed depending on the storage time. The addition of propolis significantly increased the antioxidant activity. Antioxidant activity was changed with the addition of propolis. The phenolic content and of ice cream did not change with storage, but FRAP value decreased slightly after 60 days of storage. Storage time had a limited effect on the physicochemical and sensory properties of ice cream. Although the addition of propolis negatively affected the physical and sensory properties of ice cream, it contributed significantly to the antioxidant activity even at the lowest concentrations. With this study, the potential of propolis-added ice cream as a functional new food for consumers of all ages has been demonstrated. In line with these results, new studies should be conducted by trying different propolis extracts and different concentrations, by revealing the functionality of propolis and adding it to new other foods.

Keywords: Antioxidant activity, Functional food, Ice cream, Propolis, Sensory, Texture.

¹Serdar Mehmetoğlu, Apiculture Research Institute, Ordu, Turkey. E-mail: mehmetogluserdar@hotmail.com  OrcID: 0000-0001-7787-0707.

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zekai Tarakçı, Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Ordu, Turkey. E-mail: ztarakci@odu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-3828-3232.

Atıf/Citation: Mehmetoğlu, S., Tarakçı, Z. (2023). Investigation of the physicochemical properties of propolis added ice creams during storage. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 361-373.

*Bu çalışma, Serdar Mehmetoğlu'nun "Propolis katkılı dondurmaların depolama süresince fizikokimyasal yapısının incelenmesi / Investigation of the physicochemical structure of propolis added ice creams during storage" isimli yüksek lisans tezinin sonuçlarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Bu çalışmanın amacı, propolis ile zenginleştirilerek popüler bir gıda olan dondurmaya fonksiyonel gıda özelliği kazandırmaktır. Ayrıca çalışmanın bir diğer amacı çiğ olarak tüketilmesi mümkün olmayan, faydaları ve fonksiyonel özellikleri çoğu tüketici tarafından bilinmeyen propolise dondurma yoluyla yaygın bir tüketim potansiyeli sağlamaktır. Dondurma miksine % 0.0, % 0.1, % 0.2, % 0.3, % 0.4 ve % 0.5 propolis tozu içeren toplam 6 adet örnek gruplarından oluşan miks hazırlanmıştır. Propolis örneğinde antioksidan analizi; dondurma misklerinde kuru madde, pH, titrasyon asitliği analizleri ile propolis katkılı dondurma örneklerinde hacim artış indeksi, tekstür analizi, erime oranı, antioksidan aktivite ve duyuşal analizler 2 aylık depolama süresince farklı günlerde gerçekleştirilmiştir. Bulgulara göre, dondurmaların hacim artışını depolama süresi etkilemezken, dondurma çeşitleri arasında fark bulunmuştur. İlk damlama sürelerinde depolama ile artmış, dondurmaların erime oranlarında ise azalma gözlemlenmiştir. Propolis konsantrasyonlarına bağlı olarak erime oranı ve ilk damlama sürelerinde önemli değişiklik olmamıştır. Dondurmaların tekstür özellikleri propolis ilavesi ile değişmiştir. Dondurmanın sertlik ve yapışkanlık değerleri depolama süresine bağlı olarak değişmiştir. Propolis ilavesi antioksidan aktiviteyi önemli düzeyde arttırmıştır. Antioksidan aktivitede propolis ilavesi ile değişimler olmuştur. Dondurmanın fenolik madde miktarı değeri depolama ile değişmezken, FRAP değeri 60 günlük depolama sonrası bir miktar azalmıştır. Depolama süresinin dondurmanın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerine sınırlı bir etkisi olmuştur. Propolis ilavesi, dondurmanın fiziksel ve duyuşal özelliklerini olumsuz etkilemesine rağmen, en düşük konsantrasyonlarda bile, antioksidan aktiviteye önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışmayla, propolis katkılı dondurmanın her yaştan tüketici için fonksiyonel yeni bir gıda olarak potansiyeli ortaya konmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda farklı propolis ekstraktları ve bunların farklı konsantrasyonları gıdalar üzerinde denenerek yeni çalışmalar yapılmalı ve propolisin fonksiyonelliği araştırılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Antioksidan aktivite, Fonksiyonel gıda, Dondurma, Duyusal, Propolis, Tekstür.

1. Introduction

Functional foods are foods that have beneficial effects on human health and nutritious properties. They are foods that help protect human health thanks to their bioactive components such as antioxidants, dietary fibers, probiotics, prebiotics, cholines, proteins, oligosaccharides, and phytochemicals (Yaşlı, 2010). Due to the relationship that consumers establish between food and health, not only the functional food market is becoming an increasingly growing industry but also studies on functional foods have increased in recent years (Aliyev, 2006; Yucel et al., 2017). Propolis is a functional food ingredient that has attracted a lot of attention in recent years. It is a natural resinous substance with a unique aromatic fragrance created by bees over collecting some sections of plants, plant buds, and plant secretions (Ghisalberti, 1979). It may have diverse colors depending on the source and level of maturity (Brown, 1989). Propolis has an overly complex chemical structure with more than 300 different compounds within. The chemical composition of propolis varies by factors such as environmental factors, climate, secretion source, (Cheng and Wong, 1996), and its approximate proximate composition is 50% resin, 30% wax, 10% essential oils, 5% pollen, and 5% other organic components. Flavanoids, phenolic compounds, esters, aromatic aldehydes, terpenes, sesquiterpenes, beta-steroids, alcohols, and caffeic acid phenyl ester (CAPE) are some of the organic compounds that propolis contains (Yucel et al., 2017). Propolis was found to contain a variety of vitamins (B₁, B₂, B₆, C, and E) and micro- and macro-elements (silver, cesium, antimony, mercury, calcium, copper, manganese, iron, aluminum, and vanadium) (Deblock-Bostyn, 1982). The main use of propolis by bees is to provide insulation inside the hive (Marcucci, 1995). In addition to the insulation function of propolis applied in layers of the hive, it is also used by bees for sealing the hive, repairing, and bonding the honeycomb, diminishing the access to the hive, fighting disease factors. Furthermore, propolis helps prevent microbial growth in the hive (Kumova, 2002) owing to its region and strain dependent antimicrobial activity (Apaydin and Gümüş, 2018). It was also applied as a coating material to enhance shelf life of food products due to its antimicrobial properties (Güler et al., 2022). Researchers utilized antimicrobial properties of propolis at different foodstuffs such as milk, meat and sausages and used propolis for enhancing antioxidative and pharmacological properties of foods such as yoghurt, soups, and dairy beverages (Irgoiti et al., 2021).

Development of a new functional food by adding propolis to ice cream is aimed in this study. Providing a widespread consumption potential to propolis which cannot be consumed in raw form, by adding popular foodstuff ice cream was also aimed. In this context, propolis powder was prepared and included in the ice cream formulation at different concentrations, and its effect on the physicochemical, functional, textural, and sensory properties was determined for two months of storage.

2. Materials and Methods

2.1. Propolis powder preparation

For the preparation of propolis powder, raw propolis collected from the apiaries of the Apiculture Research Institute in Ordu, Turkey in the summer of 2018 was used. Crude propolis was shaken in an ethanol-water solution (70/30%) for the propolis pre-extraction process for 10 days. The propolis extract was obtained after the removal of the precipitate by passing the mixture through filter paper. The extract was kept at 4°C for one day and filtered again and the precipitate was again removed. A rotary evaporator system (Buchi R300) at the Apiculture Research Institute Food Technology Laboratory was used to remove ethanol from the extract. Aqueous propolis extract was kept in a freezer at -18°C until the lyophilization process, which was carried out at the Ordu University Central Research Laboratory. The propolis powder obtained (83.4 g of powder was obtained from 212.37 g of crude propolis) was stored at -18°C until its utilization for ice cream production. Total phenolic content and antioxidant activity of propolis powder were determined according to the method explained in the sections of 2.4.2 and 2.4.3, respectively.

2.2. Preparation of ice cream mix

Pasteurized cow milk (Ak Gıda, Sakarya) with 10.7% dry matter, 2.9% protein, and 3.1% fat contents and a pH value of 6.57 was used for producing ice cream mix. The company also provided cow milk cream (35% fat, 3% lactose, and 1.5% protein). Skimmed milk powder was obtained from the Pınar Company (İzmir, Turkey) and powdered beet sugar was from the Konya Sugar Company (Konya, Turkey). An emulsifier/stabilizer mix was obtained from MEC3 Company (İzmir, Turkey).

Ice cream mix (ICM) consisted of 63.07% milk, 16% sucrose, 15.17% cream, %5.17 skimmed milk powder, 0.3% emulsifier, and 0.3% stabilizer. For an efficient pasteurization process, all ingredients were stirred in milk and homogenized. Prior to ice cream production, ice cream mix was aged for 24 h, at 4°C. Propolis powder content of ICM samples were adjusted to 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, and 0.5% and their analyzes were performed following 24 h of aging.

2.3. Ice cream production

The six groups of propolis added ice cream were produced (Delonghi, ICK 5000) in two replicates. Ice cream samples (ICM) were analyzed on the 3rd, 30th, and 60th days of storage. Ice cream samples and ice cream formulations were grouped as in *Table 1*.

Table 1. The trial pattern of ice cream mix and ice cream samples

Ice cream mix	Application level	Storage time (days)		
		3	30	60
Control	Mix group without propolis			
ICM1	Mix group with 0.1% propolis added			
ICM2	Mix group with 0.2% propolis added			
ICM3	Mix group with 0.3% propolis added			
ICM4	Mix group with 0.4% propolis added			
ICM5	Mix group with 0.5% propolis added			

2.4. Analyzes of ice cream mix

2.4.1. Physicochemical analysis

Ice cream samples (5 g) were dried in an oven at 105°C and the results were presented (% of sample weight) (AOAC, 2013). The pH values of samples were determined using a pH meter (Ohaus Starter 3100, USA). Solution from pH analysis was filtered, and the titratable acidity analysis was carried out by calculating as lactic acid equivalent.

2.5. Analyses of ice cream

2.5.1. Volume increase index (overrun), first dripping time, and melting rate

The overrun rate was detected by method given by Ahmad et al. (2020). Ice cream samples were weighed as 15 g and used for analysis of melting rate and first dripping time. The time of first drop (in seconds) is recorded and melting rate was calculated according to melted amount after 30 minutes (Kavaz et al., 2016).

2.5.2. Total phenolic content

To determine the total phenolic content of propolis powder and ice cream samples, 200 µL of the solution was taken from the solution, 0.1 mL of Folin-Ciocalteu reagent and 0.3 mL of Na₂CO₃ (2%) were added and it was completed to the final volume of 5 ml with distilled water. Different concentrations of gallic acid were used to obtain the standard curve. The samples that will react with Folin-Ciocalteu were read against blank (pure water) at 760 nm and the results were expressed as gallic acid equivalents (Gülçin, et al., 2004).

2.5.3. Antioxidant activity

For antioxidant activity analysis, propolis powder and ice cream samples were extracted with ethanol. Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) and analysis were performed to determine antioxidant activity of samples.

For the FRAP analysis, Trolox was used to plot the standard curve, and analysis was performed by reading the colored liquid formed as a result of the reaction between the sample solutions and Trolox FeCl₃, against the blank at 700 nm. Briefly, 1.17 mL sodium phosphate buffer (0.2 M, pH 6.6) and 1.25 mL of potassium Ferro cyanide, Trolox standard solution (80-240 µL), stock sample solution (80 µL) and K₃Fe (CN)₆] (1%) were added at tubes and the solutions were incubated at 50°C for 20 minutes. After incubation, 1.25 mL of 10% trichloroacetic acid is added to the solutions. Then 0.25 mL of 0.1% FeCl₃ was added and the tubes were vortexed and read in the spectrophotometer (Oyaizu, 1986).

2.5.4. Texture analysis

Following storage of ice creams at -18°C for 24 hours, the hardness and stickiness values of ice creams were measured at 20°C by a texture analyzer (TA-TX plus, Stable Microsystem, Reading, UK).

2.6. Sensory analysis

Ice cream samples were evaluated by 10 panelists. The panelists evaluated color-appearance, taste-aroma, structure-texture, meltability, and overall acceptability of samples on a 5 point hedonic scale (1: unacceptable; 5: very good).

2.7. Statistical analysis

All ice cream and propolis analyses were performed as two replicates. The SPSS statistical software was used to analyze the obtained data. Analysis of variance (ANOVA) was executed for statistical differences between propolis added ice cream groups and storage periods. Then, the statistically significant ($\alpha=0.05$) differences were subjected to the Tukey's Multiple Range Test.

3. Results and Discussion

3.1. Total phenolic content and antioxidant activity of propolis powder

The antioxidant activity values of the propolis powder sample were as "FRAP 396.84±6.52 mg TE in powder propolis sample. The total phenolic content was as total phenolic 136.19±3.35 GAE mg/mL. Sowmya et al. (2019), found the value of the total phenolic substance amount of the propolis sample they obtained in their study in India as 18.6 mg/mL GAE. The value that we found in this study is higher than this value. Ozdal et al. (2018), collected propolis samples from various parts of Turkey and determined their antioxidant activity. While the total amount of phenolic substance was higher than the value we found in our study, the FRAP value was found to be lower than the value we obtained in our study. The difference may be due to regional differences and seasonal factors to propolis content.

3.2. Dry matter, pH and titratable acidity of ice cream mix samples

The dry matter analysis, pH, titratable acidity results of the ice cream mix samples were shown in *Table 2*. In general, a higher dry matter content in an ice cream mix ensures a greater resistance to melting (Öztürk, 1969; Tekinsen and Karacabey, 1984). There was no significant difference between the ice cream mixes in terms of dry matter ($p>0.05$). The dry matter concentrations of the have been determined between 36.9 and 39.3%. While Şen (2016) found the dry matter ratio of ice cream mixes between 35.25-37.35 g/100g, Or (2009) found the dry matter ratios of ice cream samples between 32.43-45.71 g/100g, and. These dry matter ratios are similar to the dry matter ratios we found in our study. However, dry matter content of propolis-added ice creams ranged between 32.43 and 33.37% in the study done by Demir Özer (2021) and it was lower than the results found in this study.

Table 2. Dry matter, pH and titratable acidity of ice cream mixes

Ice Cream Mix Type	Dry Matter (%)	Analyses	
		pH	Titratable Acidity (Lactic acid %)
Control	39.1±1.7	6.45±0.02	1.20±0.03
ICM1	36.9±1.2	6.50±0.02	1.31±0.09
ICM2	38.5±4.1	6.29±0.04	1.11±0.01
ICM3	39.3±0.5	6.42±0.03	1.29±0.15
ICM4	38.4±3.1	6.36±0.06	1.39±0.18
ICM5	38.5±1.8	6.40±0.05	1.29±0.01

Control (0% propolis powder), ICM1 (0.1% propolis powder), ICM2 (0.2% propolis powder), ICM3 (0.3% propolis powder), ICM4 (0.4% propolis powder), ICM5 (0.5% propolis powder)

It can be seen from *Table 2* that the difference between the pH values of the ice cream mix samples was not statistically significant according to the analysis of variance ($p>0.05$). The pH values have been found in the range of 6.29 to 6.50. The fact that the only difference between the compositions of the ice cream mixes is propolis

concentration made the pH values very close to each other. Kurultay et al. (2010), found the pH values of the samples as 6.55 and 6.57, Tekinşen et al. (2011) found it between 6.35 and 6.41, and Demir Özer (2021) determined the pH values as 6.59-6.61. Similar pH readings to these values were recorded in our study.

According to the calculations, titratable acidity values of propolis-added ice cream mixes were between 1.11 and 1.39% as lactic acid equivalents. There was no statistical difference between the calculated values ($p>0.05$). Titratable acidity value in ice cream depends on the amount of fat-free dry matter in the formulation (Gürsel and Karacabey, 1998). Dağlı (2006) and Demir Özer (2021) determined the acidity of ice cream samples as 0.190-0.198% and 0.20-0.24% lactic acid equivalent, respectively while Açu et al. (2017) determined as 1.25-1.47%. The reason for the acidity differences between studies is thought to be the use of different ingredients and formulations.

3.3. Ice cream analyses

3.3.1. Volume increase index (overrun)

The volume increase index in ice cream is due to the air entering the mixture while it is partially frozen by mixing. Too much air entering to the mixture causes a granular structure while a low amount of air causes too hard texture. A volume increase between 15% and 50% is required in good quality ice creams (Tekinşen, 2008). The change in the volume increase values of the propolis-added ice cream samples in the 60-day storage period is given in the *Table 3*.

Table 3. Overrun values (%) of ice cream samples

Ice Cream Type	Storage Time (days)		
	3	30	60
Control	20.84±0.75b	23.50±0.77a	22.49±0.49ab
ICM1	23.26±0.16a	23.00±0.10a	23.37±0.36a
ICM2	23.45±0.15a	21.50±0.20b	23.41±0.32a
ICM3	20.83±1.64b	21.90±1.50b	21.65±0.75b
ICM4	22.57±0.58ab	23.50±0.46a	23.67±0.24a
ICM5	22.57±0.59ab	22.90±0.37ab	22.65±0.09ab

Control (0% propolis powder), ICM1 (0.1% propolis powder), ICM2 (0.2% propolis powder), ICM3 (0.3% propolis powder), ICM4 (0.4% propolis powder), ICM5 (0.5% propolis powder). a-b: There is a statistical difference between ice cream groups shown with different letters in the same column ($P<0.05$).

Considering the overrun values, a statistical difference was found between the ice cream samples depending on the propolis concentrations ($p<0.05$). There was no statistical difference between the volume increase values obtained at the end of the storage periods ($p>0.05$). The highest overrun value was found in the ICM4 group, stored for 60 days, and the lowest volume increase was in the ICM3 ice cream group, stored for 3 days. Atsan and Çağlar (2008) found the overrun values between 31.13% and 41.71% in their study. The values obtained in the study in which different stabilizers were used are higher than the values we obtained in our study. Antepüzümü (2005) found an increase in volume between 16.32 and 35.95% in ice creams produced using honey and glucose syrup. Some of these results are close to the values obtained in this study. The differences between studies are thought to be due to ice cream formulations, production technique, and freezer performance.

3.3.2. Determination of first dripping time and melting rate

The first dripping times and melting rates of the propolis added ice cream samples are shown in *Table 4*. The first dripping time was not affected significantly by the concentrations of propolis ($p>0.05$). However, storage was found to have a significant effect on the first dripping time ($p<0.01$). The shortest first dripping time occurred in the ICM1 codes ice cream samples, which were stored for 3 days, and the longest was in the ICM4 codes ice cream samples, which were stored for 60 days. The first dripping time values were increased significantly after 30 days of storage. The averages of the groups with different propolis concentrations were close to each other. Şen (2016) found first dripping time values between 1288 seconds and 1044 seconds in ice cream samples produced using sahlep obtained from orchids from Turkey's different regions. Güven et al. (2010) found this value between 1285

and 2000 seconds in their study where they produced Kahramanmaraş type ice cream with low fat content. The values in these studies are higher than the values determined in this study.

Different propolis concentrations in the ice cream samples did not make a statistically significant difference in the melting rate and the first dripping time ($p>0.05$). After the 30 and 60 days of storage, it was observed that the melting rate decreased, and this decrease was found to be statistically significant ($p<0.01$). The highest melting rate was calculated for the ICM3 group stored for 3 days and the lowest melting rate was in the control group ice cream stored for 60 days. Karaman et al. (2011) produced ice cream using 0.5% and 1% salep and found the melting rate at the 30th minute to be 22.70-78.89%. In this study, the melting rate of ice cream produced using 0.5% salep is close to the melting rate of ice cream produced in this study, while it is below the melting rate of ice cream produced with 1% salep. It is thought that the change in the first dripping time and melting rates during storage is because the ice cream has a harder structure during storage. The hardness values obtained in the texture analysis performed in this study also confirm this claim.

In a study evaluating the antimicrobial effect of propolis-added ice cream, it was observed that the addition of propolis did not significantly affect the first dripping time and melting rate results. In the study, the first dripping times were found to be between 421s-459s, and the melting rate was found to be between 16.4% and 16.7% (Demir Özer, 2021). The values in this study were found to be higher than these values and this difference is thought to be due to the changes in ice cream formulations.

Table 4. First dripping times (s) and melting rates (%) of samples

	Ice Cream Type	Storage Time (day)		
		3	30	60
First Drip Time (sec)	Control	759.0±36.0A	915.0±45.0B	940.0±80.0B
	ICM1	717.5±77.5A	975.0±45.0B	950.0±10.0B
	ICM2	927.5±17.5B	975.0±15.0B	900.0±60.0B
	ICM3	795.0±70.0A	960.0±0.00B	930.0±30.0B
	ICM4	865.0±20.0A	912.5±12.5B	1000±20.0B
	ICM5	845.0±45.0A	870.0±30.0A	930.0±10.0B
Melting Rate (%)	Control	63.96±1.27A	41.80±0.42B	38.10±0.80C
	ICM1	64.78±0.92A	42.05±0.67B	40.65±0.62B
	ICM2	68.10±1.12A	42.50±1.02B	39.55±0.67C
	ICM3	68.60±0.54A	39.70±0.85C	38.85±0.30C
	ICM4	66.75±1.58A	40.73±0.34B	40.40±0.20B
	ICM5	67.60±0.82A	41.30±0.29B	39.80±1.07C

Control (0% propolis powder), ICM1 (0.1% propolis powder), ICM2 (0.2% propolis powder), ICM3 (0.3% propolis powder), ICM4 (0.4% propolis powder), ICM5 (0.5% propolis powder). A-C: There is a statistically significant difference between the storage times shown in different capital letters on the same row ($P<0.05$)

3.3.3. Texture analysis in ice cream

Hardness and stickiness values of ICM samples were calculated via texture analyses. The texture analysis results of the samples are presented in Table 5.

The addition of propolis powder to the ice cream formulation at different rates affected the hardness and stickiness values of the ice creams insignificantly ($p>0.05$). In addition, hardness values obtained after 3rd day of storage were significantly different from values obtained after 30 and 60 days ($p<0.05$). The stickiness value obtained on the 30th day of storage was found significantly different from the values obtained in other storage periods ($p<0.05$). The highest hardness value was obtained in the ICM1 ice cream stored for 60 days; the lowest hardness value was obtained in the control group ice cream stored for 3 days. In addition, among ice cream samples, the group with the highest stickiness was determined as the ICM3 group, which was stored for 30 days, and the group with the lowest stickiness, the control group, which was stored for 60 days. After the 30 day of storage, the hardness values increased significantly. The changes between concentrations and hardness values after 60 days of storage were not statistically significant. Karaman et al. (2014) produced ice cream by adding persimmon paste to ice cream mix in different proportions in their study. In this study, they also investigated the texture properties of

ice cream groups. They found the hardness values of the samples between 44.34 N and 162.20 N. These values are higher than the values we found. It was thought that this situation caused by using different formulations and the fact that the ice cream dry matter components significantly affect the hardness. Karaman et al. (2014) found stickiness values between -7.83 and -4.11 N in their studies. These values are higher than the values we determined as well as the hardness value. As an alternative measurement to stickiness, Demir Özer (2021) indicated lower adhesiveness and cohesiveness values with the inclusion of propolis in ice cream samples.

Table 5. Texture analysis results of samples

	Ice Cream Type	Storage Time (day)		
		3	30	60
Hardness	Control	2.03±0.26A	29.02±10.76B	16.15±2.05B
	ICM1	7.40±0.24A	28.21±6.10B	41.47±0.54B
	ICM2	3.25±0.22A	24.64±3.31B	34.56±17.05B
	ICM3	5.88±1.53A	32.83±6.80B	35.77±22.94B
	ICM4	2.92±0.21A	34.04±4.78B	18.41±13.22B
	ICM5	4.44±1.25A	26.19±3.99B	26.31±6.10B
Stickiness	Control	-0.40±0.02A	-0.81±0.19B	-0.15±0.02A
	ICM1	-0.58±0.04A	-0.65±0.13A	-0.67±0.22A
	ICM2	-0.25±0.01A	-0.74±0.04B	-0.35±0.34A
	ICM3	-0.54±0.06A	-1.19±0.63B	-1.01±0.64B
	ICM4	-0.51±0.06A	-1.12±0.03B	-0.22±0.09A
	ICM5	-0.59±0.01A	-1.11±0.24B	-0.89±0.07B

Control (0% propolis powder), ICM1 (0.1% propolis powder), ICM2 (0.2% propolis powder), ICM3 (0.3% propolis powder), ICM4 (0.4% propolis powder), ICM5 (0.5% propolis powder). A-B: There is a statistically significant difference between the storage times shown in different capital letters on the same row (P<0.05).

3.3.4. Total phenolic content and antioxidant acidity of ice creams

In our study, the antioxidant activity of the samples was determined by calculating the FRAP value. Since phenolic components have antioxidant properties, the high amount of total phenolic substance usually indicates high antioxidant activity (Shori and Baba, 2013). The total phenolic contents and FRAP values of ice cream samples are as in Table 6.

The change of FRAP values was statistically significant (p<0.05). Propolis addition to ice cream has significantly affected total phenolic content and FRAP values (p<0.01) sample groups. The ICM5 group (3rd day) had the highest total phenolic content while the lowest was determined in the control group stored for 60 days. Kamiloglu et al. (2013) compared the antioxidant activities of food products containing black mulberry collected from the market in their study. In this study, the total phenolic contents of black mulberry ice cream was also calculated. It has been reported that the total phenolic content of black mulberry ice cream was calculated as 3.779 mgGAE/g. This value is higher than the values of all ice cream types in our study. The reason for this situation thought to be that although propolis added to the ice cream mix at a very low concentration in our study, the fruit ice cream analyzed in this study contained a higher rate of black mulberry. In their study, Ghosh and Bhattacharjee (2014) found the total phenolic contents of ice creams they produced by adding basil extract between 0.31 mg GAE/ml and 0.38 mgGAE/ml. The total phenolic contents of the ice creams we produced by adding propolis were higher. An increase in total phenolic content and antioxidant activity of yogurt was determined with the addition of propolis to yogurts in a study by Santos et al. (2019). This is thought to be due to the very high antioxidant activity of propolis. The highest FRAP value was calculated in the ICM5 group stored for 3 days and the lowest FRAP value in the control group stored for 3 days. The propolis concentration increases the FRAP values, which decrease a little with storage. Kamiloglu et al. (2013) found the FRAP value of black mulberry ice cream they collected from the market as 8.861 mg TE/g. This value is higher than the FRAP values of the ice creams we produce. The reason for this thought to be that black mulberry added to the mix at an exceedingly high concentration in the ice cream analyzed in the study. When the antioxidant activity analyses were examined in general, it was found that the addition of propolis increased the antioxidant activity of ice creams. It was determined that the storage period only affects the FRAP values but not the total phenolic content.

Table 6. Antioxidant activity values of ice cream samples

	Ice Cream Type	Storage Time(day)		
		3	30	60
Total Phenolic Content (mgGAE/gr)	Control	0.27±0.01a	0.43±0.10abc	0.09±0.03a
	ICM1	0.40±0.05abc	0.41±0.08abc	0.21±0.04a
	ICM2	0.51±0.05bc	0.42±0.12abc	0.35±0.07ab
	ICM3	0.56±0.05bc	0.63±0.07bc	0.54±0.11bc
	ICM4	0.74±0.03c	0.73±0.10c	0.65±0.19bc
	ICM5	1.19±0.26d	0.83±0.06c	0.99±0.18d
FRAP (mgTE/gr)	Control	1.18±0.07a,A	2.27±0.14ab,A	1.25±0.15a,A
	ICM1	2.48±0.03ab,A	2.56±0.05ab,A	2.19±0.64ab,A
	ICM2	4.89±0.24bc,AB	4.69±0.08bc,AB	2.92±0.16ab,A
	ICM3	5.88±0.28cd,BC	6.41±0.25cd,BC	4.73±0.13bc,AB
	ICM4	7.21±0.89d,BC	4.79±0.26bc,AB	5.18±1.45cd,BC
	ICM5	9.42±0.03d,BC	6.39±2.50cd,BC	5.90±0.14cd,BC

Control (0% propolis powder), ICM1 (0.1% propolis powder), ICM2 (0.2% propolis powder), ICM3 (0.3% propolis powder), ICM4 (0.4% propolis powder), ICM5 (0.5% propolis powder). a-d: There is a statistical difference between ice cream groups shown with different letters in the same column ($P < 0.05$). A-C: There is a statistically significant difference between the storage times shown in different capital letters on the same row ($P < 0.05$).

3.3.5. Sensory analyses of ice cream samples

The sensory properties of ice cream samples evaluated by different panelists in terms of color-appearance, structure-texture, taste-aroma, meltability, and overall acceptability scores are given in *Table 7*.

The change in color-appearance scores of ice cream samples during storage was found insignificant ($p > 0.05$). The effect of different propolis concentrations on color-appearance scores was found statistically significant in sensory evaluations ($p < 0.01$). The highest color-appearance scores were found in the control group, while the lowest scores were found in ICM5 group containing the highest concentration of propolis powder. Yaşar and Şahan (2008) stated that the color-appearance scores of the Kahramanmaraş type ice cream produced using honey was affected negatively with increasing honey ratio. Antepüzümü (2005) used honey and glucose syrup in the formulation of ice cream in his study and stated that the ice cream containing honey had lowest color scores.

When the structure-texture scores of the ice cream groups were analyzed statistically, it was found that the difference between the storage time and the scores obtained from different concentrations was insignificant ($p > 0.05$). It is determined that the control group stored for 3 days with the highest score, and the ICM4 and ICM5 group ice creams stored for 60 days with the lowest score. The probiotic ice cream produced by Bakır (2015) has a higher score than the control group considering the structure-texture feature. Koyun (2009) stated that there was an insignificant difference between the texture-consistency scores of the ice cream produced by skimmed milk powder and whey protein concentrate.

It was determined that both the propolis concentration and the storage time significantly affected the scores obtained by the groups in the taste-aroma sensory evaluations ($p < 0.01$). The highest taste aroma score was found in the ICM1 group, which was stored for 3 days, and the lowest in the ICM4 group, which was stored for 60 days. There is no statistical difference between the taste-aroma scores of the ice creams with propolis additions. ICM1 ice cream samples were determined to have a different mean from all other groups. When the averages of the ice cream samples are examined according to the storage time, it was determined that the 3-day group samples with high scores were different from the other groups. Yaşar and Şahan (2008) and Antepüzümü (2005) added honey to ice cream in their study. In both studies, it stated that the addition of honey negatively affected the taste-aroma scores of ice cream.

There was statistically significant difference ($p > 0.05$) between the meltability scores during the storage period. However, the difference between the sensory scores of the ice creams with different propolis content was statistically significant ($p < 0.01$). The highest scores were found in the control group, while the lowest scores were in the ICM5 group.

The overall acceptability scores of the sensory evaluations made by the panelists on different days are shown in Table 8 and the scores differed insignificantly among the storage periods ($p>0.05$). It was determined that the on the general acceptability scores was affected by the propolis concentration significantly ($p<0.01$). Like other sensory features, the control group achieved the highest scores, while the ICM5 group got the lowest. Because of the sensory evaluations, it can be said that the most liked group was the control group. The addition of propolis negatively affected all sensory properties of ice creams. Addition of propolis to ice cream up to 0.6% was found acceptable in terms of sensory in a study by Mironova et al. (2020) in which they studied the propolis concentrations between 0 and 0.9%.

Table 7. Effect of propolis powder concentrations on sensory properties of ice creams

Ice Cream	Storage times (day)			
	3	30	60	
Color and Appearance	Control	4.9±0.1a	4.7±0.1a	4.5±0.2a
	ICM1	4.2±0.2ab	4.3±0.2a	4.1±0.2ab
	ICM2	4.4±0.2a	4.4±0.2a	4.2±0.2ab
	ICM3	3.9±0.3bc	3.7±0.3bc	3.5±0.3bc
	ICM4	3.9±0.3bc	3.6±0.3bc	3.5±0.3bc
	ICM5	3.6±0.4bc	3.5±0.4bc	3.3±0.3c
Structure Texture	Control	4.1±0.3	4.0±0.2	3.8±0.2
	ICM1	3.9±0.3	3.9±0.3	3.8±0.2
	ICM2	3.7±0.2	3.8±0.2	3.6±0.2
	ICM3	3.7±0.2	3.6±0.3	3.4±0.3
	ICM4	3.7±0.2	3.6±0.3	3.5±0.3
	ICM5	3.6±0.3	3.7±0.2	3.5±0.2
Taste and Aroma	Control	4.6±0.2a,A	4.0±0.1b,B	4.0±0.2b,B
	ICM1	4.9±0.1a,A	3.9±0.1b,B	4.2±0.2ab,B
	ICM2	4.5±0.2a,A	3.8±0.2b,B	4.0±0.2b,B
	ICM3	4.4±0.2ab,A	3.6±0.2b,B	3.7±0.3b,B
	ICM4	4.4±0.2ab,A	3.6±0.2b,B	3.5±0.2b,B
	ICM5	4.3±0.3ab,A	3.7±0.3b,B	3.7±0.3b,B
Meltability	Control	4.1±0.3a	4.2±0.3a	4.1±0.3a
	ICM1	3.7±0.3ab	3.6±0.3ab	3.6±0.3ab
	ICM2	3.7±0.2ab	3.6±0.3ab	3.4±0.3b
	ICM3	3.6±0.3ab	3.5±0.3ab	3.3±0.2b
	ICM4	3.5±0.3ab	3.8±0.2ab	3.6±0.2ab
	ICM5	3.4±0.3b	3.2±0.1b	3.1±0.2b
Overall Acceptability	Control	4.3±0.2a	4.4±0.2a	4.2±0.2a
	ICM1	4.2±0.2a	4.2±0.2a	3.9±0.2ab
	ICM2	4.1±0.3ab	4.0±0.2ab	3.8±0.2ab
	ICM3	3.8±0.2ab	3.8±0.2ab	3.6±0.2b
	ICM4	3.8±0.2ab	3.9±0.2ab	3.8±0.2ab
	ICM5	3.7±0.2b	3.6±0.2b	3.5±0.2b

Control (0% propolis powder), ICM1 (0.1% propolis powder), ICM2 (0.2% propolis powder), ICM3 (0.3% propolis powder), ICM4 (0.4% propolis powder), ICM5 (0.5% propolis powder). a-c: There is a statistical difference between ice cream groups shown with different letters in the same column ($P < 0.05$). A-B: There is a statistically significant difference between the storage times shown in different capital letters on the same row ($P < 0.05$).

Santos et al. (2020) reported that the addition of red propolis, as a substitute of chemical preservative, into yogurt did not affect the sensory properties of yogurts while Korkmaz et al. (2021) indicated that the sensory acceptance of yogurts decreased when propolis was included in yogurts. However, Luis-Villaroya et al. (2015) added propolis to apple juice due to the protective properties of propolis in his study. Similar to the results in our study, it has been reported that as the propolis concentration increases, a decrease in consumer taste is observed. According to the results of sensory analysis, it was reported that the group containing the highest propolis achieved the lowest scores.

4. Conclusion

In this study, a functional ice cream product was formulated by adding propolis powder. It is physicochemical, sensory, and bioactive properties were investigated during storage. It was determined that adding propolis did not significantly affect the physicochemical properties. Propolis concentration did not affect the melting rate and first dripping times significantly but it affected overrun values. No significant change was seen in ice creams regarding propolis concentration, but hardness and stickiness values change with extended storage time. While the addition of propolis contributed significantly to the antioxidative properties, increasing propolis concentration caused a decrease in sensory analysis scores. When antioxidant activity analyzes and sensory analyzes are evaluated together, it is seen that the ice cream sample containing 0.2% and 0.3% propolis are the ideal groups to produce propolis-added ice cream. In line with these results, further studies should be carried out on different types of propolis extracts. It is thought that the propolis powder has highly promising properties for propose a novel functional food to consumers from any ages.

Acknowledgement

This research was granted (Project No: B-1840) as the MS thesis project Serdar Mehmetoğlu, the first author, by the Scientific Research Project Coordination Unit of Ordu University (Ordu, Turkey).

References


- Açu, M., Kinik, Ö. and Yerlikaya, O. (2017). Functional properties of probiotic ice cream produced from goat's milk. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 9(4): 86-100.
- Ahmad, I., Khalique, A., Junaid, M., Shahid, M. Q., Imran, M. and Rashid, A. A. (2020). Effect of polyphenol from apple peel extract on the survival of probiotics in yoghurt ice cream. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(6): 2580-2588.
- Aliyev, C. (2006). *The effect of kefir and blueberry on the physicochemical, sensory and microbiological properties of ice cream*. (MSc. Thesis) Ondokuz Mayıs University, Samsun.
- Antepüzümü, F. (2005). *Effect of using honey and glucose syrup on the qualities of Kahramanmaraş type ice cream*. (MSc. Thesis) Çukurova University, Adana.
- Apaydin, H. and Gümüş, T. (2018). Inhibitory effect of propolis (bee gum) against staphylococcus aureus bacteria isolated from instant soups. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 15(1): 67-75.
- AOAC (2013). Total Solids in Ice Cream and Frozen Desserts. In (Vol. 941.08).
- Atsan, E. and Çağlar, A. (2008). The effect of different levels of stabilizers on some physical and organoleptic parameters of ice cream. *Research in Agricultural Sciences*, 39(2): 195-200.
- Bakır, E. (2015). *A Study on the use of probiotic bacteria in ice cream production*. (MSc. Thesis) Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş.
- Brown, R. (1989). Hive products: pollen, propolis and royal jelly. *Bee world*, 70(3): 109-117.
- Cheng, P. C. and Wong, G. (1996). Honey bee propolis: prospects in medicine. *Bee world*, 77(1): 8-15.
- Dağlı, A. (2006). *Using of whey powder in the production of frozen yoghurt*. (MSc. Thesis) Ankara University, Ankara
- Deblock-Bostyn, G. (1982). L'Abeille et ses produits. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 38: 181-203.
- Demir Özer, E. (2021). The effects of propolis and nisin on *Listeria monocytogenes* in contaminated ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(8): e14598.
- Ghisalberti, E. (1979). Propolis: a review. *Bee world*, 60(2): 59-84.
- Ghosh, S. and Bhattacharjee, P. (2014). Supercritical carbon dioxide extract of *Ocimum sanctum* improves nutraceutical properties of ice cream. *Nutrafoods*, 13(2): 69-78.
- Gülçin, İ., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M. and Küfrevioğlu, Ö. İ. (2004). Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food chemistry*, 87(3): 393-400.
- Güler, G., Şen, A., Korkmaz Turgud, F., Tahtabiçen, E., Ağma Okur, A. and Şamlı, H. E. (2022). Effects of propolis extract coating on shelf life and quality parameters of eggs obtained from free-range hens. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 19(1): 89-100.
- Gürsel, A. ve Karacabey, A. (1998). Dondurma Teknolojisine İlişkin Hesaplamalar, Reçeteler ve Kalite Kontrol Testleri. Ankara University Publications, 172 pages.
- Güven, M., Karaca, O. B. and Yaşar, K. (2010). Effects of using different emulsifiers on properties of ice cream in production of low fat Kahramanmaraş type ice cream. *Gıda*, 35(2): 97-104.
- Irigoitı, Y., Navarro, A., Yamul, D., Libonatti, C., Tabera, A. and Basualdo, M. (2021). The use of propolis as a functional food ingredient: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115: 297-306.
- Kamiloglu, S., Serali, O., Unal, N. and Capanoglu, E. (2013). Antioxidant activity and polyphenol composition of black mulberry (*Morus nigra* L.) products. *Journal of Berry Research*, 3(1): 41-51.
- Karaman, S., Toker, Ö. S., Yüksel, F., Çam, M., Kayacier, A. and Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of dairy Science*, 97(1): 97-110.
- Karaman, S., Yılmaz, M. T. and Kayacier, A. (2011). Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloids*, 25(5): 1319-1326.
- Kavaz, A., Yüksel, M. and Dağdemir, E. (2016). Determination of certain quality characteristics, thermal and sensory properties of ice creams produced with dried Besni grape (*Vitis vinifera* L.). *International Journal of Dairy Technology*, 69(3): 418-424.
- Korkmaz, I. O., Bilici, C. and Korkmaz, S. (2021). Sensory, pH, syneresis, water-holding capacity, and microbiological changes in homemade yogurt prepared with maca (*Lepidium meyenii*) powder and propolis extract. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23: 100291.
- Koyun, A. (2009). *Replacement of skim milk powder with whey protein concentrate in industrial ice cream production, determination of usage this rate in ice cream*. (MSc. Thesis) Namık Kemal University, Tekirdağ.
- Kumova, U. (2002). An important bee product: Propolis. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2(2): 10-24.


- Kurultay, Ş., Öksüz, Ö. and Gökçebağ, Ö. (2010). The influence of different total solid, stabilizer and overrun levels in industrial ice cream production using coconut oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34: 346-354.
- Luis-Villaroya, A., Espina, L., García-Gonzalo, D., Bayarri, S., Pérez, C. and Pagán, R. (2015). Bioactive properties of a propolis-based dietary supplement and its use in combination with mild heat for apple juice preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 205: 90-97.
- Marcucci, M. C. (1995). Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26(2): 83-99.
- Mironova, I. V., Galieva, Z.A., Konovalov, S. A., Bychkova, T. S., Baydan, D. V. and Rozhkov, K. A. (2020). Enrichment of milk ice cream with bee products. Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management 22 October 2020, Veliky Novgorod, Russian Federation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 613, No. 1, p. 012082, IOP Publishing.
- Or, F. (2009). *A research on the evaluation of microbiological quality of plain ice-cream which is produced in accordance with Kahramanmaraş style produced in Kahramanmaraş*. (MSc. Thesis) Çukurova University, Adana.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44: 307-315.
- Ozdal, T., Sari-Kaplan, G., Mutlu-Altundag, E., Boyacioglu, D. and Capanoglu, E. (2018). Evaluation of Turkish propolis for its chemical composition, antioxidant capacity, anti-proliferative effect on several human breast cancer cell lines and proliferative effect on fibroblasts and mouse mesenchymal stem cell line. *Journal of Apicultural Research*, 57(5): 627-638.
- Öztürk, A. (1969). Research on the Making and General Characteristics of Ice Cream Processed in Ankara. No: 341, Ankara University, Ankara.
- Santos, M. S., Estevinho, L. M., Carvalho C. A. L., Morais, J. S., Conceição, A. L. S., Paula, V. B., Magalhães-Guedes, K. and Almeida, R. C. C. (2019). Probiotic yogurt with Brazilian red propolis: physicochemical and bioactive properties, stability, and shelf life. *Journal of Food Science*, 84(12): 3429-3436.
- Santos, M. S., Estevinho, L. M., de Carvalho, C. A. L., da Silva Conceição, A. L. and de Castro Almeida, R. C. (2020). Rheological and sensorial evaluation of yogurt incorporated with red propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3): 1080-1089.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthin on autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 945-948.
- Shori, A. and Baba, A. (2013). Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by Azadirachta indica-yogurt. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3): 295-301.
- Sowmya, S., Gujjari, A., Mruthunjaya, K., Padmanabhan, T., Anupama, C., Sushma, R. and Gaekwad, S. (2019). Antioxidant and antimicrobial activity of propolis. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 8(2): 152-154.
- Şen, M. (2016). *Determination of the characteristics of saleps obtained from orchids collected from various areas in Turkey and investigation of their effects on the product quality of traditionally made Maraş style ice cream*. (PhD. Thesis), Namık Kemal University, Tekirdağ.
- Tekinsen, C. and Karacabey, A. (1984). *The effect of some stabilizer mixtures on the physical and organoleptic content of Kahramanmaraş type ice cream*. Project #: VHAG-594, The Scientific and Technological Research Council of Türkiye, TÜBİTAK, Ankara.
- Tekinşen, C. (2008). *Dondurma: temel bilgiler, teknoloji, kalite kontrolü*: Selçuk Üniversitesi Basımevi.
- Tekinşen, K. K., Güner, A. and Gürkan, U. (2011). The possible usage of konjac gum in ice-cream production. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 27(4): 199-206.
- Yaşar, K. and Şahan, N. (2008). Effects of Honey and Molasses Usage on Physical and Sensory Properties of Kahramanmaraş-Type Ice Creams. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 795-798.
- Yaşlı, B. (2010). *The effect of coaservation encapsulation on the survival rate of Lactobacillus acidophilus KPb1 and Lactobacillus reuteri NRRL B-14171 added in ice cream*. (MSc. Thesis) Abant İzzet Baysal University, Bolu.
- Yucel, B., Topal, E. and Kosoglu, M. (2017). Bee products as functional food (Chapter 2). In: *Superfood and Functional Food-An Overview of Their Processing and Utilization*, Eds: Waisundara, V., Shiomi, N.: 15-33.

Golden delicious L. Çeşidi Elmanın Kuruma Özelliklerine Ön İşlemlerin EtkisiEffect of Pretreatment on Drying Properties of *Golden delicious* L. Apple**Muhammed TAŞOVA^{1*}, Samet Kaya DURSUN²****Öz**

Elma (*Malus domestica*), gülgiller (*Rosaceae*) familyasından kültürü yapılan bir tür olup taze olarak tüketiminin yanında kurutulup meyve ve çips olarak tüketimi son yıllarda daha fazla popüler hale gelmiştir. Ancak yapılan kurutma işlemlerinde enerji ve kalite özellikleri dikkate alınarak uygun kurutma şartlarının belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, bazı kurutma ön işlemleri (sitrik asit, potasyum karbonat, vakum impregnasyon) *Golden delicious* L. çeşidi elma dilimlerine uygulayarak kurutma işleminin enerji tüketimini azaltmak ve örneklerin fiziko-kimyasal özelliklerinin korunması amaçlanmıştır. Elma dilimleri sabit 70 °C sıcaklıkta 3.98±0.06'dan 0.06±0.019 g nem g kuru madde⁻¹ değerine kadar kurutulmuştur. Çalışmada, en kısa kuruma süresi 5.5. saat olarak tespit edilirken en uzun kuruma süresi ise 9.5 saat olarak belirlenmiştir. En iyi tahmin eden matematiksel model Wang Sing olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemlerinin efektif difüzyon değerlerinin 1.03x10⁻⁵-6.67x10⁻⁶ m² s⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra kurutulan örneklerin efektif difüzyon değerinin en yüksek olduğu bulunmuştur. Tazenin renk değerlerini en iyi (P<0.05) sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra kurutulan örnekler muhafaza ettiği belirlenmiştir. En düşük toplam enerji, özgül enerji tüketimi (SEC) ve buharlaşma gizli ısı değerleri sitrik asit çözeltisine bandırılan örneklerin kurutulması işleminde belirlenmiştir. Bu değerler sırasıyla 0.766 kWh, 247.41 kWh kg⁻¹, 2.02 kWh olarak bulunmuştur. En yüksek özgül nem çekme oranı (SMER) yine sitrik asit çözeltisine bandırılan örneklerin kurutulmasında ve 0.00404 kg kWh⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda *Golden delicious* L. çeşidi kurutulmuş elma dilimlerinin optimum enerji parametreleri ve fiziko-kimyasal özellikleri göz önüne alındığında belirlenmesinden dolayı sitrik asit çözeltisine bandırdıktan sonra kurutulması önerilmektedir. Vakum impregnasyon ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan örneklerde bazı renk değerleri tazeye istatistiksel açıdan daha uygun olduğu belirlenmesinden dolayı bundan sonraki çalışmada sitrik asit+vakum impregnasyon ön işleminin uygulaması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elma, Kurutma işlemleri, Enerji parametreleri, Buharlaşma gizli ısı, Kalite.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Muhammed Taşova, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tokat/Türkiye. E-mail: muhammed.tasova@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5025-0807.

²Samet Kaya Dursun, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tokat/Türkiye. E-mail: kayadrsn44@gmail.com  OrcID: 0000-0002-8230-3560.
Atıf/Citation: Taşova, M., Dursun, S. K. (2023). *Golden delicious* L. çeşidi elmanın kuruma özelliklerine ön işlemlerin etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 374-386.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

Apple (*Malus domestica*) is a cultured species from the rosaceae (*Rosaceae*) family, and its consumption as fresh as well as dried fruit and chips has become more popular in recent years. However, it is important to determine the appropriate drying conditions in the drying processes, taking into account the energy and quality characteristics. In this study, it was aimed to reduce the energy consumption of the drying process and to preserve the physico-chemical properties of the samples by applying some drying pretreatments (citric acid, potassium carbonate, vacuum impregnation) to apple slices of *Golden delicious* L. Apple slices were dried at a constant temperature of 70 °C from 3.98±0.06 to 0.06±0.019 g moisture g dry matter⁻¹. In the study, the shortest drying time was 5.5. The longest drying time was determined as 9.5 hours. The best predictive mathematical model was determined as Wang Sing. It has been determined that the effective diffusion values of the drying processes vary between 1.03x10⁻⁵-6.67x10⁻⁶ m² s⁻¹. It was found that the effective diffusion value of the dried samples after dipping in citric acid solution was the highest. It was determined that the fresh color values were preserved best (P<0.05) for the dried samples after dipping in citric acid solution. The lowest total energy, specific energy consumption (SEC) and latent heat of evaporation values were determined in the drying process of the samples dipped in citric acid solution. These values were found as 0.766 kWh, 247.41 kWh kg⁻¹, 2.02 kWh, respectively. The highest specific moisture absorption rate (SMER) was determined as 0.00404 kg kWh⁻¹ in the drying of the samples dipped in citric acid solution. In line with the findings obtained *Golden delicious* L. variety is recommended to be dried after dipping in citric acid solution because the optimum energy parameters and physico-chemical properties of dried apple slices are determined. Since it has been determined that some color values are statistically more suitable for fresh in dried samples after vacuum impregnation pretreatment is applied, it is recommended to apply citric acid+vacuum impregnation pretreatment in the next study.

Keywords: Apple, Drying processes, Energy parameters, Latent heat of evaporation, Quality.

1. Giriş

Dünya genelinde en yaygın tüketilen meyvelerden biriside elmadır. Bünyesinde ortalama %80-85 oranında su barındıran elma meyvesi %10-14 karbonhidrat, %0.3 protein, %0.2 lipit, %2 lif ve bir çok mineral maddeden oluşmaktadır (Winiczenko ve ark., 2021). Elma iyi bir diyet gıdası olmasının yanı sıra sağlık açısından astım ve kolesterol rahatsızlıklarının iyileşmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Bora ve ark., 2018). Küresel elma üretimi miktarı 2015 yılında 82.408.896 ton iken bu değer 2019 yılında 87.236.221 tona ulaştığı belirtilmektedir. Ülkemiz ise 3.618.752 ton ile 4. sırada yer almaktadır (Karakaya ve Kızıloğlu, 2021). Elma taze olarak tüketiminin yanında sirke, şarap, reçel ve kozmetik ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır. Özellikle dip döküntü elmaları kurutulmuş meyve cipsi, kuru meyve yapılarakta önemli ekonomik gelir elde edilmektedir. Anonim (2022), kurutulmuş 250 g elma meyvesinin ortalama 30 TL civarında satıldığını belirtmiştir.

Elma kurutma işleminde bilinen en eski kurutma yöntemi güneşte açığa serilerek gerçekleştirilen doğal kurutmadır. Güneşte kurutma, maliyet ve çevreci olması yönünden avantajlı bir yöntemdir. Fakat açıkta kurutma işleminde ürünün her zaman kurutulma olanağının olmaması, kuruma süresinin çok fazla olması, istenilen nem seviyesine ulaşmadığında küflenme sorununun meydana gelmesi ve çevresel etmenlerden (toz, rüzgar, yağmur, böcek, ilaç vb.) olumsuz yönde etkilenmeye açık olması yönünden ise dezavantajlıdır (Purohit ve ark., 2006; Sharma ve ark., 2009; Taşkın ve ark., 2021). Elma kurutma işlemlerinde çok fazla tercih edilen diğer bir yöntem ise konvansiyonel kurutmadır. Bu yöntemde açık kurutma metoduna göre kurutma işleminin daha hızlı, ısı dağılımının daha homojen ve son kalite değerlerinin daha yüksek olduğu sonuçlar alınmaktadır (Morais ve ark., 2018; Yan ve ark., 2019; Boateng ve Yang, 2020). Tarımsal ürünlerin üretiminden tüketim aşamasına kadar kullanılan enerji miktarı küresel boyutta üretilen enerji miktarının ortalama %30'una denk geldiği bildirilmektedir (FAO, 2011; Jha ve Tripathy, 2017; Jha ve Tripathy, 2021). Genel olarak ülkelerin tükettiği enerjinin ortalama %10-25'inin sadece kurutma işlemlerinde tüketildiği (Mujumdar ve Law, 2010), endüstrileşmiş ülkelerde ise bu değer ortalama %7-15 oranında değiştiği bildirilmektedir (Akpınar ve ark., 2005). Bu sebeple elma kurutma işlemlerinde hem tüketilen enerji miktarını azaltmak hem de ürünlerin kalite özelliklerini korumak için bazı ön işlemler uygulanmaktadır (Lewicki ve Gupta, 1995; Soomro ve ark., 2020).

Rojas ve ark. (2021), etanol ön işlemleri uygulandıktan sonra ultrason destekli konvansiyonel kurutma işleminde elma örneklerini kurutmuşlardır. Kontrole göre ön işlemleri örneklerin %70 oranında daha kısa sürede kurduğunu tespit etmişlerdir. Bununla beraber ön işlemin kuru örneklerin rehidrasyon yeteneğini artırdığı ve büzüşmeyi de kısmen engellediğini bildirmişlerdir. Önal ve ark. (2019), Kuzey İtalya bölgesinde yetişen Anurka elma türüne ait örnekleri 65 °C sıcaklıkta kurutmuşlardır. Çalışmada karbonhidrat+tuz çözeltisine bandırma ön işleminin elma dilimlerinin kalite özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Ön işlemleri örneklerin renk değişimi, büzüşme miktarları kontrole göre daha az seviyede gerçekleştiğini ve kuruma süresini de azalttığını bildirmişlerdir. Tinello ve ark. (2018), %1'lik askorbik asit, %1'lik sitrik asit, doğal elma suyuna bandırma ve %0.1'lik sodyum metabisülfid ön işlemlerinin elma dilimlerinin kuruma özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Toplam fenol özelliği açısından en uygun örnekler askorbik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde elde etmişlerdir. Toplam flavonoid maddeleri açısından ise doğal elma suyuna bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir. Literatür incelemesi esnasında *Golden delicious L.* (sarı) elma çeşidi kullanılarak vakum impregnasyon kurutma ön işleminin meyve cipsi üretim işlemine ait enerji parametrelerine etkisinin çalışıldığı bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Şahin ve ark. (2012), domatesleri dilimledikten sonra %1 sitrik asit + %1 askorbik asit karışımına ve %2 sodyum metabisülfid çözeltisine daldırılmıştır. Sonuç olarak ön işlem uygulamalarının kuruma sürelerini kısalttığı ve renk kriterleri üzerine olumlu etkiler meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Ön işlem uygulamalarıyla kurutulan domateslerin şeker içeriklerinin ön işlemsiz kurutulanlara göre daha düşük düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, %3'lük potasyum karbonat, %5'lik sitrik asit ve vakum impregnasyon (50 kPa+85 °C) ön işlemleri uygulandıktan sonra kurutulan *Golden delicious L.* elma dilimlerinin; (i) kuruma parametreleri, (ii) matematiksel modellenmesi, (iii) efektif difüzyon, (iv) enerji tüketimi, (v) buharlaşma gizli ısı, (vi) renk kalite analizleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kurutma materyali

Çalışmada kullanılan taze *Golden delicious* L. elmaları yerel bir marketten satın alınmıştır. Elmalar araştırma boyunca buzdolabı koşullarında 4 ± 0.5 °C'de muhafaza edilmiştir. İşlemler için elmalar yıkanmış ve yarım ay şeklinde ortalama 1.30 cm kalınlığında keskin bir bıçak yardımıyla dilimlenmiştir.

2.2. Kurutma ön işlemleri

Kurutma öncesi örneklere uygulanacak bandırma işlemleri için %3'lük sodyum karbonat (Na_2CO_3), %5'lik sitrik asit ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) çözeltileri hazırlanmıştır. Vakum impregnasyon ön işlemi için ortam sıcaklığı 85 °C ve vakum değeri 50 kPa değere ayarlanmış bir vakumlu etüv kullanılmıştır. Elma örnekleri bandırma ve vakum impregnasyon ön işlemlerine 15'er dakika maruz bırakılmıştır.

2.3. Nem tayini ve kurutma işlemleri

Başlangıç nem içeriğini belirlemek için örnekler 70 °C sıcaklığa ayarlanmış (Pixton ve Warburton, 1973) bir fırında (Şimşek labor teknik marka-ST-055 model) ağırlık değişimi sabitlenene kadar kurutulmuştur. Elma dilimlerinin ilk nem içeriği ortalama 3.98 ± 0.06 g nem/g kuru madde⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kurutma işlemleri 70 °C sıcaklıkta Şimşek labor teknik marka-ST-055 model bir kurutma fırınında gerçekleştirilmiştir. Örnekler ortalama 0.06 ± 0.019 g nem/g kuru madde⁻¹ nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Kurutulan elma örneklerinin ağırlık değişimi AND marka GF-300 model hassas terazi (0.01 g) ile belirlenmiştir.

2.4. Nem içeriğinin hesaplanması

Elma dilimlerinin toplam nem içeriğinin belirlenmesi için Eşitlik 1 kullanılmıştır.

$$N_{k.b.} = \frac{M_i - M_f}{M_f} \times 100 \quad (\text{Eş.1})$$

Burada: M_i ; İlk ağırlık (g), M_f ; son ağırlık (g), $N_{k.b.}$: g nem/g kuru madde

2.5. Kuruma hızı ve oranının belirlenmesi

Kuruma hızının belirlenmesi için Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$DS = \frac{M_t - M_{(t+dt)}}{dt} \quad (\text{Eş.2})$$

Burada: M_t ; t anındaki nem içeriği (g su/g kuruma madde⁻¹), dt; dakika, DS; kuruma hızı (g su/g kuruma madde dakika⁻¹).

Süreye bağlı nem oranının belirlenmesi için Eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (\text{Eş.3})$$

Burada: ANO; Ayrılabilir nem oranı, M; Ürünün anlık nem içeriği (g nem/g kuru madde⁻¹), M_e ; Ürünün denge nem içeriği (g nem/g kuru madde⁻¹), M_0 ; Ürünün ilk nem içeriğidir (g nem/g kuru madde⁻¹).

2.6. Matematiksel modelleme

Elma dilimlerine ait en uygun ince tabaka kuruma modelini belirlemek için literatürde yaygın bir şekilde kullanılan matematiksel eşitlikler kullanılmıştır [Eş. 4-7].

$$\text{Lewis} \quad MR = \exp(-k \cdot t) \quad \text{Lewis (1921)} \quad (\text{Eş.4})$$

$$\text{Jena-Das} \quad MR = k \cdot \exp(-h \cdot t + j(t^{0.5}) + m) \quad \text{Jena ve Das (2007)} \quad (\text{Eş.5})$$

$$\text{Wang-Singh} \quad MR = 1 + k \cdot t + h \cdot t^2 \quad \text{Wang ve Singh (1978)} \quad (\text{Eş.6})$$

$$\text{Rational-1 parameter-2} \quad MR = 1/(1 + a \cdot x) \quad \text{SigmaPlot 10} \quad (\text{Eş.7})$$

Burada: h, j, k, m; modollere ait katsayıları, t; süreyi temsil etmektedir.

2.7. Efektif difüzyon değeri

Efektif difüzyon değerlerini hesaplamak için Eşitlik 8 kullanılmıştır (Corzo ve ark., 2008).

$$\ln ANO = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4L^2} \quad (\text{Eş.8})$$

Burada: D_{ef} ; efektif difüzyon değeri ($m^2 s^{-1}$), L ; ürünün kalınlık değerinin (m) yarısıdır.

2.8. Renk değerlerinin belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş elma dilimlerinin parlaklık (L), kırmızı/yeşil (a) ve sarı/mavi (b) değerlerini ölçmek için CR400 model (Japan) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçülen değerler kullanılarak kroma, hue ve toplam renk sapması değerleri hesaplanmıştır. Kroma; taze ve kuru ürünlerin renk tonunu belirtmektedir. Solgun meyvelerde kroma değerleri düşük olurken canlı renklerde ise yüksek değerler hesaplanmaktadır. Hue; taze ve kuru ürün renk değerlerinin 360° lik bir renk radyantındaki tam yerini belirtmektedir. Sınır açısı değerlerinden 0° ; kırmızı, 180° ; yeşil, 90° ; sarı ve 270° ; mavi ana renkleri temsil etmektedir. Toplam renk sapması; kurutma işlemlerinde ısıyla parçalanmış (enzimatik olmayan) toplam renk pigmentlerinin değerini temsil etmektedir. Renk değerlerini hesaplamak için Eşitlik 9-11 kullanılmıştır.

$$\text{Kroma} \quad C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad \text{Ramallo ve Mascheroni (2012)} \quad (\text{Eş.9})$$

$$\text{Hue} \quad h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad \text{Alemrajabi ve ark. (2012)} \quad (\text{Eş.10})$$

$$\text{Renk değişimi} \quad \Delta E = \sqrt{(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2} \quad \text{Tan ve ark. (2001)} \quad (\text{Eş.11})$$

Burada: L^* , a^* ve b^* değerleri kurutulmuş elma örneklerine ait sırasıyla parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerlerini belirtmektedir.

2.9. Enerji tüketim değerleri

Elma dilimlerinin kurutulması işlemlerinde tüketilen enerji değerlerini ölçmek için Polaxtor marka PLX-15366 model enerji ölçer (± 0.02 kWh) kullanılmıştır.

2.10. Özgül nem çekme oranı (SMER)

Kurutma işlemlerinde birim enerji değerine karşılık uzaklaşan nem miktarını (SMER) hesaplamak için Eşitlik 12 kullanılmıştır (Surendhar ve ark., 2019).

$$SMER = \frac{\text{Kurutma işleminde uzaklaşan nem (kg)}}{\text{Kurutucunun tükettiği enerji (kWh)}} \quad (\text{Eş.12})$$

Burada: SMER; özgül nem uzaklaştırma oranıdır ($kg kWh^{-1}$).

2.11. Özgül enerji tüketimi (SEC)

Elma örneklerini kurutabilmek için gerekli özgül enerji tüketim değeri Eşitlik 13 kullanılarak belirlenmiştir (Motevali ve ark., 2012).

$$SEC = \frac{E_t}{m_w} \quad (\text{Eş.13})$$

Burada: SEC; özgül enerji tüketimi ($kWh kg su^{-1}$), E_t ; toplam tüketilen enerji (kWh), m_w ; uzaklaşan su miktarıdır (kg).

2.12. Buharlaşma gizli ısı

Buharlaşma gizli ısı değerini hesaplamak için Eşitlik 14 kullanılmıştır (Beigi, 2016).

$$Q_w = h_{fg} \times m_w \quad (\text{Eş.14})$$

$$h_{fg} = 2.503 \times 10^6 - 2.386 \times 10^3 \times (T_d - 273.16)$$

$$273.16 \leq T_d (K) < 338.72$$

$$h_{fg} = \sqrt{(7.33 \times 10^{12} - 1.60 \times 10^7 \times T_d^2)}$$

$$338.72 \leq T_d < 533.16$$

Burada: Q_w ; buharlaşma enerjisi (kWh), h_{fg} ; buharlaşma gizli enerjisi (kJ kg^{-1}), m_w ; buharlaşan nem miktarı (kg). T_d ; kurutma sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{K}$).

2.13. Belirsizlik analizi

Kurutma işlemi ve ölçüm aşamalarında gerçekleşen standart sapma değerlerinden kaynaklı toplam belirsizlik değerini hesaplamak için Eşitlik 15 kullanılmıştır (Moffat, 1988).

$$W_x = \sqrt{[(X_1)^2 + (X_2)^2 + (X_3)^2 + \dots + (X_n)^2]} \quad (\text{Eş.15})$$

X_1 ; X_2 ; X_3 ; ... X_n ölçüm aletlerinin hassasiyetlik değerlerinin göstermektedir.

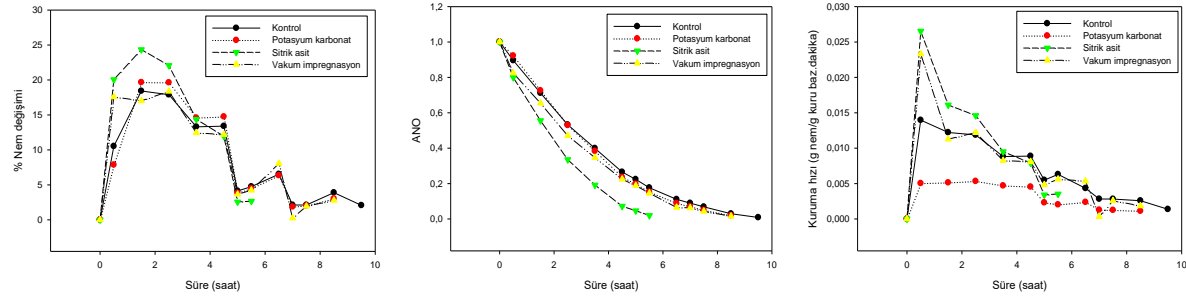
2.14. İstatistiksel analiz

Bulguları değerlendirmek için SPSS17. programı ile çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Güvenirlilik değerleri $P < 0.05$ 'e göre hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Kuruma değerleri

Elma dilimlerinin kuruma özelliklerine ön işlemlerin etkisi olduğu bulunmuştur. Son nem değerine sitrik asit çözeltilisine bandırılan örnekler diğerlerine göre daha kısa sürede ulaşmıştır. Kontrol, potasyum karbonat, sitrik asit ve vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örnekler sırasıyla 9.5, 8.5, 5.5 ve 8.5 saatte kuruduğu tespit edilmiştir. Elma dilimlerinin kurutma işlemleri altında göstermiş olduğu kuruma performans değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Elma örneklerinin kuruma performans değerleri

Figure 1. Drying performance values of apple samples

Şekil 1'e göre sitrik asit çözeltilisine bandırma ön işleminin kontrole göre kuruma süresini ortalama %42.11 oranında azalttığı belirlenmiştir. Potasyum karbonat ve vakum impregnasyon ön işlemlerinin ise kontrole göre kuruma sürelerini ortalama %10.53 oranında azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek ortalama hız değeri sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir. Kontrol, potasyum karbonat, sitrik asit ve vakum impregnasyon ön işlemleri için ortalama kuruma hız değerleri sırasıyla 0.006794, 0.06521, 0.0102 ve 0.06976 g nem g kuru madde⁻¹.dakika olarak bulunmuştur. Bu durum sitrik asit çözeltilisinin kurutma materyalindeki mikro kanalların içerisine girerek daha yoğun olmasından dolayı kanalları genişlettiği ve nem difüzyonunun daha hızlı gerçekleşmesine neden olduğu şeklinde açıklanabilir. Buda sitrik asit çözeltilisine bandırılan elma örneklerinin diğer ön işlemlere göre kuruma hızının artmasına ve daha kısa sürede kurumasına neden olmuştur. Rojas ve ark. (2021), etanol ve ultrason ön işlemlerini birlikte elma dilimlerine uyguladıktan sonra sabit 50 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve 1 m s^{-1} hava hızında kurutmuşlardır. Birlikte uygulanan ön işlemlerin elma örneklerinin kuruma süresini kontrollere göre ortalama %50 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Lammerskitten ve ark. (2019), elma dilimlerini elektrik alan ön işlemi uygulayarak kuruma özellikleri açısından kontrol örnekleriyle kıyaslamışlardır. Ön işlemlili örneklerin kontrole göre %57 oranında daha kısa sürede kurduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte ön işlem uygulanan elma dilimlerinin kuruma hız değerleri yaklaşık 0.014 g nem g kuru madde⁻¹.saniye olarak ve kontrol örneklerinkini ise yaklaşık 0.01 g nem g kuru madde⁻¹.saniye olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Aktaş ve ark. (2013), kocayemiş meyvesini kontrol (ön işlemsiz), sıcak suya ve etil oleat çözeltilisine bandırma ön işlemlerinin etkisini sıcak havalı kurutucuda (normal) 50, 60, 70 $^{\circ}\text{C}$ ve vakum kurutucuda

60, 70, 80 °C sıcaklıklarındaki kuruma özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Ön işlemler kurutma materyalinin kurutma sürelerini önemli düzeyde azalttığını tespit etmişlerdir.

3.2. Matematiksel model verileri

Kurutulan elma dilimlerinin kuruma modellerine bulgular *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Matematiksel modellere ait veriler

Table 1. Data of mathematical models

Modeller	Ön işlemler	k	h	j	m	a	p	R ²
Lewis	Kontrol	0.2945	-	-	-	-	<0.0001	0.9923
	Potasyum karbonat	0.3048	-	-	-	-	<0.0001	0.9886
	Sitrik asit	0.4713	-	-	-	-	<0.0001	0.9935
	Vakum impregnasyon	0.3340	-	-	-	-	<0.0001	0.9948
Jena Das	Kontrol	1.0246	0.5573	0.5008	0.0215	-	<0.0001	0.9938
	Potasyum karbonat	1.0344	0.5653	0.4849	0.0301	-	<0.0001	0.9916
	Sitrik asit	1.0132	0.6444	0.3266	0.0085	-	<0.0001	0.9939
	Vakum impregnasyon	1.0080	0.5729	0.4697	0.0050	-	<0.0001	0.9949
Wang Singh	Kontrol	-0.2122	0.0115	-	-	-	<0.0001	0.9997
	Potasyum karbonat	-0.2208	0.0124	-	-	-	<0.0001	0.9991
	Sitrik asit	-0.3388	0.0295	-	-	-	<0.0001	0.9991
	Vakum impregnasyon	-0.2400	0.0149	-	-	-	<0.0001	0.9977
Rational I-Parametre II	Kontrol	-	-	-	-	0.5788	<0.0001	0.9447
	Potasyum karbonat	-	-	-	-	0.5833	<0.0001	0.9386
	Sitrik asit	-	-	-	-	0.9266	<0.0001	0.9532
	Vakum impregnasyon	-	-	-	-	0.6803	<0.0001	0.9537

Tablo 1'e göre yapılan tüm kurutma işlemlerine ait toplam 16 adet matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan tüm matematiksel modellerin istatistiksel açıdan kullanımının uygun olduğu ($P < 0.0001$) belirlenmiştir. Modeller arasında kuruma oranlarını en iyi Wang Singh ($R^2: 0.9997$) modeli tahmin etmiştir. Kuruma oranlarını en zayıf ise Rational I-Parametre II modeli ($R^2: 0.9386$) tahmin etmiştir.

3.3. Efektif difüzyon

Kurutulan elma örneklerinin efektif difüzyon değerlerine kurutma işlemlerinin etkisi *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2. Elma örneklerine ait efektif difüzyon değerleri

Table 2. Effective diffusion values of apple samples

Ön işlemler	Efektif difüzyon ($m^2 s^{-1}$)
Kontrol	6.67×10^{-6}
Potasyum karbonat	6.77×10^{-6}
Sitrik asit	1.03×10^{-5}
Vakum impregnasyon	6.94×10^{-6}

Tablo 1'e göre kurutma işleminde ön işlemlerin elma örneklerinin efektif difüzyon değerlerini etkilediği tespit edilmiştir.

Efektif difüzyon değeri en yüksek sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Bu durum sitrik asit çözeltilisinin elmanın içerisine daha iyi permalite olarak mikro kanalların genişlemesine ve bu sebeplede efektif difüzyon değerinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. En düşük efektif difüzyon değeri ise kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Potasyum karbonat çözeltilisine bandırılan örneklerin efektif difüzyon değerinin sitrik asit çözeltilisine bandırılan örnekler göre daha düşük değerde olmasının potasyum karbonat çözeltilisinin daha yoğun olmasından dolayı meyve çeperlerinde daha fazla birikmesi ve bu durumun alttan gelen nemin buharlaşmasını zorlaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örneklerin efektif difüzyon değerinin sitrik asit çözeltilisine bandırılan örnekler göre daha düşük değerde olması ise vakumun etkisiyle meyve eti ile dış çeperi arasında oluşan boşluktan dolayı nemin uzaklaşmasına bir yalıtım etkisi yaptığı düşünülmektedir. Nadi ve Tzempelikos (2018), elma örneklerini 5 ve 7 mm kalınlıklarında dilimleyerek 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Dilim kalınlığı 5 mm olan örneklerin efektif difüzyon değerinin $1.50-2.60 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Dilim kalınlığı 7 mm olan örneklerde ise bu değer $2.36-3.92 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Bulguların farklı olması kullandıkları elmaların nem içeriği, doku yapısı ile kurutucunun teknik yapısı-verimlilik gibi özelliklerin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.4. Renk verileri

Polifenol oksidaz, peroksidaz ve fenolik bileşiklerce zengin olan elma meyvesinde enzimatik renk değişimleri çok fazla gözlemlenmektedir. Bununla birlikte özellikle kurutma işlemleriyle meydana gelen fenollerin oksidasyonu, karamelizasyon ve maillard reaksiyonları gibi enzimatik olmayan renk değişimlerinin miktarı kalite açısından önemlidir. Kurutma işlemlerinin etkisiyle meydana gelen renk değerlerine ait değişimler *Tablo 3*'de verilmiştir.

Tablo 3. Elma örneklerine ait renk değerleri

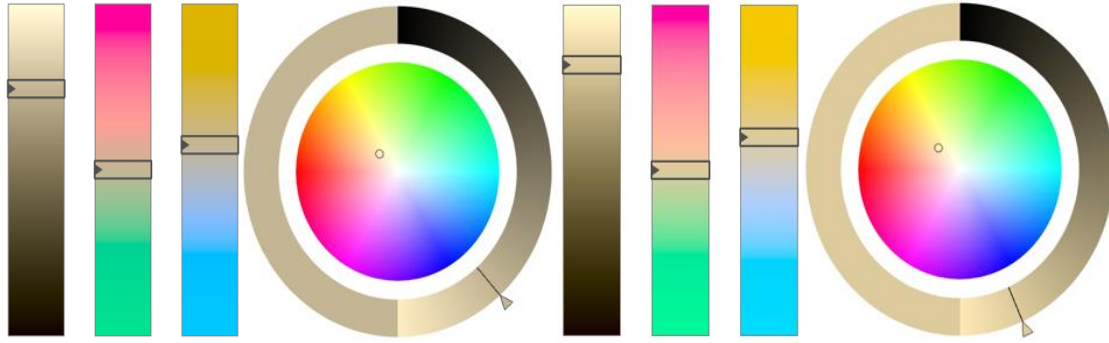
Table 3. Color values of apple samples

Ön işlemler	L	a	b	C	Hue	ΔE
Taze	74.55±0.94 ^b	-0.15±0.17 ^c	18.48±1.36 ^c	18.48±1.36 ^d	-53.54±4.63 ^b	-
Kontrol	73.66±6.09 ^b	5.03±2.33 ^b	25.56±2.60 ^b	26.17±2.30 ^c	78.64±5.90 ^a	10.57±3.03 ^c
Potasyum karbonat	57.43±3.06 ^c	17.46±2.39 ^a	26.06±1.46 ^b	31.42±2.07 ^a	56.28±3.42 ^a	25.81±3.53 ^a
Sitrik asit	82.73±1.18 ^a	-0.36±0.54 ^c	28.86±1.79 ^a	28.87±1.79 ^b	-17.26±4.90 ^b	13.36±1.83 ^c
Vakum impregnasyon	72.89±5.11 ^b	4.28±1.89 ^b	25.97±2.02 ^b	26.39±1.89 ^c	80.52±4.38 ^a	21.03±6.28 ^b

Tablo 2'ye göre kurutma ön işlemlerinin elma örneklerinin renk değerlerini istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.05$) düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Taze elma dilimlerinin parlaklık (L) değeriyle kontrol ve vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Sitrik asit çözeltilisine bandırma ön işlemi elma örneklerinin parlaklığını tazeye göre artırırken uygulanan diğer ön işlem ve kontrol örnekleri parlaklık değerini azaltıcı etki ettiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi örnekler üzerinde kalan potasyum karbonat çözeltilerinin ısıyla birlikte meyvenin parlaklığını azalttığı, vakum impregnasyon ve kontrol örneklerinde kuruma sürelerinin daha uzun olmasından dolayı ısıl bir etki yaptığı düşünülmektedir. Potasyum karbonat çözeltilisine bandırıldıktan sonra kurutulan elma örneklerinin kırmızılık değerlerini diğer ön işlemlere göre çok fazla artırdığı belirlenmiştir. Bu durumun potasyum karbonat çözeltilisine bandırılan örneklerin diğerlerine göre daha fazla kararımından dolayı renk yoğunluğunun kırmızıya dönüşümünü yoğunlaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Taze ürünün kırmızılık renk değeriyle sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra kurutulan örneklerin kırmızılık değerleri arasında istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) önemli fark olmamıştır. Sarılık (b) ve kroma (C) renk değerleri açısından uygulanan ön işlemler ve kontrol örnekleri tazenin rengini koruyamadığı tespit edilmiştir.

Taze ürünün kroma değerine istatistiksel açıdan örneklerin en yakın kontrol ve vakum impregnasyon ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan örnekler olduğu bulunmuştur. Hue renk açısı ve toplam renk değişim özellikleri için istatistiksel açıdan en uygun sitrik asit ön işlemi uygulanan örnekler olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan taze elmanın renk özelliklerini sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra kurutulan örneklerin daha iyi koruduğu bulunmuştur. Tazeye en yakın kuru örneğin (sitrik asit, ön işlemler) ve tazenin renk gösterge skalası ColorGrap 3.9.2 programı kullanılarak oluşturulmuştur (*Şekil 2*). Önal ve ark. (2019), çalışmalarında karbonhidrat tuz

çözeltilisine bandırıldıktan sonra elma dilimlerini kurutarak renk değerleri açısından kontrol örnekleriyle kıyaslamışlardır. Ön işlemlenmiş elma dilimlerinde meydana gelen toplam renk değişimi kontrollere göre daha az olduğunu bildirmişlerdir. Nadian ve ark. (2019), çalışmalarında sitrik ve askorbik asitlerden hazırlanan çözeltilere bandırma ön işlemlerinin renk değerlerine olan etkisini araştırmışlardır. Ön işlemleri kontrol örneklerine göre renk değerlerini daha iyi koruduğunu ve daha toplam renk değişiminin meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Yapılan ön işlemlerin renk değerlerine etkisi literatürle benzer taraflarının olduğu bulunmuştur.



Şekil 2. Taze (a) ve sitrik asit ön işlemlenmiş (b) örneklerinin renk skalası

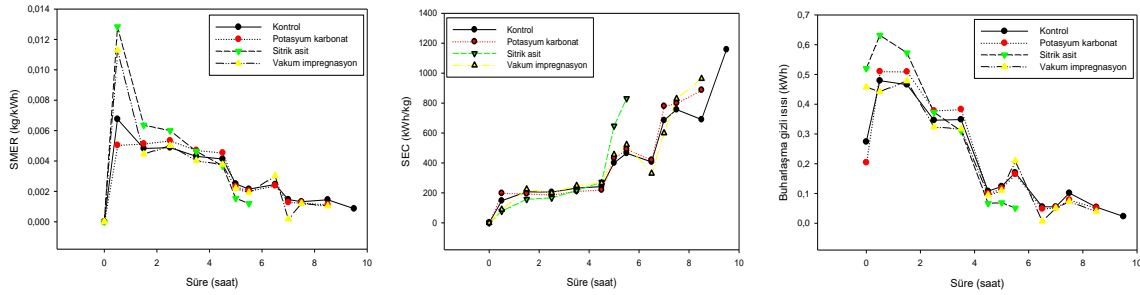
Figure 2. Color scale of fresh (a) and citric acid pre-treated (b) samples

3.5. Enerji tüketim değerleri

Elma dilimleri kurutma işlemlerinin enerji tüketim değerlerine ön işlemlerinin etkisinin önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemlerine ait tüketilen ortalama enerji değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

3.6. SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerleri

Kurutma işlemleri esnasında SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerlerinin dağılımı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerlerinin dağılımı

Figure 3. Distribution of SMER, SEC and latent heat of evaporation values

Şekil 3'e göre kurutma ön işlemlerinin SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerlerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Kurutulan örneklerin SMER değerleri ilk yarım saatten sonra hızla artmıştır. Bu durum ilk yarım saatte tüketilen enerji daha çok ürünün ısınmasına harcadığı düşünülmektedir. Kurutma işlemlerine ait toplam enerji tüketimi, SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Kurutma işlemlerine ait enerji değerleri

Table 4. Energy values of drying processes

Ön işlemler	Enerji tüketimi (kWh)	SMER (kg kWh ⁻¹)	SEC (kWh kg ⁻¹)	Buharlaştırma gizli ısı (kWh)
Kontrol	1.197	0.00295	339.03	2.31
Potasyum karbonat	1.101	0.00354	282.57	2.34
Sitrik asit	0.766	0.00404	247.41	2.02
Vakum impregnasyon	1.101	0.00293	341.69	2.11

Tablo 4'e göre kurutma ön işlemlerinin enerji tüketim değerlerini azalttığı belirlenmiştir. En yüksek enerji tüketimi kontrol örneklerinde bulunmuştur. Sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminin kontrole göre enerji tüketimini %36.01 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bu durum sitrik asit çözeltisinin meyve dokusunun mikro kanallarını büyüterek nem difüzyonun hızlanmasına ve dolayısıyla kuruma süresinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu da enerji tüketimini azalmasına neden olmuştur. Kurutma işlemleri arasında en yüksek buharlaştırma gizli ısı potasyum karbonat çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Potasyum karbonat çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminin buharlaştırma gizli ısısının sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işlemine göre %13.68 oranında daha fazla olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi elma dilimlerindeki nemi buhar fazına geçirmek için daha fazla enerjinin tüketilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu duruma neden olan etkinin ise tuzun farklı bir formu olan potasyum karbonat çözeltisinin kuruyarak nemin uzaklaşmasına bir engel teşkil ettiği düşünülmektedir. Filippin ve ark. (2018), elma dilimlerini sıcak havalı konvansiyonel bir kurutucuda sürekli ve kesikli metotla kurutmuşlardır. Kesikli kurutma metodunun tüketilen enerji miktarını sürekli kurutma işlemine göre %17 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Sürekli ve kesikli metotlarla 70 °C sıcaklıkta yaptıkları kurutma işlemlerinde tüketilen enerji miktarlarını sırasıyla 4.758 ve 4.585 kWh olarak tespit etmişlerdir. Bu durumun kesikli kurutma metodunda kurutucu sürekli çalışmayarak daha az enerji harcamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kaleemullah ve Kailappan, (2007), şili biberleri kurutma işleminde nemin değişmesiyle birlikte buharlaştırma gizli ısı oranının 1.0022-1.3421 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Literatürde yapılan çalışmalardaki bulgular ile belirlenen bulguların uyumlu olduğu bulunmuştur.

3.7. Belirsizlik analizi

Kurutma işlemi esnasında kullanılan ölçüm alet ve ekipmanların hassasiyet değerleri kullanılarak belirsizlik analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ölçüm alet ve ekipmanların hassasiyet değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Hassasiyet değerleri

Table 5. Sensitivity values

Ölçüm aletleri	Hassasiyet değerleri
Güç analizörü	±0.02 kWh
Tartım cihazı	± 0.001 g
Kumpas	± 0.2 mm
Renk ölçer (ΔE için)	± 0.6
Cam mezura ölçümleri	± 0.2 ml

Veriler eşitlik 15'de işlenerek çalışmanın belirsizlik analiz değeri 0.63 olarak hesaplanmıştır. Kumar ve ark. (2015), yaptıkları çalışmalarında belirsizlik analiz değerini 1.06 olarak bulmuşlardır.

4. Sonuç

Elma dilimlerine uygulanan kurutma ön işlemlerinin fiziko-kimyasal, enerji değerlerine olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada;

- 1) En kısa kuruma süresi 5.5 saat ile sitrik asit ön işlemi uygulanan örneklerin kurutulmasında belirlenmiştir.

2) En uzun kuruma süresi 9.5 saat ile ön işlem uygulanmayan kontrol örneklerinin kurutulmasında tespit edilmiştir.

3) Uygulanan ön işlemler kurutulan elma dilimlerinin efektif difüzyon değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir. Sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminin efektif difüzyon değeri $1.05 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

4) Oluşturulan matematiksel modeller arasında kuruma verilerini en iyi Wang Singh modeli tahmin etmiştir.

5) Tazenin renk değerlerini en iyi sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işlemi korumuştur.

6) Enerji tüketimi, SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerleri açısından optimum kurutma işleminin sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işlemi olduğu belirlenmiştir.

Taze *Golden delicious* L. elma örneklerinin fiziko-kimyasal ve enerji parametreleri açısından 70 °C sıcaklıkta sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra kurutulmasının daha uygun olacağı önerilmektedir. Vakum impregnasyon ön işlemi elma örneklerinin bazı renk parametrelerini (parlaklık, kırmızılık ve kroma) daha iyi koruduğundan dolayı daha sonraki çalışmalarda sitrik asit ve vakum impregnasyon ön işlemlerinin birlikte uygulanması önerilmektedir.

Kaynakça

- Akpınar, E. K., Biçer, Y. and Çetinkaya, F. (2005). Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *Journal of Food Engineering*, 75(3): 308-315.
- Aktaş, T., Orak, H. H., Şahin, F. H. and Ekinci, N. (2013). Effects of different drying methods on drying kinetics and color parameters of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 10(2): 1-12.
- Alemrajabi, A. A., Rezaee, F., Mirhosseini, M. and Esehaghbeygi, A. (2012). Comparative evaluation of the effects of electrohydrodynamic, oven, and ambient air on carrot cylindrical slices during drying proces. *Drying Technology*, 30: 88–96.
- Anonim (2022). e-cerez. <https://www.e-cerez.com/kategori/kuru-meyve?>. (Erişim Tarihi: 19/04/2022).
- Beigi, M. (2016). Energy efficiency and moisture diffusivity of apple slices during convective drying. *Food Science and Technology*, 36(1): 374-382.
- Boateng, I. D. and Yang, X. M. (2020). Effect of different drying methods on product quality, bioactive and toxic components of *Ginkgo biloba* L. seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(8): 3290-3297.
- Bora, G. C., Pathak, R., Ahmadi, M. and Mistry, P. (2018). Image processing analysis to track colour changes on apple and correlate to moisture content in drying stages. *Food Quality and Safety*, 2(2): 105–110.
- Corzo, O., Bracho, N. and Alvarez, C. (2008). Water effective diffusion coefficient of mango slices at different maturity stages during air drying. *Journal of Food Engineering*, 87(4): 479-484.
- FAO (2011). Energy-smart food for people and climate. (Erişim Tarihi: 02/03/2017).
- Filippin, A. P., Filho, L. M., Fadel, V. and Mauro, M. A. (2018). Thermal intermittent drying of apples and its effects on energy consumption. *Drying Technology*, 36(14): 1662-1677.
- Jena, S. and Das, H. (2007). Modeling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. *Journal of Food Engineering*, 79: 92-99.
- Jha, A. and Tripathy, P. P. (2017). Clean energy technologies for sustainable food security. *Water-Food-Energy Nexus Process Technol Challenges* 1: 197–219.
- Jha, A. and Tripathy, P. P. (2021). Recent advancements in design, application, and simulation studies of hybrid solar drying technology. *Food Engineering Reviews*, 13: 375–410.
- Kaleemullah, S. and Kailappan, R. (2007). Latent heat of vaporization of moisture from red chillies. *International Journal of Food Properties*, 8(2): 199-205.
- Karakaya, E. ve Kızıloğlu, S. (2021). TRB1 Bölgesinde (Bingöl, Elazığ ve Malatya illeri) elma yetiştiriciliğinin mevcut durumu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2): 470–483.
- Kumar, C., Millar, G. J. and Karim, M. A. (2015). Effective diffusivity and evaporative cooling in convective drying of food material. *Drying Technology*, 33(2): 227-237.
- Lammerskitten, A., Mykhailyk, V., Wiktor, A., Toepfl, S., Nowacka, M., Bialik, M., Czyewski, J., Witrowa Rjchert, D. and Parniakov, O. (2019). Impact of pulsed electric fields on physical properties of freeze-dried apple tissue. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 57: 1466-8564.
- Lewicki, P. P. and Das, Gupta, D. K. (1995). Osmotic Dehydration of Fruit and Vegetables in Handbook of Industrial Drying. Vol. 1, 2nd Edition, Ed. A.S. Mujumdar, Marcel Dekker, New York, Pp. 691–713.
- Lewis, W. K. (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-432.
- Moffat, R. J. (1988). Describing the uncertainties in experimental results. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1(1): 3–17.
- Morais, R. M. S. C., Morais, A. M. M. B., Dammak, I., Bonilla, J., Sobral, P. J. A., Laguerre, J. C., Afonso, M. J. and Ramalhosa, E. C. D. (2018). Functional Dehydrated Foods for Health Preservation. *Journal of Food Quality*, 2018(1): 1-29.
- Motevali, A., Abbaszadeh, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M. H. and Ghobadian, B. (2012). Effective moisture diffusivity, activation energy and energy consumption in thin-layer drying of jujube (*Zizyphus jujube* Mill). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(3): 523-532.
- Mujumdar, A. S. and Law, C. L. (2010). Drying technology: trends and applications in postharvest processing. *Food Bioprocess Technology*, 3: 843-852.
- Nadi, F. and Tzempelikos, D. (2018). Vacuum drying of apples (cv. Golden Delicious): drying characteristics, thermodynamic properties, and mass transfer parameters. *Heat and Mass Transfer*, 54: 1853–1866.
- Nadian, M. H., Rafiee, S. and Golzarian, M. Z. (2019). Real-time monitoring of color variations of apple slices and effects of pre-treatment and drying air temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10: 493–506.
- Önal, B., Adiletta, G., Crescitelli, A., Matteo, A. D. and Russo, P. (2019). Optimization of hot air drying temperature combined with pre-treatment to improve physico-chemical and nutritional quality of ‘Annurca’ apple. *Food and Bioproducts Processing*, 115(3): 87-99.
- Pixton, S. W. and Warburton, S. (1973). Determination of moisture content and equilibrium relative humidity of dried fruit-Sultanas. *Journal of Stored Products Research*, 8(4): 263-270.
-

- Purohit, P., Kumar, A. and Kandpal, T. C. (2006). Solar drying vs. open sun drying: A framework for financial evaluation. *Solar Energy*, 80(12): 1568–1579.
- Ramallo, L. A. and Mascheroni, R. H. (2012). Quality evolution of pineapple fruit during drying process. *Food and Bioproducts Processing*, 99: 275-283.
- Rojas, M. L., Augusto, P. E. D. and Carcel, J. A. (2021). Combining ethanol pre-treatment and ultrasound-assisted drying to enhance apple chips by fortification with black carrot anthocyanin. *Journal of Food and Agriculture*, 101(5): 2078–2089.
- Sharma, A., Chen, C. R. ve Lan, N. V. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable Sustainable Energy Review*. 13 (6–7): 1185–1210.
- Soomro, A. H., Miano, T. F., Marri, A., Kumar, D., Khaskheli, G. S., Arain, U. F. and Baloch, A. B. (2020). Application of pretreatments on banana slices for improving drying characteristics. *Food Science and Quality Management*, 103: 35-41.
- Surendhar, A., Sivasubramanian, V., Vidhyeswari, D. and Deepanraj, B. (2019). Energy and exergy analysis, drying kinetics, modeling and quality parameters of microwave-dried turmeric slices. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 136: 185–197.
- Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş, T. ve Orak, H. H. (2012). Farklı ön işlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristikleri ve kalite kriterleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 15-25.
- Tan, M., Chua, K. J., Mujumdar, A. S. and Chou, S. K. (2001). Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation of drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. *Drying Technology*, 19(9): 2193-2207.
- Taşkın, O., İzli, G. and İzli, N. (2021). Physicochemical and morphological properties of european cranberrybush powder manufactured by freeze drying. *International Journal of Fruit Science*, 21(1): 1008-1017.
- Tinello, F., Mihaylova, D. and Lante, A. (2018). Effect of dipping pre-treatment with unripe grape juice on dried “Golden Delicious” apple slices. *Food and Bioprocess Technology*, 11: 2275–2285.
- Wang, C. Y. and Singh, R. P. (1978). A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. ASAE Paper No: 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.
- Winiczenko, R., Kaleta, A. and Gornicki, K. (2021). Application of a MOGA algorithm and ANN in the optimization of apple drying and rehydration processes. *Processes*, 9(8): 1415.
- Yan, J. K., Wu, L. X., Qiao, Z. R., Cai, W. D. and Ma, H. L. (2019). Effect of different drying methods on the product quality and bioactive polysaccharides of bitter melon (*Momordica charantia* L.) slices. *Food Chemical*, 271: 588–596.

The Effects of Information Pollution on Poultry Companies: The Case of Turkey

Bilgi Kirliliğinin Tavukçuluk Firmaları Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği


Berkay KESKİN^{1*}, Erdoğan GÜNEŞ²

Abstract

The poultry sector provides people and countries with many benefits in the social, economic and health domains. However, the poultry sector faces a number of important problems. One of these problems is information pollution. The rapid advances in information and communication technologies, in particular, made information pollution one of the most important problems of our contemporary age. Information pollution can have significant negative effects on companies and sectors, as well as threaten the reputation of the brand, the products and services offered by the businesses. The poultry industry is among the most affected by information pollution and Turkey represents an ideal case for studying the effects of information pollution on the poultry industry. The poultry sector has achieved significant growth in Turkey in recent years, but the problem of information pollution is an important factor that limits this growth. There are ongoing efforts by various organizations and agencies in Turkey to solve the problem. This study aims to examine the effects of information pollution on poultry producing companies in Turkey and identify the activities undertaken by producers to fight information pollution. Data were collected from companies that are members of BESD-BİR (Turkish Poultry Meat Producers and Breeders Association), which brings together the largest chicken producing companies in Turkey and account for 91% of all poultry production in Turkey. Basic statistical techniques and procedures such as frequency distributions, percentages, and arithmetic means were used to conduct descriptive statistical analysis. Likert-type questions were also included in the study for various purposes. Descriptive analysis method was used to analyze the suggestions made by the poultry producers to reduce information pollution in the sector. The results show that information pollution problem is an important problem for poultry producing companies in Turkey. Since a significant part of the companies are affected by the problem of information pollution, they have various activities aimed at solving this problem and informing consumers. The problem has slight to moderate effects on the sales, production decisions, marketing decisions, and investment decisions. It has been found that sales and production decisions are affected to a slightly larger extent compared to marketing and investment decisions. Poultry producing companies consider it important to carry out successful information campaigns and increase cooperation in the sector in order to solve information pollution problems.

Keywords: Chicken, Poultry, Information pollution, Producer, Turkey.

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Berkay Keskin, Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Ankara/TURKEY. E-mail: bkeskin@ankara.edu.tr  OrcID: 0000-0003-2686-6171.

²Erdoğan Güneş, Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Ankara/TURKEY. E-mail: egunes@agri.ankara.edu.tr  OrcID: 0000-0002-4416-3405.

Atıf/Citation: Keskin, B., Güneş, E. The effects of information pollution on poultry companies: The case of Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 387-398.

*This study is based on a part of the first author's PhD thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023

Öz

Tavukçuluk sektörü, insanlara ve ülkelere sosyal, ekonomik ve sağlık alanlarında birçok fayda sağlamaktadır. Ancak tavukçuluk sektörü bir takım önemli sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunlardan birisi de bilgi kirliliğidir. Özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, bilgi kirliliğini çağımızın en önemli sorunlarından biri haline getirmiştir. Bilgi kirliliği, firmalar ve sektörler üzerinde önemli olumsuz etkiler yaratabileceği gibi, markanın itibarını, işletmelerin sunduğu ürün ve hizmetleri de tehdit edebilmektedir. Tavukçuluk sektörü, bilgi kirliliğinden en çok etkilenen sektörler arasındadır ve Türkiye bilgi kirliliğinin kanatlı sektörü üzerindeki etkilerini incelemek için ideal bir örnek teşkil etmektedir. Tavukçuluk sektörü son yıllarda Türkiye'de önemli bir büyüme kaydetmesine rağmen bilgi kirliliği sorunu bu büyümeyi sınırlayan önemli bir faktördür. Türkiye'de çeşitli kurum ve kuruluşların sorunu çözmeye yönelik çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışma, bilgi kirliliğinin Türkiye'deki tavuk üreten firmalar üzerindeki etkilerini incelemeyi ve üreticilerin bilgi kirliliği ile mücadele için üstlendikleri faaliyetleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın verileri Türkiye'nin en büyük tavuk üreticisi olan firmalarını bir araya getiren ve Türkiye'deki tüm kanatlı üretiminin %91'ini oluşturan BESD-BİR'e (Beyaz Et Sanayicileri ve Damızlıkçuları Birliği Derneği) üye olan firmalardan elde edilmiştir. Çalışmada tanımlayıcı istatistiksel analizler için frekans dağılımı, aritmetik ortalama, yüzde hesapları gibi temel istatistiksel işlem ve yöntemlerden yararlanılmıştır. Çeşitli amaçlarla Likert tipi sorular da çalışma içerisinde yer almıştır. Üretici firmaların sektördeki bilgi kirliliğinin azaltılması için yaptığı önerileri analiz edebilmek için ise betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, bilgi kirliliği sorununun Türkiye'deki tavuk üreticisi firmalar için önemli bir sorun olduğunu göstermektedir. Firmaların önemli bir bölümünün bilgi kirliliği probleminden etkilendikleri için bu sorunu çözmeye ve tüketicileri bilgilendirmeye yönelik çeşitli çalışmaları bulunmaktadır. Bilgi kirliliği sorununun satış, üretim kararları, pazarlama kararları ve yatırım kararları üzerinde hafif ila orta düzeyde etkileri vardır. Satış ve üretim kararlarının pazarlama ve yatırım kararlarına göre biraz daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir. Tavuk üreticisi firmalar, bilgi kirliliği sorunlarının çözümü için başarılı bilgilendirme kampanyaları yürütmeyi ve sektördeki iş birliğini artırmayı önemli görmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tavuk, Tavukçuluk, Bilgi kirliliği, Üretici, Türkiye.

1. Introduction

Chicken is highly nutritious and easy to prepare in a short period of time, and its taste is highly rated by many consumers, which makes it special among all types of meat (Vukasovič, 2010). With low prices compared to most other types of meat, short production cycles, and a high feed conversion ratio, chicken and the poultry industry are very valuable in economic terms as well (Szöllösi et al., 2014). All of this means that the poultry industry has a great potential to contribute to animal husbandry and the national economy overall for many countries.

However, the poultry industry has number of important problems. One of these problems is information pollution. The poultry industry is among the most affected by information pollution in the world (Bearth et al., 2014; Chen et al., 2018; Pitigraisorn, 2021; Roy et al., 2021). However, there have been very limited studies about information pollution in poultry sector.

The rapid advances in information and communication technologies were accompanied by a parallel increase in the number and severity of information problems, and information pollution became one of the most important problems of the age of industry 4.0 (Iqbal et al., 2020). Different terms are used in the literature to refer to information pollution, but they all have similar definitions. There seems to be an overall consensus on the definition of the concept. In general terms, information pollution is defined as “the presence of useless, harmful, malicious, or unwanted messages and the spread of these messages to the extent that they have significant negative effects on society” (Cai and Zhang, 1996). Varying terminology is used in the literature to examine the issue of information pollution and the problems it causes. In addition to “information pollution,” the terms “information overload” (Nelson, 2007; Dubosson and Fragniere, 2009) and “infollution” (Cho, 2002; Ölcer et al., 2020) are also used to refer to these problems. Additional terms used in the literature include “misconception” (Bearth et al., 2014; Chen et al., 2018) “misperception” (Flynn et al., 2017), “misinformation” (Ayoob et al., 2002), “disinformation” (Demestichas et al., 2020) and “fake news” (Pitigraisorn, 2021) among others. These use concepts have very similar or overlapping meanings, and are frequently used interchangeably. Hence the proposal that the term “problematic information” be used as an umbrella concept that covers them all (Marwick, 2018).

Information pollution has significant negative effects not only on individuals but also on individual businesses and entire industries (Das, 2017). Information pollution can have negative economic effects on firms, threatening brand reputation and the products and services offered by businesses (Petratos, 2021). Given the effects of information pollution on organizations, solving the problem requires these organizations to develop and implement effective strategies to fight information pollution (Iqbal et al., 2018). Fake news, which can spread rapidly, remains an acute problem, indicating that researchers need to pay more attention to this issue and a lot more studies should be conducted on this topic (Palade and Balaban, 2020). Given these considerations, information pollution is very much a current problem, one that should be studied in detail, paying attention to its different aspects.

Turkey represents an ideal case to study the effects of information pollution on the poultry industry and the poultry producing companies in this industry. In 1970s, poultry businesses in Turkey were family run business with high costs and limited production capacities, but this changed with the large investments in the industry in 1990s and 2000s, resulting in high standards of quality (Çakı, 2007). With state subsidies and planning, the poultry industry in Turkey has become one of the strongest and most rapidly developing industries in the country (Keskin and Demirbaş, 2012; Avcıoğlu et al., 2013; Karadavut and Taşkın, 2014; Çınar and Keskin, 2018). Turkey, in turn, has become one of the top ten countries that produce and export chicken (FAO, 2021). The poultry industry in Turkey makes an important contribution to Turkey’s GDP by exporting chicken to many countries (Bayraktar et al., 2019), plays an important role in reducing poverty by providing employment and a source of income to millions of small farmers and poor people (Bayraktar et al., 2019), and creates millions of jobs through related industries such as feed production and pharmaceuticals, and related activities such as transportation and marketing (Çakı, 2007). However, information pollution has become and remains one of the biggest problems facing the poultry industry in Turkey, with significant negative effects on the industry (Ataman, 2012; Yıldız, 2012; Keskinöğlü, 2014; Okur et al., 2016). Information pollution regarding the poultry industry is very widespread in Turkey (Okur et al., 2016; Ayvazoğlu Demir and Aydın, 2018, Eleroğlu et al., 2018; Yıldız and Duru, 2019). Print and visual media in Turkey, in particular, frequently run negative stories

about chicken and poultry production. These stories contain various claims including that “chicken consumption is bad for health,” “chicken consumption leads to cancer,” “there is excessive use of hormones and antibiotics in poultry production,” “chicken are fed special drugs to make them grow faster,” and “chicken consumption leads to early-onset puberty in children” (BESD-BİR, 2016). The Ministry of Agriculture and Forestry, on the other hand, as well as poultry producers, state that these stories are not based on facts and are simply not true (Ministry of Agriculture and Forestry, 2014; BESD-BİR, 2016). Fighting the current problem of information pollution regarding the poultry sector in Turkey is a priority issue for the Ministry of Agriculture and Forestry. Various strategic plans by the Ministry of Agriculture and Forestry identify the issue of information pollution regarding the food industry as an important problem that needs to be solved (Ministry of Agriculture and Forestry, 2013, 2019).

Some of the poultry producers in Turkey experienced significant declines in their sales due to negative stories about chicken (Keskinoğlu, 2013a). In an effort to combat information pollution, these companies came together to establish a platform called “Healthy Chicken Information Platform” in order to correct public misperceptions and prevent information pollution (Healthy Chicken Information Platform, 2021). Moreover, to combat information pollution, producers took steps such as live-streaming from their production facilities (Keskinoğlu, 2013b), allowing the public to visit production facilities (BESD-BİR, 2015), and producing public service announcements (Banvit, 2021). These observations show that poultry producers in Turkey are highly affected by information pollution. Decision makers and policy makers in Turkey, along with companies operating in the industry, undertake efforts to solve the problem of information pollution.

This study aims to examine the effects of information pollution on poultry producing companies in Turkey, identify the activities undertaken by producers to fight information pollution, and discuss what needs to be done to deal with the problems created by information pollution.

2. Materials and Methods

Surveys were conducted with the authorized personnel of poultry producers in Turkey who were members of BESD-BİR (Turkish Poultry Meat Producers and Breeders Association). BESD-BİR brings together the largest poultry producing companies in Turkey, which together account for 91% of all poultry production in the country (BESD-BİR, 2015). As a result, BESD-BİR members are highly representative of poultry producers in Turkey overall. At the time the study was conducted, BESD-BİR had 18 members engaged in chicken production (BESD-BİR, 2017).

The initial goal was to conduct surveys with all poultry producers who were members of BESD-BİR, but some of the producers declined to participate in the study, citing their company policies. Eventually, surveys were conducted with representatives from 9 companies who agreed to participate in the study. Participants were authorized and knowledgeable employees of the companies in question.

Basic statistical techniques and procedures such as frequency distributions, percentages, and arithmetic means were used to conduct descriptive statistical analysis. Items with Likert-type scales were used in the surveys for various purposes. Descriptive analysis was used to present and discuss proposals made by representatives of poultry producers to reduce information pollution in the industry.

3. Results and Discussion

3.1. General information about companies

Companies included in the study have their headquarters in six different provinces of Turkey. All of these companies have been operating in the industry for a minimum of ten years. Four of the nine companies, on the other hand, have been operating in the industry for more than 40 years. All companies have more than 250 employees, and are classified as large enterprises. Three of the companies exclusively use conventional production methods, another three exclusively use good farming practices, and the last three combine conventional methods and good farming practices. All of these companies are poultry exporters (*Table 1*).

Table 1. General information about companies

Variables		Frequency
Headquarters in	Bolu	3
	Bursa	2
	İzmir	1
	Manisa	1
	Samsun	1
	Uşak	1
Years operating	1-10	-
	11-20	1
	21-30	2
	31-40	2
	40+	4
Number of employees	1-9	-
	10-49	-
	50-249	-
	250+	9
Method of production	Exclusively Conventional	3
	Exclusively Good Farming Practices	3
	Both Conventional and Good Farming Practices	3
Exporter status	Exporter	9
	Non-exporter	-

3.2. Effects of information pollution on companies

Participants were asked whether their sales were affected by the information pollution regarding the poultry industry. Six of the participants reported that they saw a decline in their sales due to ongoing information pollution, whereas three reported that they have not observed a decline in their sales due to information pollution (Table 2).

Table 2. Effects of information pollution on sales

Effects	Frequency	Percentage (%)
Sales have declined	6	66.6
Sales remained the same	3	33.3
Total	9	100.0

Participants were asked whether they took any action to prevent information pollution. Six of the participants reported taking action to prevent information pollution (Table 3).

Table 3. Taking action to prevent information pollution

Took action to prevent information pollution	Frequency	Percentage (%)
Yes	6	66.6
No	3	33.3
Total	9	100.0

Participants who reported taking action to prevent information pollution were asked to describe their actions, using open-ended questions. Actions taken by these companies are reported in Table 4. Participants reported finding out that the problem of information pollution mostly affected women, those with children, in particular, and as a result, they took action targeting women and children. For example, to increase consumption of chicken

and chicken products among children, one of the companies bought the licensing rights to well-known cartoon characters, using the names and images of these characters on product packaging, and offered new products specifically for children. Moreover, participants said their companies took various measures including live streaming from their production facilities, allowing visits by the public to production facilities, conducting consumer research, and creating FAQ pages on their websites to provide answers to consumer questions and clarification regarding misperceptions.

Table 4. Actions taken by compaines to fight information pollution

Actions taken
- Offering new products specifically for children in order to increase children’s consumption of chicken and chicken products. (Buying the licensing rights to well-known cartoon characters and using the names and images of these characters on product packaging).
- Adding FAQ pages to company websites to address information pollution, and providing answers to consumers’ questions and clarification regarding misperceptions.
- Producing ads and announcements for TV, newspapers and social media regarding public misperceptions.
- Conducting consumer research.
- Live-streaming from production facilities, allowing all interested parties to watch production activities.
- Allowing visits by the public to production facilities.

In terms of responses to information pollution, most companies were found to undertake activities such as creating a customer services unit or consumer hotline, conducting research on consumer perceptions and behaviors, allowing interested consumers access to their production facilities, and placing emphasis and increasing spending on advertising, promotion, and publicity. However, it was notable that only four of the companies had sections on their websites that were meant to combat information pollution. This finding indicates that the companies are affected by and take measures to fight information pollution, but fail to make effective use of their own websites. Given that the internet is an important venue to reach consumers, this leads to the conclusion that the official websites of the companies could be used more effectively to fight information pollution. On the other hand, seven of the companies included in the study had a customer services unit or consumer hotline, which makes it easier for consumers to contact the companies in question and helps to inform consumers and fight information pollution (*Table 5*).

Table 5. Companies’ responses to and measures against information pollution

Company Responses	Yes	No	Total
Having a customer services unit, consumer hotline, or similar structure	7	2	9
Conducting research on consumer perceptions and behaviors	7	2	9
Allowing interested consumers to visit production facilities	6	3	9
Pays special attention to advertising and promotion activities	6	3	9
Increasing spending on advertising and promotion activities	6	3	9
Preparing action plans to fight information pollution	6	3	9
Taking steps to increase the range of products offered	5	4	9
Having a section on official website dedicated to fighting information pollution (e.g. FAQ)	4	5	9
Lowering production	4	5	9
Searching for alternative markets	4	5	9
Deciding against making further investments	2	7	9
Buying less from suppliers	2	7	9

Participants reported that their sales, production decisions, marketing decisions, and investment decisions were slightly to moderately affected by information pollution. Sales and production decisions were affected to a larger extent compared to marketing and investment decisions (*Table 6*).

Table 6. Effects of information pollution on companies and company decisions

Fields	1	2	3	4	5	Mean
Sales	2	2	2	2	1	2.77
Production decisions	1	3	2	3	0	2.77
Marketing decisions	2	4	0	3	0	2.44
Investment decisions	2	4	0	3	0	2.44

1=Not affected, 2=Slightly affected, 3=Moderately affected, 4=Affected, 5=Strongly affected

Asked to rate the importance of problems caused by the information pollution in the industry, compared to other problems they face, one participant reported they were slightly important, two reported that they were moderately important, five reported that they were important, and one reported that they were very important. Overall, it was found that information pollution problems were moderately important (3.66) compared to other problems the companies faced (Table 7).

Table 7. Importance of information pollution compared to other problems

Factors	1	2	3	4	5	Mean
How important are the problems caused by information pollution compared to other problems faced by your company	0	1	2	5	1	3.66

1=Not important at all, 2=Slightly important, 3=Moderately important, 4=Important, 5=Very important

Asked to rate how successful their companies were in terms of eliminating information pollution and informing consumers, participants on average rated their companies to be moderately successful to successful (3.44) (Table 8).

Table 8. Success in fighting information pollution

Factors	1	2	3	4	5	Mean
How successful do you think you are in fighting information pollution?	0	3	1	3	2	3.44

1=Not successful at all, 2=Slightly successful, 3=Moderately successful, 4=Successful, 5=Very successful

3.3. Effectiveness of methods to fight information pollution

The Ministry of Agriculture and Forestry and other official agencies have ongoing efforts to fight information pollution, and new recommendations are made from time to time regarding this issue. It is very important to learn about companies' opinions regarding the effectiveness of these methods. Therefore, participants were asked to evaluate the effectiveness of some of the practices recommended to fight information pollution.

Participants thought that methods such as running public service announcements on television, conducting social media campaigns, and having medical doctors and industry representatives appear as guests on TV shows to inform the public would be effective in fighting information pollution. Distributing flyers, advertising in newspapers, and having medical doctors and industry representatives appear as guests on radio shows, on the other hand, were considered to be less effective in informing consumers, compared to other methods (Table 9).

Table 9. Effectiveness of methods to fight information pollution

Factors	1	2	3	4	5	Mean
Running public service announcements on TV	0	0	0	4	5	4.55
Conducting social media campaigns (e.g. on Facebook or Twitter)	0	0	0	4	5	4.55
Having medical doctors appear as guests on TV shows	0	0	1	4	4	4.33
Having industry representatives appear as guests on TV shows	0	1	0	4	4	4.22
Organizing promotional tours of company offices and plants for consumers	0	0	3	4	2	3.88
Organizing conferences, lectures, and symposia regarding the issue	0	1	1	5	2	3.88
Preparing billboards	0	1	1	6	1	3.77
Having all BESD-BİR members add a section on information pollution to their websites	0	2	1	4	2	3.66
Having medical doctors appear as guests on radio shows	0	2	2	3	2	3.55
Having industry representatives appear as guests on radio shows	0	3	1	3	2	3.44
Advertising in newspapers	0	3	2	2	2	3.33
Preparing and distributing flyers	0	3	3	1	2	3.22

1=Would not be effective at all, 2=Would be slightly effective, 3=Would be moderately effective, 4=Would be effective, 5=Would be very effective

Cooperation is important in fighting information pollution. Corporation would be more likely to produce positive results in the fight against information pollution, compared to companies taking individual action. Therefore, participants were asked to evaluate cooperation among industry stakeholders and organizational effectiveness in the fight against information pollution. Participants were of the opinion that there was insufficient cooperation in the industry and relevant organizations were not sufficiently effective in fighting information pollution (*Table 10*). In comparative terms, BESD-BİR was the most highly rated organization in terms of effectiveness (3.55), whereas the Ministry of Agriculture and Forestry was not considered to be as effective (2.66).

Table 10. Cooperation and organizational effectiveness in the fight against information pollution

Factors	1	2	3	4	5	Mean
BESD-BİR is effective in the fight against information pollution.	0	1	4	2	2	3.55
Large companies/brands in the industry cooperate in the fight against information pollution.	0	2	4	2	1	3.22
All stakeholders in the industry take effective collective action in the fight against information pollution.	0	2	5	1	1	3.11
Domestic platforms established to fight against information pollution (e.g. Healthy Chicken Information Platform, Food Safety Expert Portal) are effective.	2	0	3	3	1	3.11
The Ministry of Agriculture and Forestry is effective in the fight against information pollution.	2	2	3	1	1	2.66
The Ministry of Health is effective in the fight against information pollution.	2	2	3	1	1	2.66

1=Strongly disagree, 2=Disagree, 3=Moderately agree, 4=Agree, 5=Strongly agree

3.4 Companies' views on reducing information pollution in the industry

To learn about companies' recommendations on reducing information pollution in the industry and strengthening consumer trust in chicken products, participants were asked the following questions and their responses were subjected to descriptive analysis: "What do you think should be done to reduce information pollution in the industry?" and "What do you think should be done to strengthen consumer trust in chicken products?" Because the two questions were related to one another and answers had a lot in common, joint analysis of the responses was possible. Participants were of the opinion that cooperation was needed among stakeholders and more effective information campaigns needed to be run with the contribution of relevant ministries in order to reduce information pollution and strengthen consumer trust. Participants also stated that the number of public service announcement should be increased, featuring trusted public figures, and organized action should be taken to protest media organizations that misinform the public (Table 11).

Table 11. Companies' recommendations to reduce information pollution in the industry and strengthen consumer trust in chicken products

Company Recommendations
- Producers should prepare ads containing healthy information about chicken and run these ads on prime time TV.
- Stakeholders in the industry should take more effective action in cooperation with one another, and discuss what needs to be done to eliminate the problem of information pollution in the industry.
- Communication channels that are the most effective for informing consumers should be identified and efforts should be focused on these channels.
- Industry stakeholders should contact media organizations that feature people who are not experts and misinform the public, express their joint protests, and take steps to prevent further such incidents.
- The Ministry of Health and the Ministry of Agriculture and Forestry should cooperate and take joint action to resolve this problem that hurts the industry and the national economy.
- Emphasizing the point that people involved in the industry, company managers, and employees also consume chicken, which is sufficient proof that the products they produce are safe.
- The Ministry of Health and the Ministry of Agriculture and Forestry should prepare a joint public service announcement to accurately and effectively inform the public that the production process is healthy.
- Industry stakeholders should contact popular and trusted celebrities to ask them to be the face of the industry to provide accurate information.

4. Conclusions

BESD-BİR (Turkish Poultry Meat Producers and Breeders Association) brings together the largest poultry producing companies in Turkey, which collectively account for a very large proportion of poultry production in Turkey. Data obtained from these producers show that the industry mostly consists of old and well-established companies. All companies included in the study had more than 250 employees and were categorized as large enterprises. Moreover, all of these companies exported poultry products. Given that they had their headquarters in six different provinces of Turkey and were large enterprises, these companies were highly representative of the poultry industry in Turkey.

Information pollution was found to be an important problem for poultry producers in Turkey. Information pollution in the industry had slight to moderate effects on the sales, production decisions, marketing decisions, and investment decisions of these companies. Sales and production decisions were affected to a slightly larger extent than marketing and investment decisions.

A significant proportion of the companies took action to resolve the problem and inform the consumers because they were affected by information pollution. These actions including adding sections on information pollution to official company websites, creating FAQ sections to respond to consumers' questions, allowing visits by the public to production facilities, and livestreaming from production facilities. Overall, companies are aware of the problem of information pollution. However, participants believe that they have not been successful enough in the fight against information pollution. This shows that the companies have not yet been able to find an effective solution to the problem.

Participants were of the opinion that running successful information campaigns was critical to resolving the problem of information pollution. They thought that an effective solution would be to reach consumers through ads and public service announcements containing healthy and accurate information about chicken, run on prime time TV. Another recommendation made by the participants was to have popular and trusted celebrities serve as the face of the industry. Participants also thought that industry stakeholders should protest media organizations and news that feature individuals who are not experts and misinform the public, and take joint action to avoid further such incidents. Company representatives also recommended emphasizing the point that they, along with other company managers and employees, eat chicken products safely as people with intimate knowledge of the industry, which is an indicator that these products are not bad for health.

On the other hand, participants were of the opinion that there was insufficient cooperation in the industry and relevant organizations were not sufficiently effective in the fight against information pollution. They thought that industry stakeholders and relevant ministries needed to make stronger efforts to cooperate and work with one another to solve the problem. Participants also thought that there was as yet insufficient cooperation among companies in the fight against information pollution. Given that all producers, or the entire industry, are subject to the effects of information pollution and negative discourses about the consumption of chicken, it is clear that further cooperation and sharing are needed among companies. The presence of BESD-BİR as an umbrella organization is a positive factor that can facilitate the fight against information pollution. In this context, improving coordination among companies and making joint efforts can help in the fight against information pollution.

Companies take various actions to fight information pollution, but overall, do not make effective use of their websites, which is notable as an important disadvantage. Failure to make effective use of companies' official websites, despite the strong interest in informing the public, is a factor that reduces the effectiveness of the fight against information pollution. Companies can reach consumers more easily if they were to make more effective use of their social media accounts and websites, featuring accurate information particularly on subjects that suffer from information pollution and a lack of consumer trust. Another measure that can help resolve the problem of information pollution is the creation of platforms that would bring companies and consumers together, and strengthen the communication among companies. This would create a more effective communication between consumers and companies, allowing both sides to better understand the concerns and ideas of one another, and help develop more effective solutions to the problem of information pollution.

References

- Ataman, P. (2012). Bilgi Kirliliği Tüketiciyi Gerçek Risklerden ve Temel Gıdalardan Uzaklaştırıyor, available at: <http://www.dunyayagida.com.tr/kose-yazisi/bilgi-kirliligi-tuketiciyi-gercek-risklerden-ve-temel-gidalardan-uzaklastiriyor/1076> (Accessed date: 1.10.2016).
- Avcıoğlu, A. O., Çolak, A. ve Türker, U. (2013). Türkiye'nin tavuk atıklarından biyogaz potansiyeli. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1): 21-28.
- Ayoob, K. T., Duyff, R. L. and Quagliani, D. (2002). Position of the American Dietetic Association: food and nutrition misinformation, *Journal of the American Dietetic Association*, 10(2): 260-266.
- Ayvazoğlu Demir, P. ve Aydın, E. (2018). Hormon ve antibiyotik kullanımına ilişkin olumsuz haberlerin tüketicilerin tavuk eti tüketim alışkanlıklarına etkisi (Kars İli Örneği). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3(1): 55-63.
- Banvit (2021). BanvitTv, available at: <http://www.banvit.com.tr/banvitTV.html> (Accessed date: 1.10.2021).
- Bayraktar, E., Umar, S., Yılmaz, A., Turan, N. and Yılmaz, H. (2019). Current scenario of viral diseases in Turkish poultry industry, *World's Poultry Science Journal*, 75(4): 515-534.
- Bearth, A., Cousin, M.E. and Siegrist, M. (2014). Poultry consumers' behaviour, risk perception and knowledge related to campylobacteriosis and domestic food safety, *Food Control*, 44: 166-176.
- BESD-BİR (2015) Beyaz Et Sanayicileri ve Damızlıkçıları Birliği. 3. Uluslararası Beyaz Et Kongresi. 22-26 April, Antalya, Türkiye. available at: <https://docplayer.biz.tr/3092969-Uluslarsi-beyaz-et-kongresi-ubek-katilimci-es-ve-refakatci-ile-toplam.html> (Accessed date: 2.11.2021).
- BESD-BİR (2016). Tavuk ve Bilimsel Gerçekler Konferansı. 22 March, P.13-32. Antalya, Türkiye.
- BESD-BİR (2017). Üyeler available at: <http://www.besd-bir.org/uyeler> (Accessed date:1.02.2017).
- Cai, K. Y. and Zhang, C. Y. (1996). Towards a Research on Information Pollution. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 14-17 October, P. 3124-3129. Beijing, China.
- Chen, B., Shao, J., Liu, K., Cai, G., Jiang, Z., Huang, Y., Gu, H. and Jiang, J. (2018). Does eating chicken feet with pickled peppers cause avian influenza? observational case study on Chinese social media during the avian influenza A (H7N9) outbreak. *JMIR Public Health and Surveillance*, 4(1): e8198.
- Cho, J. P. (2002). Infollution and the Quality of Life, available at: http://stanford.edu/~ncho/Infollution_manuscript_PJCho_2002.pdf (Accessed date: 1.02.2017).
- Çakı, S. (2007). Tavukçuluk sektörünün türk ekonomisindeki yeri ve durumu. *Ege Akademik Bakış*, 7(1): 153-189.
- Çınar, G. and Keskin, B. (2018). The spillover effect of imported inputs on broiler prices in Turkey. *New Medit: Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 17(1): 37-47.
- Das, M. (2017). Role of Librarians in Controlling Information Pollution in Library System, available at: http://www.ijim.in/paper-4-role-of-librarians-in-controlling-information-pollution-in-library-system/?upm_export=print (Accessed date: 27.02.2019).
- Demestichas, K., Remoundou, K. and Adamopoulou, E. (2020). Food for thought: fighting fake news and online disinformation. *IT Professional*, 22(2): 28-34.
- Dubosson, M. and Fragniere, E. (2009). The consequences of information overload in knowledge based service economies: an empirical research conducted in Geneva. *Service Science*, 1(1): 56-62.
- Eleroğlu, H., Bircan, H. and Arslan, R. (2018). Effect of the media on the consumption of poultry products in The TR72 Region (Kayseri, Sivas and Yozgat). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(6): 756-763.
- FAO (2021). "FAOSTAT", available at: <https://www.fao.org/faostat/en/> (Accessed date: 1.11.2021).
- Flynn, D. J., Nyhan, B. and Reifler, J. (2017). The nature and origins of misperceptions: Understanding false and unsupported beliefs about politics, *Political Psychology*, 38: 127-150.
- Healthy Chicken Information Platform (2021). Sağlıklı Tavuk, available at: <https://sagliklitavuk.org/> (Accessed date: 1.11.2021).
- Iqbal, Q., Yang, S., Nawaz, R. and Lin, Y. (2018). Infollution (information pollution) management, filtering strategy, scalable workforce, and organizational learning: a conceptual study. *Information Management and Business Review*, 10(4): 1-7.
- Iqbal, Q., Ahmad, N. H. and Nawaz, R. (2020). Perceived information pollution: conceptualization, measurement, and nomological validity, *Online Information Review*, 44(3): 705-722.
- Karadavut, U. ve Taşkın, A. (2014). Kırşehir ilinde kanatlı eti tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1): 37-43.
- Keskin, B. ve Demirbaş, N. (2012). Türkiye'de kanatlı eti sektöründe ortaya çıkan gelişmeler: Sorunlar ve öneriler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 117-130.
- Keskinoğlu (2013a). KeskinoğluTv, available at <http://www.keskinoglu.tv/TR/11/23/Vatan-14-Aralik-2013.htm> (Accessed date: 6.10. 2016).

- Keskinoğlu (2013b). Kümesten 24 Saat Canlı Yayın, available at: <http://www.keskinoglu.com.tr/TR/16/Kumesten-24-Saat-Canli-Yayin.htm?Page=64&id=3460> (Accessed date: 6.10.2016).
- Keskinoğlu (2014). Rusya'ya İhracattan Yılsonunda 8 Milyon Dolar Bekliyoruz. available at: <http://www.keskinoglu.tv/TR/11/442/Rusya%E2%80%99ya-Ihracattan-yilsonunda-8-Milyon-Dolar-Bekliyoruz.htm> (Accessed date: 9.10.2016).
- Marwick, A. E. (2018). Why do people share fake news? A sociotechnical model of media effects, *Georgetown Law Technology Review*, 2(2): 474-512.
- Ministry of Agriculture and Forestry (Republic of Turkey) (2013). Stratejik Plan 2013-2017, available at: <http://www.tarim.gov.tr/SGB/Belgeler/Stratejik%20Plan%202013-2017.pdf> (Accessed date: 10.10.2016).
- Ministry of Agriculture and Forestry (Republic of Turkey) (2014). Piliç Eti Hakkında Doğru Bilinen Yanlışlar, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ministry of Agriculture and Forestry (Republic of Turkey) (2019). 3. Tarım Orman Şurası Sonuç Bildirgesi, available at: <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/4207/3-Tarim-Orman-Surasi-Sonuc-Bildirgesi> (Accessed date: 2.12.2019).
- Nelson, E. D. (2007). Reducing information pollution in the internet age. *Preventing Chronic Disease Journal*, 4(1): 1-3.
- Okur, N., Türkoğlu, M., Eleroğlu, H., Özlü, S. and Uçar, A. (2016). Features and new trends in Turkish poultry industry. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5(6A): 321-326.
- Ölcer, S., Yılmaz-Aslan, Y. and Brzoska, P. (2020). Lay perspectives on social distancing and other official recommendations and regulations in the time of COVID-19: a qualitative study of social media posts, *BMC Public Health*, 20(1): 1-9.
- Palade, I. and Balaban, D. C. (2020). An Analysis of COVID-19-related fake news from Romania. A pilot qualitative study. *Journal of Media Research*, 13(2): 27-43.
- Petratos, P. N. (2021). Misinformation, disinformation, and fake news: Cyber risks to business. *Business Horizons*, 64(6): 763-774.
- Pitigraisorn, P. (2021). Disinformation, Science Communication and Trust: Food Rumours in Thailand, available at: <http://repository.essex.ac.uk/29825/> (Accessed date: 5.12.2021).
- Roy, R., Majumder, D., Das, S., Bhowmik, P., Rudra, B. C., Sarkar, V. and Mondal, A. (2021). Misuse of social media led to economic loss in poultry sector: A case in India during pandemic COVID-19. *Poultryline*, 21(7): 13-15.
- Szöllösi, L., Szűcs, I. and Nábrádi, A. (2014). Economic issues of broiler production length. *Economics of Agriculture*, 61(3): 633-646.
- Vukasovič, T. (2010). Buying decision-making process for poultry meat. *British Food Journal*, 112(2): 125-139.
- Yıldız, T. (2012). Tavukçuluk Sektör Analizi Raporu, Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı Raporu.
- Yıldız, A. and Duru, A. A. (2019). Investigation of chicken meat consumption habits in terms of improvement of broiler breeding: A case study of Uşak Province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(6): 833-839.

Evaluation of the Genetic Structure of Some Accessions Belonging to *Onobrychis* spp. Using Microsatellite DNA Markers*

Onobrychis Türlerine Ait Bazı Aksesyonların Mikrosatellit DNA Markırı Kullanılarak Genetik Yapısının Değerlendirilmesi


Elbi Cansu YILMAZ¹, Behiye Banu BILGEN^{2*}, Metin TUNA³


Abstract

Turkey is in a very convenient position for animal husbandry in terms of both natural resources and ecological conditions. Forage crops, which has a very important place in agricultural activities, is the insurance of plant and animal production. Sainfoin is a perennial forage legume species that grown in the northern temperate regions of the world from the Mediterranean region and the Caucasus, and to Central Asia. In this study the genetic diversity of 100 genotypes representing 44 accessions from 18 different *Onobrychis* species (*O. arenaria* subsp. *arenaria*, *O. inermis*, *O. petraea*, *O. cyri*, *O. iberica*, *O. altissima*, *O. vassilczenkoi*, *O. conferta* subsp. *argentea*, *O. alba* subsp. *laconica*, *O. biebersteinii*, *O. grandis*, *O. kachetica*, *O. kemulariae*, *O. oxyodonta*, *O. megataphros*, *O. pallasii*, *Onobrychis* spp., and *O. viciifolia*) were evaluated using 8 simple sequence repeat (microsatellite) markers. Based on the results, OVK036, OVK094, OVK125, OVM033, OVK161, OVK046, OVM061, and OVK174 loci were polymorphic. The observed number of alleles per SSR locus ranged from 6 to 21 alleles (mean of 11.625). Maximum allele frequency ranged from 0.51 to 0.93 with a mean value of 0.73. The PIC value ranged from 0.124 to 0.244. The mean polymorphism information content of loci was 0.188. Genetic diversity coefficients according to the UPGMA ranged from 0.000 to 0.9375. Cluster analysis divided the 100 sainfoin genotypes into two main groups (Cluster-I and Cluster-II). All diploid genotypes (except for 1 diploid genotype) used in the study formed a separate group within Cluster-I. The results revealed that SSR markers used in this study are useful for molecular characterization and assessing genetic diversity of sainfoin accessions. The obtained SSR alleles and genetic variability in a studied certain loci provided significant information about the genetic structure of sainfoin accessions that could be used as parental lines in sainfoin breeding programs.

Keywords: Breeding, Molecular characterization, Sainfoin, SSR, UPGMA.

¹Elbi Cansu Yılmaz, Tekirdağ Namık Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Field Crops, Tekirdağ, Turkey. E-mail: elbicansuyilmaz@gmail.com  OrcID: 0000-0002-9914-5044.

^{2*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Behiye Banu Bilgen, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Tekirdağ, Turkey. E-mail: bbilgen@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-8323-2509.

³Metin Tuna, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdağ, Turkey. E-mail: mtuna@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-4841-8871.

Atıf/Citation: Yılmaz, E.C., Bilgen, B.B., Tuna, M. (2023). Evaluation of the genetic structure of some accessions belonging to *Onobrychis* spp. using microsatellite DNA markers. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 399-409.

*This study is summarized from the Elbi Cansu Yılmaz MSc. Thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Türkiye hem doğal kaynaklar hem de ekolojik koşullar bakımından hayvancılığa oldukça elverişli bir konuma sahiptir. Tarımsal faaliyetler içerisinde çok önemli bir yere sahip olan yem bitkileri tarımı, bitkisel ve hayvansal üretimin sigortası konumundadır. Korunga, dünyanın kuzey ılıman bölgelerinde özellikle Akdeniz bölgesi ve Kafkaslardan Orta Asya'ya kadar yetişen çok yıllık bir baklagil yem bitkisi türüdür. Bu çalışmada 18 farklı *Onobrychis* türüne ait 44 aksesyonu temsil eden 100 genotipin (*O. arenaria* subsp. *arenaria*, *O. inermis*, *O. petraea*, *O. cyri*, *O. iberica*, *O. altissima*, *O. vassilczenkoi*, *O. conferta* subsp. *argentea*, *O. alba* subsp. *laconica*, *O. biebersteinii*, *O. grandis*, *O. kachetica*, *O. kemulariae*, *O. oxydonta*, *O. megataphros*, *O. pallasii*, *Onobrychis* spp. ve *O. viciifolia*) genetik çeşitliliği 8 adet basit dizi tekrarları (mikrosatellit) belirteci kullanılarak incelenmiştir. Mikrosatellit analizi sonuçlarına göre, OVK036, OVK094, OVK125, OVM033, OVK161, OVK046, OVM061 ve OVK174 lokusları polimorfik olarak saptanmıştır. SSR lokusu başına gözlenen allel sayısı 6 ile 21 arasında gözlenmiştir (ortalama 11.625). Maksimum allel frekansı 0.51 ile 0.93 arasında değişmekte olup, ortalama 0.73 değerindedir. PIC değeri 0.124 ile 0.244 arasında hesaplanmış, ortalama polimorfik bilgi içeriği 0.188 olarak belirlenmiştir. UPGMA'ya göre genetik çeşitlilik katsayıları 0.000 ile 0.9375 arasında değişmiştir. Dendrogram analizine göre, 100 korunga genotipi iki ana gruba (Grup-I ve Grup-II) ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm diploid genotipler (1 diploid genotip hariç) Grup-I içerisinde ayrı bir grup oluşturmuştur. Bu çalışmada kullanılan SSR belirteçleri, korunga aksesyonlarının moleküler karakterizasyonu ve genetik çeşitliliğinin değerlendirilmesi için yararlı olduğu sonucuna varılmıştır. Spesifik lokuslardan elde edilen SSR alelleri ve genetik varyasyon, korunga ıslah programlarında ebeveyn hatları olarak kullanılabilir korunga aksesyonlarının genetik yapısı hakkında önemli bilgiler sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Islah, Moleküler karakterizasyon, Korunga, SSR, UPGMA.

1. Introduction

Turkey is one of the countries with high biodiversity in terms of plant flora. The reasons such as being at the intersection of 3 different phytogeographical regions (the Mediterranean, the Irano-Turanian and Euro-Siberian), climate, topography, geological and geomorphological structure, existence of different habitats, and altitude differences contribute to its high biodiversity (Sekercioglu et al., 2011; Noroozi et al., 2019). Turkey hosts approximately 12000 plant species and 32% of these species are endemic (Sekercioglu et al., 2011). In the world, the plant families that take the first 3 ranks based on the number of species are Orchidaceae, Asteraceae and Fabaceae, respectively (Lewis et al., 2005; Christenhusz and Byng, 2016). Fabaceae is the second largest family in Turkey with 1145 species, 69 genera (TUBIVES, 2022). There are 60 taxa of *Onobrychis* genus, which ranks 4th in terms of the number of species in the legume family (TUBIVES, 2022).

Although *O. viciifolia* is the most widely cultivated species of the genus *Onobrychis*, *O. arenaria* subsp. *arenaria*, and *O. transcaucasica* are also cultivated in some countries. Sainfoin is a common name given to those cultivated species of *Onobrychis*. Sainfoin is a perennial forage legume species that can be easily grown in arid and calcareous soils, especially in the northern temperate regions of the world, ranging from the Mediterranean region and the Caucasus, and to Central Asia (Aktoklu, 1995; Bhattarai et al., 2016). Turkey is the one of the micro gene centers for sainfoin (Yildiz et al., 1999; Carbonero et al., 2011). Sainfoin is an important forage species in terms of many features such as high palatability, high nutritional value, anthelmintic activity, being a good pasture for bees, and usage in soil improvement (Delgado et al., 2008; Ozbek, 2011; Ozalp and Temel, 2016). Ozerbey-03 is Turkey's first registered sainfoin variety in 2003 as a result of the sainfoin breeding program started in 1975. Since 2003, the number of registered varieties in Turkey has increased to seven with the varieties developed by public institutions or the private sectors (Anonymous, 2021).

Microsatellites [Simple Sequence Repeats (SSR)], which are widely distributed throughout eukaryotic genomes, are codominant DNA markers (Vieira et al., 2016; Bagshaw et al., 2017). In plant genetic diversity or genetic characterization studies, microsatellites are widely preferred due to their advantageous characteristics such as being highly informative, multi-allelic nature, high polymorphism level, reproducibility and being transferable between closely related species due to conserved flanking regions (Vieira et al., 2016; Sevim et al., 2017). There were previous reports evaluating genetic structure and diversity in sainfoin populations/accessions. Some of them have used RAPD analysis (Nosrati et al., 2012; Rasouli et al., 2013; Hejrankesh et al., 2014; Ertus, 2021), ISSR analysis (Toluei et al., 2012; Zarrabian et al., 2013; Zarrabian and Majidi, 2015; Nosrati et al., 2016; Ertus, 2021), AFLP analysis (Bhattarai, 2017), and SSR analysis (Demdoum et al., 2012; Kempf et al., 2016; Ozkan and Bilgen, 2019; Shen et al., 2019; Sutcu, 2020). When the studies were examined, it was observed that either dominant marker systems or SSR analysis developed for closely related species were used for determination of the genetic structure and diversity of sainfoin species. There are few studies using SSR markers developed specifically for *Onobrychis* species by Kempf et al. (2016). Therefore, *Onobrychis* species-specific SSR markers were preferred in this study to evaluate the genetic structures of 100 genotypes representing 44 accessions from 18 different *Onobrychis* species using SSR markers. This study also provides the determination of the genetic diversity parameters, and the contribution to the breeding program by molecular phylogenetic analysis.

2. Materials and Methods

2.1. Plant Material

100 genotypes representing 44 accessions from 18 different *Onobrychis* species (*O. arenaria* subsp. *arenaria*, *O. inermis*, *O. petraea*, *O. cyri*, *O. iberica*, *O. altissima*, *O. vassilczenkoi*, *O. conferta* subsp. *argentea*, *O. alba* subsp. *laconica*, *O. biebersteinii*, *O. grandis*, *O. kachetica*, *O. kemulariae*, *O. oxydonta*, *O. megataphros*, *O. pallasii*, *Onobrychis* spp., *O. viciifolia*) were used as a plant material (Table 1). All of the *Onobrychis* accessions used in the study were obtained from USDA gene bank located in Pulman, WA.

Table 1. List of studied *Onobrychis* accessions number, their origin, sample code, and ploidy levels

Accession No	Species name	Origin	Sample code	Ploidy
PI 312954	<i>Onobrychis arenaria</i> subsp. <i>arenaria</i>	Stavropol, Russia	1-1, 1-2, 1-3, 1-4	Tetraploid
PI 312943	<i>Onobrychis inermis</i>	Stavropol, Russia	6-1, 6-2, 6-3	Tetraploid
PI 312935	<i>Onobrychis inermis</i>	Former Soviet Union	8-1, 8-2, 8-3, 8-4	Tetraploid
PI 312942	<i>Onobrychis inermis</i>	Former Soviet Union	10-1	Tetraploid
PI 312946	<i>Onobrychis petraea</i>	Stavropol, Russia	11-1, 11-2, 11-3, 11-4	Tetraploid
PI 316295	<i>Onobrychis petraea</i>	Germany	12-1, 12-2, 12-3	Tetraploid
W6 17878	<i>Onobrychis cyri</i>	Russia	13-1, 13-2, 13-3	Tetraploid
PI 315085	<i>Onobrychis iberica</i>	Former Soviet Union	17-1, 17-2, 17-3	Tetraploid
PI 312909	<i>Onobrychis altissima</i>	Former Soviet Union	23-1, 23-2, 23-3, 23-4	Tetraploid
PI 300580	<i>Onobrychis vassilczenkoi</i>	Former Soviet Union	26-1, 26-2, 26-3	Diploid
PI 280259	<i>Onobrychis conferta</i> subsp. <i>argentea</i>	Spain	30-1	Tetraploid
PI 325448	<i>Onobrychis altissima</i>	Stavropol, Russia	42-1	Tetraploid
PI 642147	<i>Onobrychis alba</i> subsp. <i>laconica</i>	Bulgaria	43-1, 43-2, 43-3	Diploid
PI 227377	<i>Onobrychis biebersteinii</i>	Iran	44-1, 44-2, 44-3, 44-4	Tetraploid
PI 297923	<i>Onobrychis grandis</i>	Australia	47-1, 47-2, 47-3	Tetraploid
PI 325438	<i>Onobrychis inermis</i>	Stavropol, Russia	48-1	Tetraploid
PI 314931	<i>Onobrychis iberica</i>	Former Soviet Union	49-1	Tetraploid
PI 314469	<i>Onobrychis kachetica</i>	Former Soviet Union	50-1, 50-2	Diploid
PI 312464	<i>Onobrychis kemulariae</i>	Former Soviet Union	51-1	Tetraploid
PI 301107	<i>Onobrychis megataphros</i>	Turkey	52-1, 52-2, 52-3	Diploid
PI 312945	<i>Onobrychis oxyodonta</i>	Former Soviet Union	54-1, 54-2, 54-3	Tetraploid
W6 21877	<i>Onobrychis pallasii</i>	Ukraine	55-1	Diploid
PI 312947	<i>Onobrychis petraea</i>	Stavropol, Russia	57-1, 57-2, 57-3	Diploid
PI 440574	<i>Onobrychis vassilczenkoi</i>	Stavropol, Russia	60-1	Diploid
PI 314468	<i>Onobrychis cyri</i>	Former Soviet Union	63-1, 63-2, 63-3, 63-4	Tetraploid
PI 372809	<i>Onobrychis inermis</i>	Czech Republic	69-1	Tetraploid
PI 440572	<i>Onobrychis inermis</i>	Russia	70-1	Tetraploid
PI 464819	<i>Onobrychis</i> spp.	Turkey	78-1, 78-2	Diploid
PI 312940	<i>Onobrychis inermis</i>	Stavropol, Russia	81-1, 81-2, 81-3, 81-4	Tetraploid
PI 312936	<i>Onobrychis inermis</i>	Former Soviet Union	82-1, 82-2, 82-3, 82-4	Tetraploid
PI 312937	<i>Onobrychis inermis</i>	Stavropol, Russia	83-1, 83-2, 83-3	Tetraploid
PI 312938	<i>Onobrychis inermis</i>	Former Soviet Union	84-1, 84-2, 84-3	Tetraploid
PI 312939	<i>Onobrychis inermis</i>	Stavropol, Russia	85-1, 85-2, 85-3	Tetraploid

Table 1(continuance).

Accession No	Species name	Origin	Sample code	Ploidy
PI 312941	<i>Onobrychis inermis</i>	Stavropol, Russia	86-1, 86-2, 86-3	Tetraploid
PI 225729	<i>Onobrychis</i> spp.	Turkey	90-1, 90-2, 90-3	Tetraploid
PI 325445	<i>Onobrychis</i> spp.	Former Soviet Union	93-1	Tetraploid
PI 567875	<i>Onobrychis</i> spp.	Diyarbakır, Turkey	94-1	Diploid
PI 225730	<i>Onobrychis</i> spp.	Turkey	97-1	Tetraploid
PI 205200-2	<i>Onobrychis. viciifolia</i>	Turkey	95	Tetraploid
PI 236486-1	<i>Onobrychis viciifolia</i>	Turkey	96	Tetraploid
PI 250024	<i>Onobrychis viciifolia</i>	Iran	97	Tetraploid
PI 273784	<i>Onobrychis viciifolia</i>	Lithuania	98	Tetraploid
PI 192994	<i>Onobrychis viciifolia</i>	-	99	Tetraploid
PI 639688	<i>Onobrychis viciifolia</i>	Wyoming, USA	100	Tetraploid

2.2. DNA Extraction

Fresh leaves of 100 sainfoin genotypes were used for CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide)-based DNA extraction protocol with slight modifications (Doyle and Doyle, 1990). Each fresh leaf sample was ground using a ball mill (Retsch MM400) just before starting DNA isolation. The Nanodrop®1000 and Nanodrop® LITE spectrophotometer was used to quantify and qualify the isolated DNAs. The DNA samples were diluted as 50ng/μL and preserved at -20 °C for downstream SSR analysis.

2.3. SSR and Data Analysis

Eight SSRs (namely OVK036, OVK046, OVK094, OVK125, OVK161, OVK174, OVM033, and OVM061) were chosen from species specific SSR primers designed by Kempf et al. (2016). Three-primer strategy of Schuelke (2000) (M13 tailed forward primer, reverse primer and 6-FAM™, NED™, PET™ or VIC™ fluorescent labeled M13 tail primer) was used during PCR amplification. Both the PCR mixture preparation and the PCR amplifications were performed using the protocol described by Kempf et al. (2016). The presence of amplified PCR products for each SSR primer was performed by agarose gel electrophoresis [1.5% agarose, RedSafe Nucleic Acid Staining Solution (3 ul/100 ml), 1X TBE (Tris-Borate-EDTA) buffer, 110 V, 1 h]. The amplified PCR bands were visualized Gel Imaging System Vilber Lourmat Quantum. 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Life Technologies, UK) capillary electrophoresis was used to DNA fragment analysis, and GeneMapper Software 5.0 (Applied Biosystems) was used to determine the SSR alleles.

The observed allele number (NoA), the frequency of each allele (AF), Shannon's information index (I), Nei's 1987 unbiased genetic diversity (uh) were calculated with GenAlEx version 6.5 program (Peakall and Smouse, 2012) to evaluate genetic structure and diversity of studied sainfoin genotypes. The polymorphism detection ability of studied SSR markers [Polymorphic information contents (PIC)] was calculated with the formula given in Roldan-Ruiz et al. (2000) for each locus. The UPGMA (the unweighted pair group method) dendrogram based on Nei's unbiased genetic distance value was constructed with POPULATIONS 1.2.32 (Population Genetic Software) (Langella, 1999) and TreeView 1.6.6 (Page, 1996) programs.

3. Results and Discussion

The eight SSR markers generated 93 polymorphic alleles for the studied *Onobrychis* accessions (Table 2). The genetic diversity parameters, the observed allele number (NoA), the frequency of each allele (AF), Polymorphic information contents (PIC), Shannon's information index (I), Nei's (1987) unbiased genetic diversity (uh) were consequently used (Table 2). The number of alleles varied from 6 to 21 alleles per locus with a mean value of 11.625. The lowest number of allele was obtained from OVK174 whereas the highest number of

allele was obtained from the OVK094 marker. When the studies using the same SSR markers were examined, it was observed that the number of alleles was similar to each other (Kempf et al., 2016; Ozkan and Bilgen, 2019; Sutcu, 2020; Sutcu et al., 2022). It can be said that the small differences determined as a result of the comparison are due to the variety in the number and type of *Onobrychis* species used in these studies (Table 3). Successful fingerprinting of polyploids with a high level of precision is significant for plant breeding studies. Therefore, having a higher number of alleles per locus is especially important in polyploid species for genetic diversity studies due to its high discriminatory power. The frequency of 18 out of 93 alleles evaluated in the study was observed to be less than 0.01 and these alleles were named as rare allele. Polymorphism information content (PIC) of the loci ranged from 0.124 to 0.244 for 8 SSR loci. It was observed that the results were compatible with each other in the comparison of PIC values using the same SSR markers with our study (Table 3) (Kempf et al., 2016; Ozkan and Bilgen, 2019; Sutcu, 2020; Sutcu et al., 2022). Similar PIC values were calculated in studies conducted by different researchers.

Table 2. Genetic diversity parameters in *Onobrychis* accessions using SSR markers

SSR Locus	NoA*	Band Range (bp)	Min. AF*	Max. AF*	PIC*	I*	uh*
OVK036	9	148-171	0.02	0.87	0.234	0.370	0.237
OVK046	13	150-184	0.01	0.55	0.244	0.380	0.246
OVK094	21	229-288	0.01	0.60	0.162	0.270	0.163
OVK125	9	194-221	0.02	0.77	0.226	0.362	0.228
OVK161	15	215-282	0.01	0.65	0.131	0.223	0.132
OVK174	6	247-265	0.01	0.93	0.124	0.212	0.125
OVM033	10	306-340	0.01	0.51	0.241	0.364	0.243
OVM061	10	142-195	0.01	0.93	0.143	0.253	0.144
Mean	11.625	-	0.013	0.73	0.188	0.301	0.187

*NoA=Observed allele number, AF= Allele frequency, PIC=Polymorphic information contents, Min.=Minimum, Max.=Maximum, I=Shannon's information index, uh= Nei's (1987) unbiased genetic diversity

Shannon's information index (I) was calculated as 0.212 for OVK174 and 0.380 for OVK046 marker. In a previous study conducted with different *Onobrychis* genotypes by same SSR loci, the mean I value of 0.375 was reported (Sutcu et al., 2022). Ozkan and Bilgen (2019) studied the molecular characterization of two Turkish cultivars and 3 populations of *O. viciifolia* using same SSRs, and I value was calculated as 0.322. In Nosrati et al. (2012) 5 wild sainfoin populations collected from different regions were evaluated with 5 RAPD primers, and the I value was calculated between 0.364 and 0.461. Nosrati et al. (2016) used ISSR primers on sainfoin, the I value was calculated between 0.181 and 0.277. Zarrabian et al. (2013) conducted a study on a total of 80 sainfoin accessions, 46 Iranian and 34 exotics, and calculated I value ranged from 0.33 to 0.57. The Nei's 1987 unbiased genetic diversity (uh) changed from 0.125 to 0.246 with a mean of 0.187 (Table 2). Ozkan and Bilgen (2019) reported the unbiased genetic diversity value as 0.222. Sutcu et al. (2022) found the mean uh value as 0.243. When the h value obtained in different studies using various types of markers on sainfoin was examined, similar results were observed. It was reported that the h value was between 0.118 and 0.179 (Nosrati et al., 2016), 0.246 and 0.318 (Nosrati et al., 2012). Ertus (2021) reported the mean genetic diversity level as 0.3365, 0.2656, and 0.3018 for 23 cultivated landraces and one registered Turkish variety for RAPD, ISSR primers and RAPD/ISSR combination, respectively. According to the findings obtained in molecular characterization studies on sainfoin species, it can be concluded that the genetic diversity parameters obtained from our study were in concordance with the data presented from other researchers.

Table 3. Observed allele number and polymorphism information contents of studied *Onobrychis*-specific SSR primers evaluated by different researchers

SSR locus	Our study	Kempf et al. (2016)	Ozkan and Bilgen (2019)	Sutcu (2020)
	NoA	NoA	NoA	NoA
OVK036	9	7	8	6
OVK046	13	12	11	10
OVK094	21	14	8	15
OVK125	9	9	5	14
OVK161	15	12	9	12
OVK174	6	5	3	5
OVM033	10	8	7	7
OVM061	10	10	7	9
	Mean PIC	Mean PIC	Mean PIC	Mean PIC
OVK036	0.234	0.350	0.193	0.363
OVK046	0.244	0.310	0.215	0.286
OVK094	0.162	0.240	0.194	0.189
OVK125	0.226	0.290	0.296	0.285
OVK161	0.131	0.250	0.147	0.200
OVK174	0.124	0.230	0.245	0.120
OVM033	0.241	0.290	0.241	0.297
OVM061	0.143	0.190	0.208	0.241

The constructed dendrogram from the UPGMA analysis was shown in *Figure 1*. Genetic diversity coefficients ranged from 0.000 to 0.9375. The genetic diversity coefficient values in this study were similar to those recorded in the literature for sainfoin populations/accessions (Nosrati et al., 2012; Ozkan and Bilgen, 2019; Sutcu, 2020; Ertus, 2021; Sutcu et al., 2022). UPGMA clustering method provided two main clusters for all *Onobrychis* accessions. Cluster-I included 98 genotypes; 31 *O. inermis*, 9 *O. petraea*, 8 *Onobrychis* spp., 7 *O. cyri*, 6 *O. viciifolia*, 5 *O. altissima*, 4 *O. biebersteinii*, 4 *O. iberica*, 4 *O. vassilczenkoi*, 4 *O. arenaria* subsp. *arenaria*, 3 *O. grandis*, 3 *O. megataphros*, 3 *O. alba* subsp. *laconica*, 2 *O. oxyodonta*, 2 *O. kachetica*, 1 *O. kemulariae*, 1 *O. pallasii*, 1 *O. conferta* subsp. *argentea* accession. Cluster-II included only 2 (*O. petraea* and *O. oxyodonta*) genotypes. When the Cluster-I is examined in detail, it is seen that it is divided into 5 subgroups. While each of the 95, 82-1, 47-3 and 11-3 genotypes in Cluster-I constitutes a separate subgroup, the remaining 94 genotypes form the second subgroup. This second group is divided into two subgroups, one consisting of 58 genotypes and the other consisting of 36 genotypes. These groups are also divided into subgroups within themselves. Except for one genotype, all diploid genotypes (#18) used in the study formed a separate group within this large group containing 58 genotypes. Within this group formed by diploid genotypes, only 2 *O. inermis*, 1 *O. altissima* and 2 genotypes of *Onobrychis* species were included among tetraploids. The only diploid genotype (*O. petraea*) did not included in this group, while a few tetraploid genotypes such as *O. biebersteinii* and *O. inermis* together formed a subgroup within the other large group consisting of 36 genotypes. The most genetically similar genotype pairs in Cluster-I were 26-2 to 26-3 (*O. vassilczenkoi* genotypes), 63-1 to 63-2 (*O. cyri* genotypes) and 1-1 to 1-2 (*Onobrychis arenaria* subsp. *arenaria* genotypes). In the study, some sainfoin species are represented with higher genotype numbers (four plants/accessions) than others. These genotypes were scattered in the dendrogram. For example, there were 4 genotypes of *O. viciifolia*, while two of them were together; the other two were distributed in different groups in the dendrogram. It can be explained that the reasons for being in different subgroups were (1) being very similar to each other morphologically, (2) the confusion during collection, misdiagnosis, controversial taxonomy of the genus, (3) abundant exchange of genetic material due to their coexistence in nature, and (4) even the low number of loci used in the study.

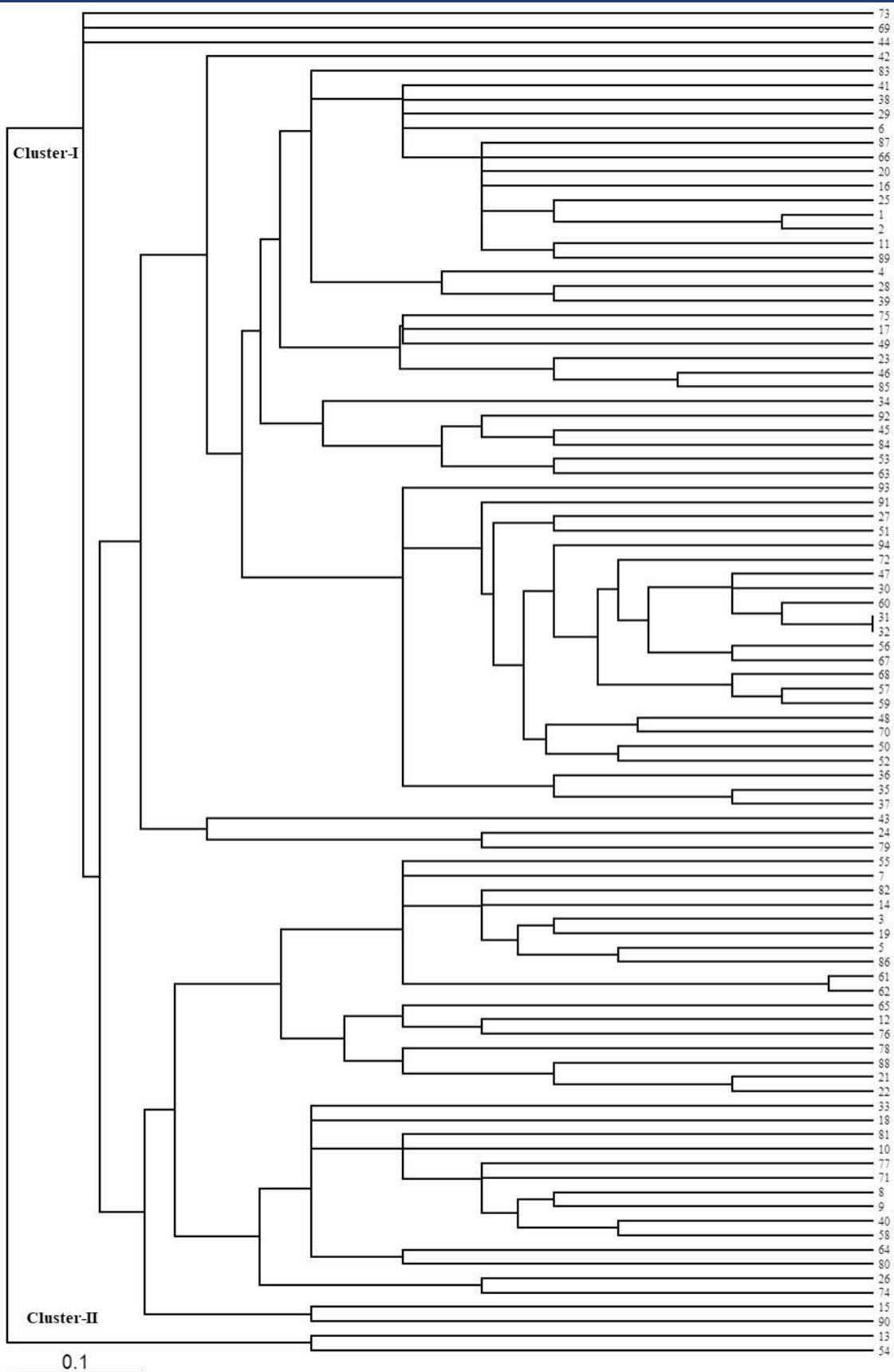


Figure 1 UPGMA dendrogram for *Onobrychis* accessions based on Nei's genetic distance values.

4. Conclusions

Sainfoin is a legume plant that has an important place as a fodder plant, and fast and effective breeding studies are needed to increase the number of new local varieties. In order to achieve more effective and successful results, it is necessary to include molecular breeding approaches into the classical breeding processes. Molecular markers provide deeper insights for the understanding of the genetic structure of crops and they are important for successful plant breeding programs (Nadeem et al., 2018). This study was conducted to evaluate the genetic diversity of *Onobrychis* species by using eight species specific SSR markers for 100 different genotypes belonging to 18 different *Onobrychis* species. The studied genotypes have high possibility to be selected for breeding program of sainfoin due to their genetic potential. It has been concluded that obtained SSR data provided more reliable results to distinguish genotypes from each other, and can be, therefore, used ongoing/future breeding programs of sainfoin to develop new varieties.

Acknowledgment

This work was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK, Project No: 215O526).

References

- Aktoklu, M. (1995). *The Revision of Onobrychis Miller (Fabaceae) species of Turkey*. (Ph.D. Thesis) The Graduate School of Natural and Applied Science of İnönü University, Malatya.
- Anonymous (2021). Republic of Türkiye, Ministry of Agriculture and Forestry Variety Registration and Seed Certification Center. Available from: <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfalid=8> (Accessed date: 21 March 2022).
- Bagshaw, A. (2017). Functional mechanisms of microsatellite DNA in eukaryotic genomes. *Genome Biology and Evolution*, 9(9): 2428-2443.
- Bhattarai, S. (2017). *Characterization of diverse germplasm of sainfoin (Onobrychis viciifolia Scop.) using agro-morphological traits and AFLP molecular markers*. (Msc. Thesis) Department of Plant Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Bhattarai, S., Coulman, B. and Biligetü, B. (2016). Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.): renewed interest as a forage legume for western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(5): 748-756.
- Carbonero, C. H., Harvey, I. M., Brown, T. A. and Smith, L. (2011). Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*): a beneficial forage legume. *Plant Genetic Resources*, 9: 70-85.
- Christenhusz, M. J. M. and Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3): 201-217.
- Delgado, I., Salvia, J. and Andres, C. (2008). The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(3): 401-407.
- Demdoum, S., Munoz, F., Delgado, I., Valderrabano, J. and Wunsch, A. (2012). EST-SSR cross amplification and genetic similarity in *Onobrychis* genus. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 253-260.
- Doyle, J. J. and Doyle, J. I. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12: 13-15.
- Ertus, M. M. (2021). Genetic relationship in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) landraces cultivated East Anatolia by using RAPD and ISSR markers. *Legume Research*, 44: 888-893.
- Hejrankesh, N., Haghghi, A. R., Mousavizadeh, S. A. and Rashidi, V. (2014). Evaluation of genetic diversity of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) landraces using RAPD markers. *Journal of Current Research in Science*, 2: 739-748.
- Kempf, K., Mora-Ortiz, M., Smith, M. J., Kölliker, R. and Skot, L. (2016) Characterization of novel SSR markers in diverse sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) germplasm. *BMC Genetics*, 17: 124.
- Langella, O. (1999). Populations 1.2.32, Population Genetic Software. Gif-sur-Yvette, France: Laboratoire Evolution, Génomes et Spéciation.
- Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B. and Lock, M. (2005). Legumes of the World. Kew, UK: Royal Botanical Gardens.
- Nadeem, M. A., Nawaz, M. A., Shahid, M. Q., Doğan, Y., Comertpay, G., Yıldız, M., Hatipoğlu, R., Ahmad, F., Alsaleh, A., Labhane, N., Özkan, H., Chung, G. and Baloch, F. S. (2018). DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 32: 261-285.
- Nei, M. (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York. 512 p.
- Noroozi, J., Zare, G., Sherafati, M., Mahmoodi, M., Moser, D., Asgarpour, Z. and Schneeweiss, G. M. (2019). Patterns of endemism in Turkey, the meeting point of three global biodiversity hotspots, based on three diverse families of vascular plants. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 159.
- Nosrati, H., Feizi, M. A. H., Latifian, F. and Haghghi, A. R. (2016). Eco-geographical variations of ISSRs among populations of *Onobrychis viciifolia* (Sainfoin, Fabaceae). *Analele Universității din Oradea Fascicula Biologie*, 2: 62-66.
- Nosrati, H., Feizi, M. A. H., Tarrah, S. S. and Haghghi, A. R. (2012). Population genetic variation in sainfoin (*Fabaceae*) revealed by RAPD markers. *Analele Universității din Oradea Fascicula Biologie*, 1: 11-16.
- Ozalp, M. and Temel, O. (2016). Effects of elevation and some soil properties on the yield and quality of sainfoin (*Onobrychis sativa* Scop.) forage crop grown in Savsat district, Artvin. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 31: 106-116.
- Ozbek, H. (2011). Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.): An important bee plant. *Uludag Bee Journal*, 11: 51-62.
- Ozkan, S. and Bilgen, B. B. (2019). Genetic characterization of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and populations using microsatellite markers. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16: 51-60.
- Page, R. D. (1996). Tree View: An application to display phylogenetics trees on personal computers. *Computer Applications in the Biosciences*, 12: 357-358.
- Peakall, R. and Smouse, P. E. (2012). GenAlEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28: 2537-2539.
- Rasouli, M., Jaferi, A. A., Tabaei-Aghdaei, S. R., Shanjani, P. S. and Darvish, F. (2013). Assessment of genetic variability of 36 populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*) based on RAPD markers. *International Journal of Biosciences*, 3: 15-26.
- Roldan-Ruiz, I., Dendauw, J., Van Bockstaele, E., Depicker, A. and De Loose, M. (2000). AFLP markers reveal high polymorphic rates in ryegrasses (*Lolium* spp.). *Molecular Breeding*, 6: 125-134.

- Schuelke, M. (2000). An economic method for the fluorescent labeling of PCR fragments. *Nature Biotechnology*, 18: 233-234.
- Sevim, E. T., Ozdil, F., Unal E. O. and Arat S. (2017). Characterization of cloned cattle obtained by nuclear transfer and their offspring with mtDNA and microsatellite markers. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14: 150-157.
- Shen, S., Chai, X., Zhou, Q., Luo, D., Wang, Y. and Liu, Z. (2019). Development of polymorphic EST-SSR markers and characterization of the autotetraploid genome of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *PeerJ-The Journal of Life and Environmental Sciences*, 7:1-19.
- Sekercioglu, C. H., Anderson, S., Akcay, E., Bilgin, R., Can, O. E., Semiz, G., Tavşanoğlu, C., Yokeş, M. B., Soyumert, A., İpekdal, K., Sağlam, İ. K., Yücel, M. and Dalfes, H. N. (2011). Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation*, 144: 2752-2769.
- Sutcu, T. (2020). *Genetic characterization of some sainfoin lines by microsatellite (SSR) markers*. (MSc Thesis) The Graduate School of Natural and Applied Science of Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ.
- Sutcu, T., Bilgen, B. B. and Tuna, M. (2022). Analysis of genetic diversity among *Onobrychis* accessions with high agronomic performance by simple sequence repeat (SSR) markers. *Molecular Biology Reports*, 49: 5659-5668.
- Toluei, Z., Ranjbar, M., Wink, M. and Atri, M. (2012). Molecular phylogeny and ecogeography of *Onobrychis viciifolia* Scop. (Fabaceae) based on nrDNA ITS sequences and genomic ISSR fingerprinting. *Feddes Repertorium*, 123: 193-207.
- TUBIVES (2022). Turkish Plants Data Service. Available from: <http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php> (Accessed date: 30 March 2022)
- Vieira, M. L., Santini, L., Diniz, A. L. and Munhoz, C. (2016). Microsatellite markers: what they mean and why they are so useful. *Genetics and Molecular Biology*, 39(3): 312-328.
- Yildiz, B., Ciplak, B. and Aktoklu, E. (1999). Fruit morphology of sections of the genus *Onobrychis* Miller (Fabaceae) and its phylogenetic implications. *Israel Journal of Plant Sciences*, 47: 269-282.
- Zarrabian, M. and Majidi, M. M. (2015). Genetic diversity and relationships within and among *Onobrychis* species using molecular markers. *Turkish Journal of Botany*, 39: 681-692.
- Zarrabian, M., Majidi, M. M. and Ehtemam, M. H. (2013). Genetic diversity in a worldwide collection of sainfoin using morphological, anatomical, and molecular markers. *Crop Science*, 53: 2483-2496.

Portakal Yağının Laboratuvar Koşullarında İki Noktalı Kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Üzerine Akarisit Etkisi

Acaricidal Effect of Orange Essential Oil on Two Spotted Spidermite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) under Laboratory Conditions

İpek YAŞAR^{1*}, Şahin KÖK², İsmail KASAP³


Öz


Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) birçok kültür bitkisinde ciddi ekonomik kayıplara sebep olan fitofag zararlılardan biridir. *T. urticae*'nin mücadelesinde genellikle kimyasal kullanımı ön plana çıkmaktadır. Ancak kimyasalların fazla miktarlarda ve uygun olmayan zaman ve dozlarda kullanımı, ürünler üzerinde kalıntı ve toksik etki bırakması nedeni ile birçok olumsuzluğa neden olmaktadır. Son zamanlarda bitkilerden elde edilen ekstraktların tarımsal zararlılar üzerindeki etki çalışmaları gün geçtikçe artmakta ve başarılı sonuçlar vermektedir. Yapılan bu çalışmada, portakal yağının ticari formülasyonu olan bir insektisit farklı dozlarda *T. urticae* üzerindeki yumurta bırakma davranışına yönelik etkisi ve akaridal etkisi araştırılmıştır. Denemeler laboratuvar şartlarında %65±10 nem ve 25±2°C sıcaklık koşullarında, fasulye yaprakları üzerinde, yaprak disk daldırma yöntemi ile 5 farklı uygulama dozu (0.2, 0.4, 0.6, 1 ve 2 ml 100 ml⁻¹ su) kullanılarak ve 5 tekerrür olarak yürütülmüştür. Gözlemler uygulamadan 1, 24, 48, 72 ve 96 saat sonra ölü ve canlı birey sayımları alınarak yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda *T. urticae* bireyleri üzerindeki en yüksek akarid etkinin uygulamadan 96 saat sonra portakal yağının %2 konsantrasyonunda %75.56 ölüm oranı ile belirlenmiştir. 96. saat gözlemlerinde en düşük akarid etki ise %20 ile %0.2'lik konsantrasyonda tespit edilmiştir. Buna göre çalışmada ele alınan portakal yağının konsantrasyon ve süresi arttıkça akarid etkisinin de arttığı gözlenmiştir. Portakal yağı aktif maddeli insektisit *T. urticae*'nin yumurta bırakma davranışı üzerindeki etkisine bakıldığında ise kullanılan insektisit %2 konsantrasyonunda 96 saat sonunda 8.80±1.87 yumurta sayısı tespit edilirken aynı gözlem zamanında kontrol grubundaki yumurta sayısı 99.40±1.26 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak portakal yağının *T. urticae* üzerinde sağladığı akaridal etki, kimyasal mücadeleye alternatif bir mücadele etmeni olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta bırakma, Akarisit etki, Bitkisel ekstrakt, Portakal yağı, *Tetranychus urticae*.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İpek Yaşar, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

E-mail: ipek.yasar@comu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-1447-6232.

²Şahin Kök, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lapseki Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bitki Koruma Programı, Çanakkale, Türkiye. E-mail: sahinkok@comu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-1092-8596.

³İsmail Kasap, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale, Türkiye. E-mail: ikasap@comu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-0015-4558.

Atıf/Citation: Yaşar İ., Kök Ş., Kasap İ. (2023). Portakal yağının laboratuvar koşullarında iki noktalı kırmızı örümcek, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) üzerine akarid etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 410-417.

*Bu makale 24-28 Ağustos 2021 tarihlerinde gerçekleşen 8. Uluslararası Katılımlı Bitki Koruma Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve bildiri kitapçığında özet bildiri olarak yer almıştır.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) is one of the phytophagous pests that cause serious economic losses in many cultivated plants. In the control of *T. urticae*, the use of chemicals usually comes to the fore. However, the use of chemicals in excessive amounts and in inappropriate times and doses causes many negativities because they leave residue and toxic effects on the products. Recently, studies on the effects of extracts obtained from plants on agricultural pests have been increasing day by day and yield successful results. In the study, the effect of an insecticide, which is a commercial formulation of orange oil, on egg laying behavior and acaricidal effect on *T. urticae* at different doses were investigated. The experiments were carried out in laboratory conditions at $65\pm 10\%$ humidity and $25\pm 2^\circ\text{C}$ temperature conditions, on bean leaves, using leaf disc dipping method, using 5 different application doses (0.2, 0.4, 0.6, 1 and 2 ml of 100 ml^{-1} water) and 5 was carried out recursively. Observations were made at 1, 24, 48, 72 and 96 hours after the application by taking the counts of dead and live individuals. As a result of this study, the highest acaricidal effect on *T. urticae* individuals was determined with a mortality rate of 75.56% at 2% concentration of orange oil 96 hours after the application. In the 96th hour observations, the lowest acaricidal effect was detected at a concentration of 20% to 0.2%. Accordingly, it was observed that the acaricide effect increased as the concentration and duration of the orange oil studied in the study increased. When the effect of the insecticide with orange oil active substance on the egg laying behavior of *T. urticae* was examined, the number of eggs in the control group was determined as 99.40 ± 1.26 at the same observation time, at the 2% concentration of the insecticide used, while 8.80 ± 1.87 eggs were detected at the end of 96 hours. As a result, the acaricidal effect of orange oil on *T. urticae* shows that it can be used as an alternative control agent to chemical control.

Keywords: Egg-laying, Acaricidal effect, Herbal extract, Orange oil, *Tetranychus urticae*.

1. Giriş

Tetranychidae familyası içerisinde yer alan İki noktalı kırmızıörümcek *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) dünyada olduğu gibi ülkemizde de birçok kültür bitkisinde önemli derecede ekonomik kayıplara sebebiyet veren polifag bir türdür (Helle ve Sabelis, 1985). Bu zararlının 126 familyada 1100'den fazla bitkide zarar oluşturduğu bildirilmiştir (Migeon ve Dorkeld, 2017). *T. urticae* sokucu emici ağız yapısıyla yaptığı emgi sonucu yapraklarda kuruma, sararma ve dökülmelere neden olarak primer olarak zarar oluştururken, fotosentezin azalması ve virüslerin taşınması nedeniyle de sekonder olarak zarar oluşturmaktadır (Jeppson ve ark., 1975).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de akarlar ile mücadelede ilk sırada akarisit kullanımı gelmektedir. Ancak akarların hızlı döl verme yetenekleri, yaşam sürelerinin oldukça kısa oluşu ve sahip oldukları detoksifikasyon yetenekleri sayesinde kimyasallara karşı çok kısa sürede direnç geliştirebilmektedirler (Stumpf ve Nauen, 2001; Van Leeuwen ve ark., 2006). *T. urticae*, 60 ülkede kullanılan 80'nin üzerinde akarсите karşı dayanıklılık geliştirebildiği için dünya genelinde aktif maddeye karşı en fazla direnç geliştiren zararlı olarak bilinmekte ve bu zararlı "direnç şampiyonu" olarak değerlendirilmektedir (Miresmailli ve Isman, 2006; Van Leeuwen ve ark., 2010; Dermauw ve ark., 2013). Son yıllarda kırmızıörümceklere karşı yaygın olarak kullanılan sentetik pestisitlerin fazla miktarlarda ve uygun olmayan zaman ve dozlarda kullanımı ekolojik dengesizliğe, çevre kirliliğine, insan sağlığında olumsuz etkilere, kalıntı problemlerine ve ekolojik denge için büyük öneme sahip faydalı organizmalar üzerinde de yan etkilere neden olmaktadır (Stumpf ve Nauen, 2002; Kim ve ark., 2004). Kimyasalların neden olduğu tüm olumsuzluklar göz önüne alındığında alternatif mücadele yöntemleri dikkat çekmektedir (Kasap ve Kök, 2019; Karabüyük ve Aysan, 2019; Budak ve ark., 2022).

Bitkisel ekstraktlar doğada mevcut bulunan, çevreye toksik etkisi bulunmayan, kolaylıkla parçalanabilmesi nedeniyle çevre kirliliğine yol açmayan, hedef dışı organizmalara daha az zararlı olan ve kırmızıörümceklerin mücadelesinde sentetik pestisitlere karşı son zamanlarda iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Feng ve Isman, 1995; Wewetzer, 1998; Erdoğan ve ark., 2010; Yorulmaz Salman ve ark., 2014, 2015; Pavela, 2016; Kasap ve Kök, 2019). Bu ekstraktlar öldürücü (toksik), uzaklaştırıcı (repellent), beslenmeyi engelleyici (antifeedent), yumurta bırakmayı engelleyici, beslenme ve gelişmeyi engelleyici gibi zararlı üzerinde birçok biyolojik aktivite göstermektedir (Isman, 2006).

Tek terpene sahip olan veya kimyasal bileşimine tek bir bileşenin hakim olduğu bir uçucu yağ olan portakal yağı, portakal kabuklarının soğuk preslenmesiyle oluşan, ana bileşeninde %90 ve üzeri d-Limonen olan bir biyopestisit. Güney Afrika'da Oro Agri firması tarafından geliştirilen bu biyopestisit Prev-AM ticari ismi ile bilinmekte ve içerisinde %5-6 oranında aktif bileşen olarak portakal yağı bulunmaktadır. Ayrıca, AB'de (Fransa ve Belçika) ve ABD'de kullanım için onaylanmıştır (Isman, 2019). Bu ticari biyopestisit ülkemizde biber, patlıcan, hıyar ve domates bitkilerinde zararlı *Bemisia tabaci* (Genn.) ve *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae) için ruhsatlandırılmıştır. Bu biyopestisit, zararlıların kütikularının kurumasına neden olarak canlı dokuları yok etmektedir (Anonim, 2021). Turunçgillerden elde edilen yağların *T. urticae* ve diğer zararlılara karşı akarisit (Araujo-Junior ve ark., 2010; Attia ve ark., 2011), repellent (Da Camara ve ark., 2015), fumigant (Motazedian ve ark., 2012; Reddy ve Dolma, 2017) ve insektisit (Akhtar ve ark., 2012; Pavela, 2013; El-Badawy, 2015) etkileri üzerine bazı çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada ise portakal yağı aktif maddeli ticari bir insektisit farklı konsantrasyonlarının *T. urticae* üzerine akarisit ve yumurta bırakma davranışı üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. *Tetranychus urticae* üretimi

Bu çalışmada *T. urticae* ergin dişi bireyleri kullanılmıştır. İki Noktalı Kırmızıörümcek *T. urticae* daha önce Çanakkale'nin merkeze bağlı Halileli köyünde (Batakovası) yer alan sebze alanlarından toplanarak 25±2 °C sıcaklık, %65±10 nem ve 16:8 ışıklanma periyoduna ayarlı iklim odasında fasulye [*Phaseolus vulgaris* (*Fabaceae*)] bitkileri üzerinde kültüre alınmıştır. İklim odasında yetiştirilen fasulye bitkileri 3-4 gerçek yaprağa ulaştığında *T. urticae* ile bulaşık fasulye bitkileri üzerine yerleştirilerek gerekli zararlı akar üretimi yapılmıştır.

2.2. Denemede kullanılan hücrelerin hazırlanması

Denemelerde kullanılan hücrelerin her biri 3 mm kalınlığında ve 60 x 45 mm boyutlarında pleksiglass levhalar,

üzerine saf su emdirilmiş pamuk ve aynı ebatlarda kurutma kağıdı üzerine temiz fasulye yaprakları yerleştirilmiştir. Ortasında 25 mm çapında açıklık bulunan bir başka pleksiglass levha yerleştirilerek üstüne de zararlıın kaçmasını engellemek için üzerinde küçük deliklerin bulunduğu asetat kapatılmıştır. Hücrelerin içerisi, yaprakların canlı kalabilmesi için saf su ile sürekli nemli tutulmuştur.

2.3. Portakal yağının *Tetranychus urticae* üzerine akarisit ve yumurta bırakma davranışına etkisi

Portakal yağının farklı dozlarda *T. urticae* üzerindeki akarisit ve yumurta bırakma davranışı üzerine etkisini belirlemek amacıyla ergin dişi (1-5 günlük) bireyleri üzerine uygulamalar yapılmıştır. Çalışma laboratuvar koşullarında fasulye bitkisi üzerinde Erdoğan ve ark. (2012)'nin yöntemi temel alınarak planlanmıştır. Bu kapsamda uygulamalar yaprak disk daldırma yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Ele alınan portakal yağının ticari formülasyonunun önerilen dozu ve bu dozun üst dozları (0,2, 0,4, 0,6, 1 ve 2 ml 100 ml⁻¹ su) saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır. 3 cm çapındaki fasulye yaprakları hazırlanan dozlar içerisine pens yardımı ile daldırıldıktan sonra kurumaya bırakılmıştır. Ardından kuruyan yapraklar levhalara yerleştirilmiştir. Kontrol hücrelerine ise yalnızca saf su ile uygulama yapılmış ve kurumaya bırakılmıştır. Yaprakların canlı kalabilmesi için levhalara yerleştirilen pamuklar saf su ile sürekli nemli tutulmuştur. Uygulama yapılan her yaprak üzerine *T. urticae*'nin 10 ergin dişi bireyi bırakılmış ve 1., 24., 48., 72. ve 96. saatlerdeki ölü ve canlı bireyleri ile bırakmış oldukları yumurta sayıları kaydedilmiştir. Denemeler kontrol grubu ve her konsantrasyon için 5 tekerrür olarak yürütülmüştür. Tüm çalışmalar 25±2 °C sıcaklık, %65±10 orantılı nem ve 16:8 saat ışıklandırma periyoduna ayarlanmış iklim kabini içerisinde yürütülmüştür.

2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Denemelerden elde edilen tüm veriler MiniTab 17 programı ile istatistik analize tabi tutulmuş. Yüzde etki oranları Abbott formülü ile hesaplanmıştır (Abbott, 1925). Bu formüle göre Yüzde Ölüm Oranı=[(A-B)/A]*100 (A: Kontrolde yer alan canlı birey sayısı, B: Uygulama dozunda yer alan canlı birey sayısı) olarak kontrolde ortaya çıkan ölüm sayıları ile düzeltilmiştir.

Denemeden elde edilen verilere önce karekök transformasyonu uygulanmıştır. Daha sonra tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) tekniği kullanılarak istatistik analizleri yapılmıştır. Gruplar arası farklılıklar Tukey testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Akarisit etki

Yapılan bu çalışmada, portakal yağının farklı konsantrasyonlarının (0,2, 0,4, 0,6, 1 ve 2 ml 100 ml⁻¹ su) 1., 24., 48., 72. ve 96. saat gözlemlerinde *T. urticae* ergin dişi bireyleri üzerine akarisit etkisi belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda portakal yağının akarisit etkisi konsantrasyon ve saat faktörlerine göre kendi aralarında değerlendirildiğinde hem dozlar hem de saatler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Doz ve saat faktörleri birlikte incelendiğinde 10 farklı istatistiksel grup belirlenmiştir. Buna göre Portakal yağının *T. urticae* üzerine en yüksek akarisit etkisinin %75.56 ile 96. saatte %2'lik konsantrasyonda olduğu belirlenmiştir. 96. saat gözlemlerinde en düşük etki ise %20 ile %0.2'lik konsantrasyonda gözlenmiştir. Ayrıca analizlerden elde edilen sonuçlara göre 1. saatte hiçbir ölümün gerçekleşmediği ilk ölümlerin 24. saatte başladığı, doz ve süre arttıkça portakal yağının akarisit etkisinin de arttığı gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan ve aktif maddesi portakal yağı olan PREV-AM preperatının *T. urticae* üzerine akarisit etkisini araştırmak üzere belirlenen doz ve saat faktörlerine göre istatistiksel analiz verileri Tablo 1'de ele alınmıştır.

3.2. Yumurta bırakma davranışı

Çalışma sonucunda portakal yağının dozlara ve gözlem sürelerine göre yumurta bırakmayı engelleyici yönde etki gösterdiği belirlenmiştir. Portakal yağı aktif maddesinin *T. urticae*'nin yumurta bırakma davranışına etkisine bakıldığında, doz ve zaman faktörlerinin birimleri arttıkça *T. urticae* bireylerinin bırakmış olduğu yumurta sayısında belirgin bir azalma olduğu gözlenmiştir. Çalışma sonucunda hem doz grupları arasında hem de saat dilimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Doz faktörü dikkate alınarak incelendiğinde portakal yağının %0.2 konsantrasyonda, 72. saat ve 96. saat gözlemleri aynı grupta yer alarak diğer gruplarla karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). En düşük yumurta sayısı, 8.60±3.50 ortalama yumurta sayısı ile portakal yağının %2 konsantrasyonda 72. saatte

gözlemlenmiştir. Aynı dozun 96. saatteki etkisi de 8.80 ± 1.87 ortalama yumurta sayısı ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. Kontrol uygulamalarında ise 72. saatte 84.40 ± 1.58 ortalama yumurta sayısı, 96. saatte ise 99.40 ± 1.26 ortalama yumurta sayısı gözlemlenmiştir. Uygulanmış olan portakal yağının farklı konsantrasyonlarının yumurta bırakma davranışı üzerine etkileri *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 1. Portakal yağının farklı konsantrasyonlarının *Tetranychus urticae* dişileri üzerine akarisit etkisi

*Table 1. Acaricidal effect of different concentrations of orange oil on *Tetranychus urticae* females*

Uygulama Kons.	1. Saat Etki (Abbott)	24. Saat Etki (Abbott)	48. Saat Etki (Abbott)	72. Saat Etki (Abbott)	96. Saat Etki (Abbott)
0.2 ml 100 ml ⁻¹	0.00 ± 0.00 a*C**	8.00 ± 2.89 cB	18.00 ± 2.89 cA	17.78 ± 3.15 cA	20.00 ± 3.05 cA
0.4 ml 100 ml ⁻¹	0.00 ± 0.00 aD	8.00 ± 2.11 cC	14.00 ± 2.99 cB	15.55 ± 3.56 cB	33.33 ± 3.33 cA
0.6 ml 100 ml ⁻¹	0.00 ± 0.00 aD	6.00 ± 2.34 cC	26.00 ± 3.66 bB	28.89 ± 3.86 bB	48.90 ± 4.80 bA
1 ml 100 ml ⁻¹	0.00 ± 0.00 aD	14.00 ± 2.34 bC	26.00 ± 2.99 bB	31.11 ± 3.81 bB	44.44 ± 3.33 bA
2 ml 100 ml ⁻¹	0.00 ± 0.00 aD	28.00 ± 4.66 aC	48.00 ± 4.39 aB	51.11 ± 4.10 aB	75.56 ± 4.46 aA

* Uygulama dozları arasındaki farklar, aynı gözlem süreleri sütununda küçük harflerle gösterilmiştir. Dozlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

** Gözlem süreleri arasındaki farklar, aynı uygulama dozu satırında büyük harflerle gösterilmiştir. Gözlem süreleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Tablo 2. Portakal yağının farklı konsantrasyonlarının *Tetranychus urticae*'nin bıraktığı yumurta sayısı üzerine etkisi

*Table 2. The effect of different concentrations of orange oil on the number of eggs laid by *Tetranychus urticae**

Uygulama Kons.	1. Saat Yumurta Sayısı	24. Saat Yumurta Sayısı	48. Saat Yumurta Sayısı	72. Saat Yumurta Sayısı	96. Saat Yumurta Sayısı
0.2 ml 100 ml ⁻¹	8.60±1.29 a*D**	72.40±2.92 cA	53.00±2.38 cB	39.00±3.30 cC	44.00±1.82 bC
0.4 ml 100 ml ⁻¹	1.60±3.34 bD	105.00±5.14 aA	100.00±5.34 aA	66.40±4.89 bB	40.60±2.21 bC
0.6 ml 100 ml ⁻¹	7.20±1.81 aE	94.80±3.80 bA	67.40±4.07 bB	58.40±4.70 bC	47.20±2.17 bD
1 ml 100 ml ⁻¹	3.40±1.48 bE	67.00±2.26 dA	49.20±2.35 cB	35.00±3.16 cC	22.00±1.78 cD
2 ml 100 ml ⁻¹	2.00±1.66 bC	20.60±4.81 eA	15.20±4.07 dA	8.60±3.50 dB	8.80±1.87 dB
Kontrol	4.00±1.50 abE	103.80±2.38 aA	93.00±3.54 aC	84.40±1.58 aD	99.40±1.26 aB

*Uygulama dozları arasındaki farklar, aynı gözlem süreleri sütununda küçük harflerle gösterilmiştir. Dozlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

** Gözlem süreleri arasındaki farklar, aynı uygulama dozu satırında büyük harflerle gösterilmiştir. Gözlem süreleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Yapılan benzer çalışmalarda portakal yağının akarisit, repellent ve fümigant etkisi araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada ise elde edilen veriler portakal yağının *T. urticae* üzerine akarisit ve yumurta bırakmayı engelleyici

etkilerinin olduğunu göstermiştir. Hassan ve ark. (2021) portakal kabuğu yağı ve metanol yaprağı ekstraktlarının 48 saat sonra en yüksek konsantrasyonda (10.000 ppm) ergin *T. urticae* dişilerinde yüksek ölüm oranlarına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Portakal kabuğu yağının diğer bitki ekstraktlarına göre *T. urticae*'ye karşı en yüksek etkiye sahip olduğunu ve kullanılan ekstraktların akarisidal aktivitelerinin konsantrasyona bağlı olduğunu ve portakal kabuğu yağının ortalama öldürücü konsantrasyon (LC50) değerinin 2203 ppm olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Da Camara ve ark. (2015), iki tür portakalın laranja lima (*Citrus aurantium* L.) ve laranja pera (*Citrus sinensis* O.) meyve kabuğundan su damıtma yoluyla uçucu yağlarını elde etmişlerdir. Pera ve Lima yağlarının içerik bakımından en yoğun maddesinin d-limonen olduğunu ve her iki yağın da repellent etki göstermesine rağmen Lima yağının akarların bitkiler arasındaki hareketini de kısıtlayıcı etki gösterdiğini bildirmişler. Öte yandan, Attia ve ark. (2011), denemede kullanmış oldukları 31 bitki türünden 7 tanesinin *T. urticae*'ye karşı etkili olduğunu ve bunlar içerisinde *C. aurantium* ekstraktının popülasyon yoğunluğunu %50 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Roh ve ark. (2011), laboratuvar koşullarında *C. sinensis*'in kabuk esansiyel yağının akarisit etkisini yaprak daldırma yöntemi ile test etmişlerdir. Çalışma sonunda %0.1 konsantrasyonda uygulamadan 24 saat sonra *T. urticae* dişileri üzerinde %45.6 ölüm gerçekleştiğini ve dişilerin bırakmış olduğu toplam yumurta sayısının da önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Araujo-Junior ve ark. (2010), Kuzeydoğu Brezilya'da yetiştirilen 3 farklı narenciye türünün; *C. sinensis* var. përa (LP), *C. sinensis* var. mimo (LM), ve *C. aurantium* (LL) *T. urticae*'ye karşı repellent ve fümigant etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda en yüksek repellent etkinin %2.0 konsantrasyonda LM için gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, en güçlü fümigant toksisitesi, LC50 değeri 1.63µL/L hava ile LL yağı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca narenciye kabuğu yağlarının, özellikle *C. aurantium* ve *C. sinensis* var. mimo, *T. urticae*'nin kontrolünde avantaj sağlayacağını bildirmişlerdir.

4. Sonuç

Tarım alanlarında zararlılar ile mücadelede yoğun şekilde kullanılan kimyasalların insanlar üzerindeki olumsuz etkileri ve çevreye verdiği geri dönülmez zararları nedeniyle, bu kimyasallara alternatif olarak kullanılan bitkisel ekstraktların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda akarlara karşı ruhsatlandırılmamış olan ticari formülasyonlu portakal yağı ekstraktının, *T. urticae* bireyleri üzerinde akarisit ve yumurta bırakma davranışları üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak bitkilerden elde edilmiş olan ekstraktların önemli tarımsal zararlılar üzerine etkilerinin ele alındığı çalışmaların artması entegre mücadele kapsamında pestisitlere karşı önemli bir alternatif mücadele yönteminin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Portakal yağının da bu alternatif mücadele yöntemleri içerisinde kullanılabilir önemli bir alternatif ürün olabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Abbot, W. S. A. (1925). Method of comparing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265–267.
- Akhtar, Y., Isman, M. B., Lee, C. H., Lee, S. G. and Lee, H. S. (2012). Toxicity of quinones against two-spotted spider mite and three species of aphids in laboratory and greenhouse conditions. *Industrial Crops and Products*, 37(1): 536–541.
- Anonim (2021). Prev-am ® . Oro Agri Avrupa Sss. <https://www.oroagri.eu/tr/faq/prev-am-faq/>. (Erişim Tarihi: 09.09.2021).
- Araujo-Junior, C. P., Da Camara, C. A. G., Neves, I. A., Ribeiro, N. C., Gomes, C. A., Moraes, M. M. and Botelho, O. S. (2010). Acaricidal activity and chemical composition of peel essential oils of three Citrus species cultivated in NE Brazil. *Natural Product Communications*, 5(3): 471–476.
- Attia, S., Grissa, K. L., Ghrabi, Z. G., Maillieux, A. C., Lognay, G. and Hance, T. (2011). Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards. *Bulletin de la Société Royale Belge d'Entomologie/ van de Koninklijke Belgische Vereniging Voor Entomologie*, 147: 71–79.
- Budak, E., Yigit, Ş., Aşkın, A. K., Akça, İ. ve Saruhan, İ. (2022). Bazı uçucu yağların *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) ya insektisidal etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 101-107.
- Da Camara, C. A. G., Akhtar, Y., Isman, M. B., Seffrin, R. C. and Born, F. S. (2015). Repellent activity of essential oils from two species of citrus against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. *Crop Protection*, 74:110–115.
- Dermauw, W., Wybouw, N., Rombauts, S., Menten, B., Vontas, J., Grbic, M., Clark, R. M., Feyereisen, F. and Van Leeuwen, T. (2013). A link between host plant adaptation and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110: 113-122.
- El-Badawy, S.S. (2015). Insecticidal and repellent activities of citrus peel oils against mealybug *Icerya seychellarum* (Westwood). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 93(3):791–808.
- Erdoğan, E., Saltan, G. ve Sever, B. (2010). Acı Biber (*Capsicum annum* L.) ekstraktının iki noktalı kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae)'ye akarisit etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 50: 35-43.
- Erdoğan, P., Yıldırım, A. and Sever, B. (2012). Investigations on the effects of five different plant extracts on the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae). *Hindawi Publishing Corporation Psyche*, 2012: 1-5.
- Feng, R. and Isman, M.B. (1995). Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experientia*, 51: 831-833.
- Hassan, M. F., El-Badawy, S. S., Draz, M. G. and Ibrahim, E. S. (2021). New acaricidal activities and chemical compositions of orange oil and extracts of (wild mint and henna) against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 54(19-20): 1848-1863.
- Helle, W. and Sabelis, M. W. (1985). Spider mites. Their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, 1B. Elsevier, Amsterdam, New York. 458 sf.
- Isman, M. B. (2019). Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry Reviews*, 19(2): 235–241.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51: 45-66.
- Jeppson, L. R., Keifer, H.H. and Baker, E.W. (1975). Mites injurious to economic plants. University of California Pres, Berkeley 614 sf.
- Karabüyük, F. ve Aysan, Y. (2019). Bazı bitki ekstraktlarının *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun neden olduğu domates bakteriyel benek hastalığına antibakteriyel etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2): 231- 243.
- Kasap, İ. ve Kök, Ş. (2019). Bazı bitki ekstraktlarının iki noktalı kırmızı örümcek, *Tetranychus urticae* Koch üzerine insektisit etkisinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2019(1): 137–144.
- Kim, Y. J., Lee, S. H., Lee, S. W. and Ahn, Y. J. (2004). Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Management Science*, 60(10): 1001-1006.
- Migeon, A. and Dorkeld, F. (2017). Spider Mites Web: A Comprehensive Database for the Tetranychidae. Montpellier: INRA-CBGP. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Erişim Tarihi: 07.09.2021).
- Miresmailli, S. and Isman, M. B. (2006). Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *Journal of Economic Entomology*, 99: 2015-2023.
- Motazedian, N., Ravan, S. and Bandani, A. R. (2012). Toxicity and repellency effects of three essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(2): 275–284.
- Pavela, R. (2013). Efficacy of naphthoquinones as insecticides against the house fly, *Musca domestica* L. *Industrial Crops and Products*, 43: 745–750.
- Pavela, R. (2016). Acaricidal properties of extracts of some medicinal and culinary plants against *Tetranychus urticae* Koch. *Plant Protection Science*, 52(1): 54-63.

-
- Reddy, S. G. E. and Dolma, S. K. (2017). Acaricidal activities of essential oils against two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Toxin Reviews*, 37(1): 62–66.
- Roh, H. S., Lim, E. G., Kim, J. and Park, C. G. (2011). Acaricidal and oviposition deterring effects of santalol identified in sandalwood oil against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Pest Science*, 84: 495-501.
- Stumpf, N. and Nauen, R. (2001). Cross-resistance, inheritance and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(6): 1577-1583.
- Stumpf, N. and Nauen, R. (2002). Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 72: 111-121.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W. and Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40(8): 563-572.
- Van Leeuwen, T. V., Tirry, L. and Nauen, R. (2006). Complete maternal inheritance of bifenazate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its implications in mode of action considerations. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 36: 869-877.
- Wewetzer, A. (1998). Callus cultures of *Azadirachta indica* and their potential for the production of azadirachtin. *Phytoparasitica*, 26(1): 47-52.
- Yorulmaz Salman, S., Saritas, S., Kara, N., Aydınli, F. and Ay, R. (2015). Contact, repellency and ovicidal effects of four lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(4): 857-872.
- Yorulmaz Salman, S., Saritas, S., Kara, N. and Ay, R. (2014). Acaricidal and ovicidal effects of sage (*Salvia officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) (Lamiaceae) extracts on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science*, 20: 358-367.

Determination of the Factors Affecting the Level of Benefit from Young Farmer Project Support in Rural Development: Tekirdag Sample, Türkiye*


Kırsal Kalkınmada Genç Çiftçi Projesi Desteklerinden Yararlanma Düzeyini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Tekirdağ Örneği, Türkiye

Deniz SARI GEDİK¹, Emine YILMAZ^{2*}

Abstract

Achieving development in the field of agriculture in a country passes through the development of rural areas. Various plans, programs and policies are being developed for the sustainability of production and solving the problems of those living in rural areas. In recent years, it has been given importance to support development and entrepreneurship in agriculture in Türkiye in order to solve the existing problems. For this purpose, the Young Farmer Project was put into effect with the decision of the Council of Ministers in 2016. With this project, it is aimed to ensure that young farmers stay in the agricultural sector by providing the support they need, and to prevent migration from rural to urban by encouraging their agricultural production and activities. In this research, the application process of the farmers who received support between 2016 and 2017 in Tekirdag province with the Young Farmer Project, how they carried out the project, what kind of difficulties they faced while carrying out, how they continued it, and where they could carry it was determined. A survey was conducted with 106 young farmers who received support within the scope of the research. 54% of the young farmers participating in the research are woman farmers. The fact that male farmers have existing businesses registered on them that they work in other paid jobs besides farming, positive discrimination against women within the scope of the project has contributed to the increase in the number of female young farmer applicants and winners. 82.1% of the young farmers involved in the project also reside in the rural area before the project, and 13.2% live both in the city center and in the rural areas. The rate of those who started living in rural areas after receiving project support is 4.7%. It has been determined that young farmers who own livestock enterprises do not have an increase in their income levels, and they have difficulty in meeting their borrowing and operating input costs. Young people who receive support within the scope of the Young Farmer Project express the opinion that the project will not encourage agriculture and animal husbandry. For women farmers, the most important contribution of the project is that they have owned businesses for the first time, and for male farmers, they have further expanded their existing businesses.

Keywords: Young farmer project, Rural development, Agricultural supports, Rural area, Tekirdag.

¹Deniz Sarı Gedik, Tekirdag Namık Kemal University Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Tekirdag, Türkiye. E-mail: deniz_sari@hotmail.com  ORCID: 0000-0001-6247-930X.

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine Yılmaz, Tekirdag Namık Kemal University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics, Tekirdag, Türkiye. E-mail: emineyilmaz@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-3434-8932.

Atıf/Citation: Sarı Gedik, D., Yılmaz, E. (2023). Determination of the factors affecting the level of benefit from young farmer project support in rural development: Tekirdag sample, Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 418-429.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Bir ülkede tarımsal anlamda gelişmenin sağlanması kırsal kesimin kalkındırılması yolundan geçmektedir. Üretimin sürdürülebilirliği ve kırsal alanlarda yaşayanların sorunlarını çözmek için çeşitli plan, program ve politikalar geliştirilmektedir. Son yıllarda mevcut sorunların çözümüne yönelik olarak Türkiye’de de tarımda kalkınmanın ve girişimciliğin desteklenmesine önem verilmiştir. Bu amaçla, 2016 yılında Bakanlar Kurulu Kararı ile Genç Çiftçi Projesi yürürlüğe girmiştir. Bu proje ile genç çiftçilerin ihtiyaçları olan desteklerin verilerek tarım sektöründe kalmalarının sağlanması, tarımsal üretimlerini ve faaliyetlerini teşvik ederek kırdan kente olan göçün önlenmesi amaçlanmıştır. Bu araştırmada Genç Çiftçi Projesi ile Tekirdağ İlinde 2016-2017 yılları arasında destekleme kazanan çiftçilerin projeye başvuru süreci, projeyi nasıl yürüttükleri, yürütürken ne tür zorluklarla karşılaştıkları, nasıl devam ettirdikleri ve nereye taşıyabildikleri tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında destek alan 106 genç çiftçi ile anket çalışması yapılmıştır. Araştırmaya katılan genç çiftçilerin %54’ü kadın çiftçilerden oluşmaktadır. Erkek çiftçilerin üzerine kayıtlı mevcut işletmelerinin oluşu, çiftçiliğin yanın da ücretli başka işlerde çalışıyor olmaları, proje kapsamında kadına pozitif ayrımcılık yapılması, kadın genç çiftçi başvuran ve kazanan sayısının artmasında etkili olmuştur. Proje de yer alan genç çiftçilerin %82.1’i projeden önce de kırsal alanda ikamet etmekte, %13.2’i ise hem il ve ilçe merkezinde hem de kırsal alanda yaşamaktadır. Proje desteği aldıktan sonra kırsalda yaşamaya başlayanların oranını ise %4.7 olarak tespit edilmiştir. Hayvancılık işletmelerine sahip genç çiftçilerin gelir düzeylerinde artış olmadığı gibi borçlanma ve işletme girdi maliyetlerini karşılamada zorlandıkları belirlenmiştir. Genç Çiftçi Projesi kapsamında destek alan gençler, projenin tarım ve hayvancılık yapmayı özendirmeceği görüşünü bildirmektedirler. Kadın çiftçiler için projenin en önemli katkısı ilk defa kendi adına işletme sahibi olmaları, erkek çiftçiler için ise var olan işletmelerini daha da büyütmiş olmalarıdır.

Anahtar Kelimeler: Genç çiftçi projesi, Kırsal kalkınma, Tarımsal destekler, Kırsal alan, Tekirdağ.

1. Introduction

The rapid increase in the world population and the depletion of natural resources have led humanity to use scarce and limited resources correctly. Using natural resources correctly is possible by increasing their productivity. The efficiency of human capital is possible with the increase of social and economic welfare. This situation has led to the necessity to better understand the relationship between rural and urban. The relationship between rural and urban is equivalent to development. It is not possible for a developed city in the world to be a backward countryside. That's why various applications have been developed for rural development in the world and Türkiye. For the applications to be successful, the countryside should be analyzed correctly. Realistic models that take into account social, political, cultural, and sectorial realities should be developed. Different rural development policies are applied in the world according to their development levels.

Türkiye also rural development in terms of relevant institutions, especially the Ministry of Agriculture and Forestry programs and organizations to improve the working and living conditions in rural areas, projects, realizes investments and subsidies. The IPARD program, which is implemented within the scope of the EU harmonization process, has special importance among these. 75% of this program budget was covered by the EU and the rest from the national budget through Agriculture and Rural Development Support Institution (ARDSI) projects. This includes the LEADER program, which tries to mobilize local action groups, the Ministry's Young Farmer support, grants from development agencies, and other supports for rural development. All these programs, projects, investments, and supports are aimed at improving the working and living conditions of those living in rural areas and thus preparing the ground for returning to the village and rural areas. These works, which require a large, medium, or small-scale investments, must be well-designed, sustainable, carried out by their purpose, scaled in a way that will not remain idle, and designed to provide a social benefit (Yavuz and Dilek, 2019).

Türkiye also supports the promotion of farmers covered by rural development, entrepreneurship in rural areas and promote the production, prevention of migration, it is important to support agriculture and animal husbandry. The population living in rural areas is gradually decreasing. For the rural population, especially the young population, to continue production where they are, they should be supported. Türkiye applied for the first time the "Young Farmers Project" with the sustainability of the projects supported by the manufacturer, it is possible to continue to live in rural areas and with the determination of entrepreneurial characteristics.

In 2016, young farmers from the project in Türkiye has benefited 11077 women and 3893 men, including a total of 14970 people support. These 14970 projects; 10500 units were carried out for cattle and ovine breeding, 2030 for beekeeping, 525 for poultry and sericulture, 1915 for fruit growing, greenhouse cultivation, mushroom cultivation, and medicinal and aromatic plant breeding. As a result of the evaluations, 337 million Turkish Lira (TL) of this grant was reserved for cattle / ovine breeding projects, 68 million Turkish Lira for beekeeping and poultry projects, and 45 million Turkish Lira for crop production projects. In 2017, 16067 people were granted grants within the scope of the Young Farmer Project. In this support, 8375 cattle, 165 buffalo, 2860 small cattle, 1020 livestock facilities, and animal purchase, 1423 beekeeping, 513 poultry breeding facilities, 50 silkworm breeding facilities, 67 Grant support was provided in the fields of seedling-sapling, ornamental plant production facility, and 92 medicinal, aromatic and geographically marked products (Anonymous, 2017). In 2018, within the scope of the Young Farmer Project, 503 million TL was allocated from the budget to support young farmers.

Planned rural development in Türkiye began with a five-year development plan in 1963. Regional development programs, projects and supports have been implemented. The Young Farmer Project within the Scope of Rural Development Supports entered into force with the Council of Ministers Decision numbered 2016/8540 in the Official Gazette dated 26.02.2016. In this research, it is aimed to determine the application process of the young farmers who gained support between 2016-2017 in Tekirdağ Province with the "Young Farmer Project", how they carried out the project, what kind of difficulties they faced while carrying out, how they continued and where they could carry the project.

2. Materials and Methods

The research was carried out with farmers who received support from the "Young Farmer Project" in Tekirdağ Province between 2016-2017. 142 farmers in 2016 and 151 farmers in 2017 benefited from the support. In the selection of the interviewed farmers, the number of Young Farmer Projects applied in the research area was taken

as a basis. Accordingly, cattle breeding, ovine breeding, beekeeping, poultry breeding, and plant production projects, which received the most grant support, were included in the research. The data were collected through face-to-face interviews with 106 young farmers who agreed to participate in the survey. Collected data were evaluated in the SPSS program.

3. Results and Discussion

The Young Farmer Project, which has been put into effect within the scope of rural development supports, has been considered as a study and support model for the preference of agriculture as a profession among young people living in rural areas, taking into account the average farmer age of 55 in our country. For this purpose, it is aimed to have entrepreneurial, strong, reliable, and volunteer young people in the rural areas consciously and educated at work while participating in the production. The program, which was decided to provide free support of 30,000 TL to Young Farmers in return for the project, was determined to last for three years in 2016-2018. In Tekirdağ Province, grant support was given to 142 farmers in 2016 and 151 farmers in 2017. The socio-demographic characteristics of 106 young farmers participating in the study are given in *Table 1*.

Table 1. Socio-demographic characteristics of the producers within the scope of the research

	Number of people	Rate %
Gender		
Woman	58	54.7
Male	48	45.3
Age range		
19-25	9	8.5
26-33	48	45.3
34-40	49	46.2
Marital status		
The married	82	77.4
Single	24	22.6
Education status		
Primary school	37	34.9
Middle School	32	30.2
High school	24	22.6
College	7	6.6
Bachelor Science	6	5.7

When the distribution of young farmers participating in the study by gender is examined, 54.7% are female and 45.3% are male farmers. In the evaluation of the applications, the fact that male farmers have existing businesses registered on them, they work in other paid jobs besides farming, positive discrimination against women within the scope of the project has been effective in the increase of the number of female young farmer applicants and winners. The participation of women farmers in agricultural production as business owners is important in contributing to the employment of young women. Therefore, the project, it is aimed to provide a balance between women and men in rural areas by supporting women entrepreneurs more and making positive discrimination, and benefiting from grant support more.

In this project, it is stated that young farmers are between the ages of 19-40. 46.2% of the young farmers participating in the research are between the ages of 34-40, 45.3% of them are between the ages of 26-33. The project aims to encourage farming, and there are 8.5% of young farmers between the ages of 19-25. Young people between the ages of 19-25 continue their university education. Participation in the project was limited due to the low rate of young population between the ages of 19-25 living in the villages and their continuing education. The tendency of rural youth to continue farming as a profession is gradually decreasing. Alkan and Özkan (2020), who conducted research in enterprises implementing young farmer projects, determined that 86.7% of the young farmers from whom data were obtained were primary and secondary school graduates, and Yerebakan (2017) determined that 76.7% of them were primary school graduates. The educational status of the young people participating in our study was determined to be higher than other researchers.

In the study conducted by Doğan et al. (2018), 79% of those who benefited from young farmer support, 80% in the study of Kan et al. (2018) were women. In 2016, young farmers from the project in Türkiye has benefited 11077 women and 3893 men, including a total of 14970 people support. Türkiye is 73.99% of the women who benefit from support in 2016. It is known that in the young farmer grant support program, it is known that women farmers are encouraged to include women entrepreneurs in business life by making positive discrimination and additional points are given (Anonymous, 2016). This practice seems to be reflected in the results as well. The values we determined were determined by Doğan et al. (2018) and Kan et al. (2018) was determined to be lower than the values determined by.

The labor force participation rate of women in the agricultural sector in Türkiye (34.9%) is well below the European Union average. This situation is poor utilization of the potential female workforce in Türkiye; shows an idle workforce capacity. Although women take an active role in agricultural production in Türkiye it is the unpaid family workers (Yılmaz and Özdemir, 2012; Özdemir et al. 2017a).

77.4% of young farmers are married. Married ones were given a plus five points in the evaluation criteria for applications. 34.9% of the young farmers participating in the study are primary school and 30.2% secondary school, 22% high school, 6.6% college, and 5.7% graduates. As the education level increases, the rate of sustainable agriculture and livestock activities decreases. It has been determined that those who have a bachelor's degree are graduates of agricultural faculties and have village backgrounds. The education level of women farmers is lower than that of men. 43.1% of the female farmers are primary school graduates and no woman has a college degree. It was determined that the elders of the family lived in the same house with their sons or another house opening to the same garden.

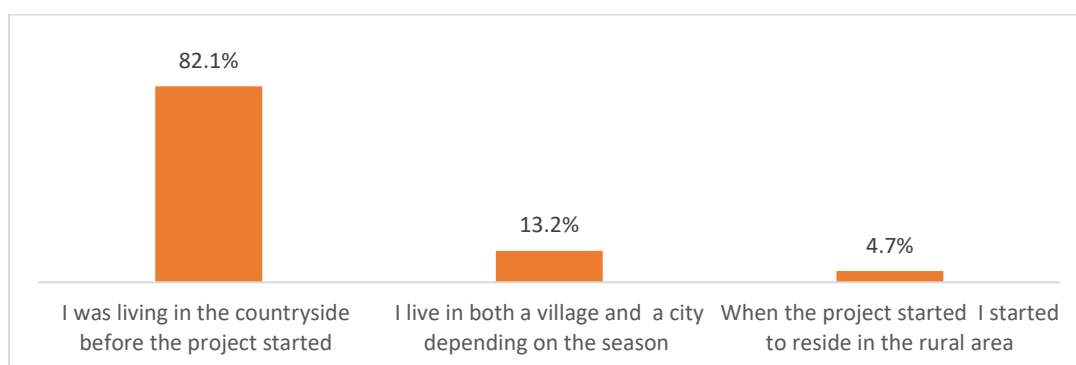


Figure 1. Residence status of young farmers

82.1% of the young farmers within the scope of the research reside in rural areas before the project, 13.2% of them live both in the city center and in the rural areas. When the project started, the proportion of those living in rural areas was determined as 4.7% (Figure 1). The limited opportunities, especially in rural areas, make it compulsory to live in provincial and district centers for the education of their children. It was observed that only those residing in rural areas bought a house in the city and district center and continued their education with the help of their family elders. It is seen that the target of attracting young people and providing employment to the rural areas targeted in the project has not been achieved. The young farmer project is seen as an attractive project for those who live in rural areas and own agricultural property. It has been observed that those who do not have agricultural experience or ties to rural areas have more difficulty in sustaining the young farmer project.

Here, especially with the young farmer project, it is necessary to carry out more comprehensive studies to ensure that young people stay in agriculture and sustainability. When the developments on the subject in the world are examined, it is seen that participation, environmental sustainability, and organization are important. Türkiye is also needs to be addressed as a whole of a moment ago to rural development. Thus, we can prevent rural poverty and migration from rural to urban (Yılmaz et al., 2019).

Figure 2 shows where the supporting areas first heard about the Young Farmer Project. Producers in the Young Farmer Project stated that 27.4% heard the project from the Provincial and District Directorates of Agriculture and Forestry, and 3.8% from the neighborhood headman. The number of people who are aware of social media, the internet, and TV shows that these sources take their place as an important communication network in rural areas.

This shows that the farmers use different communication sources and are aware of where to get information. Extension activities carried out by the Ministry of Agriculture and Forestry also maintain their importance. Extension activities aimed at raising the awareness of farmers are extremely important. Before the rural development projects start to be implemented, it is important to provide the farmers who have the qualifications to apply for support and to eliminate the lack of training.

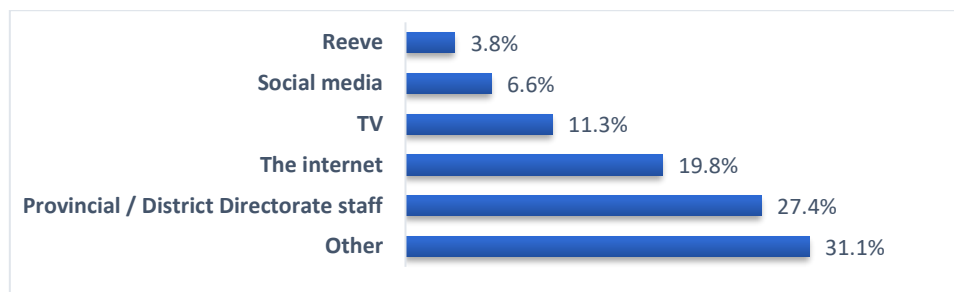


Figure 2. Young farmers' awareness of the project

92.5% of the young farmers participating in the research stated that they did not have any difficulties during the application process, and 7.6% stated that they had difficulties in applying. Those who did not experience any difficulties in the application process reported that they received assistance from the staff of the Agriculture and Forestry District Directorate regarding the project (Table 2).

Table 2. Situation of young farmers receiving assistance in the application

Getting help with the application	Number of people	Rate %
Provincial / District Directorate staff	57	53.8
Wife/husband	27	25.5
Neighbor- relative	2	1.9
Reeve	4	3.8
Other	16	15.0

In Table 2, it is seen from whom young farmers get help in their application to the project. While applying for the project, 53.8% of the young farmers stated that they received help from the district directorate personnel to which they applied. They reported that the young farmers who participated in our survey received information and support from the relevant personnel on how to make a lease agreement, from which institution to obtain documents, how and where to obtain the equipment, and the suitability of the business locations.

Table 3. Education status of young farmers regarding their projects

Education status of young farmers regarding their projects	Number of people	Rate %
Did not receive any education	29	27.3
I received training	34	32.1
I attended the training after the project started	43	40.6

The education status of young farmers related to the project subjects is included in Table 3. 32.1% of those who run the "Young Farmer Project" consist of producers who received training before applying to the "Young Farmer Project". Five points are awarded to those who receive training in the project application. Young farmers are required to receive training within the scope of the project. Uneducated persons must complete the education certificate within two years. To meet the training needs, necessary trainings are carried out in cooperation with the Provincial and District Directorates of Agriculture and Forestry and Public Education Center. The rate of young farmers who received training after the project started is 40.6%.

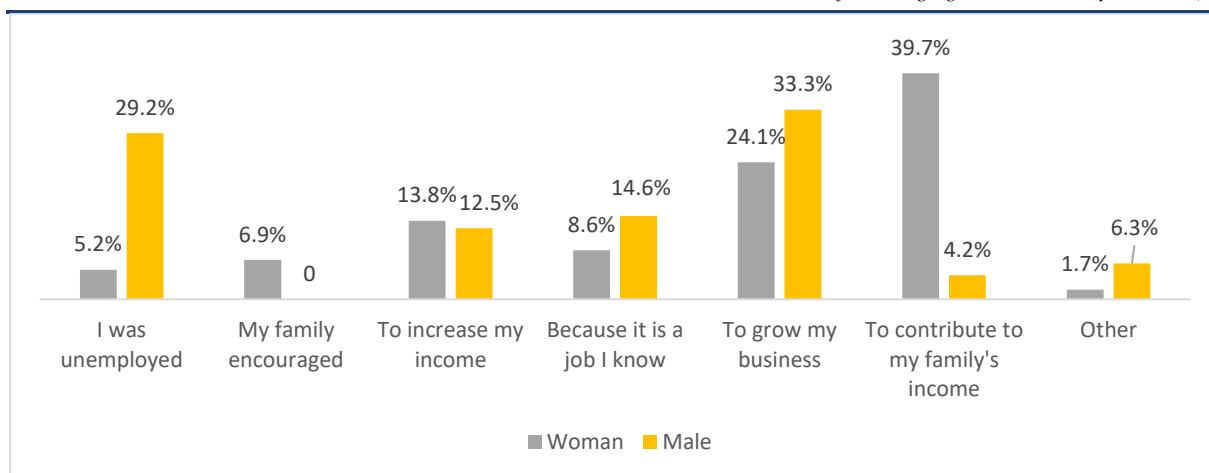


Figure 3. The purpose of applying for the project by young farmers by gender

Figure 3 shows the application purpose of young farmers, male and female, to the project. Female farmers stated that they applied to the Young Farmer Project to contribute to the family and male farmers to expand their existing businesses. Even if a woman works in an income-generating job in rural areas, she either gives the income she earns to her husband or spends it for the needs of the family (Yılmaz et al., 2019).

When the preliminary preparation status of the projects applied by young farmers is examined, we see that 34% of the farmers do not make any preparations, 56.6% make preparations, and 8.4% complete their deficiencies while the project continues. Farmers who do not prepare are farmers who already own a business. Those who applied to livestock projects made preparations on the supply, location and repair of barns, mushroom farmers in terms of breeding, and marketing, and beekeeping enterprises on the ground, tools and equipment.

When the young farmers within the scope of the research were asked about their status of knowing the content of the project contract, 80.2% of the farmers stated that they knew the obligations they had to fulfill while signing the contract, 16% knew partly, and 3.8% did not know the content. In a study conducted in Antalya on the subject, 49.6% of the farmers stated that they knew the contractual obligation partially, 18.9% fully, while 31.5% stated that they did not know at all. This study shows that 1/3 of the farmers do not have information about their contractual obligations (Alkan and Özkan, 2020). The values we have determined are higher than the values found by Alkan and Özkan (2020). The fact that the personnel in the provincial and district directorate of Agriculture helped the project owners and provided the necessary information played a role in the high rate of this issue.

72.6% of young farmers stated that they did not have difficulty while fulfilling their contractual obligations, 8.5% of them had difficulties, and 18.9% of them partially. The most difficult issue arises from the necessity of buying animals instead of animals in case of dying of animals in livestock enterprises and slaughtering in case of necessity. 69.8% of the producers participating in the survey stated that there was no increase in their income level with the "Young Farmer Project", and 30.2% of them stated that their income increased. In the projects, cattle breeding enterprises stated that they had difficulties in covering the costs of feeding, maintenance, artificial insemination, and veterinary services. Livestock project owners stated that they had difficulties in meeting the operating expenses due to the small size of the animals, the income-generating position, and the long feeding period until calving. It has been observed that young farmers who do not have different agricultural incomes and their livestock enterprises have more difficulty in this sense.

In the research conducted by Altıntaş et al. (2020), 65.83% of the producers who benefited from the support stated that they started production in this way, 87.50% stated that they increased their current production, 9.17% maintained their current production, 5% said that they solved their financial difficulties even though they did not contribute to agricultural production. (Altıntaş et al., 2020). Many sources, such as the Farm Services Agency in the United States and the Young Farmer Survey in the European Union, report that it is difficult for young entrepreneurs to access finance, credit and land (NYFC, 2017). These findings also show parallelism with the data obtained from the businesses included in the research. Young farmers reported the fastest turnaround in vegetable

growing and beekeeping businesses in the controlled greenhouse facility. It was observed that those who received support in fruit growing were technical and lacking in practical training.

Table 4. Status of young farmer project's encouragement to agriculture

Young people's admiration for agriculture	Number of people	Rate %
"Young Farmer Project" encourages agriculture for young people	45	42.5
"Young Farmer Project" does not encourage young people to agriculture	44	41.5
"Young Farmer Project" encourages young people to partly agriculture	17	16

41.5% of the producers participating in the research stated that the "Young Farmer Project" would not encourage young people to do agriculture and animal husbandry (Table 4). They reported that the Young Farmer Project could be an attractive project for young people residing in the countryside, owning agricultural business and property, and having experience in agriculture and animal husbandry. In a study conducted by Yerebakan (2017), it was stated that 76.4% of the sheep farms have their own lands; In another study conducted by Özsayın and Everest (2018), 44.8% of the enterprises own more than 25 da of land, 39.2% of them have less than 25 da of land, and 16% own land. It was reported that there was no property and the amount of owned land was 33.2 da on average. This situation causes an increase in operating costs and negatively affects the financial strength of the enterprise. The high operating costs and the problems they encountered in marketing made it difficult for young farmers to continue their activities. In another study, it was observed that although the profitability of the young farmers who received support within the scope of the project was low, the spouses and other family members working as "paid workers in their own businesses" worked as a collective family company (Satar and Sakarya, 2021).

In the study conducted by Unakitan and Başaran (2018), 67.20% of the young farmers stated that the project had an encouraging contribution to agricultural production, and 82.80% could not reach the income level they expected as a result of the project. Although the young farmer project is the right approach for the employment of young people in the agricultural sector, it does not fully meet the grant expectations given in today's market conditions.

Table 5. Effecting the young farmer project's return to rural neighborhoods

Affecting return to rural neighborhoods	Number of people	Rate %
Affects returning to rural neighborhoods	18	17.0
Does not affect return to rural neighborhoods	74	69.8
Returning to rural neighborhoods slightly affects	14	13.2

69.8% of the producers participating in the survey think that the "Young Farmer Project" will not make returning to the village attractive (Table 5). Young farmers stated that it would not be possible to establish a businesses from scratch and make a living with six cattle and forty ovine animals given to them within the scope of the project. They stated that projects should be developed and their production and marketing should be supported to prevent migration from the village to the city and to sustain the production. According to the research conducted with young farmers in Yalova, it has been reported that 91.9% of the participants declared that they will continue the production, which is the subject of the project, even after the control and inspection period is over (Güder, 2019). In the study conducted in Isparta Province, it was reported that 67.27% of young farmers declared that they would continue farming in the future (Başaranoğlu, 2019).

Figure 4 shows the most important contribution of the "Young Farmer Project" to young farmers. For women farmers, the most important contribution (52.6%) of the project is that they own a business for the first time. The most important contribution (41.7%) for male farmers is the growth of their existing businesses. The project contributed more to women than men to increase their self-confidence (19.3%) and enlarge their goals (5.3%).

Figure 5 includes the goals of young farmers related to their projects. It is observed that female farmers (72.4%) are more determined to grow their businesses than male farmers. Male farmers stated that the small and bovine animals given within the scope of the project reduced the operating efficiency, therefore they wanted to continue their business with new animals by disposing of the animals. The young farmers who received support reported

that those who did not have a livestock business and did not plant forage crops had difficulty in meeting the operating expenses and that the project was not possible to carry out, which negatively affected the success of the project. Women are much more involved in post-harvest or animal production activities than men. Women are more involved in agricultural activities when the family has a low level of mechanization (Yılmaz et al., 2019). It is understood that women mostly work in planting, planting and hoeing in the field of crop production. Considering their participation in activities related to animal production, it has been determined that women do jobs such as animal feeding, milking, irrigation, barn-barn cleaning. In rural areas, it is seen that women take part in every stage of agricultural production (Özdemir et al., 2017b). In a study conducted with 115 female young farmers in Kahramanmaraş, 80% of the entrepreneurs reported that their perspective in the society was more positive and they were respected thanks to the project (Çelik, 2018).

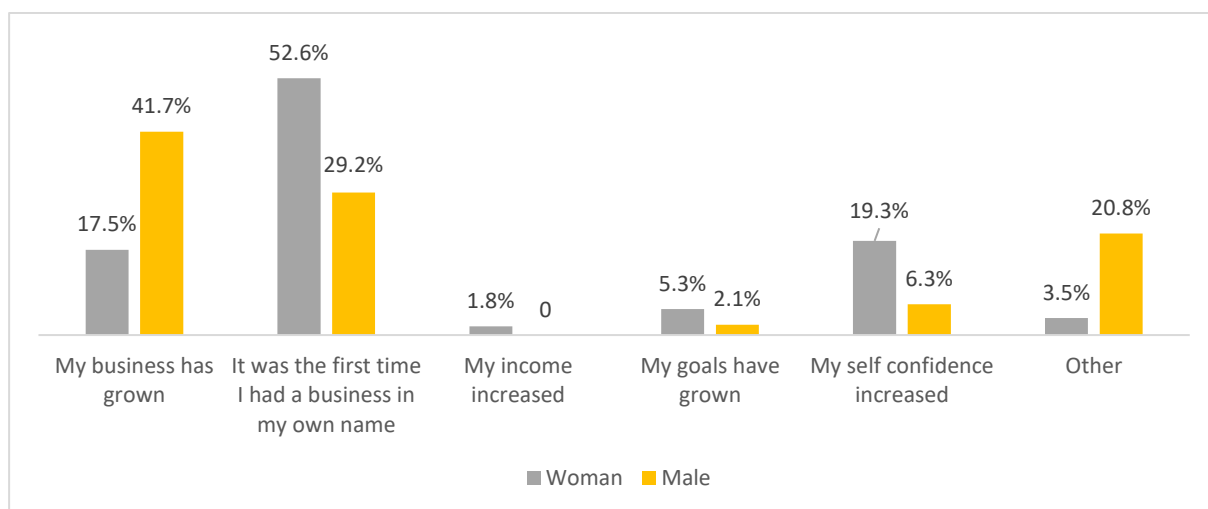


Figure 4. Contribution of the young farmer project to young farmers by gender

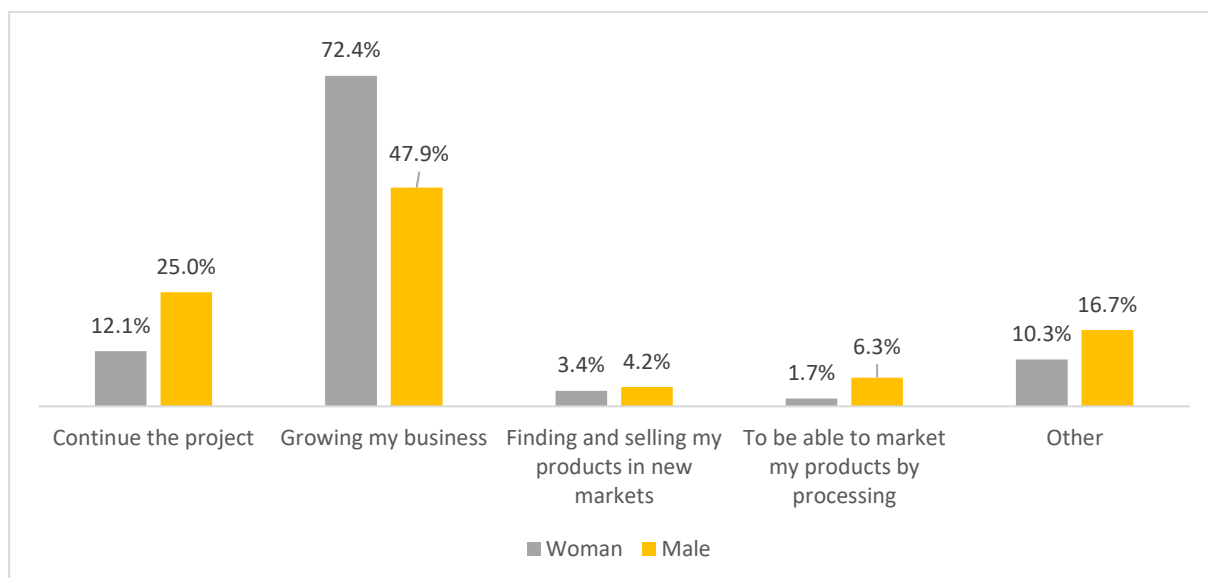


Figure 5. Targets of young farmers regarding their projects

4. Conclusions

Various programs for rural development in the world and Türkiye, projects, policies are developed and implemented. After each program, deficiencies are identified, changes are made, new goals and development levels are determined.

Projects that will attract the attention of young people between the ages of 19-25 should be developed in preventing migration from the village to the city. Farming should become a professional profession to sustain

agriculture and animal husbandry efficiently. In the supports, people who have a diploma in agriculture from village origin should be given plus points, considering that they can contribute to agricultural employment. Unemployment increased gradually as new jobs should be created in rural Türkiye. Rural development programs should aim to provide the standards in which rural people can sustain their lives in their places.

The young farmer project is an attractive project for farmers who own agricultural property and have knowledge and experience in agriculture. Those who do not have ties with the rural areas and experience in agriculture cannot continue the project efficiently and the support ceases to be sustainable. The high operating expenses and the low income of the products in marketing make it difficult to sustain agricultural activities. It has been determined that young farmers who only have livestock businesses that do not make crop production have more difficulty in meeting their operating costs compared to young farmers engaged in both crop and animal production. Young farmers who do not have their livestock enterprises and different agricultural incomes have more difficulty in running the project. The fastest financial return has been in vegetable growing and beekeeping enterprises in the controlled greenhouse facility.

In livestock projects, fewer more qualified animals should be given. Giving the animals too small and not giving qualified animals extended the maintenance and feeding period of the farmers and increased the operating costs. Transition to production has been extended. Farmers' income did not increase, and their income decreased due to borrowing due to long-term maintenance and feed expenses.

Before the implementation of Rural Development Projects, sufficient information should be given to the personnel working in the field. Technical support should be provided regarding the application areas, and the experience and knowledge deficiencies of the farmers, if any, should be eliminated. In case of need, inter-institutional cooperation should be provided, relevant institutions, and other supports should be introduced.

Positive discrimination against women farmers is effective in women's participation in production. The Ministry of Agriculture and Forestry needs to support more young women entrepreneurs by increasing the amount of support.

In the sustainability of projects, input supply, appropriate repayment loans, and marketing opportunities should be provided. Accelerating the possible return to rural with policies focusing on the improvement of working and living conditions in the countryside will both reduce the overpopulation density in the city and prevent the evacuation of the countryside and lead to economic, social and cultural vitality in the countryside.

One of the factors affecting the success of the project is the necessity of establishing the enterprise in the year the project is signed, and the forced agricultural enterprises to be established in the unsuitable season. Especially in beekeeping enterprises, serious bee losses were experienced because the project start date was started on the wrong date of the bees' wintering period in 2016. This was not the case for those who qualified in 2017.

Young farmers, who had difficulties in growing their businesses and meeting operating costs, had trouble using loans. They reported that especially in livestock enterprises there is a need for feed support and loan with favorable payments. Giving the necessary credit support to the enterprises for the solution of this problem in terms of production can provide positive contributions.

They reported that one of the most important problems was the high fuel and feed prices in livestock farms and the fact that the sales of milk and juvenile animals did not meet the production costs.

Training and extension activities of farmers and personnel should be carried out before the projects in rural development studies begin. The problems encountered by farmers while carrying out their projects and lack of information should be identified and addressed on time.

Especially, it is necessary to create grounds where young people, who have received agriculture education, can exist in rural areas, set an example, and are a family business that they took over from their family, where they can develop their business ideas. It is necessary to bring together the increasingly educated unemployment and agricultural production that turns into an idle state.

Also, such projects to be implemented in rural areas should consider the rural area as a whole and be implemented with comprehensive thought. For example, young farmers migrate to the city especially for the education of their children. In this context, projects that will prevent the migration of young people should be

implemented by improving access to education in rural areas. It is important to have social security opportunities for young farmers to stay in rural areas. Therefore, it would be appropriate to provide premium support for young farmers in voluntary agricultural insurance premiums.

Our present study had some limitations. Firstly limitation was sample selection. Because the focus is on young farmers in Tekirdag province, it is located in the northwestern part of Türkiye and in the European continent. The literature on this subject is limited. However, this study is important in terms of laying the groundwork for future studies. It can also guide the state support to be made. The second limitation is the method used in data collection. A face-to-face survey method was used in this study. This method is considered to be more reliable than an online or internet survey, since face-to-face survey researchers can evaluate whether the respondents are reliable or not, and can explain questions that are misunderstood in the surveys.

References

- Anonymous (2016). www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/04/20160405-2.htm (Accessed Date: 10.10.2017)
- Anonymous (2017). Ministry of Food, Agriculture and Livestock Activity Report. (https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakan%C4%B1k_Faaliyet_Raporlar%C4%B1/2017.pdf) (in Turkish)
- Alkan, A. and Özkan, B., (2020). A Study on the implementation and sustainability of the young farmer project in Antalya. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1): 67-72.
- Altıntaş, G., Altıntaş, A., Oruç, E., Kızılaslan, H., Çakmak, E. and Birol, D. (2020). Factors affecting benefiting from young farmer project support; example of Region TR-83. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1):152-168.
- Başaranoğlu, C. (2019). *Perception of the young farmers on the farming and the determination of their tendencies of engagement in farming in terms of sustainability of agricultural production: Case study of Isparta province*. (Msc. Thesis) Isparta University of Applied Sciences the Institute of Graduate Education Department of Agriculture Economics, Isparta.
- Çelik, N. (2018). *Agricultural entrepreneurship and young farmer project: District of Kahramanmaraş province*. (Msc. Thesis) Kahramanmaraş Sütcü İmam University Institute of Natural and Applied Sciences, Kahramanmaraş.
- Doğan, H. G., Kan, A., Kan, M., Tosun, F., Uçum, İ., Solmaz, C. and Birol, D. (2018). Evaluation of the factors affecting the level of benefiting from young farmer project support in Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6 (11) 1599-1606.
- Güder, F. (2019). *The effects of agricultural incentives on youth unemployment in turkey: The of Young Farmer Project case in Yalova*. (Msc. Thesis) Yalova University Institute of Social Sciences, Yalova.
- Kan, A., Kan, M., Doğan, H. G., Tosun, F., Uçum, İ. and Solmaz, C. (2018). Evaluation of young farmers projects support program in terms of agri-entrepreneurship in Türkiye. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 55(4):1021-1031.
- NYFC, (2017). Results and recommendations from the national young farmer survey. (<https://www.youngfarmers.org/wpcontent/uploads/2018/02/NYFCReport-2017.pdf>) (Accessed Date: 05.06.2021).
- Özdemir, G., Unakıtan, G., Keskin, G., Yılmaz, E. and Er, U. F. (2017a). Workforce value created by women in agricultural enterprises and organizational approaches: example of Thrace Region. *Journal of Social Policy Studies*, 17(39):33-58.
- Özdemir, G., Yılmaz, E., Unakıtan, G., Yılmaz, I. and Keskin, G. (2017b). Traditional food production and marketing willingness of women in rural areas. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14(3):66-72.
- Özsayın, D. and Everest, B. (2018). The socio-economic structure of sheep breeders and their practices related to sheep breeding. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 22(2):440-448.
- Satar, M. and Sakarya, E. (2021). Socio-economic analysis of sheep and goat farms supported by young farmer projects within the scope of rural development. *Eurasian Journal Veterinary Science*, 37(4):274-285.
- Unakıtan, G. and Başaran, B. (2018). A Proposal for the success of the young farmer project: young farmers cooperatives. *Balkan and Near East Journal of Social Sciences*, 4(2):149-157.
- Yavuz, F. and Dilek, Ş. (2019). A Revision of Turkish Agriculture, Seta Publications, Report, İstanbul.
- Yerebakan, S. B. (2017). *A research on structural characteristics of sheep farms which are members of sheep and goat breeding association in Central district of Antalya*. (Msc. Thesis) Akdeniz University Institute of Natural and Applied Sciences, Antalya
- Yılmaz, E. and Özdemir, G. (2012). The problems female academicians and researchers in Turkey encounter with and their viewpoints of agriculture. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 9(2):50-56.
- Yılmaz, E., Özdemir, G., Oraman, Y., Unakıtan, G. and Konyalı, S. (2019). Participation of women in decision making processes in agricultural production and their expectations from cooperatives. *Journal of Tekirdag Faculty of Agriculture*, 16(1):71-81.


Estimation of Erosion and Sediment using Gavrilović Method in Krueng Jreu Sub-basin, Aceh Province, Indonesia


Devianti DEVIANTI^{1*}, Ichwana RAMLI², Intan ARYANI³, Purwana SATRIO⁴, Dewi Sartika THAMREN⁵

Abstract


Erosion and sediment in a basin can be estimated by calculating and forecasting using various methods. This study aims to assess erosion and sedimentation in the Krueng Jreu sub-basin in the province of Aceh, Indonesia, using the Gavrilović method. This research was carried out by analyzing secondary data for the last ten years, from 2012 to 2021. Data include geology, slope, land use, and river channel networks. The observed parameters include the coefficient of intensity of erosion, temperature coefficient, and sedimentation coefficient, which are used to analyze the erosion volume, spatial sediment rate, and total sediment rate in the Krueng Jreu sub-basin area. The results of calculations using the Gavrilović method show that four main parameters of the biophysical characteristics of the sub-basin, including (1) sensitivity of soil and local geological conditions to erosion, (2) land use, (3) erosion type, and (4) slope of land, have been shown to affect the occurrence of erosion and annual sediment rates. Geological conditions and land use provide a high level of sensitivity to the results of the coefficient of intensity of erosion. Temperature and rainfall are directly proportional to the annual erosion volume and the spatial sediment rate. The lowest yearly erosion volume and spatial sediment rate in 2019 were 64965.41 m³km⁻²year⁻¹ and 58206.18 m³km⁻²year⁻¹. Meanwhile, the highest annual erosion volume and spatial sediment rate will occur in 2021, 101500.71 m³km⁻²year⁻¹ and 90940.21 m³km⁻²year⁻¹. Fluctuations in the annual volume of erosion are caused by rainfall, affecting the spatial sediment rate and the total sediment rate.


Keywords: Aceh, Appropriate technology, Soil conservation, Erosion, Agricultural sustainability.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Devianti Devianti, Department of Agricultural Engineering, Syiah Kuala University, Aceh 23111, Indonesia. E-mail: devianti@unsyiah.ac.id  OrcID: [0000-0001-9153-1875](https://orcid.org/0000-0001-9153-1875).

²Ichwana Ramli, Department of Agricultural Engineering, Syiah Kuala University, Aceh 23111, Indonesia. E-mail: ichwana.ramli@unsyiah.ac.id  OrcID: [0000-0003-3169-8328](https://orcid.org/0000-0003-3169-8328).

³Intan Aryani, Department of Agricultural Engineering, Syiah Kuala University, Aceh 23111, Indonesia. E-mail: intan.aryani@unsyiah.ac.id  OrcID: [0000-0002-6535-9618](https://orcid.org/0000-0002-6535-9618).

⁴Purwana Satrio, Department of Agricultural Engineering, Syiah Kuala University, Aceh 23111, Indonesia. E-mail: purwanalhoknga@usk.ac.id  OrcID: [0000-0002-7712-7881](https://orcid.org/0000-0002-7712-7881).

⁵Dewi Sartika Thamren, Department of Civil Engineering, Nusa Putra University, Sukabumi 43152, Indonesia. E-mail: dewisartika@nusaputra.ac.id  OrcID: [0000-0002-1734-1990](https://orcid.org/0000-0002-1734-1990).

Atıf/Citation: Devianti, D., Ramli, I., Aryani, I., Satrio, P., Thamren, D. S. Estimation of erosion and sediment using Gavrilović method in Krueng Jreu sub-basin, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 430-440.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023

1. Introduction

A basin is an ecosystem unit that interacts with living things and their environment. This is inseparable from the biophysical uniformity it has. The characteristics of the basin consist of morphology and morphometry. The morphological characteristics of the basin consist of geology, geomorphology, topography, and basin area. At the same time, basin morphometry consists of area and circumference, shape, length and width, river order, slope (river gradient), and river density, which influence each other (Kironoto et al., 2021).

Biophysical characteristics will influence the response to rainfall that falls in the basin. This response affects the magnitude or small value of characteristic hydrological parameters, such as evapotranspiration, infiltration, surface runoff, and soil water content. These parameters must be considered when estimating surface runoff, erosion, and sedimentation rates to provide a balance to the basin system (Lihawa, 2017; Sattari et al., 2020).

According to environmental services program data in 2006, several problems occurred in the Krueng Aceh sub-basin, one of which was in the Krueng Jreu sub-basin area, namely illegal logging, forest burning, land conversion, and over-exploitation at several points on the upstream side of the river. This will affect the characteristics of the sub-basin so that it will impact the soil's ability to absorb rainwater. If the intensity of the rain is high with the use of non-forest land and the steep slope, it will cause the surface runoff rate to be significant so that the soil will be eroded and transported along with the water, which is called erosion (McDonald et al., 2002; Meliho et al., 2019; Terranova et al., 2009). Erosion can cause nutrients to be lost in the soil. Deposits that occur continuously can cause silting at the bottom of the reservoir. Furthermore, there is a sedimentation process and there will be sedimentation or deposition in lower areas, such as rivers or reservoirs. Following these conditions, it is necessary to conduct research to estimate the annual erosion and sediment that occur.

Erosion in a basin can be estimated using calculations and estimates of erosion. This can be done directly using various methods; generally, several methods have been used, namely the USLE (Universal Soil Loss Equation), MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), geographic information systems and sediment routing methods, and RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) methods (Devianti et al., 2021; Ikhsan et al., 2021; Muntazar et al., 2021; Sari, 2022). These methods have differences in estimating the erosion that occurs. The USLE method estimates the erosion that appears at the kinetic energy of the intensity of the rain for 30 minutes (EI30), and it is said that the erosion has occurred after 30 minutes (Kinnell, 2017; Marques et al., 2007). The MUSLE method estimates erosion using surface runoff parameters that occur with runoff or peak discharge. At the same time, RUSLE estimates erosion by predicting the annual average soil loss over a long period caused by surface runoff (Hanafi and Pamungkas, 2021).

Several approaches for assessing sediment production and erosion intensity have been developed in recent decades. The approach sensitivity and uncertainty evaluations are now being used more frequently to reduce mistakes resulting from the model idea and its key assumptions to improve model performance. An empirical is the Gavrilovi model (erosion potential model) designed to measure gross erosion, assess erosion coefficients, and estimate yearly sediment yield. This semi-quantitative approach was developed through an experimental study on a Serbian station, while it has also been used in Switzerland and Italy (Auddino et al., 2015). It is known that this model can perform better than others. Unfortunately, this has not been proven for tropical areas such as Indonesia, especially in the province of Aceh.

Other methods can be used to estimate erosion and sediment using the erosion potential method or the Gavrilović method. This method calculates the level of erosion and annual sediment yields that occur in a basin area by considering the characteristics of the basin, such as geology, geomorphology, topography, climate, and land use, without evaluating the soil erodibility factor (Ali et al., 2016; Dalaris et al., 2013; Dragičević et al., 2018; El Badaoui et al., 2021). This erosion estimation method is often used in basin areas with a sub-tropical climate. However, it has also been carried out under tropical climate conditions followed by the influence of rainfall to provide information to determine erosion and sediment control measures in the Krueng Jreu sub-basin area. Therefore, this paper aims to estimate the erosion and sediment in the Krueng Jreu sub-basin using the erosion potential method or Gavrilović method.

2. Materials and Methods

2.1. Research location and data collection

This research was carried out in the Krueng Jreu sub-basin, Indrapuri sub-district, Aceh Besar district, Aceh province, Indonesia. The data collected related to this research was obtained from the Indrapuri Meteorological, Climatology and Geophysics Agency and the maps were obtained from the Krueng Aceh Basin Management Center. The data collected are for the last 10 years from 2012 to 2021. The administrative location of the Krueng Jreu sub-basin can be seen in *Figure 1*.

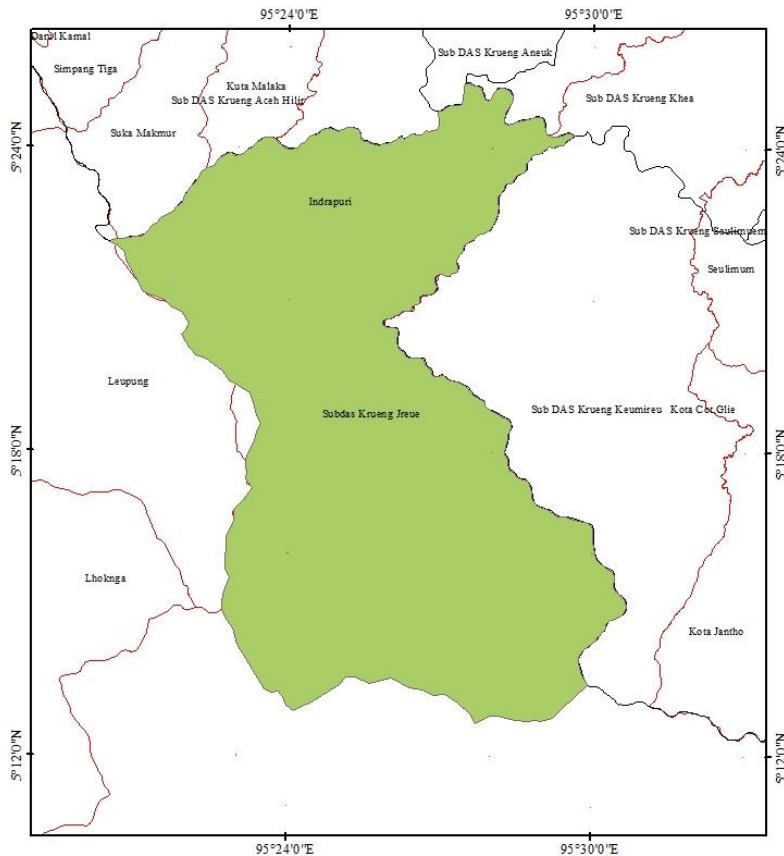


Figure 1. Research site map

2.2. Data analysis

The coefficient of erosion intensity (Z) is obtained by calculating parameters such as the coefficient of sensitivity of geological conditions and soil to erosion (Y), the coefficient of land use (Xa), the coefficient of erosion in facies or sampling units (Φ), and the average slope of the basin (I). Therefore, it can be calculated using Equation 1. The average slope of the basin can be calculated using Equation 2. E_2 , E_1 , and L are the highest, lowest elevation and river length (km). The coefficient of sensitivity of geological conditions and soil to erosion (Y), the coefficient of land use (Xa), and the coefficient of erosion in facies or sampling units (Φ), respectively, were obtained from the research results Ali et al. (2016); Amiri (2010); Sakuno et al. (2020). After obtaining the erosion intensity value, the next step is to classify the erosion intensity according to

Table 1 (Dunkerley, 2019; Toure et al., 2011).

$$Z = Y \cdot Xa \cdot (\phi + \sqrt{I}) \tag{Eq.1.}$$

$$I = \frac{E_2 - E_1}{L} \tag{Eq.2.}$$

Table 1. Erosion intensity coefficient

Z-Value	Erosion Intensity
<0.20	Very low
0.20 – 0.40	Low
0.40 – 0.70	Currently
0.70 – 1.00	High
>1.00	Very high

The annual volume of erosion that occurs in the basin area is determined by the annual rainfall (H), the coefficient of erosion intensity (Z), and the temperature coefficient (T). The annual erosion volume (WSP) can be calculated using Equation 3. The temperature coefficient (T) can be calculated using Equation 4, considering the yearly temperature in °C (t).

$$WSP = \pi \cdot T \cdot H \cdot Z^{1.5} \quad (\text{Eq.3}).$$

$$T = \sqrt{\frac{t}{10} + 0.1} \quad (\text{Eq.4}).$$

The spatial sediment rate (GSP) is obtained by multiplying the annual erosion volume (WSP) by the sedimentation coefficient. The spatial sediment rate (GSP) can be calculated using Equation 5 considering the sedimentation coefficient (Ru) obtained using Equation 6. The sedimentation coefficient (Ru) is calculated based on the circumference of the basin in km (P), the length of the main river in km (L), and the elevation difference. The highest and lowest elevations of the basin (D). Furthermore, the total sediment rate (GS) can be calculated by multiplying the results of the spatial sediment rate (GSP) by the area of the basin in km² (F) using Equation 7.

$$GSP = WSP \cdot Ru \quad (\text{Eq.5}).$$

$$Ru = \frac{4 \cdot \sqrt{P \cdot D}}{L + 10} \quad (\text{Eq.6}).$$

$$GS = GSP \cdot F \quad (\text{Eq.7}).$$

3. Results and Discussion

3.1. Description of the Krueng Jreu Sub-basin Area

Administratively, the Krueng Jreu sub-basin is part of the Krueng Aceh basin area, which is located in Indrapuri District, Aceh Besar District. Geographically, the Krueng Jreu sub-basin is located at coordinates between 5°12'39.8" to 5°25'18.6" North Latitude and 95°20'27.1" to 95°30'42.46" East Longitude. The Krueng Jreu sub-basin has an area of 232.66 km², with the main river being 24.80 km long.

3.2. Distribution of Rainfall and Temperature Coefficient at the Study Site

The distribution of the rainfall and the temperature coefficient at the study site in the last ten years is presented in *Figure 2*. Rainfall data and temperature coefficient (T) are used to analyze the annual erosion volume in the Krueng Jreu sub-basin. *Figure 2* shows that the annual rainfall in the Krueng Jreu sub-basin is categorized as being in very low to high conditions and, for ten years, has very diverse values, with the highest annual rainfall occurring in 2021, which is 2274.4 mm/year. Meanwhile, the lowest rainfall occurred in 2019 at around 1450.5 mm/year. The level of rainfall will affect the amount of annual erosion and the rate of sediment that occurs.

3.3 Erosion Parameters

The geological conditions in the Krueng Jreu sub-basin have several types: tanga formation, young alluvium, idi formation, lhoong formation, raba limestone formation, reef members, Indrapuri complex, meucampli formation, and seulimeum formation. The percentage of geology in the Krueng Jreu sub-basin in succession from large to small, namely the formation of raba limestone with the name clay-limestone, silica, is 26.40%. The reef members with the name limestone, as in reefs, are 23.11%. Meucampli formation with the name micaan sandstone, conglomerate of various materials, conglomerate sandstone, siltstone, limestone by 21.28%. Indrapuri

complex, serpentinite tectonic melange, ultramafic serpentinite, igneous, and undifferentiated sediment of 8.77%. Lhoongformation with the name of a volcano, a small sandstone, and siltstone, mafic volcanic, is 7.67%. The appearance of theseulimeumwith calcareous andtuffaceous sandstone, conglomerate, and mudstone is 5.22% lower. The idi formation with the name Sand and gravel is 3.87%. The young alluvium with the name gravel, sand, and mud is 3.48%. Tangla formation of volcanic origin, sandstone, gravel conglomerate, and 0.20% quartz arenite.

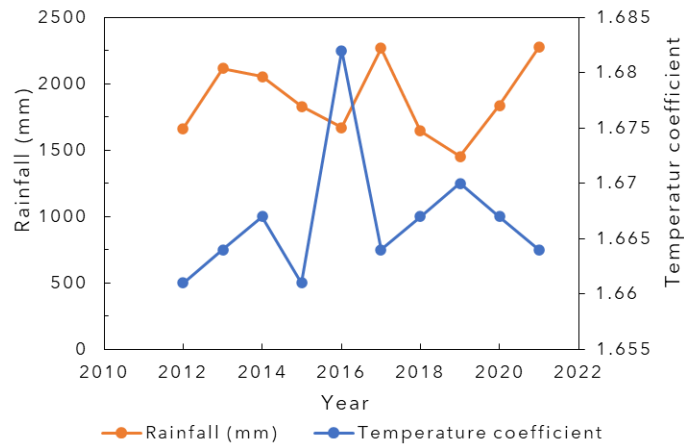


Figure 2. Distribution of rainfall and temperature coefficient on-site

The value of the Y coefficient for geological factors shows that geology sensitive to erosion is worth 1, namely tangla formation, young alluvium, idi formation, seulimeum formation and lhoong formation by 20.44%. Meanwhile, the less sensitive value is 0.1, namely, the Indrapuri formation of 8.77%. Each type of geology has a different value of the Y coefficient to show the level of sensitivity of geological conditions and soil to erosion. The higher the Y value, the more sensitive it will be to erosion. According to Lihawa (2017), the potential for erosion movement depends on the condition of the soil and geological conditions components, including geology as the leading cause of movement. The weathering process in geological conditions is influenced by high or low rainfall and causes geological conditions strength to weaken and soil to thicken. Geological factors such as tectonic and volcanic activity trigger soil movements such as erosion.

Based on the 2019 Krueng land use map, the Krueng Jreu sub-basin area is classified into protected and cultivated areas. Protected areas include primary dryland forests, secondary dryland forest, and water bodies. Meanwhile, the cultivation area includes settlements, dry land agriculture, mixed dry land agriculture, savanna, rice fields, shrubs, and open land. The Krueng Jreu sub-basin area is dominated by regions protected with 64.33%, including primary dryland forest, secondary dryland forest, and water bodies. Protected areas have the most significant percentage value of 57.87%, including primary dryland forests, and the smallest at 0.17%, namely water bodies. Meanwhile, the cultivation area has a percentage of 35.67%, including settlements, dry land agriculture, mixed dry land agriculture, savanna, rice fields, shrubs, and open land. The cultivation area has the most significant percentage of savanna at 18.79%, and the smallest is a settlement at 0.58%. Based on the classification of the land use coefficient (Xa), the Xa value for open land is 1, settlements and rice fields is 0.9, dry land agriculture and mixed dry land agriculture is 0.8, the savanna is 0.7, rice fields are 0.6, primary land agriculture and secondary land agriculture is 0.4.

The slope class in the Krueng Jreu sub-basin is divided into five categories, ranging from flat to very steep. The slope of the Krueng Jreu sub-basin varies from the slope to the slope, with the widest percentage of 35.67% being on a slope of 16% - 25% with a rather steep condition category. The narrowest rate, which is 3.14%, is in steep conditions with a slope of 26% - 40%. Slopes less than 8% are usually used for the development of agricultural, urban, and cultivation in a short time. According to Devianti (2016), a slope of land of 8% to 15% should be used to cultivate annual crops and plantations. Areas with a slope of 16% to 25% are part of primary dryland forests with forest plantations. Additionally, the slope of 26% to 40% with a steep category is usually used for crops with agroforestry systems. Finally, land slopes greater than 40% with very steep conditions should be planted with perennials to protect plants.

The evaluation of the slope of the land using the Gavrilović method considers the average slope of the basin, which is 0.028%. This is influenced by the morphological parameters of the sub-basin, such as the highest elevation, the lowest elevation, and the length of the river. So different slope levels on land or basin have no effect because the slope used is the average slope in the basin.

The Krueng Jreu sub-basin area with erosion in the form of landscapes and land with little erosion is 90.71%. Furthermore, a 50% cover area of the quarter covered by surface erosion is 8.72%. Additionally, the span with the cover having surface erosion without severe erosion is 0.06%. The last is the form of erosion, with an area covered by 80% by groove erosion, 0.51%. The values of the erosion coefficient also vary from 1 to 0.9.

3.4 Erosion of the Krueng Jreu sub-basin

The coefficient of erosion intensity is essential to calculate the annual erosion volume. The calculation of the coefficient of erosion is carried out using several parameters such as the coefficient of sensitivity of geological conditions and soil to erosion, the coefficient of land use, the coefficient of erosion form, and the average slope of the sub-basin (Kouli et al., 2009; Solaimani et al., 2009; Sun et al., 2014). Additionally, the geometry of the krueng jreu sub-basin includes the highest elevation, the lowest elevation, the elevation difference, the length of the main river, the circumference of the sub-basin and the area of the sub-basin are 0.706 km, 0.021 km, 0.685 km, 24.80 km, 88.70 km and 232.66 km, respectively. The average slope of the Krueng-Jreu sub-basin is 0.028%. Table 2 shows the intensity coefficient of erosion for various land uses. The highest coefficient of erosion is the use of open land of 4.38 or 2.98% of the total, and the lowest is the use of residential land, which is 0.91 or 0.58% of the total.

Table 2. Classification of erosion intensity values

Land Use	Z-value	Area(km ²)	Percentage (%)
Primary dryland forest	1.66	134.64	57.87
Secondary dryland forest	1.08	14.64	6.29
Settlement	0.91	1.35	0.58
Dryland farming	0.60	5.77	2.48
Mixed dry land farming	0.77	5.72	2.46
savanna	3.37	43.72	18.79
Ricefield	0.72	3.79	1.63
Shrubs	2.73	15.72	6.76
Open Ground	4.38	6.94	2.98
Total		232.66	100

The annual erosion volume calculates the amount of erosion in the Krueng Jreu sub-basin annually. The yearly volume of erosion is calculated using the temperature coefficient, the annual rainfall, and the erosion intensity coefficient. The volume of erosion in various land uses presented in Figure 3. During the 10 years, the land use that experienced the most significant changes occurred on open land by up to 36.69%, savanna by 21.02% and shrubs by 15.93%. Meanwhile, land use such as primary dry land forest, secondary dry land forest, settlements, dry land agriculture, mixed dry land agriculture, and rice fields provide a relatively stable erosion volume of 26.37%.

Different uses of land influence the amount of erosion volume each year. The highest average volume of erosion in 10 years appeared in the use of open land of 30832.99 m³km⁻²year⁻¹, or 36.69% of the total. Furthermore, the use of land as a savanna will contribute to an average volume of erosion of 17661.02 m³km⁻²year⁻¹, or 21.02% of the total. The use of shrubs will contribute to an average erosion volume of 13384.07 m³km⁻²year⁻¹ or 15.93% of the total. The lowest average volume of erosion occurred in dryland agricultural land use of 2914.52 m³km⁻²year⁻¹, or 3.47% of the total. This is influenced by land cover or vegetation on land use. The open land with the highest erosion volume indicates that this land use is not covered by plants that can withstand the erosion rate.

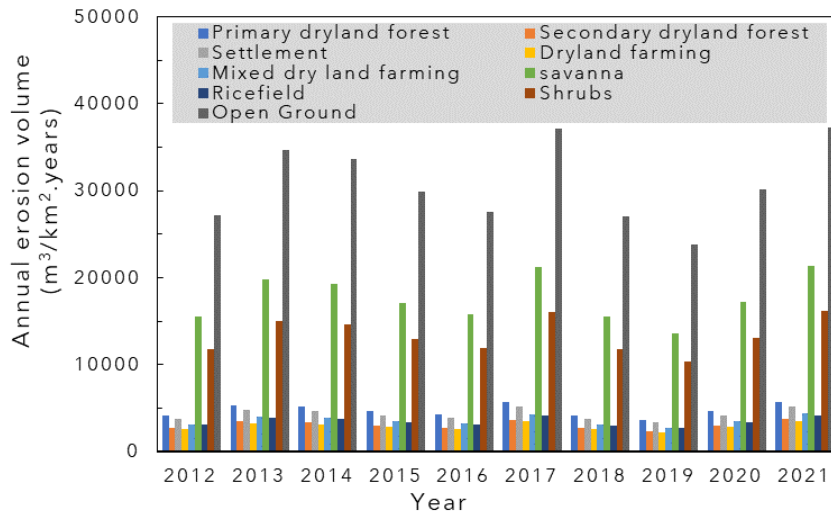


Figure 3. Erosion volume on land use

The total annual erosion volume is presented in Figure 4. The lowest total annual erosion volume occurred in 2019, which was 64956.41 m³km⁻²year⁻¹. The highest total erosion volume appeared in 2021, 101500.71 m³km⁻²year⁻¹. The average volume of erosion that occurred for ten years from 2012 to 2021 in the Krueng Jreu sub-basin is 84038.14 m³km⁻²year⁻¹. Rainfall parameters significantly affect the appearance of annual erosion volume. The volume of erosion will decrease or increase after low or high rainfall.

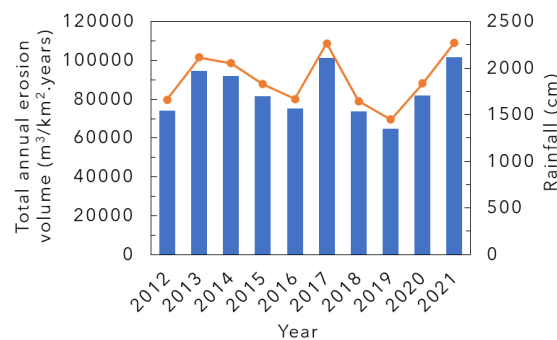


Figure 4. Annual erosion volume of Krueng Jreu sub-basin

This shows that temperature and rainfall influence the volume of erosion, but the level of sensitivity of rainfall is higher than that of temperature. Therefore, temperature and rainfall are directly proportional to the volume of annual erosion. The value of the coefficient of erosion will change when there is rain, resulting in an annual erosion volume. The annual volume of erosion will influence the rate of sediment that occurs.

3.5 Sediment rate of Krueng Jreu sub-basin

The spatial results of the sediment rate come from sediment derived from the annual erosion volume processes. The relationship of spatial sediment rate with various land uses is presented in Figure 5. Figure 5 shows that different types of land use have different spatial sediment rates. The highest spatial sediment rate for ten years occurred in three types of land use: open land at 36.69%, savanna at 21.02% and shrubs at 15.93%. Meanwhile, the lowest spatial sediment rate occurred in dry land agriculture at 3.47%.

The spatial sediment rate for ten years has increased and decreased, directly proportional to the annual erosion volume. The highest spatial sediment rate occurred in 2021, 90940.21 m³km⁻²year⁻¹, and the lowest occurred in 2019, 58206.18 m³km⁻²year⁻¹. The average spatial sediment rate for ten years is 75294.51 m³km⁻²year⁻¹. The high or low annual volumes of erosion influence the sediment rate fluctuations that occur.

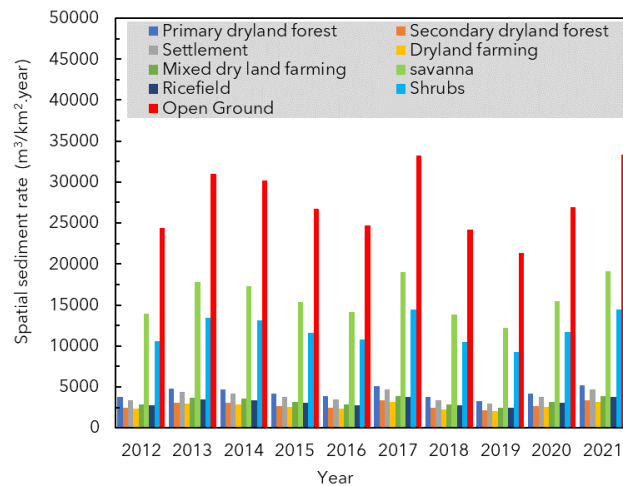


Figure 5. Spatial sediment rate on land use

The relationship between annual erosion volume and spatial sediment rate can be seen in *Figure 6*. In *Figure 6*, it can be seen that rainfall, annual erosion volume, and spatial sediment rate are closely related. This can be seen from the coefficient of determination for the relationship between rainfall and erosion volume which is 99.96%. Furthermore, the coefficient of determination for the relationship between rainfall and spatial sediment rate is 99.96%. This indicates that rainfall will significantly affect the annual erosion volume and spatial sediment rate occurrence. If the amount of rainfall that occurs is high, the volume of erosion and the rate of sediment will also increase (vice versa). The resulting spatial sediment rate is directly proportional to the volume of annual erosion. According to Sudrajat (2018), regression is an equation that states the relationship between one variable and another or more variables. The regression equation is obtained from the relationship between the independent variable (X) and the dependent variable (Y). According to Ghozali (2016), the value of the coefficient of determination has a value range of 0-1. The closer the value is to 1, the independent variable will significantly affect the dependent variable; on the contrary, if it is not close to the value of 1, then the relationship between the two variables will be further away or other variables will affect it.

The total sediment rate is the result of sediment production in the entire basin. It is calculated using the parameters of the spatial sediment rate and the sub-basin area. The results of the analysis of the total sediment rate for various land uses are presented in *Figure 7*. *Figure 7* shows that the spatial sediment rate affects the total sediment rate. It can be seen that the increase and decrease in the total sediment rate follow the spatial sediment rate. The highest total sediment rate occurred in the use of open land, savannas, and shrubs. At the same time, the lowest occurred in dry and agricultural land use.

The total sediment rate has increased and decreased for ten years. There was an increase in the total sediment rate from 12773680.87 m³ in 2019 to 19957353.88 m³ in 2021. Based on the results of research by Ali et al. (2016) and Amiri (2010), the total sediment rate produced is influenced by the total area of the basin. Therefore, the total sediment rate produced is more than the annual erosion volume. Total sediment is the amount of soil deposited in a place as a result of erosion (Asselman et al., 2003). Annual erosion volume is the amount of soil that is eroded and moved from one place to another in volume units per year (Jakubínský et al., 2019). The amount of annual erosion volume is more significant than the total sediment thought to occur because the complete sedimentation depends on the area of sediment, which may still be able to move back due to other potentials, such as the amount of rainfall that is too high. The same phenomenon was also found by Ghimire et al. (2013) in estimating soil erosion and sedimentation in Nepal. The unit used in the Gavrilović method to show the erosion potential is m³km⁻²year⁻¹ and can be converted into tonsha⁻¹year⁻¹. The total annual erosion volume and spatial sediment rate occurring in the krueng Jreu sub-basin are presented in pada *Table 3*.

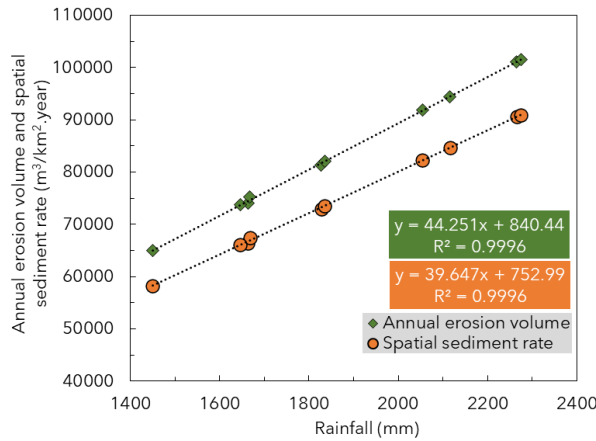


Figure 6. Relationship of rainfall, annual erosion volume, and spatial sediment rate

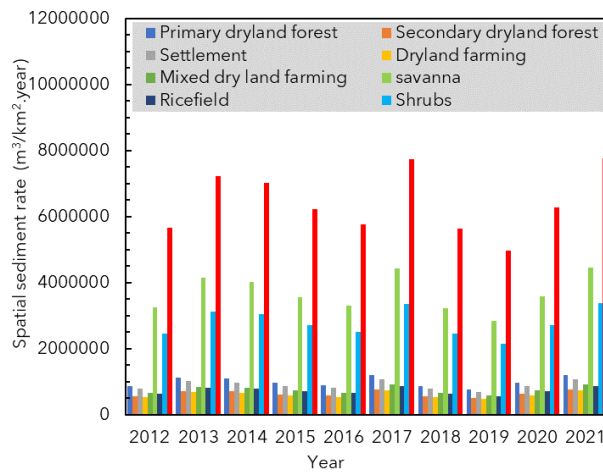


Figure 7. Total sediment rate on land use

Table 3. Erosion volume, spatial sediment rate and total sediment rate in the Krueng Jreusub-basin

Year	Annual erosion volume		Spatial sediment rate	
	m ³ km ⁻² year ⁻¹	Tonha ⁻¹ year ⁻¹	m ³ km ⁻² year ⁻¹	Tonha ⁻¹ year ⁻¹
2012	74090.31	1185.44	66381.68	1062.11
2013	94431.72	1510.91	84606.70	1353.71
2014	91848.01	1469.57	82291.81	1316.67
2015	81404.90	1302.48	72935.24	1166.96
2016	75235.98	1203.78	67408.16	1078.53
2017	101107.99	1617.73	90588.35	1449.41
2018	73717.04	1179.47	66047.26	1056.76
2019	64965.41	1039.45	58206.18	931.30
2020	82079.33	1313.27	73539.50	1176.63
2021	101500.71	1624.01	90940.21	1455.04

4. Conclusions

Biophysical characteristics such as geology and land use have a high sensitivity to the coefficient of erosion intensity produced, while different slopes do not. Annual erosion volume and spatial sediment rate results are directly proportional to temperature and rainfall, but the sensitivity of rainfall is more significant than temperature. The results of the erosion and sediment analysis using the Gavrilović method for ten years in the Krueng Jreu sub-basin show an average annual erosion volume of 84038.14 m³km⁻² and a spatial sediment rate of 75294.51 m³km⁻². The volume of erosion and the rate of sediment are known to have a very close relationship with rainfall. This is shown from the results of the coefficient of determination of these two factors, which is 99.96%.

References

- Ali, S., Al-Umary, F. A., Salar, S. G., Al-Ansari, N. and Knutsson, S. (2016). GIS based soil erosion estimation using EPM method, Garmiyān Area, Kurdistan Region, Iraq. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 10: 291-308.
- Amiri, F. (2010). Estimate of erosion and sedimentation in semi-arid basin using empirical models of erosion potential within a geographic information system. *Air, Soil and Water Research*, 3: S3427.
- Asselman, N. E., Middelkoop, H. and Van Dijk, P. M. (2003). The impact of changes in climate and land use on soil erosion, transport and deposition of suspended sediment in the River Rhine. *Hydrological Processes*, 17(16): 3225-3244.
- Auddino, M., Dominić, R. and Viscomi, A. (2015). Evaluation of yield sediment in the Sfalassà Fiumara (southwestern, Calabria) by using Gavrilović method in GIS environment. *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 33: 3-7.
- Dalaris, M., Psilovikos, A., Sapountzis, M. and Mourtziou, P. (2013). Water erosion assessment in Skiathos Island using the Gavrilović method. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(10): 2943-2952.
- Devianti, D. (2016). Pola Perubahan Penggunaan Lahan Sub Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikujang. *Rona Teknik Pertanian*, 9(2): 147-156.
- Devianti, D., Fachrudin, Purwati, E., Thamren, D. S. and Sitorus, A. (2021). Application of Geographic Information Systems and Sediment Routing Methods in Sediment Mapping in Krueng Jreu Sub-Watershed, Aceh Province, Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(7): 1253-1261.
- Dragičević, N., Karleuša, B. and Ožanić, N. (2018). Improvement of drainage density parameter estimation within erosion potential method. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 2(11): 1-8.
- Dunkerley, D. L. (2019). Rainfall intensity bursts and the erosion of soils: an analysis highlighting the need for high temporal resolution rainfall data for research under current and future climates. *Earth Surface Dynamics*, 7(2): 345-360.
- El Badaoui, K., Algouti, A., Algouti, A. and Adaze, E. (2021). Erosion Potential Method (Gavrilović Method): Methodological improvements and application in Toudgha River catchment, southeast of Morocco. *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement*, 6(1): 114-123.
- Ghimire, S. K., Higaki, D. and Bhattarai, T. P. (2013). Estimation of Soil Erosion Rates and Eroded Sediment in a Degraded Catchment of the Siwalik Hills, Nepal. *Land*, 2(3): 370-391.
- Ghozali, I. (2016). Aplikasi Analisis Multivariate IBM SPSS 23, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang. 2016. *aplikasi analisis multivariate dengan program ibm spss*, 23.
- Hanafi, F. and Pamungkas, D. (2021). Aplikasi Model Rusle untuk Estimasi Kehilangan Tanah Bagian Hulu di Sub Das Garang, Jawa Tengah. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(1): 30-36.
- Ikhsan, M., Safriani, M., Silvia, C. S. and Dari, R. (2021). Prediction of Land Erosion Events in the Down Stream Krueng Meureubo Watershed West Aceh District. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 1(4): 70-76.
- Jakubínský, J., Pechanec, V., Procházka, J. and Cudlín, P. (2019). Modelling of soil erosion and accumulation in an agricultural landscape— A comparison of selected approaches applied at the small stream basin level in the Czech Republic. *Water*, 11(3): 404.
- Kinnell, P. I. A. (2017). A comparison of the abilities of the USLE-M, RUSLE2 and WEPP to model event erosion from bare fallow areas. *Science of The Total Environment*, 596-597: 32-42.
- Kironoto, B. A., Yulistiyanto, B. and Olii, M. R. (2021). Erosi dan Konservasi Lahan: UGM PRESS.
- Kouli, M., Soupios, P. and Vallianatos, F. (2009). Soil erosion prediction using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environmental geology*, 57(3): 483-497.
- Lihawa, F. (2017). Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsoran: Deepublish.
- Marques, M. J., Bienes, R., Jiménez, L. and Pérez-Rodríguez, R. (2007). Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity events. Rainfall simulation over USLE plots. *Science of The Total Environment*, 378(1): 161-165.
- McDonald, M., Healey, J. and Stevens, P. (2002). The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 92(1): 1-19.
- Meliho, M., Nour, A., Benmansour, M., Boulmane, M., Khattabi, A., Mhammedi, N. and Benkdad, A. (2019). Assessment of soil erosion rates in a Mediterranean cultivated and uncultivated soils using fallout ¹³⁷Cs. *Journal of environmental radioactivity*, 208: 106021.
- Muntazar, Joni and Ramli, I. (2021). Erosion and Sedimentation Analysis Due to Land Use Changes in The Krueng Pase Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 21 September, Banda Aceh, Indonesia.
- Sakuno, N. R. R., Guiçardi, A. C. F., Spalevic, V., Avanzi, J. C., Silva, M. L. N. and Mincato, R. L. (2020). Adaptation and application of the erosion potential method for tropical soils. *Revista Ciência Agronômica*, 51(1): 1-10.
- Sari, H. (2022). Identification of Erosion Sites With an Unmanned Aerial Vehicle (Drone): The Case of Thrace Peninsula. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(2): 70-79.

- Sattari, M. T., Mirabbasi, R., Dolati, H., Sureh, F. S. and Ahmad, S. (2020). Investigating the effect of managing scenarios of flow reduction and increasing irrigation water demand on water resources allocation using system dynamics (case study: Zonouz dam, Iran). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(3): 406-421.
- Solaimani, K., Modallaldoust, S. and Lotfi, S. (2009). Investigation of land use changes on soil erosion process using geographical information system. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6(3): 415-424.
- Sudrajat, U. (2018). Suwaji. *Ekonomi Manajerial*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sun, W., Shao, Q., Liu, J. and Zhai, J. (2014). Assessing the effects of land use and topography on soil erosion on the Loess Plateau in China. *Catena*, 121: 151-163.
- Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R. and Iaquina, P. (2009). Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: an application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 112(3-4): 228-245.
- Toure, A. A., Rajot, J. L., Garba, Z., Marticorena, B., Petit, C. and Sebag, D. (2011). Impact of very low crop residues cover on wind erosion in the Sahel. *Catena*, 85(3): 205-214.

Viranşehir İlçesindeki Süt Sığırı İşletmelerin Kimi Yapısal Özelliklerinin Süt Verimine Etkisi


The Effect of Some Structural Features on Milk Production of Dairy Cattle Farms in Viranşehir District


Çiğdem DELEBE^{1*}, Kemal YAZGAN²

Öz

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinin Viranşehir ilçesinde Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği (DSYB)'ne üye olan süt sığırı işletmelerinin yapısal durumları ve işletme sahiplerine ilişkin bazı özellikler belirlenerek bunların süt verimine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada ilçedeki 262 işletme sahibi ile yapılan anketlerden elde edilen veriler ve DSYB'den temin edilen süt verim kayıtları kullanılmıştır. Anketlerden alınan cevaplar ile yetiştiricilerin sosyal durumları, hayvan barınaklarının özellikleri, yetiştirme uygulamaları, yem temini ve besleme yöntemleri istatistik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Araştırmada yetiştirici yaş ortalamasının 41.9 ± 13.14 ve ilçede hayvan başına düşen aylık ortalama süt veriminin 351.28 ± 86.33 kg olduğu saptanmıştır. Süt verimi ile işletme sahiplerinin yaşları ve ailedeki erkek çocuk sayısı arasındaki ilişkinin düşük ve pozitif yönde olduğu (Sırasıyla $r=0.1529$ ve $r=0.1380$), buna karşılık ailede tarım dışı işlerle uğraşan kişi sayısı arasındaki ilişkinin ise düşük ve negatif yönde olduğu ($r=-0.1693$) belirlenmiştir. Duraklı ya da duraksız ahırlarda barındırma şekli, barınaklarda kullanılan çatı materyali ve işletme büyüklüğü gibi faktörlerin süt verimine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmadan elde edilen bulgulara göre; Viranşehir ilçesinde daha verimli ve kârlı bir süt sığırcılığı için işletmelerde kullanılan durakların yenilenmesi ve uygun olanların seçilmesi, barınak çatı materyali olarak ahşap iskelet üzerine döşenmiş kiremit kullanılması, Siyah Alaca ve Simmental gibi kültür ırkı sığırlara uygun barınak içi koşulların sağlanması, Ziraat Mühendisi hizmetlerinden daha fazla yararlanılması gerektiği söylenebilir. Üreticilerin yaşlarının genel olarak genç ve bunların yüksek oranda okuryazar olmaları nedeniyle yetiştiricilerin yeniliklere ve bilinçlendirme faaliyetlerine açık oldukları söylenebilir. Bu nedenle üreticilere yönelik yapılacak eğitim faaliyetlerinin yararlı olacağı sonuca varılmıştır. Üreticilere verilecek eğitimler kapsamında; hayvan barınaklarında kullanılan durak çeşitleri ve boyutları ile bunların kullanım alanları, ekonomik verim seviyesi kavramı, kültür ırkı sığır yetiştiriciliği ve hayvan besleme konularına ağırlık verilmesinin daha yararlı olacağı kanısına varılmıştır. Belirtilen eğitimler Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Şanlıurfa DSYB ve diğer ilgili kuruluşların iş birliği ile düzenlenebilir.

Anahtar Kelimeler: Süt sığırcılığı, Barınak özellikleri, Yemleme, Çevre faktörleri, Viranşehir.

¹Çiğdem Delebe, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. E-mail: cdmldb@hotmail.com  ORCID: 0000-0002-1174-8394.

²Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kemal Yazgan, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. E-mail: kemalyazgan@gmail.com  ORCID: 0000-0001-9255-5318.

Atıf/Citation: Delebe, Ç, Yazgan, K. (2023). Viranşehir ilçesindeki süt sığırı işletmelerin kimi yapısal özelliklerinin süt verimine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 441-451.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

In this study, the structural status of dairy cattle farms that are members of the Cattle Breeders' Association (CBA) in the Viranşehir district of Sanliurfa province and some characteristics of their owners were determined, and their effects on milk yield were investigated. In the study, the data obtained from the survey conducted with 262 farm owners in the district and the milk yield records obtained from CBA were used. With the answers from the questionnaires, the social status of the breeders, the characteristics of the animal shelters, breeding practices, feed supply, and feeding methods were evaluated with statistical methods. In the study, it was determined that the average age of the breeder was 41.9 ± 13.14 and the monthly average milk yield per animal in the district was 351.28 ± 86.33 kg. While the milk yield showed a positive low correlation with the age of the breeders and the number of boys in their families ($r = 0.1529$ and 0.1380 , respectively), there was a negative low correlation ($r = -0.1693$) with the number of people engaged in non-agricultural work in the families of breeders. The effects of factors such as stall type in the barn, barn roofing material, and farm capacity on milk yield were found to be significant ($P < 0.05$). According to the findings obtained from the study, in Viranşehir district, for a more productive and profitable dairy cattle breeding, the renewal of the stalls used in the farms and the selection of the appropriate ones, the use of tiles laid on a wooden skeleton as the shelter roof material, and the provision of suitable in-barn conditions for high-yielding cows of foreign origin such as Holstein and Simmental, more use of agricultural engineer services can be said to be necessary. It can be said that the breeders are open to innovations and awareness-raising activities since their age is generally young and they are highly literate. For this reason, it has been concluded that training activities for producers will be beneficial. Within the scope of the trainings to be given to the producers, it was concluded that it would be more beneficial to focus on the types and sizes of stalls used in animal shelters, their usage areas, the concept of breakeven price, high yielding foreign originated cattle breeding, and animal feeding. The specified trainings can be organized with the cooperation of Harran University, the Faculty of Agriculture, the Department of Animal Science, Sanliurfa CBA, and other relevant institutions.

Keywords: Dairy cattle, Barn characteristics, Feeding, Environmental factors, Viranşehir.

1. Giriş

Türkiye’de nüfus artışı sonucu oluşan talep ve yükselen sosyoekonomik refah düzeyi, hayvansal üretimin arttırılmasını gerekli kılmaktadır (İşcan ve ark., 2010). Tarımsal faaliyetin bir parçası olan hayvancılık, kalite bakımından insan tüketimine uygun olmayan bazı besin kaynaklarının besleyici ve kaliteli insan gıdasına dönüşümünü sağlaması ve maliyeti düşük istihdam yaratması gibi iki büyük avantajı sayesinde büyük önem taşımaktadır. Hayvansal ürünlere gün geçtikçe artan talebin karşılanmasında ya hayvan sayısını arttırmak ya da birim başına verimi yükseltmek gibi iki seçenek bulunmakla birlikte, hayvan sayısının sürekli olarak artırılması mümkün ve ekonomik olmayacağından hayvan başına verimin yükseltilmesi gerekmektedir (Soyak ve ark., 2007). Hayvancılıkta verimi belirlemede en önemli iki unsur ise hayvanların sahip olduğu genetik potansiyel ve maruz kaldıkları çevre faktörleridir (Düzgüneş ve ark., 2003). Hayvanın sahip olduğu genetik seviye ne kadar yüksek olursa olsun üretim potansiyelini ortaya çıkaracak uygun çevre şartları sağlanmadığı takdirde hedeflenen verim seviyesine ulaşamaz. Bu durum özellikle Şanlıurfa ilinde yapılan hayvancılık faaliyetlerinde de göze çarpmaktadır. Kimi işletmelerde durakların ideal ölçülere göre yapılmaması, işletmelerin tam kapasite ile çalışma oranının düşük olması, işletmelerde ekonomik açıdan maliyeti düşürmek adına yapılan yanlış uygulamalar ve komşu ahırlar örnek alınarak kalıplaşmış bilgilerin kullanılması (Mundan ve ark., 2018) bunlara örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca işletme sahiplerinin yaş ve eğitim düzeyleri, aile yapıları ve yaşadıkları bölgedeki sosyokültürel yapı gibi faktörlerinde işletme verimine etkisi bulunmaktadır.

Şanlıurfa ili Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği (DSYB) 2022 yılı aralık ayı verilerine göre, Viranşehir ilçesinde 965 işletme ve 17.142 baş sağmal inek bulunmaktadır. İlçe gerek işletme sayısı (%72.23) gerekse de hayvan varlığı (%72.01) bakımından ilde ilk sıradadır (Tablo 1). Bu bağlamda Şanlıurfa da süt sığırcılığı denildiğinde ilk akla gelen yer Viranşehir ilçesidir.

Tablo 1. Şanlıurfa ilinde ilçelere göre DSYB’ye kayıtlı işletme sayısı ve hayvan varlığı

Table 1. Number of dairy farm and livestock which member to DCBA (Dairy Cattle Breeders Association) by districts in Şanlıurfa

İlçe District	İşletme sayısı Number of farm	İnek Milking cow	Düve Heifer	Dişi dana Growing female cattle	Dişi buzağı Female calf	Tosun Male yearling	Erkek dana Growing male cattle	Erkek buzağı Male calf	Toplam Hayvan Varlığı Total Animal presence	%
Akçakale	9	65	30	7	9	12	4	8	135	0.28
Birecik	10	130	77	24	16	44	19	5	315	0.65
Bozova	12	220	144	72	30	55	77	32	630	1.30
Ceylanpınarı	33	1.27	501	252	272	35	163	226	2.719	5.60
Eyyübiye	67	1.40	478	178	85	245	147	81	2.615	5.39
Halfeti	6	175	20	6	3	27	8	7	246	0.51
Haliliye	75	544	271	105	38	172	98	33	1.261	2.60
Harran	11	18	15	2	2	9	2	5	53	0.11
Hilvan	51	324	151	47	33	113	73	13	754	1.55
Karaköprü	27	660	333	129	63	197	137	63	1.582	3.26
Siverek	47	1.70	558	186	13	462	209	18	3.153	6.50
Suruç	23	41	25	16	6	21	10	4	123	0.25
Viranşehir	965	17.1	7.19	2.914	296	4.020	3.048	347	34.958	72.01
Total	1.336	23.6	9.79	9.938	866	5.412	3.995	842	48.544	-

Ülkemizde birçok il ve ilçelerde, süt sığırını işletmelerine ilişkin yapısal özelliklerin belirlenmesine yönelik yapılmış çalışmalar mevcuttur (Önal ve Özder, 2008; Kaygısız ve Tümer, 2009; Aygül ve Özkütük, 2012; Boz, 2013; Aksoy ve ark., 2014; Demir ve ark., 2014; Tüzemen ve ark., 2014; Akkurt ve Köknaoğlu, 2016; Hozman

ve Akçay, 2016; Yaylak ve ark., 2016; Atmak ve Yazgan, 2018; Aydın ve Keskin, 2019). Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak Şanlıurfa Viranşehir ilçesinde DSYB üye süt sığırı işletmelerinin yapısal özellikleri ve işletme sahiplerine ilişkin sosyodemografik özelliklerin belirlenmesinin yanında bunların işletmelerdeki süt verimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmanın materyalini, Şanlıurfa ili Viranşehir ilçesinde faaliyetlerine devam eden süt sığırı yetiştiricilerinden anket yolu ile elde edilen birincil veriler (Lorcu, 2015) ve Şanlıurfa DSYB'den temin edilen süt verim kayıtları ile suni tohumlama kayıtları oluşturmuştur. Süt verim kayıtları 2020-2021 yıllarını kapsamaktadır. Çalışmada toplamda 262 işletme sahibi ile yüz yüze anket yapılmıştır. Çalışma kapsamında söz konusu bu 262 işletmede yetiştirilen toplamda 10.083 sağmal ineğe ait süt verim kayıtları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda 5.711 Siyah Alaca, 1868 Simmental melezi ve 2.504 yerli ırk melezi olarak nitelendirilen hayvanların süt verim kayıtları kullanılmıştır.

İşletmelerde yetiştiriciliği yapılan hayvan ırklarının tespitinde Şanlıurfa DSYB tarafından yapılan suni tohumlama kayıtları esas alınmıştır. Çalışmada Simmental melezi olarak belirtilen hayvanların babalarının suni tohumlama kayıtlarına göre saf Simmental olduğu kesin bilinmekle beraber analarının ırkı tam olarak bilinmediğinden bu hayvanlar Şanlıurfa ili DSYB tarafından Simmental melezi olarak nitelendirilmektedir. Siyah Alaca olarak nitelendirilen hayvanların hem analarının Siyah Alaca oldukları bilinmekle beraber babalarının da suni tohumlama kayıtlarına göre Siyah Alaca oldukları kesin olarak bilinmektedir. Bununla birlikte yerli ırk melezi olarak nitelendirilen hayvanların ise analarının yerli ırk olduğu (Kilis, Yerli Kara vs.) kesin olarak bilinmektedir.

Çalışmada kullanılan anket formu, işletme sahiplerinin süt sığırıcılığı yapma nedeni, yaşları, erkek ve kız çocuk sayıları, ailelerindeki tarım ya da tarım dışı işlerle uğraşan birey ve toplam çalışan sayıları, işletme sahiplerinin ne kadar süre ile hayvancılıkla uğraştıkları, işletmedeki hayvan sayıları, sahip oldukları işletmelerin fiziksel durumları (barınak tipi, durak yapısı, duvar, siva ve çatı materyalleri), yetiştirme uygulamaları (kullanılan altlık, hayvanları yıkama sıklığı vs.), kullanılan yemler ve yemleme metotları ile yetiştiriciliği yapılan ırklar hakkında çeşitli sorulardan oluşturulmuştur.

2.2. Yöntem

Çalışmada örneklem büyüklüğünün hesaplanması için öncelikle Viranşehir ilçesinde faaliyet gösteren toplam sığır yetiştirici sayısı tespit edilmiştir. Şanlıurfa ili DSYB verilerine göre Viranşehir ilçesinde toplam 733 süt sığırı işletmesi bulunmaktadır. Tespit edilen 733 yetiştirici sayısı araştırmanın evrenini oluşturmuştur. Çalışmada anket ile soru sorulacak yetiştirici sayısının tam olarak tespit edilebilmesi için ise oransal örnekleme yöntemine başvurulmuştur. Oransal örnekleme yönteminde kullanılan matematiksel ifadeler (Eşitlik 1 ve 2) aşağıda verilmiştir (Newbold ve ark., 2012);

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot \sigma_p^2 + p \cdot q} = \frac{733 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(733-1) \cdot (0.000651) + 0.5 \cdot 0.5} \cong 253 \quad (\text{Eş.1})$$

$$\sigma_p^2 = \left(\frac{r}{Z_{\alpha/2}} \right)^2 = \left(\frac{0.05}{1.96} \right)^2 = 0.000651 \quad (\text{Eş.2})$$

Eşitliklerde;

n	:	Örnek büyüklüğünü,
N	:	Popülasyondaki yetiştirici sayısını (733),
σ_p^2	:	Oranın varyansını (0.000651),
r	:	Ortalamadan izin verilen hata payını (%5),
$Z_{\alpha/2}$:	Z cetvel değerini (1.96),
p	:	İncelenen olayın gerçekleşme olasılığını

ifade etmektedir. Burada %99 güven aralığında ve ortalamadan %5 sapma ile anket yapılacak sığır yetiştirici sayısının en az 253 olması gerektiği belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmada baştan öngörülemez problemlerin gerçekleşebileceği ihtimaline karşılık ilçe kapsamında birlik üyesi olmak kaydıyla rastgele seçilen

262 işletme sahibi ile anket yapılmasına karar verilmiştir. Ankete katılan işletmelerin süt verimleri değerlendirilirken Şanlıurfa ili DSYB verileri esas alınmıştır.

Ölçek soruları oluşturulurken hem benzer çalışmalardan hem de araştırmacılar tarafından oluşturulan ölçek kullanılmıştır. Araştırmada işletme sahiplerine ilişkin kimi veriler (sosyodemografik özellikler) ile işletmeye ait aylık süt verimi arasındaki korelasyonlar belirlenmiştir. Bununla birlikte on üç farklı çevre faktörünün aylık süt verimi üzerine etkisini saptamak ve süt verimine ilişkin en küçük kareler ortalamalarını elde etmek için aşağıdaki modelden (Eşitlik 3) yararlanılmıştır;

$$Y_{x_1x_2x_3...x_{13}} = \mu + \sum_{n=1}^{13} fn_{x_n} + e_{x_1x_2x_3...x_{13}} \quad (\text{Eş.3})$$

Modelde;

$Y_{x_1x_2x_3...x_{13}}$: Sırasıyla, barınak tipi (x_1 = tamamen kapalı ve kısmen kapalı), barındırılma şekli (x_2 =bağlı ya da serbest duraklı ve durak yok), taban materyali (x_3 =beton ya da döşeme taş ve toprak), duvar materyali (x_4 =taş, briket veya tuğla, kerpiç ya da ahşap), barınak sıvası (x_5 =sıvalı ve sıvasız), barınak çatı materyali (x_6 =ahşap iskelet üzeri kiremit, tahta, toprak ve beton), kaba yem çeşidi (x_7 = buğday samanı, mercimek samanı, mısır silajı ve bunlardan bir kaçını verip ayrıca merada otlatma), yaşa göre yem çeşit ve miktarı (x_8 = ziraat mühendisi ya da veterinerine danışma, kendi karar verme ve diğer yetiştiricilere danışma), altlık türü (x_9 =saman, talaş, kuru gübre ve diğer), hayvan yıkama sıklığı (x_{10} = altı ayda bir ve yılda bir), ırk (x_{11} = yerli, Siyah Alaca ve Simmental melezi), süt verim seviyesine göre yemleme (x_{12} =evet ve hayır) ve işletme büyüklüğü (x_{13} =≤50 ve >50) gibi çevre faktörlerinin seviyelerine ilişkin süt veriminin en küçük kareler ortalamasını,

μ : Popülasyon ortalamasını,

fn_{x_n} : Sırasıyla, barınak tipi (f1), barındırılma şekli (f2), taban materyali (f3), duvar materyali (f4), barınak sıvası (f5), barınak çatı materyali (f6), kaba yem çeşidi (f7), yaşa göre yem çeşit ve miktarı (f8), altlık türü (f9), hayvan yıkama sıklığı (f10), ırk (f11), süt verim seviyesine göre yemleme (f12) ve işletme büyüklüğü (f13) gibi çevre faktörlerinin x_n seviyesine göre etki miktarlarını (n= 1, 2, 3 ... 13),

$e_{x_1x_2x_3...x_{13}}$: Tesadüfi çevre faktörlerinin etki miktarını

ifade etmektedir.

Araştırmada kullanılan verilere ilişkin tüm düzenlemeler ve gerçekleştirilen tüm istatistiksel analizler SAS (2000) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Korelasyon hesaplamalarında PROC CORR, en küçük kareler ortalamalarının elde edilmesinde ise "PROC GLM" yöntemleri kullanılmıştır. Süt verimine ilişkin en küçük kareler ortalamaların karşılaştırılmasında ise "Tukey" testinden yararlanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yetiştiricilere sorulan süt sığırcılığı yapma nedeni sorusuna yetiştiricilerin çoğu sadece geçim için (%46.18) yanıtını verirken bunu sırasıyla geçime katkı (%39.31), kendi ihtiyacını karşılama (%9.54) ve hobi olarak (%4.96) cevapları takip etmiştir. Bu sonuçlar Önal ve Özder (2008) tarafından bildirilenlerle paralellik göstermektedir. Diğer taraftan bu çalışma için tespit edilen tek geçim kaynağı olarak süt sığırcılığı yapanların oranı (%46.18), Tugay ve Bakır (2011)'in bildirdiği değer (%73.7) oldukça gerisindedir. Diğer taraftan, Aksoy ve ark. (2014), Erzurum'da bulunan DSYB'ye üye işletme sahiplerinin tarım dışındaki başka alanlarla daha az ilgilendiklerini bildirirken bu durum Viranşehir'deki işletmeler için söylenememektedir.

İşletme sahiplerinin yaş ortalaması 41.9 ± 13.14 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Elde edilen bulgular Aydın ve Keskin (2019)'in bildirilerine benzerdir. İşletmelerden elde edilen süt verimi ile işletmelerin yaş ortalamaları

arasında düşük düzeyde pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiş ($r=0.1529$) olup istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). Üreticilerin yaşı ile süt verimi arasındaki pozitif yönlü ilişki, işletmecilerin yaşlarının ilerledikçe sahip oldukları deneyim ve bilinç düzeylerinin artmış olması ile açıklanabilir. Süt verimini pozitif yönden etkileyen diğer bir etken ise erkek çocuk sayısı ($r=0.1380$) olup istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Bu durum, erkek çocukların iş gücünde daha fazla kullanılıyor olması ile açıklanabilir. Buna karşılık ailede tarım dışı işlerle uğraşan kişilerin sayısı arttıkça süt veriminin olumsuz olarak etkilendiği belirlenmekle ($r= -0.1693$) birlikte bu faktörde istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir ($P < 0.01$). Bu durum ise işletme bireylerinin tarımsal faaliyet dışı diğer işlere zaman ayırdıkça işletme ile ilgili işlere olan ilgilerinin azalıyor olması ile açıklanabilir. Ayrıca tarımsal faaliyet hayvancılığı da kapsayan bir bütün olarak değerlendirildiğinde özellikle de kırsal kesimde girdi maliyetlerini düşürebilme adına aile işgücünün önemiyle de alakalıdır. Tarım dışı faaliyetlere olan ilginin azalması ailede bu çalışmaya konu olan işletmeler için kullanılacak iş gücünün de azalması anlamına gelmektedir. Bu da işletme özelinde süt verimine olumsuz olarak yansıtılabilmektedir. Buna karşılık, kız çocuk sayısı, ailede çiftçilikle uğraşan sayısı, ailede toplam çalışan sayısı ve hayvancılık yapma süresi gibi faktörlerin süt verimi ile olan korelasyonları önemsizdir ($P > 0.05$). Özellikle hayvancılık yapma süresi ile süt verimi arasındaki ilişkinin önemsiz olması; yetiştiricilerin uygulamada gelenekçi yaklaşımları tercih etmelerinden, yenilik ve diğer üretim tekniklerine karşı pasif kalmalarından kaynaklanıyor olabilir. Bu sonuç Mundan ve ark. (2018)'nin bildirişleriyle uyumludur.

Çalışmada işletmelerdeki barınak özellikleri ve bunlara ait çeşitli unsurların, kaba yemlerin, kullanılan altlık türlerinin ve işletme büyüklüğü gibi faktörlerin hayvan başına elde edilen aylık toplam süt verimine etkisi en küçük kareler yöntemi ile analiz edilmiş ve bunlara ilişkin sonuçlar *Tablo 3* ile *Tablo 4*'te verilmiştir. Buna göre belirleme katsayısı (R^2) değeri 0.2085 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile söz konusu faktörler süt verimlerinde oluşan varyasyonun yaklaşık %20'sini açıklayabilmiştir. Bunun sebebi hayvanlara ilişkin laktasyon sırası, laktasyona başlama yaşı, buzağılama mevsimi, kuruda kalma süresi ve bunun gibi çevre faktörlerine ilişkin verilere ulaşılamamış ve modele (Eşitlik 3.3) dâhil edilememiş olması olabilir. Bununla birlikte barındırma şekli, barınak çatı materyali ve işletme büyüklüğünün süt verimine etkisi önemli bulunurken ($P < 0.05$), diğer faktörlerin etkisi ise önemsizdir ($P > 0.05$).

Tablo 4'de görüldüğü üzere barındırma şekli bakımından durak bulunmayan işletmelerde aylık süt verimi ortalaması 379.89 ± 17.37 kg iken, bağlı ya da serbest durak sistemine sahip işletmelerde aylık süt verim ortalaması 333.58 ± 16.15 kg olarak tespit edilmiş olup iki ortalama arasındaki farkın istatistiksel bakımdan önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Serbest sisteme sahip işletmelerde süt veriminin daha yüksek olmasına durak sistemi kullanan işletmelerde hayvanların bağlanıyor olması ya da durak yapılarının hayvanların ırklarına göre uygun yapıda olmaması sebep olmuş olabilir. Diğer taraftan bu çalışmadan farklı olarak Önal ve Özder (2008) Edirne ve ilçelerinde DSYB üyesi işletmelerin tamamında durak bulunduğunu ve %96.5'inin bağlı durak ve %3.6'sının da serbest durak sistemine sahip olduğunu bildirmiştir.

İşletmelerde kullanılan barınak çatı materyalleri ele alındığında en yüksek aylık süt verimi ortalaması ahşap iskelet üzeri kiremit materyale sahip işletmelerin olduğu gruptan elde edilmiştir (395.37 ± 16.0 kg). Bunun tahta materyale ilişkin ortalama (341.48 ± 19.85 kg) farkı önemli bulunurken ($P < 0.05$), toprak (343.28 ± 26.49 kg) ve beton (346.82 ± 17.30 kg) materyalden farkı ise önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur (Tablo 4). Tahta, toprak ve beton materyallere ilişkin ortalamalar arası farklılığın önemsiz olduğu tespit edilirken, benzer durum ahşap üzeri kiremit materyal ile toprak ve beton materyallerin ortalamaları arası fark içinde söz konusudur ($P > 0.05$). Bu durumda Viranşehir koşullarında barınak tasarımında çatı materyali olarak imkânlar gereği sadece "ahşap üzeri kiremit" ya da "tahta materyal" kullanım alternatifleri varsa tahta materyalin tercih edilmemesi gerektiği söylenebilir. Betonun maliyetinin daha yüksek olması, toprak materyalinde dayanıksız olması sebebiyle ahşap üzeri kiremit kullanımı iyi bir tercih gibi gözükmektedir. Çatı materyali tercihinin süt verimine etkisi sağladığı sıcaklık izolasyonu ile ilgilidir. Viranşehir'in ülkemizin yaz aylarında hava sıcaklığının en yüksek değerlere ulaştığı bölgelerinden birinde yer aldığı düşünüldüğünde çatı materyalinin önemi daha iyi anlaşılabilir. Barınak ortamında güneş ışığını yansıtma uygun materyal seçimi yapılmaz ise hayvanların sıcaklık stresine maruz kalma olasılığı artacak ve bu da süt verimini olumsuz olarak etkileyecektir.

Tablo 2. İşletme sahiplerine ilişkin veriler ve işletmeye ait aylık süt verimi ile ilişkisi

Table 2. The relationship between data about dairy farm owners and monthly milk yield

Özellik Item	Ortalama	Sınıflar Classes	N	%	r	P
	Mean ($\bar{X} \pm S$)					
Yaş (yıl)	41.9 ± 13.14	22-32	100	38.16	0.1529*	0.013
		32-42	101	38.54		
		42-52	27	10.30		
		≥53	34	12.97		
Erkek çocuk sayısı (kişi)	2.7 ± 1.99	1-5	246	93.59	0.1380*	0.025
		6-10	15	5.72		
		≥11	1	0.38		
Kız çocuk sayısı (kişi)	2.0 ± 1.55	≤3	172	65.64	0.0966	0.118
		3-6	85	32.44		
		≥7	5	1.90		
Ailede çiftçilikle uğraşan sayısı (kişi)	6.0 ± 2.91	2-7	200	76.33	0.0256	0.679
		8-13	52	19.84		
		≥14	10	3.81		
Ailede tarım dışı işlerle uğraşan sayısı (kişi)	0.7 ± 1.19	≤3	230	87.78	-0.1693**	0.006
		3-5	23	8.77		
		≥6	9	3.43		
Ailede toplam çalışan sayısı (kişi)	6.7 ± 3.56	2-6	143	54.58	-0.0356	0.566
		7-10	102	38.93		
		≥11	17	6.48		
Hayvancılık yapma süresi (yıl)	20.2 ± 12.36	1-20	179	68.32	0.0498	0.422

*P<0.05

**P<0.01

Tablo 3. Bazı çevre faktörlerinin süt verimine etkisi

Table 3. The effect of some environmental factors on milk yield

Faktör Factor	SD Degrees of freedom	Kareler ortalaması Mean of squares	P
Barınak tipi	1	4.081,90	0.426
Barındırılma şekli	1	94.379,94	
Taban materyali	1	4.863,24	0.385
Duvar materyali	2	5.756,71	0.640
Barınak sıvası	1	9.553,69	0.224
Barınak çatı materyali	3	123.324,73	
Kaba yem çeşidi	3	5.759,26	0.826
Yaşa göre yem çeşit ve miktar belirleme	2	8.241,15	0.528
Altlık türü	3	2.620,04	0.938
Hayvan yıkama sıklığı	1	14.300,92	0.137
İrk	2	385.02	0.970
Süt verim seviyesine göre yemleme	1	7.77	0.972
İşletme büyüklüğü	1	44.436,69	
Hayvan başı aylık süt verimi ortalaması			351.28±86.33
Belirleme katsayısı (R ²)			0.2085

SD: Serbestlik derecesi

**P<0.01

Tablo 4. Süt verimine ilişkin en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Table 4. Least squares means and standard errors of milk yield

Faktör <i>Factor</i>	Seviye <i>Level</i>	n	En küçük kareler ortalaması (kg) ¹ <i>Least squares means (kg) ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)</i>
Barınak tipi	Tamamen kapalı	238	348.12±12.66
	Kısmen kapalı	24	365.36±23.75
Barındırılma şekli	Bağlı ya da serbest duraklı	92	333.58±16.16 ^a
	Durak yok	170	379.89±17.37 ^b
Taban materyali	Beton ya da döşeme taş	168	362.02±16.38
	Toprak	94	351.46±17.18
Duvar materyali	Taş	54	359.48±19.91
	Briket ya da tuğla	136	349.70±17.74
	Kerpiç ya da ahşap	72	361.04±16.86
Barınak sıvası	Sıvalı	220	347.85±15.54
	Sıvasız	42	365.63±18.83
Barınak çatı materyali	Ahşap iskelet üzeri kiremit	84	395.37±16.05 ^a
	Tahta	54	341.48±19.85 ^b
	Toprak	16	343.28±26.49 ^{ab}
	Beton	108	346.82±17.30 ^{ab}
Kaba yem çeşidi	Buğday Samanı	84	359.79±17.24
	Mercimek Samanı	45	347.41±19.10
	Mısır Silajı	35	358.11±20.08
	Yukarıdakilerden bir ya da birkaçını veriyorum ve merada otlatıyorum	98	361.63±17.11
	Ziraat Mühendisi ve Veteriner Hekime danışıyorum	27	361.91±20.89
Yaşa göre yem çeşit ve miktar belirleme	Kendim karar veriyorum	209	346.65±15.04
	Diğer yetiştiricilere danışıyorum	26	361.65±21.33
Altılık türü	Samam	153	361.22±15.86
	Talaş	35	356.00±20.58
	Kuru gübre	52	360.17±18.86
	Diğer	22	349.56±22.26
Hayvan yıkama sıklığı	Altı ayda bir	56	366.26±17.85
	Yılda bir	206	347.22±15.90
İrk	Yerli ırk melezleri	77	355.30±17.26
	Siyah Alaca	139	358.23±16.51
	Simmental melezi	46	356.69±19.19
Süt verim seviyesine göre yemleme	Evet	42	356.50±15.12
	Hayır	220	356.98±18.90
Hayvan sayısı	≤50	89	340.80±17.63 ^a
	>50	173	372.67±15.89 ^b

¹Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arası farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0.05).

Bu çalışma da 50 baş ve üzeri hayvana sahip işletmelerin sayısı 173 olarak tespit edilmiş olup toplam işletme varlığı içerisindeki payı %66'ya tekabül etmektedir. Bu değer Soyak ve ark. (2007), Kaygısız ve ark. (2008) ve Önal ve Özder (2008) tarafından bildirilenlerin üzerindedir. Diğer taraftan Akkurt ve Köknaroglu (2016) Isparta ilindeki işletmelerin %27.71'sinin 31 baş ve üstü sığır varlığına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte bu çalışmada 262 işletmede bulunan toplamda 10.083 sağmal inek varlığı göz önünde bulundurulduğunda işletme başına düşen sağmal inek sayısı yaklaşık 38'dir. Bu değer Tatar (2007) tarafından Ankara ve Aksaray için bildirilenlerden (sırasıyla 13.2 ve 9.7), Tugay ve Bakır (2011) tarafından da Giresun ve ilçeleri için bildirilen

değerden (8) oldukça yüksektir. Ancak, gerek hayvan varlığının işletme sayısına göre dağılımı, gerekse de işletme başına düşen hayvan varlığı gibi parametreler, bu araştırma ile diğer araştırmaların arasındaki yıl farklarından dolayı direkt karşılaştırılmaz olsa da, Viranşehir ilçesinin bu çalışma ile ortaya çıkan mevcut durumu ile bu il ve ilçelerin geçmiş dönemlerindeki mevcut durumu hakkında bir fikir verebilir. Hayvan sayısı bakımından işletme büyüklüğünün aylık süt verim seviyesi üzerine etkisi ele alındığında, *Tablo 4*'te görüleceği üzere 50 baş ve üzeri süt sığına sahip işletmelere ilişkin aylık süt verimi ortalamasının (372.67 ± 15.89), bu sayının aşağısında hayvana sahip işletmelere ilişkin ortalamadan (340.80 ± 17.63) daha yüksek olduğu ve bu ortalamalar arasındaki farkların istatistiksel bakımdan önemli olduğu ($P < 0.05$) saptanmıştır. Elli baş ve üzeri kapasiteye sahip işletme sahiplerinin gerek bilgi gerekse de sahip oldukları teknik ekipman dolayısıyla daha bilinçli hayvancılık yapıyor olmaları ve maddi imkanlarının diğer küçük işletmelerinden daha iyi olması bu duruma sebep olarak gösterilebilir.

Süt sığına ırkı seçimi konusunda yetiştiricilerin ilk tercihi Siyah Alaca kültür ırkı iken (%53.05), bunu yerli ırk melezleri (%29.39) ile Simmental melezi hayvanlar (%17.56) takip etmiştir. Kültür, melez ve yerli hayvan bakımından ele alındığında bu çalışmadan elde edilen bulgular, Tugay ve Bakır (2011) ile Şeker ve ark. (2012)'nin bildirdiklerinden farklılık arz etmektedir. Bu farklılıklar yetiştiricilerin mesleki bilinç ve gelir seviyeleri ile bağlantılı olabilir. Viranşehir'de de ülkemizin diğer illerinde olduğu gibi Siyah Alaca hayvanlar süt üretiminde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bunun nedenleri arasında bu ırka ilişkin damızlıklara bölgede erişimin kolay olması, yetiştiricilerin bu ırka diğer ırklardan daha aşına olmaları ve bu ırkın yetiştirilmesinde daha deneyimli olmaları sayılabilir. Ayrıca Siyah Alacaların iri cüsseli ve kombine verimli ırk olması sebebi ile de erkek hayvanlar beside kullanıldığından erkek Siyah Alaca buzağılar piyasa şartlarında iyi fiyata alıcı bulmaktadır. Diğer taraftan Tüzemen ve ark. (2014) Erzincan'ın Çayırılı ilçesinde Siyah Alacanın görece daha az ilgi gördüğünü bildirmiştir. Buna sebep olarak araştırmanın yapıldığı yerde Esmer ırkının bölge şartlarına daha iyi uyum sağlamış olması sebep olabilir.

İrk bazında süt verimi ortalamalarının birbirlerine çok yakın değerler aldığı görülmekte olup daha önce de belirtildiği gibi aralarındaki farkın da önemsiz olduğu ($P > 0.05$) saptanmıştır (*Tablo 4*). Yerli ırk melezleri ile Siyah Alaca ve Simmental melezi gibi ırkların benzer ortalamalara sahip olmaları hayvanlara sunulan çevre şartlarının Siyah Alaca gibi kültür ırkları için yeterli olmadığını göstermektedir. *Tablo 4*'te görüleceği üzere hayvan başına aylık süt verimi ortalamaları yerli ırk melezleri, Siyah Alaca ve Simmental melezleri için sırasıyla 355.30 ± 17.26 , 358.23 ± 16.51 ve 356.69 ± 19.19 kg olup günlük olarak yine sırasıyla 11.84, 11.94 ve 11.88 kg/hayvan değerlerine karşılık gelmektedir. Bu değerler Önal ve Özder (2008)'in bildirdiği değerden (20-25 kg) düşük buna karşılık Demir ve ark. (2014)'nin bildirdiği değerden (6.98 lt) ise yüksektir. Ayrıca, bu çalışmadaki Siyah Alaca ve Simmental melezlerine ilişkin verim ortalamaları Türkiye geneli düşünüldüğünde kültür ırkı hayvanların ve bunların yerlilerle melezlerine ilişkin günlük süt verimi ortalamalarının da gerisindedir.

Tablo 4'te hayvanlar için tedarik edilen kaba yem çeşidinin de süt verimi üzerine etkisi olmadığı görülmektedir ($P > 0.05$). Buna neden olarak kaba yem çeşitlerinin niteliğinin düşük olması ve hayvanlara yeterli miktarda sağlanamıyor olması gösterilebilir. Viranşehir'de nitelikli mera alanları sınırlı ve kısa süre yeşil kalmaktadır. Ayrıca aşırı otlatma da meraların niteliğini zayıflatmaktadır. Yemleme konusunda üreticilerin Ziraat Mühendisi Zootechnist gibi saha uzmanlarına danışmaya meyilli olmamaları, kaba yem çeşit ve miktarının hayvanların yaş ve verim düzeyine bakılmaksızın hayvanlara yedirilmesi gibi nedenler de bu sonucu doğurmuş olabilir.

4. Sonuç

Bu çalışma da diğer çalışmadan farklı olarak Viranşehir ilçesindeki süt sığına yetiştiricilerine ilişkin çeşitli özelliklerin, yetiştirme biçimlerinin ve işletmelerin fiziksel durumları gibi faktörlerin elde edilen süt verimine direkt etkisi araştırılmıştır.

İşletme süt veriminin işletme sahiplerinin yaşları ve ailedeki erkek çocuk sayısı ile düşük de olsa pozitif korelasyon gösterdiği ve işletme büyüklüğü arttıkça süt veriminin de buna paralel olarak artış gösterdiği saptanmıştır. Diğer taraftan, İşletme süt veriminin, ailede tarım dışı işlerle uğraşan kişi sayısı ile düşüğe olsa negatif yönlü korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada süt sığırcılığının, işletme sahiplerinin yarıya yakınının (%46.18) asıl işi olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, süt sığırcılığı faaliyetinin ciddi anlamda bilgi, deneyim ve zaman gerektirdiği gerçeği göz önünde bulundurulursa özellikle yüksek hayvan kapasitesine sahip işletmeler için alternatif ya da ikinci bir geçim kaynağı olarak ele alındığında başarı şansının düşeceği gerçeği unutulmamalıdır. Bununla birlikte elli baş ve üzeri

kapasiteye sahip işletme sahiplerinin gerek bilgi gerekse de sahip oldukları teknik ekipman dolayısıyla daha bilinçli hayvancılık yaptıkları göze çarpmaktadır. Bu durum bu işletmelerin süt verimlerine de pozitif yönde yansımaktadır.

İşletmelerin %90.83'ü bölge şartlarına uygun olmayan tamamen kapalı tipte barınak yapısına sahiptir. İşletmelerin % 53'ünde Siyah Alaca ırkı kullanılmakta olup bunların süt verimi ortalaması yerli ırk melezlerine yakındır. Diğer bir deyişle işletmeler bu ırkın talep ettiği çevre koşullarını sağlayamamaktadır. Barınakların % 64.88'i duraksızdır. Verilen kaba yem kalitesinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Kaba yem konusundaki sorunların giderilebilmesi için bölgede saman haricinde nitelikli alternatif kaba yemlerin nasıl elde edilebileceği araştırılmalıdır. Kaba yemlerin hayvanların yaşlarına ve verimlerine göre ne miktar ve oranda verilmesi gerektiği konusunda üreticilerin sürekli Zooteknist Ziraat Mühendislerine danışmaları gerekmektedir.

Viranşehir koşullarında barınak tasarımında çatı materyali olarak imkânlar gereği sadece "ahşap üzeri kiremit" ya da "tahta materyal" kullanım alternatifleri varsa "ahşap üzeri kiremit" materyalin tercih edilmesi gerektiği söylenebilir.

Kültür ırkı hayvanların çevre isteklerinin mutlaka göz önünde bulundurulması gereklidir. Üretici yatırım maliyeti yüksek modern işletmeler kurmayı arzu ediyorsa yüksek verimli kültür ırkları ile çalışabilir. Ancak bu şekilde kültür ırkı hayvanların çevre istekleri karşılanabilir. Aksi takdirde zarar edeceği ya da kazancının istediği düzeye ulaşamayacağı konusunda işletme sahipleri bilinçlendirilmelidir.

Yetiştiricilerin yaş ortalamaları 42'dir. Yaşı 42 ve altında olan yetiştiricilerin oranı ise %76 civarındadır. Yetiştiricilerin yüksek oranda okuryazar olmaları sebebi ile yeniliklere ve bilinçlendirme faaliyetlerine açık olmaları beklenildiğinden düzenlenecek eğitim faaliyetleri yetiştiriciler adına yararlı olabilir. Yetiştiricilere, barınaklardaki durak çeşit ile boyutları ile bunların kullanım alanları, ekonomik verim seviyesi kavramı, kültür ırkı sığır yetiştiriciliği ve hayvan besleme konularında kapsamlı eğitim verilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Şanlıurfa DSYB ve diğer ilgili kuruluşların iş birliğinde eğitim faaliyetleri düzenlenebilir.

Teşekkür

Katkılarından dolayı Şanlıurfa ili Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğı çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Aksoy, A., Güler, İ. O. ve Terin, M. (2014). Erzurum ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye olan ve olmayan üreticilerin belirli özellikler açısından karşılaştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(3): 81-89.
- Akkurt, M. H. ve Köknaroğlu, H. (2016). Isparta ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye olan ve olmayan işletmelerin performanslarının karşılaştırılması ve üreticilerin damızlık sığır yetiştiricileri birliği ile ilişkilerinin incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2): 79 – 90.
- Atmak, A. ve Yazgan, K. (2018). Şanlıurfa ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısı sorun ve çözüm önerileri. *Dicle Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi*, 7(3): 116-125.
- Aydın, M. K. ve Keskin, M. (2019). Muğla ilinde süt sığırcılığının mevcut durumu, bazı verim ve yapısal özellikleri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 59(2): 57-63.
- Aygül, H. ve Özkütük, K. (2012). Malatya ili süt sığırcılığı ve sığır besiciliğinin yapısı. *AVKAE Dergisi*, 2: 7-11.
- Boz, İ. (2013). Doğu Akdeniz bölgesinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(1): 24-32.
- Demir, P., Yılmaz, A. ve Sarözkan, S. (2014). Kars ili sığırcılık işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı ve üretim maliyetleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(1): 1-6.
- Düzgüneş, O., Eliçin, A. ve Akman, N. (2003). Hayvan Islahı. Ankara Üniversitesi Basım Evi, Ankara.
- Hozman S. B. ve Akçay, H. (2016). Sivas ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye süt sığırcılığı işletmelerinin bazı teknik ve ekonomik özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1): 57-65.
- İşcan, U., Özder, M. ve Önal, A. R. (2010). Tekirdağ damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye işletmelerin gelişim süreci ve bugünkü durumu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 131 – 137.
- Kaygısız, A., Tümer, R., Orhan, H. ve Vanlı, Y. (2008). Kahramanmaraş bölgesi süt sığırcılık işletmelerinin yapısal özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2): 23-31.
- Kaygısız, A. ve Tümer, R. (2009). Kahramanmaraş ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri:3. Hayvan besleme alışkanlıkları. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 12(1): 48-52.
- Lorcu, F. (2015). Örneklerle Veri Analizi SPSS Uygulamalı. Detay, Ankara.
- Mundan, D., Atalar, B., Meral, B. A. ve Yakışan, M.M. (2018). Modern süt sığırcılık işletmelerinin yapısal ve teknik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13 (2): 201-210.
- Newbold, P., Carlson, W.L. ve Thome, B.M. (2012). Statistics for Business and Economics. Pearson Education, Londra.
- Önal, A. R. ve Özder, M. (2008). Edirne ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye işletmelerin yapısal özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2):197-203.
- SAS INSTITUTE (2000). SAS User's guide statistics. Version Ed. SAS Institute. Gary. N.C.
- Soyak, A., Soysal, M. İ. ve Gürçan, E. K. (2007). Tekirdağ ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri ve bu işletmelerin siyah alaca süt sığırcılığı popülasyonunun çeşitli morfolojik özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(3): 297-305.
- Şeker, İ., Tasalı, H. ve Güler, Ü. (2012). Muş ilinde sığır yetiştiriciliği yapılan işletmelerin yapısal özellikleri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 26(1): 9-16.
- Tatar, A. M. (2007). Ankara ve Aksaray damızlık sığır yetiştiricileri il birliklerine üye süt sığırcılığı işletmelerinin yapısı ve sorunları. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 118s.
- Tugay, A. ve Bakır, G. (2011). Giresun yöresindeki süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1): 37-47.
- Tüzemen, N., Koçyiğit, R. ve Özyürek, S. (2014). Erzincan ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısal özellikleri: Çayırılı ilçesi örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(3):19-26.
- Yaylak, E., Konca Y. ve Koyunbende, N. (2016). İzmir ili ödemiş ilçesindeki damızlık sığır yetiştiricileri birliği üyesi işletmelerde sağlık koruma uygulamaları ve sağlık sorunları üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 57(1):28-40.

Fortification of Yoghurt with Xanthan Gum Biosynthesized from Grape Juice Pomace: Physicochemical, Textural and Sensory Characterization


Üzüm Suyu Posasından Biyosentezlenen Ksantan Gam ile Yoğurdun Zenginleştirilmesi: Fizikokimyasal, Tekstürel ve Duyusal Karakterizasyon


Ahmet Sukru Demirci^{1*}, Basak Gurbuz²

Abstract

The impact of adding xanthan gum (0.05, 0.1 and 0.2%) biosynthesized from grape juice pomace on the physicochemical characteristics (pH, titratable acidity, total solid, water holding capacity and syneresis) of set-type yoghurt was examined during 21 days of storage period at 4 °C in this study. Textural, color (L*, a* and b*) and sensory attributes (appearance, color, texture, taste and odor) were also assessed in samples with and without biosynthesized xanthan gum. The textural properties and water-holding capacity of the yoghurt were significantly (p<0.05) improved with the increase of the xanthan gum concentration. Accordingly, 0.2% of xanthan supplementation resulted in the best texture of yoghurt and obtained an average firmness of 411.52 g. The pH decrease trend was more pronounced in samples containing more than 0.1% xanthan on the first day of storage. The susceptibility to syneresis of yoghurt samples increased with the addition of xanthan gum however, there was no significant difference (p>0.05) between the samples at the end of storage, except for the sample with 0.2% xanthan gum. The addition of the highest concentration of xanthan gum increased the a* and b* values while decreasing the L* value (p<0.05). There was no significant difference (p> 0.05) between BX_{0.1%} and BX_{0.2%}, the samples with the lowest L* value. The addition of biosynthesized xanthan had no significant effect (p> 0.05) on the total solid, protein and ash content of yoğurt. Besides, the biosynthesized xanthan gum had no negative impacts on the sensory characteristics of yoghurt, except for the appearance. The findings indicated that biosynthesized xanthan may be a desirable additive since it enhances the physical characteristics of yoghurt without affecting its nutritional value or sensory properties.

Key words: Yoghurt, Biosynthesized xanthan, Gum, Grape pomace, Hydrocolloid.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding author: Ahmet Sukru Demirci, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: ademirci@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5252-8307.

²Basak Gurbuz, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: basakgurbuz5@gmail.com  OrcID: 0000-0002-7690-7640.

Atıf/Citation: Demirci, A. S., Gurbuz, B. (2023). Fortification of yoghurt with xanthan gum biosynthesized from grape juice pomace: physicochemical, textural and sensory characterization. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2): 452-460.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Öz

Bu çalışmada, üzüm suyu posasından biyosentezlenen ksantan gam (%0.05, 0.1 ve 0.2) ilavesinin set tipi yoğurdun 4°C'de 21 günlük depolama süresi boyunca fizikokimyasal özellikleri (pH, titre edilebilir asitlik, toplam katı, su tutma kapasitesi ve sineresiz) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Biyosentezlenmiş ksantan gam içeren ve içermeyen numunelerde tekstürel, renk (L *, a * ve b *) ve duyuşal özellikler (görünüş, renk, tekstür, tat ve koku) de değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Yoğurdun tekstürel özellikleri ve su tutma kapasitesi, ksantan gam konsantrasyonunun artması ile beraber önemli ölçüde ($p<0.05$) iyileşmiştir. Buna göre, yoğurtta en iyi tekstür ortalama 411.52 g sertlik değeri olarak %0.2 oranında ksantan ilavesi ile elde edilmiştir. Depolamanın ilk gününde %0.1'den fazla ksantan içeren numunelerde pH düşüş eğilimi daha belirgin olmuştur. Yoğurt örneklerinin sineresiz duyarlılığı ksantan gam ilavesiyle artmış ancak depolama sonunda %0.2 ksantan gam içeren örnek dışında örnekler arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Ksantan gamın en yüksek konsantrasyonda eklenmesi yoğurdun L * değerini düşürürken a * ve b * değerlerinin yükselmesine neden olmuştur ($p<0.05$). En düşük L * değerine sahip örnekler olan BX_{0.1%} ve BX_{0.2%} arasında önemli farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Biyosentezlenmiş ksantan ilavesinin yoğurdun toplam katı madde, protein ve kül içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır ($p>0.05$). Ayrıca biyosentezlenmiş ksantan gamın yoğurdun duyuşal özellikleri üzerinde görünüm dışında herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, biyosentezlenmiş ksantan ilavesinin yoğurdun besin değerini veya duyuşal özelliklerini etkilemeden fiziksel özelliklerini geliştirdiği için arzu edilen bir katkı maddesi olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, Biyosentezlenmiş ksantan, Gam, Üzüm posası, Hidrokolloid.

1. Introduction

Yoghurt is a frequently consumed fermented dairy food that is recognized for its nutritional content, digestibility, and health advantages (Nguyen et al., 2017). Since it aids in lactose digestion, yoghurt made using typical yoghurt cultures (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) is currently regarded as a probiotic product (Hill et al., 2014). The taste and texture of probiotic products are significant factors that affect customer preference in addition to their health advantages. Various factors, like the starter type, fermentation period, total solid and water content have an impact on the texture, which is a crucial characteristic of yoghurt quality (Vareltzis et al., 2016). However, a number of quality issues such as poor firm and texture, low viscosity and syneresis are also encountered in non-fat or low-fat yoghurts, which have recently been in high demand by consumers. Reducing fat in yoghurt also leads to sensory problems such as reduced smoothness and creamy mouthfeel, which are considered important consumer expectations (Lee and Lucey, 2010). Therefore, the desired physicochemical characteristics and sensory qualities of yoghurt are produced by adding dietary fiber, pectin, protein, and hydrocolloids in order to meet consumer expectations.

Researchers have investigated the benefits of adding various hydrocolloid stabilizers to the milk base to preserve or improve yoghurt characteristics like texture, mouthfeel, appearance, viscosity, and consistency as well as to prevent whey separation (Nguyen et al., 2017; Mohsin et al., 2019; Ghasempour et al., 2020). Apart from that, hydrocolloids have also been reported to may have prebiotic potential and antioxidant properties (Tiwari et al., 2021). The hydrocolloids must be effective at the typical pH range of 4.0–4.6 and must not change the product's natural flavor for the consumer. However, the most issue with the use of hydrocolloids is its high production cost, which is still a major problem. Therefore, the choice of hydrocolloid to be used to improve the quality of yoghurt is important.

Xanthan gum is a microbial extracellular hydrocolloid produced by aerobic fermentation by *Xanthomonas* spp and widely used in many industries as a stabilizer and thickening due to its unique properties (Şen et al., 2022). It has been found to be effective in improving the viscosity, firmness, and texture of yoghurt without altering pH and acidity values (Soukoulis et al., 2007). Hence, xanthan is also regarded as an excellent stabilizer that may be able to create curd with a larger total solid content and less syneresis without altering any sensory properties.

The production cost of xanthan gum is high due to the expensive substrates such as glucose and sucrose used as carbon sources. The main factor that raises the cost of producing xanthan gum is substrate cost, which accounts for around 30% of the overall price (Demirci et al., 2019; Bhat et al., 2022). Since more economical carbon sources are needed to reduce the raw material costs in xanthan gum production, many researchers have used alternative substrates such as waste bread (Demirci et al., 2019; Apaydın et al., 2019) or kitchen waste (Li et al., 2016), etc. for xanthan biosynthesis. However, studies on the use of biosynthesized xanthan (BX) from waste material to produce food products are very limited. Therefore, research focusing on the use of BX from waste materials to produce some food products will be of significant value as an economic step forward.

In this study, yoghurt was prepared using xanthan gum, which is biosynthesized by using pomace with high soluble carbohydrate content, which is formed as a waste in high amounts as a result of the processing of grape juice. Our earlier laboratory study reported the whole fermentation and characterisation of xanthan gum synthesized from grape juice pomace (GJP) (Şen et al., 2022). In current study, it was aimed to investigate the effect of xanthan addition produced from GJP on the physicochemical, textural and sensory properties of yoghurt.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Pasteurized cow milk (3.1% protein, 3.2% fat, 3.54% lactose, pH:6.97) purchased from AK Gıda (Adapazarı, Turkey). Commercial freeze-dried yoghurt starters containing *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* was obtained from Maysa Gıda (İstanbul, Turkey). All of the chemicals used in the study were obtained by Merck (Darmstadt, Germany).

2.2. Xanthan gum fermentation and recovery

Xanthomonas axonopodis pv. *vesicatoria* strain of xanthan gums, which in our previous study shown the best production efficiency and rheological characteristics from GJP, was used in the production of yoghurt. In our

previous study, the whole preparation of inoculum and the content of the medium used in xanthan production were reported (Şen et al., 2022). GJP was used as a sole carbon source (40 g L⁻¹). The fermentation experiments were conducted at 220 rpm agitation rate, 28°C, 7.2 pH on an orbital shaker for 72 h (Infors HT Ecotron). The fermented broth was centrifuged for 30 minutes at 4°C and 11,000 g-force to remove the cells. For the purpose of precipitating the biopolymer, isopropanol (Merck) was added 1:3 (v/v) into the supernatant. To recover the precipitated gum, the mixture was centrifuged once more at 11,000 g for 30 minutes at 4°C after being kept at 4°C for 24 h. The precipitate was dried in an oven at 50°C until stable weight to determine the xanthan gum concentration. After that, a disk mill was used to grind the dried polymer until the granule size was 0.5 µm.

2.3. Production of yoghurts

Branded and pasteurised milk was used to make yoghurt that resembled homemade yoghurt, without using any additional milk powder. Pasteurized milk was conducted to heat treatment at 85°C 10 min in a water bath. Biosynthesized xanthan was added in accordance with the experimental plan, at concentrations of 0, 0.05, 0.1, and 0.2% respectively, and the mixture was once again heated at 55°C for 20 min and then quickly cooled in chilled 43°C. Yoghurt culture was propagated in one liter sterilized skim milk at 30°C for 30 min. The propagated culture (2.5 mL kg⁻¹ milk) was inoculated into xanthan supplemented milk. The inoculated milk was later transferred to 100 g plastic containers and incubated at 42°C until the pH dropped 4.6. For subsequent testing, all of the samples were maintained at 4 ± 1°C.

The total solid, pH, titratable acidity, water holding capacity (WHC) and syneresis of samples were evaluated on days 1, 7, 14, and 21 of the cold storage period. Protein, mineral (ash), texture, color and sensory properties were assessed one day after production.

2.4. Physicochemical analysis

The pH value of samples was measured with a pH meter (Interlab, Turkey) after calibration it (Eser and İnanç, 2022). The titratable acidity and total solids of yoghurt samples was assessed using the techniques described in AOAC (2000). The ash and protein content of samples were measured by the dry-ash and Kjeldahl methods, respectively (Aziznia et al., 2008). Syneresis index and WHC were analyzed according to the methods described by García-Pérez et al. (2005). The colour of the yoghurt samples was measured by a Chroma meter CR 400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Japan), and the data were reported as L*, a*, and b*. The L* parameters indicate the degree of brightness (0–100), the a* red to green and the b* yellow to blue (García-Pérez et al., 2005).

2.5. Texture profile analysis

The texture analyzer (TA. HD. PLUS, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey) was used to evaluate firmness, adhesiveness, cohesiveness, and gumminess index. The probe was a 25 mm acrylic cylinder moved speed of 1 mm/s and test speed of 1 mm s⁻¹ through 10 mm within the sample. The data were presented as the average of three measurements.

2.6. Sensory analysis

The fifteen expert panelists conducted sensory profiling (appearance, color, texture, odor and taste) of the yoghurt samples using a 5-point hedonic scale in accordance with the procedure described by Mousavi et al. (2019). These 15 expert judges were chosen from among the lecturers and students of the Department of Food Engineering, Tekirdag Namık Kemal University, Tekirdag, Turkey.

2.7. Statistical analysis

ANOVA was used to analyze the data in JMP 5.0.1 (SAS Institute) in order to determine significant differences between means of samples and storage days. The Tukey test was used to compare various groups at p < 0.05, and significant differences were shown by different letters.

3. Results and Discussion

3.1. Effect of biosynthesized xanthan on total solid, pH, acidity, syneresis and WHC of yoghurt during the 21 day storage

Table 1 displays the results of total solid, post-acidification (pH), titratable acidity, WHC and syneresis during the storage period of yoghurts. As can be seen from the results of the first day of storage BX had no effect on the total solid content of yoghurt samples ($p > 0.05$). In addition, there was no significant change in the total solids of the yoghurt samples during storage.

The pH and acidity of yoghurt are crucial indicators of its quality. The texture, syneresis, and taste of the yoghurt are significantly influenced by the pH. On the other hand, post-acidification during storage could be viewed as a negative aspect by yoghurt customers. The addition of biosynthesized xanthan caused a decrease in the pH of yoghurt ($p < 0.05$). While the pH of all samples decreased up until the 14th day of storage, there was a significant increase following that day. The control group showed the lowest pH ($p < 0.05$) at the end of storage time. The addition of xanthan gum slightly increased the acidity value, but this increase was statistically insignificant ($p > 0.05$). During the storage period, the samples with added BX showed an increase in acidity values, except for the control sample. This can be interpreted as increased bacterial activity in the presence of the xanthan content. In other words, yoghurt bacteria may have shown more acid-forming activity in the presence of xanthan gum during storage. Xanthan can act as an additional carbon source, causing slightly higher acidity than the non-xanthan yoghurt sample. This result was similar to those reported by Mohsin et al. (2019), who mentioned that the acidity of yoghurt samples with xanthan increased during storage.

WHC assesses the yoghurt's ability to hold water and its resistance to whey expulsion. As shown in Table 1, the WHC values of the yoghurts ranged from 42.26 to 50.75% on the initial of storage. WHC was significantly increased by BX addition, with the highest WHC value found in a yoghurt sample containing 0.2% BX. Stabilisers strengthen the structure of yoghurt and increase its capacity to bind water, enhancing the overall texture of yoghurt. (Bulca et al., 2019). It was determined that exopolysaccharides interact with protein micelles to increase the yoghurt's ability to hold water (Yang et al., 2014). The WHC of the BX_{0.1%} and BX_{0.2%} samples significantly increased during the storage period, whereas the WHC of the control and the BX_{0.05%} samples remained constant.

Table 1. Total solid, post-acidification (pH), titratable acidity, WHC and syneresis during cold ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) storage of yoghurt samples

Parameter	Samples	1.day	7.day	14.day	21.day
Total solid (%)	C	12.41±0.14 ^{A.a}	12.93±0.24 ^{A.b}	13.30±0.33 ^{A.a}	12.93±0.24 ^{A.b}
	BX _{0.05%}	12.16±0.16 ^{B.a}	13.93±0.08 ^{A.a}	12.28±0.32 ^{B.ab}	13.93±0.08 ^{A.a}
	BX _{0.1%}	11.45±0.23 ^{A.a}	11.91±0.16 ^{A.c}	11.61±0.12 ^{A.b}	11.91±0.16 ^{A.c}
	BX _{0.2%}	12.40±0.09 ^{A.a}	12.53±0.08 ^{A.bc}	12.09±0.30 ^{A.b}	12.53±0.08 ^{A.bc}
pH	C	4.56±0.01 ^{A.a}	4.33±0.02 ^{A.a}	4.27±0.01 ^{B.a}	4.45±0.01 ^{A.d}
	BX _{0.05%}	4.53±0.02 ^{A.ab}	4.28±0.01 ^{B.b}	3.96±0.04 ^{C.c}	4.48±0.01 ^{A.c}
	BX _{0.1%}	4.48±0.00 ^{B.b}	4.29±0.01 ^{C.ab}	4.16±0.02 ^{D.b}	4.57±0.01 ^{A.a}
	BX _{0.2%}	4.48±0.01 ^{A.b}	4.27±0.00 ^{B.b}	4.22±0.01 ^{C.ab}	4.51±0.01 ^{A.b}
Titratable acidity (% lactic acid)	C	2.99±0.02 ^{A.a}	3.24±0.03 ^{A.a}	3.34±0.01 ^{A.c}	3.31±0.02 ^{A.b}
	BX _{0.05%}	3.12±0.02 ^{B.a}	3.47±0.02 ^{A.a}	3.69±0.02 ^{A.b}	3.59±0.02 ^{A.a}
	BX _{0.1%}	3.06±0.03 ^{B.a}	3.31±0.01 ^{A.a}	3.57±0.01 ^{A.bc}	3.46±0.01 ^{A.b}
	BX _{0.2%}	3.09±0.03 ^{C.a}	3.59±0.01 ^{B.a}	3.89±0.01 ^{A.a}	3.81±0.01 ^{AB.a}
WHC (%)	C	42.26±0.23 ^{A.c}	42.42±0.72 ^{A.c}	42.34±0.36 ^{A.c}	42.38±0.15 ^{A.b}
	BX _{0.05%}	43.07±0.77 ^{A.b}	45.91±0.79 ^{A.b}	44.49±1.23 ^{A.b}	45.20±2.15 ^{A.b}
	BX _{0.1%}	49.26±0.12 ^{B.b}	56.55±0.70 ^{A.a}	52.90±1.27 ^{B.a}	54.72±0.17 ^{A.a}
	BX _{0.2%}	50.75±0.38 ^{C.a}	57.79±0.89 ^{A.a}	54.27±0.21 ^{B.a}	56.03±0.14 ^{A.a}
Syneresis (%)	C	40.29±1.38 ^{A.c}	39.29±0.55 ^{A.a}	41.01±0.10 ^{A.b}	41.66±0.23 ^{A.b}
	BX _{0.05%}	47.96±0.33 ^{A.b}	40.33±0.25 ^{B.a}	42.42±0.32 ^{B.ab}	43.93±0.21 ^{AB.b}
	BX _{0.1%}	48.95±0.19 ^{A.a}	41.51±0.60 ^{B.a}	44.78±0.03 ^{AB.ab}	43.87±0.29 ^{AB.b}
	BX _{0.2%}	48.52±0.26 ^{A.a}	44.97±0.18 ^{B.a}	47.22±0.52 ^{A.a}	49.47±0.01 ^{A.a}

C: Control. ^{a,b,c,d}Different lowercase superscripts in the same column depict the significant difference between the samples for the same period of storage ($p < 0.05$).

^{A,B,C}Different uppercase superscripts in the same row depict the significant difference between means for same type of yoghurt sample at 1st, 7th, 14th, and 21th day of refrigerated storage ($p < 0.05$).

Xanthan addition significantly increased the yoghurt syneresis and this effect increases with the concentration of xanthan (Table 1). The findings are consistent with the earlier results; an increase in syneresis was noted as the concentration of xanthan was increased (Nguyen et al., 2017; Andiç et al., 2013). According to the literature, by adding different hydrocolloids, the syneresis percentage of yoghurt changed differently. For instance, whereas gelatin dramatically reduced the syneresis, other hydrocolloids (xanthan, carrageenan etc.) had the opposite effect (Nguyen et al., 2017). The interconnected protein network is strengthened by the addition of xanthan gum, but on the other hand, depleted flocculation causes more syneresis (Hemar et al., 2001). The syneresis of yoghurt samples did not differ significantly during storage time from 1 to 21 days.

3.2. Effect of biosynthesized xanthan on the protein, ash contents and colour values of yoghurt

The protein and ash content and color analysis of yoghurt formulations were measured in 1 day and the results were given in Table 2. The protein and ash contents of the yoghurts ranged from 3.73 to 3.81%, and 3.86–4.62%, respectively and did not significantly ($p > 0.05$) differ. The protein and ash content of the yoghurt samples fluctuated irregularly as BX levels increased, but these variations were not statistically significant ($p > 0.05$). These findings are in accordance with those of Mohsin et al. (2019), who found that the addition of the biosynthesized xanthan from orange waste and storage time had no significant effects on the protein content of the yoghurt.

Color is one of the important criteria affecting the acceptance of consumers. L^* , a^* and b^* values of yoghurts supplemented with or without BX stored at 4°C are presented in Table 2. After 1 day of storage, plain control yoghurt had considerably higher L^* value than BX-supplemented yoghurts ($p < 0.05$). As the added BX concentration increased (up to 0.1%), the brightness of the samples decreased, however, there was no significant difference between samples BX_{0.1%} and BX_{0.1%}. All yoghurt formulations had negative a^* (greenness) levels and also the addition of BX significantly increased a^* value when we compared to control and BX- added samples (Table 2). The highest a^* value (-1.59) was observed in the sample with 0.1% BX ($p < 0.05$). Increasing BX concentration caused irregular changes on the b^* value of the yoghurt samples. The addition of 0.1% BX decreased the value of b^* but raised it by an additional 0.2% when compared to the control sample ($p < 0.05$), whereas a 0.05% concentration had no noticeable impact ($p > 0.05$). Other studies found similar trends for color values of different hydrocolloid-added yoghurts (Nguyen et al., 2017; Mohsin et al., 2019).

Table 2. Physicochemical characteristics of yoghurt samples*

Parameter	Yoghurt samples			
	Control	BX _{0.05%}	BX _{0.1%}	BX _{0.2%}
Protein (%)	3.81±0.13 ^A	3.80±0.14 ^A	3.73±0.04 ^A	3.80±0.28 ^A
Ash (%)	3.86±1.48 ^A	4.24±1.14 ^A	4.62±0.48 ^A	4.16±0.66 ^A
L^*	91.36±0.43 ^A	89.86±0.40 ^B	87.96±0.22 ^C	87.64±0.06 ^C
a^*	-3.45±0.02 ^B	-2.84±0.05 ^{AB}	-2.58±0.02 ^{AB}	-1.59±0.08 ^A
b^*	5.83±0.55 ^B	6.06±0.48 ^B	4.80±0.20 ^C	7.22±0.12 ^A

^{A,B,C}Different superscript letters in the same row indicate significant difference ($p < 0.05$). * The results were given for 1 days.

3.3. Effect of biosynthesized xanthan on the textural characteristics of yoghurt

Texture is another crucial factor for evaluating yoghurt qualities as it directly affects sensory perception by consumers. The TPA results in Table 3 summarize the yoghurts' textural attributes (firmness, adhesiveness, cohesiveness and gumminess). The firmness of the yoghurt increased with the addition of BX in direct proportion to the xanthan concentration ($p < 0.05$) and 0.2% of xanthan supplementation resulted in the best texture of yoghurt and obtained an average firmness of 411.52 g. Similarly, the addition of xanthan in yoghurt caused an increase ($p < 0.05$) in adhesiveness and the highest adhesiveness was the yoghurt sample with a concentration of 0.2%. In low pH conditions, the positively charged surface of casein micelles interacts with xanthan gum, a negatively charged hydrocolloid, to create highly structured and accessible protein networks (Sanchez et al., 2000). The

improvement in texture caused by the addition of xanthan gum is in accordance with previous research (Nguyen et al., 2017; El-Sayed et al., 2002). On the contrary, the addition of xanthan reduced the gumminess of the yoghurts and this decrease was also concentration dependent ($p < 0.05$). In addition, BX did not significantly affect ($p > 0.05$) the cohesiveness of the yoghurt at lower concentrations (0.05 and 0.1%) while a higher level (0.2%) of BX was required to increase cohesiveness ($p < 0.05$).

Table 3. Texture analysis of yoghurt samples*

Parameter	Yoghurt samples			
	Control	BX _{0.05%}	BX _{0.1%}	BX _{0.2%}
Firmness (g)	320.95±29.70 ^D	360.19±15.69 ^C	396.84±14.85 ^B	411.52±33.94 ^A
Adhesiveness (g. sec)	-1205.61±26.87 ^D	-1038.02±15.56 ^C	-494.96±43.84 ^B	-124.60±26.16 ^A
Cohesiveness (g)	0.38±0.06 ^B	0.34±0.01 ^B	0.49±0.00 ^{AB}	0.68±0.11 ^A
Gumminess (g)	126.12±1.41 ^A	119.18±0.03 ^B	85.88±0.01 ^C	56.48±0.01 ^D

^{A,B,C}Different superscript letters in the same row indicate significant difference ($p < 0.05$). * The results were given for 1 days.

3.4. Effect of biosynthesized xanthan on the sensory properties of yoghurt

Table 4 presents the sensory evaluations of all yoghurt treatments on the first day of storage at 4°C. As seen in Table 4, the addition of biosynthesized xanthan (BX) had no significant effects on the color, texture, odor, and taste sensory attributes of yoghurt samples ($p > 0.05$). Whereas, the appearance of the yoghurt samples was significantly reduced by the addition of 0.1% and 0.2% BX ($p < 0.05$). Control and BX_{0.05%} yoghurt samples scored the highest preference rating based on appearance sensory parameter, with a rating of 4.60 and 4.40, respectively ($p > 0.05$). Mohsin et al. (2019) reported that the sensorial attributes for yoghurt samples in terms of texture and appearance were significantly higher for yoghurt prepared using xanthan ($p < 0.05$) while non-significant difference was found in aroma, taste and flavor of the yoghurt samples.

Table 4. Sensorial attributes of yoghurt samples*

Characteristic	Yoghurt samples			
	Control	BX _{0.05%}	BX _{0.1%}	BX _{0.2%}
Appearance	4.60±0.55 ^A	4.40±0.55 ^A	3.40±1.34 ^{AB}	2.40±1.14 ^B
Color	4.80±0.45 ^A	4.60±0.55 ^A	4.40±0.55 ^A	4.60±0.55 ^A
Texture	3.80±1.30 ^A	3.60±1.34 ^A	3.65±1.34 ^A	3.70±1.30 ^A
Odor	4.20±1.30 ^A	4.40±0.89 ^A	4.80±0.45 ^A	4.80±0.45 ^A
Taste	3.60±1.14 ^A	3.10±1.41 ^A	3.20±0.84 ^A	3.00±0.71 ^A

^{A,B,C}Different superscript letters in the same row indicate significant difference ($p < 0.05$). * The results were given for 1 days.

4. Conclusions

In this study, the utilization strategy of using biosynthesized xanthan from grape juice pulp, which is a waste material, was adapted for the preparation of yoghurt. The incorporation of xanthan gum (0.05–0.2%), a novel stabilizing agent biosynthesized from grape juice pomace, in yoghurt caused some changes in physicochemical properties. These changes in physicochemical properties were more pronounced, especially when high concentrations of BX (0.1 and 0.2%) were added. The addition of BX had no significant effect on the total solid, protein and ash content of yogurt ($p > 0.05$). Yoghurt's physical characteristics were improved by BX, which increased firmness and WHC while reducing gumminess. Although the addition of xanthan increased the syneresis on the first day of storage, only the BX_{0.2%} sample had a significantly higher syneresis value than the other samples

after 21 days of storage. Our findings show that, except for appearance, the BX had no adverse effects on the sensory qualities of yoghurt. In conclusion, BX can be a promising alternative to use as a low-cost hydrocolloid by improving the physical properties of yoghurt without changing its nutritional and sensory properties.

References

- Andiç, S., Boran, G. and Tunçtürk, Y. (2013). Effects of carboxyl methyl cellulose and edible cow gelatin on physico-chemical, textural and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(2): 245–251.
- AOAC (2000). Official methods of analysis (17th ed.). (Washington, DC, USA).
- Apaydın, D., Demirci, A. S., Palabiyik, I., Mirik, M. and Gümüş, T. (2019). Technological properties of xanthan gums obtained from waste bread using as a carbon source and performance in pudding as model food. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16: 402–411.
- Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. and Rahimi, J. (2008). Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: Chemical, physical, and microstructural properties. *Journal of Dairy Science*, 91(7): 2545–2552.
- Bhat, I. M., Wani, S.M., Mir, S. A. and Masoodi, F. A. (2022). Advances in xanthan gum production, modifications and its applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 42: 102328.
- Bulca, S., Dumanoglu, B. and Özdemir, Ö. C. (2019). A study on mixing camel milk with cow, sheep and goat milk in different proportions in yoghurt production. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 7 (12): 2095–2102.
- Demirci, A. S., Palabiyik, I., Apaydın, D., Mirik, M. and Gumus, T. (2019). Xanthan gum biosynthesis using *Xanthomonas* isolates from waste bread: Process optimization and fermentation kinetics. *LWT*, 101: 40–47.
- El-Sayed, E., El-Gawad, I.A., Murad, H. and Salah, S. (2002). Utilization of laboratory produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt. *European Food Research and Technology*, 215: 298–304.
- Eser, İ. H. and İnanç, A. L. (2022). Production of Anatolian water buffalo butter using different methods. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(1): 215–226.
- García-Pérez, F. J., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas, E., Pérez-Alvarez, J. A. and Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. *Color Research and Application*, 30: 457–463.
- Ghasempour, Z., Javanmard, N., Langroodi, A. M., Alizadeh-Sani, M., Ehsani, A. and Kia, E. M. (2020). Development of probiotic yogurt containing red beet extract and basil seed gum; techno-functional, microbial and sensorial characterization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29: 101785.
- Hemar, Y., Tamehana, M., Munro, P. A. and Singh, H. (2001). Viscosity, microstructure and phase behavior of aqueous mixtures of commercial milk protein products and xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 15(4–6): 565–574.
- Hill, R., Guarner, F., Reid, G., Gibson, R., Daniel, J., Merenstein Pot, B., Morelli, L., Berni, R., Flint, H. J., Salminen, S. J., Calder, P. and Sanders, M. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11: 506–514.
- Lee, W. J. and Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian- Australasian Journal of Animal Sciences*, 23: 1127–1136.
- Li, P., Li, T., Zeng, Y., Li, X., Jiang, X., Wang, Y., Xie, T. and Zhang, Y. (2016). Biosynthesis of xanthan gum by *Xanthomonas campestris* LREL-1 using kitchen waste as the sole substrate. *Carbohydrate Polymers*, 151: 684–691.
- Mohsin, A., Ni, H., Luo, Y., Wei, Y., Tian, X., Guan, W., Ali, M., Khan, I. M., Niazi, S., Rehman, S., Zhuang, Y. and Gup, M. (2019). Qualitative improvement of camel milk date yoghurt by addition of biosynthesized xanthan from orange waste. *LWT - Food Science and Technology*, 108: 61–68.
- Mousavi, M., Heshmati, A., Garmakhany, A. D., Vahidinia, A. and Taheri, M. (2019). Optimization of the viability of *Lactobacillus acidophilus* and physico-chemical, textural and sensorial characteristics of flaxseed-enriched stirred probiotic yogurt by using response surface methodology. *LWT*, 102: 80–88.
- Nguyen, P. T., Kravchuk, O., Bhandari, B. and Prakash, S. (2017). Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 72: 90–104.
- Sanchez, C., Zuniga-Lopez, R., Schmitt, C., Despond, S. and Hardy, J. (2000). Microstructure of acideinduced skim milkelocust bean gumexanthan gels. *International Dairy Journal*, 10(3): 199–212.
- Şen, E., Demirci, A. S. and Palabiyik, I. (2022). Xanthan gum characterization and production kinetics from pomace of *Vitis vinifera*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46: e17098.
- Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R. and Tzia, C. (2007). Industrial yogurt manufacture: Monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of Dairy Science*, 90(6): 2641–2654.
- Tiwari, S., Kavitate, D., Devi, P. B. and Shetty, P. H. (2021). Bacterial exopolysaccharides for improvement of technological, functional and rheological properties of yoghurt. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183: 1585–1595.
- Vareltzis, P., Adamopoulos, K., Stavrakakis, E., Stefanakis, A. and Goula, A. M. (2016). Approaches to minimise yoghurt syneresis in simulated tzatziki sauce preparation. *International Journal of Dairy Technology*, 69: 191–199.
- Yang, T., Wu, K., Wang, F., Liang, X., Liu, Q., Li, G. and Li, Q. (2014). Effect of exopolysaccharides from lactic acid bacteria on the texture and microstructure of buffalo yoghurt. *International Dairy Journal*, 34: 252–256.
-


Tekirdağ İli'nde Tingidae (Hemiptera) Türlerinin Doğal Düşmanları*

Natural Enemies of Tingidae (Hemiptera) Species in Tekirdağ Province

Tolga AYSAL^{1*}, Müjgan KIVAN²**Öz**

Bu çalışma Tekirdağ İli'nde Malkara, Saray, Süleymanpaşa ve Şarköy ilçelerinde Tingidae familyası türlerinin doğal düşmanları ve yayılışlarını saptamak amacıyla yürütülmüştür. Sörveyler 2011-2012 yıllarında odunsu bitkiler üzerinde yapılmıştır. Arazi çıkışları Nisan ayı başı-Ekim ayı sonu arasında, 10 gün aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Örneklemelelerde darbe ve gözle kontrol yöntemleri kullanılmıştır. Sörveyler sonucunda, Tingidae familyası türlerinin doğal düşmanı olarak; Coleoptera takımı Coccinellidae familyasından; *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758), *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus, 1758), *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758), *Stethorus gilvifrons* (Mulsant, 1850), Hemiptera takımı Anthocoridae familyasından; *Anthocoris nemoralis* (Fabricius, 1794), *Orius niger* (Wolff, 1811), *Orius vicinus* (Ribaut, 1923), Miridae familyasından; *Deraeocoris lutescens* (Schilling, 1837), *Stethoconus pyri* (Mella, 1869) ve Neuroptera takımı Chrysopidae familyasından; *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) olmak üzere toplam 10 predatör tür saptanmıştır. Hymenoptera takımı Mymaridae familyasından ise *Erythmelus panis* (Enock, 1909) türü yumurta parazitoiti olarak tespit edilmiştir. Tekirdağ genelinde en çok bulunan tür *S. pyri* olmuştur. Bu türü *C. septempunctata* takip etmiştir. İlde en az bulunan türlerin ise sırasıyla *A. nemoralis* ve *S. gilvifrons* olduğu saptanmıştır. Doğal düşmanların yayılışlarının da bulunma oranlarıyla hemen hemen benzer olduğu belirlenmiştir. İlde bulunan tüm doğal düşmanların *Stephanitis pyri* (Fabricius, 1775) (Armut kaplamı) ile beslendiği tespit edilmiştir. *O. conglobata*'nın Armut kaplamı dışında *Monosteira unicastata* (Mulsant ve Rey, 1852) ile; *A. nemoralis*, *O. niger* ve *O. vicinus*'un da *Corythuca ciliata* (Say, 1832) ile beslendiği kaydedilmiştir. Tespit edilen doğal düşmanların birçoğu Tekirdağ faunası için ilk kayıttır. Bu türler içerisinde, yapılan gözlemler ve el edilen bulgulara göre; Armut kaplamı ile beslenen *S. pyri* ve *C. ciliata* ile beslenen *Orius* türlerinin diğer doğal düşmanlara göre daha önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ileriyeye yönelik çalışmalarda, öncelikle bahsi geçen bu türlerin laboratuvar ve/veya arazi koşullarında biyolojileri ve etkinliklerinin araştırılması daha uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tingidae, Predatör, Parazitoit, Odunsu bitkiler, Tekirdağ, Türkiye.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Tolga Aysal, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: taysal@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-4449-4439.

²Müjgan Kıvan, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: mkivan@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-5145-5991.

Atıf/Citation: Aysal, T., Kıvan, M. (2023). Tekirdağ ilinde Tingidae (Hemiptera) türlerinin doğal düşmanları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 461-477.

*Bu çalışma birinci yazarın Doktora tezinin bir bölümü olup NKÜBAP tarafından NKUBAP.00.24.DR.12.02 numaralı proje ile desteklenmiştir

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

This study was carried out to determine the natural enemies and distribution of Tingidae family species in Malkara, Saray, Süleymanpaşa, and Şarköy districts in Tekirdağ. Surveys were conducted on woody plants in 2011-2012. Field surveys were carried out at 10-day intervals between the beginning of April and the end of October. Visual inspection and shaking methods were used for sample collection. As a result of the surveys, as a natural enemy of Tingidae family species belonging Coleoptera order from the Coccinellidae family; *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758), *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus, 1758), *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758), *Stethorus gilvifrons* (Mulsant, 1850), Hemiptera order from Anthocoridae family; *Anthocoris nemoralis* (Fabricius, 1794), *Orius niger* (Wolff, 1811), *Orius vicinus* (Ribaut, 1923), from Miridae family; *Deraeocoris lutescens* (Schilling, 1837), *Stethoconus pyri* (Mella, 1869) and Neuroptera order from Chrysopidae family; *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836), a total of 10 predatory species were identified. *Erythmelus panis* (Enock, 1909) from Mymaridae family of Hymenoptera order was determined as egg parasitoid. *Stethoconus pyri* was the most common species in Tekirdağ province, followed by *C. septempunctata* while *A. nemoralis* and *S. gilvifrons* were the least common species, respectively. The distribution of natural enemies was almost similar to the rate of their presence. It has been determined that all natural enemies in the province feed on *Stephanitis pyri* (Fabricius, 1775) (Pear lace bug). *O. conglobata* with *Monosteira unicostata* (Mulsant & Rey, 1852), except the Pear lace bug; *A. nemoralis*, *O. niger* and *O. vicinus* were also recorded to feed on *Corythuca ciliata* (Say, 1832). Many of the detected natural enemies are the first record for Tekirdağ fauna. Among these species, according to the observations and the data obtained, *S. pyri* feeding on Pear lace bug and *Orius* species feeding on *C. ciliata* are thought to be more important than other natural enemies. Therefore, in future studies, it would be more appropriate to investigate the biology and activities of these species in laboratory and/or field conditions.

Keywords: Tingidae, Predator, Parasitoid, Woody plants, Tekirdağ, Turkey.

1. Giriş

Dünyada geniş bir yayılma alanına sahip ve 300 cinse ait 2500 türü bulunan, Hemiptera takımına bağlı Tingidae familyası; dünyada dantel böcekleri (Guidoti ve ark., 2015), Türkiye’de ise Armut kaplanları veya Ağ kanatlı tahtakuruları ismi ile tanınmaktadır (Lodos, 1982). Ülkemizde bu familyadan yaklaşık 89 adet tür saptanmıştır (Dursun ve Fent, 2017; Aysal ve Kıvan, 2018a). Kozmopolit olan bu familyaya ait türler, otsu bitkilerin veya ağaçların yumuşak gövdelerinin, yapraklarının ve üreme organlarının öz suyu ile beslenen böcekler olup, tam olarak fitofaglardır (Péricart ve Golub, 1996). Armut, ayva, badem, elma, gibi meyve ağaçlarında; domates, patlıcan gibi sebzelerde; ayçiçeği, tütün, patates gibi tarla bitkilerinde; ateş dikeni, çınar, kavak, meşe gibi birçok orman, park ve süs bitkilerinde; yabancı otlarda ve yosunlarda beslenebilmektedirler (Lodos, 1982; Önder ve Lodos, 1983; Neal ve Schaefer, 2000; Bolu, 2007). Genel olarak 5 mm’den küçük boyda ve dantel görümlü kanatlara sahip bu böcekler, konukçu yapraklarının alt yüzünde bitki öz suyunu emerek beslenmeleri sonucu, yaprakların kurumasına veya dökülmesine sebep olurlar (Lodos, 1982). Dolayısıyla verdikleri bu zararlar önemli verim kaybına, bitkilerin zayıflamasına hatta ölümüne sebep olabilirler. Ayrıca bu familya içerisinde bitkilerde gal oluşturarak (Lodos, 1982) ve fungal patojenleri konukçularına taşıyarak zararlı olan türler de bulunmaktadır (Prado, 1990; Malumphy ve ark., 2007). Ilıman iklimlerde ergin, yumurta, bazen de son nimf döneminde kışlarlar (Péricart ve Golub, 1996).

Ülkemizde Tingidae familyasına bağlı türlerle ilgili olarak, çeşitli sörveyler esnasında, daha çok tür tespitlerinin yapıldığı çalışmalar (Önder ve Lodos, 1983; Bolu, 2007; Aysal ve Kıvan, 2011; Maral ve ark., 2013; Yıldırım ve ark., 2013; Küçükbasmacı, 2014; Dursun ve Fent, 2017; Yücel ve Kıvan, 2018) ile bazı türlerin yayılışları, zararları, biyolojileri ve mücadeleleri hakkında araştırmalar bulunmaktadır (Gülperçin ve Önder, 1999; Aysal, 2008; Aysal ve Kıvan, 2007, 2008, 2018b; Kıvan ve Aysal, 2011; Maral, 2021; Aysal ve Sağlam, 2022). Ancak doğal düşmanlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu dikkat çekmektedir (Önder ve ark., 1986; Bolu, 2007; Kıvan ve Aysal, 2009; Maral, 2012; Maral ve ark., 2014, 2020). Dünyada ise Tingidae familyası türlerinin predatörleri, parazitoitleri ve entomopatojenleri üzerine yapılmış araştırmalar az da olsa literatürde mevcuttur (Horn ve ark., 1983; Akbarzadeh-Shoukat, 2006; Tarasco ve Triggiani, 2006; Humeres ve ark., 2009; Ji ve ark., 2011; Verfaille ve ark., 2011; Nair ve Braman, 2012; Shapiro-Ilan ve Mizell, 2012).

Dünyada artan nüfusla paralel olarak, gıda ihtiyacı artış göstermektedir. Bu ihtiyacın giderilmesi için birim alandan kaliteli ve daha fazla ürün elde etmeye yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar her ne kadar ürün verimi ve kalitesini artırsa da zararlı, hastalık ve yabancı otların verdiği zararlardan kaynaklanan önemli kayıpları da azaltmak gerekmektedir. Bu kaybı azaltabilmek için zarar veren etmenlere karşı uygun mücadele yöntemlerini belirlemek ve bu yöntemleri doğru uygulamak gerekir. Mücadelede başarı için öncelikle zararlıların tanınması, bunun yanında doğal düşmanları hakkında iyi bir bilgi birikimine sahip olunması önemlidir. Ayrıca çevre ve insan sağlığına dost mücadele yöntemleri de üretimin en önemli ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenle yapılan bu çalışma ile Tekirdağ İli’nde, tarım ve tarım dışı odunsu bitkiler üzerinde bulunan Tingidae familyası zararlı türlerinin doğal düşmanları belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular bölge için bu familyanın doğal düşmanları üzerindeki ilk kayıtlardır. Bu kayıtlar, özellikle kimyasal mücadeleye alternatif olan biyolojik mücadeleye bir alt yapı oluşturmuştur. Buna bağlı olarak daha sağlıklı, kaliteli ürün elde etmeye ve verim kaybını engellemeye yönelik çalışmaları yönlendirmek için bir bakış açısı oluşmasına referans sağlamıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini Tekirdağ İli’ne bağlı Malkara, Saray, Süleymanpaşa ve Şarköy ilçelerinde yetiştiriciliği yapılan meyve ağaçları ile tarım dışı alanlardaki odunsu bitkiler üzerinde bulunan Tingidae familyasına ait türlerin doğal düşmanları oluşturmaktadır.

2011-2012 yıllarında, Nisan ayı başı-Ekim ayı sonu arasında yürütülen çalışmada, arazi çıkışları periyodik olarak 10 günlük aralıklarla yapılmıştır. Örnekleme darbe (Steiner, 1962) ve gözle kontrol yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sörveylerden toplanan ergin böcekler falkon tüplere (50 ml) aktarılarak, ergin olmayan biyolojik dönemler ise buldukları av ve yapraklarla birlikte cam kavanozlara veya buzdolabı poşetlerine alınarak laboratuvara getirilmiştir. Sörveylerden canlı olarak getirilen tüm ergin öncesi biyolojik dönemler, buldukları bitki yaprağı ile birlikte 9 cm boyutlarında petri kaplarında, 26±1 °C sıcaklık, %60-70 nem ve 16:8 saatlik aydınlatmalı koşullara sahip iklim odasında kültüre alınmıştır. Petrilerin tabanına, bitki yaprağının daha geç kurumasını sağlamak için, iki katlı

nemlendirilmiş kurutma kâğıdı koyulmuş, yaprakların ucuna da nemlendirilmiş pamuk sarılmıştır.

Predatör olabileceği düşünülen türlerin erginleri ve ergin öncesi dönemleri, laboratuvarında ayrı ayrı olacak şekilde, bulunduğu Tingidae türü ve konukçu yaprağı ile petrielerde (9 cm) kültüre alınmıştır. Bu türlerin birlikte buldukları Tingidae türü ile beslenip beslenmediği günlük olarak gözlenmiştir. Aynı zamanda tüm predatör türlerin, Tingidae türlerinin predatörü olup olmadığı ayrıntılı literatür çalışması ile belirlenmiştir.

Parazitoidlerin belirlenmesi için, Tingidae türlerinin yumurta, nimf ve erginleri ile bulaşık yapraklar, laboratuvarında stereo mikroskop altında diğer böcek türlerinden temizlenerek, Tingidae türünün her bir biyolojik dönemi ayrı olacak şekilde petri (9 cm) ve cam tüplere (16 cm) aktarılmıştır. Günlük gözlemlerle bu dönemlerden çıkış yapan parazitoid bireyler %70'lik alkol içerisine alınarak etiketlenmiştir.

Tingidae türlerinde hastalık etmenlerinin saptanması amacıyla, toplanan biyolojik dönemler stereo mikroskop altında incelenmiş ve hastalıklı olduğundan şüphelenilenler, izolasyon ve patojenite testi için petri kutularına ayrılmıştır.

Teşhis edilen her doğal düşman türünün sayısı, ilçe, mahalle, konukçu, ay bazında sayılarak belirlenmiştir. Belirlenen her bir doğal düşman sayısı toplanan birey sayısına oranlanarak, her bir türün % değer cinsinden oranı saptanmıştır.

Sörveyler sonunda toplanan tüm örnekler teşhise hazır hale getirilmiş ve konunun uzmanlarına gönderilmiştir. Predatör olarak saptanan Hemiptera takımı Anthocoridae ve Miridae familyalarına ait türlerin teşhisi Dr. Berend AUKEMA (Kortenburg, 31 6704 AV Wageningen, Netherland) tarafından, Neuroptera takımı, Chrysophidae familyasına ait türlerin teşhisi Dr. Nesrin ONAR (Edirne Güzel Sanatlar ve Spor Lisesi, Merkez, Edirne, Türkiye) tarafından, Coleoptera takımı, Coccinellidae familyasına ait türlerin teşhisi Dr. Öğr. Üyesi Derya ŞENAL (Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bilecik, Türkiye) tarafından yapılmıştır. Mymaridae (Hymenoptera) familyasına ait yumurta parazitoiti ise Dr. Emilian PRICOP (Natural Sciences Museum, Piatra Neamț, Petru Rareș No. 26, RO-610119, city: Piatra Neamț, Neamț County, Romania) tarafından teşhis edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Tekirdağ İli'nde Saptanan Tingidae Familyası Türlerinin Doğal Düşmanları

Tekirdağ İli'nin Malkara, Saray, Süleymanpaşa ve Şarköy ilçelerinde, 2011 ve 2012 yıllarında yapılan sörvey çalışmaları sonucunda, Tingidae familyası türlerinin doğal düşmanı olarak; Coleoptera takımı Coccinellidae familyasından; *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758), *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus, 1758), *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758), *Stethorus gilvifrons* (Mulsant, 1850), Hemiptera takımı Anthocoridae familyasından; *Anthocoris nemoralis* (Fabricius, 1794), *Orius niger* (Wolff, 1811), *Orius vicinus* (Ribaut, 1923), Miridae familyasından; *Deraeocoris lutescens* (Schilling, 1837), *Stethoconus pyri* (Mella, 1869) ve Neuroptera takımı Chrysopidae familyasından; *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) olmak üzere toplam 10 predatör tür, Hymenoptera takımı Mymaridae familyasından ise *Erythmelus panis* (Enock, 1909) türü yumurta parazitoiti olarak tespit edilmiştir. Örneklenen Tingidae familyası türleri üzerinde herhangi bir entomopatojen saptanmamıştır.

3.1.1. *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae)

Sörvey sonuçları: *C. septempunctata* Tekirdağ İli Malkara İlçesi'nde 5 (Camiatik, Deliller, Evrenbey, İshakça, Kürtüllü), Saray ilçesi'nde 5 (Bahçeköy, Büyükyoncalı, Edirköy, Kemalpaşa, Küçükyoncalı), Süleymanpaşa ilçesi'nde 7 (Altınova, Barbaros, Değirmenaltı, Ferhadanlı, Hürriyet, Yazır, 100.Yıl) ve Şarköy ilçesi'nde 4 (İstiklal, Eriklice, Mürefte, Uçmakedere) mahallede tespit edilmiştir. Örneklenen 71 adet *C. septempunctata*'nın 24'ü Malkara, 17'si Saray, 18'i Süleymanpaşa ve 12'si Şarköy ilçelerinden toplanmış ve tamamı Armut kaplanı (*Stephanitis pyri*) ile ilişkili olarak bulunmuştur. Toplanan örneklerin 50 adedi elma (*Pyrus malus*), 6 adedi ayva (*Cydonia vulgaris*) ve 15 adedi armut (*Pyrus communis*) ağaçları üzerinde tespit edilmiştir. *C. septempunctata* Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toplanmış ve en yoğun Ağustos ayında bulunmuştur.

Yurdumuzun hemen her bölgesinde bulunan tür; Adana, Adıyaman, Aksaray, Amasya, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Burdur, Bursa, Çanakkale, Denizli, Diyarbakır, Edirne, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Hatay, Iğdır, İçel, İstanbul, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Kars, Kayseri, Kırklareli, Konya, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Niğde, Osmaniye, Rize, Samsun, Siirt, Şanlıurfa, Tekirdağ, Tokat, Van ve

Yozgat illerinde kaydedilmiştir (Yiğit ve Uygun, 1982; Erkin, 1983; Kılıç ve Aykaç, 1989; Çevik, 1996; Ayyıldız ve Atlıhan, 2003; Tezcan ve Uygun, 2003; Becan ve ark., 2004; Bolu, 2004; Aslan ve Uygun, 2005; Işıkber ve Karcı, 2006; Kaya, 2007; Özcan, 2007; Elma ve Alaoğlu, 2008; Portakaldalı, 2008; Çağlar, 2009; Yeşilayer, 2009; Keleş, 2011; Yıldırım ve Başpınar, 2011; Keskin, 2012; Yanpar, 2013; Demirözer ve Karaca, 2014; Alaserhat ve Güçlü, 2020; Coşkun, 2021; Sünter, 2022).

Coccinellidae familyası türlerinin uzun yıllardır geniş alanda biyolojik mücadelede kullanıldığı, yaprakbitleri başta olmak üzere birçok böcek türünün önemli doğal düşmanlarından olan *C. septempunctata*'nın da bu türlerden birisi olduğu bilinmektedir (Uygun, 1981). Bu çalışmada Armut kaplanı ergin ve nimfleriyle bir arada bulunan *C. septempunctata* erginlerinin laboratuvarında yürütülen beslenme gözlemleriyle, bu türün predatörü olduğu saptanmıştır. Önceki çalışmalarda Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde antepfıstığı, badem ve kiraz ile ağaçlarında tespit edilen *C. septempunctata*'nın; *Monosteira lobulifera*, *Monosteira unicostata* ve Armut kaplanı ile (Bolu, 2007; Bolu ve ark., 2007); Diyarbakır, Mardin ve Elâzığ illerinde ise, tarım ve tarım dışı alanlarda odunsu bitkiler üzerinde *M. lobulifera*, *M. unicostata*, *Physatocheila confinis* ve Armut kaplanı ile beslendiği saptanmıştır (Maral, 2012). Ayrıca *C. septempunctata*'nın bahsi geçen türler dışında Tingidae familyasından *Cochlochila bullita* ve *Stephanitis pyrioides*'in de predatörü olduğu bildirilmiştir (Neal ve Schaefer, 2000; Klingeman ve ark., 2001).

3.1.2. *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae)

Sörvey sonuçları: *E. quadripustulatus* türünden, Malkara İlçesi'nde 2 mahallede (Camiatik, Evrenbey) 7 birey ve Süleymanpaşa İlçesi'nde 4 mahallede (Altınova, Değirmenaltı, Hürriyet, Kayı) 10 birey örneklenmiştir. Elma ve armut ağaçlarından toplanan predatörün sadece Armut kaplanı ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Toplanan 17 örneğin 12'si elma ağacında, 5'i armut ağacında bulunmuştur. Bu predatöre sörveyler boyunca Haziran'dan, Ekim'e kadar tüm aylarda rastlanmıştır; ancak türün en yoğun bulunduğu ayın Ağustos ayı olduğu belirlenmiştir.

Yurdumuzda Akdeniz, Doğu Karadeniz, Ege, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde yaygın olarak bulunan bu tür; Adana, Adıyaman, Ankara, Antalya, Aydın, Balıkesir, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Edirne, Elazığ, Erzurum, Hatay, Iğdır, Isparta, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Kayseri, Konya, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Samsun, Siirt, Şanlıurfa, Tokat ve Van illerinde tespit edilmiştir (Uygun, 1981; Yiğit ve Uygun, 1982; Erkin, 1983; Kılıç ve Aykaç, 1989; Yurtsever, 2001; Ölmez ve Ulusoy, 2002; Tezcan ve Uygun, 2003; Bolu, 2004; Aslan ve Uygun, 2005; Şahbaz ve Uysal, 2006; Özcan, 2007; Narmanlıoğlu ve Güçlü, 2008; Özgen ve Bolu, 2009; Yeşilayer, 2009; Yıldırım ve Başpınar, 2011; Gözüaçık ve ark., 2012; Keskin, 2012; Maral, 2012; Yiğit ve Telli, 2013; Demirözer ve Karaca, 2014; Coşkun, 2021; Sünter, 2022).

Literatürde, *E. quadripustulatus*'un Tekirdağ İli'nde bulunuşu ile ilgili bir kayda rastlanmamıştır.

Avlarının bulunduğu yerlerde çok sık rastlanılan ve biyolojik savaşta önemli bir avcı olarak bilinen *E. quadripustulatus*'un Tingidae familyasından Armut kaplanı, *M. lobulifera* ve *M. unicostata* türleri ile ilişkili olduğu ve/veya beslendiği bildirilmiştir (Uygun, 1981; Bolu ve ark., 2007; Maral, 2012).

3.1.3. *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae)

Sörvey sonuçları: *O. conglobata* Malkara İlçesi'nde 5 mahallede (Ahmetpaşa, Deliller, Evrenbey, İbribey, Yenidibek), Saray İlçesi'nde 1 mahallede (Küçükyoncalı), Süleymanpaşa İlçesi'nde 4 mahallede (Altınova, Değirmenaltı, Hürriyet, Yukarıkılıçlı) ve Şarköy İlçesi'nde 3 mahallede (Bulgur, Çınarlı, Hoşköy) tespit edilmiştir. Toplanan 30 örneğin; 12'si Malkara, 2'si Saray, 9'u Süleymanpaşa ve 7'si Şarköy İlçesi'nde bulunmuştur. Bu örnekler içerisinde sadece 1 birey Malkara İlçesi Evrenbey Mahallesi'nde, söğüt yapraklarında beslenen *M. unicostata* türü ile ilişkili bulunmuş, diğer tüm örnekler Armut kaplanı ile ilişkili olarak elma (18 birey), armut (6 birey) ve ayvada (5 birey) tespit edilmiştir. Türe Temmuz-Ekim arasında tüm aylarda rastlanmıştır ve en yoğun Ağustos ayında tespit edilmiştir.

Ülkemizin hemen her yöresinde bulunan *O. conglobata*'nın Adana, Adıyaman, Amasya, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Elazığ, Erzurum, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Kayseri, Konya, Manisa, Mardin, Mersin, Niğde, Rize, Samsun, Siirt, Şanlıurfa, Tokat, Van ve Yalova illerinde kaydedildiği bildirilmiştir (Uygun, 1981; Erkin, 1983; Kılıç ve Aykaç, 1989; Ölmez ve Ulusoy, 2002; Ayyıldız ve Atlıhan, 2003; Bolu, 2004; Aslan ve Uygun, 2005; Şahbaz ve Uysal, 2006; Bolu, 2007; Kaya, 2007;

Elma ve Alaoğlu, 2008; Narmanlıoğlu ve Güçlü, 2008; Portakaldalı, 2008; Çağlar, 2009; Yıldırım ve Başpınar, 2011; Hazır ve Ulusoy, 2012; Keskin, 2012; Hantaş ve ark., 2014; Alaserhat ve Güçlü, 2020; Coşkun, 2021; Sünter, 2022).

Oenopia conglobata'nın Tekirdağ İli'nde kaydedildiğine dair bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Mardin İli'nde badem ağaçlarında *O. conglobata*'nın ilde en bol bulunan türlerden birisi olduğu ve Armut kaplanı, *M. lobulifera* ve *M. unicostata* ile beslendiği (Bolu, 2007); yine buna benzer, Diyarbakır, Elâzığ ve Mardin illerinde yürütülen başka bir çalışmada türün, tarım ve tarım dışı alanlardaki odunsu bitkilerde bulunan Armut kaplanı, *M. lobulifera*, *M. unicostata* ve *P. confinis* türleri ile beslendiği belirlenmiştir (Maral, 2012). Irak ve İran'da yürütülen çalışmalarda ise kavaklarda zararlı *M. unicostata*'nın doğal düşmanları arasında *O. conglobata*'nın da bulunduğu bildirilmiştir (Selim, 1977; Sadegi ve ark., 2009)

3.1.4. *Stethorus gilvifrons* (Mulsant, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae)

Sörvey sonuçları: *S. gilvifrons* Tekirdağ İli'nde sadece Süleymanpaşa İlçesi'nde 2 mahallede (Değirmenaltı, Hürriyet) bulunmuştur. Elma yaprakları üzerinde Armut kaplanı nimfleri ile beslenirken tespit edilen bu türden sadece 7 birey örneklenmiştir. Türe Eylül (3 birey) ve Ekim (4 birey) aylarında rastlanmıştır.

Yurdumuzda Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın olduğu bildirilen *S. gilvifrons*; Adana, Adıyaman, Ankara, Antalya, Aydın, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Gümüşhane, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Konya, Manisa, Malatya, Mardin, Mersin ve Şanlıurfa illerinde kaydedilmiştir (Uygun, 1981; Çiftçi ve ark., 1985; Tezcan ve Uygun, 2003; Aslan ve Uygun, 2005; Bolu, 2007; Özcan, 2007; Elma ve Alaoğlu, 2008; Çağlar, 2009; Hazır ve Ulusoy, 2012; Varlı ve ark., 2013; Alaserhat ve Güçlü, 2020; Sünter, 2022).

Stethorus gilvifrons'un Tekirdağ İli'nde bulunuşu ile ilgili bir bilgiye literatürde rastlanmamıştır.

Stethorus gilvifrons akarların özellikle de Tetranychidae familyası türlerinin kontrolünde önemli bir biyolojik kontrol ajanı olarak bilinmekte olup (Uygun, 1981; Çiftçi ve ark., 1985; Şenal ve Karaca, 1999; Bayoumy ve ark., 2014; Jafari ve ark., 2023) yapılan çalışmalarda Tingidae familyasından Armut kaplanı, *M. lobulifera* ve *M. unicostata* türlerinin predatörü olduğu bildirilmiştir (Bolu, 2007; Maral, 2012).

3.1.5. *Anthocoris nemoralis* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Anthocoridae)

Sörvey sonuçları: *A. nemoralis* türü Tekirdağ İli'nde, Malkara İlçesi'nde 2 mahallede (Çınarlıdere, Sağlamtaş) 3 birey, Süleymanpaşa İlçesi'nde 1 mahallede (Yukarıkılıçlı) 1 birey olarak bulunmuştur. Doğada 3 bireyin elma yapraklarında Armut kaplanı ile, 1 bireyin ise çınarda (*Platanus* sp.) *Corythuca ciliata* nimf ve erginleri ile beslendiği gözlemlenmiştir. Türe Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında rastlanmıştır.

Ülkemizin hemen her yerinde bulunan *A. nemoralis*'in; Adana, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bolu, Burdur, Bursa, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, Gümüşhane, İzmir, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Konya, Manisa, Mardin, Mersin, Samsun ve Tokat illerinde tespit edildiği bildirilmiştir (Önder, 1982; Erkin, 1983; Çiftçi ve ark., 1985; Kılıç ve Aykaç, 1989; Çam, 1993; Çevik, 1996; Tezcan ve Önder, 2003; Öncül, 2006; Önder ve ark., 2006; Elma ve Alaoğlu, 2008; Yıldırım ve ark., 2013; Matocq ve ark., 2014; Kaplan ve ark., 2016; Alaserhat ve Güçlü, 2020).

Literatürde *A. nemoralis*'in Tekirdağ İli'nde bulunuşu ile ilgili bir kayda rastlanmamıştır.

Yapılan çalışmalarda da *Anthocoris* türlerinin Armut kaplanının, *A. nemoralis* türünün de *C. ciliata*'nın doğal düşmanı olduğu bildirilmiştir (Neal ve Schaefer, 2000; Anonim, 2014).

Avrupa'da ve yurdumuzda *A. nemoralis*'in, Psyllidae familyası türleri gibi bazı önemli zararlıların popülasyonlarını kontrol altına almada önemli bir yere sahip olduğu ve bu amaçla kitle üretiminin yapıldığı bildirilmiştir (Önder, 1982; Jerinić-Prodanović ve Protić, 2013; Carapezza ve Cusimano 2014). Türün Tingidae familyası ile alakalı olarak yapılan çalışmalarında ise; *Anthocoris* cinsine bağlı *Anthocoris nemorum* türünün *Tingis cardui* ve *Stephanitis chinensis*'in; *Anthocoris minki minki* türünün Armut kaplanı, *M. lobulifera*, *M. unicostata* ve *P. confinis*'in; *Anthocoris minki pistaciae* türünün Armut kaplanı, *M. lobulifera*, *M. unicostata* ve *P. confinis*'in doğal düşmanı oldukları bildirilmiştir (Neal ve Schaefer, 2000, Bolu 2007, Maral 2012).

3.1.6. *Orius niger* (Wolff, 1811) (Hemiptera: Anthocoridae)

Sörvey sonuçları: Yapılan sörveyler sonucunda *O. niger* türünden, Malkara İlçesi'nde 3 mahallede (Alaybey, Deliller, Doluköy) 9 örnek, Saray İlçesi'nde 2 mahallede (Beyazköy, Küçükyoncalı) 6 örnek, Süleymanpaşa İlçesi'nde 5 mahallede (Altınova, Değirmenaltı, Ferhadanlı, Gazioğlu, Köseilyas) 14 örnek, Şarköy İlçesi'nde 3 mahallede (Çınarlı, İshaklı, Mursallı) 4 örnek toplanmıştır. Doğa ve laboratuvar gözlemlerinde, türün elma (8 adet), kiraz (*Prunus avium*) (3 adet), ayva (2 adet) veya armut (1 adet) yapraklarında beslenen Armut kaplanının, çınar yapraklarında ise *C. ciliata*'nın (19 adet) ergin ve nimflerini tükettiği belirlenmiştir. Toplanan birey sayısı açısından bakıldığında türün, *C. ciliata*'yı Armut kaplanına göre daha çok tercih ettiği saptanmıştır. En çok Eylül ayında toplanan *O. niger*'e Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında da rastlanmıştır.

Doğu, Batı, Kuzey Batı ve Güney Anadolu'da yayılışı gösteren *O. niger*; Adana, Adıyaman, Ankara, Antalya, Artvin, Balıkesir, Bayburt, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Iğdır, İçel, İstanbul, İzmir, Kars, Konya, Manisa, Niğde, Şanlıurfa illerinde tespit edilmiştir (Önder, 1982; Yiğit ve Uygun, 1982; Ölmez ve Ulusoy 2002; Ayyıldız ve Atlıhan, 2003; Tezcan ve Önder, 2003; Becan ve ark., 2004; Önder ve ark., 2006; Büyük, 2008; Yıldırım ve ark., 2013; Kaplan ve ark., 2016; Yazıcı, 2019; Alaserhat ve Güçlü, 2020; Pehlivan ve Atakan 2020; Tatlıcıoğlu, 2021).

Literatürde *O. niger*'in Tekirdağ'da tespiti ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Zararlı böceklere karşı etkili bir biyolojik mücadele ajanı olma potansiyeline sahip, ekonomik önemde bir tür olduğu bildirilen *O. niger*'in (Önder ve ark., 2006) Tingidae familyasından Armut kaplanının doğal düşmanlarından biri olduğu, *Orius* türlerinde *C. ciliata* ile beslendiği bildirilmiştir (Önder, 1982; Ji ve ark., 2011); ancak ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır. *O. niger*'in bahsi geçen tür dışında Tingidae familyasından *Dictyla echii*'in yumurta ve I. nimf dönemi ile (Neal ve Schaefer, 2000), *Orius insidiosus* türünün ise *C. ciliata*'nın çınar yapraklarına bıraktığı yumurtalar ile beslendiği yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir (Horn ve ark., 1983).

3.1.7. *Orius vicinus* (Ribaut, 1923) (Hemiptera: Anthocoridae)

Sörvey sonuçları: *O. vicinus*, Malkara'da 3 (Camiatik, Teteköy, Yenidibek), Süleymanpaşa'da 2 (Değirmenaltı, 100.Yıl) ve Şarköy'de 1 mahallede (Palamutköy) tespit edilmiştir. Toplanan 21 örneğin 8 adedi Malkara, 10 adedi Süleymanpaşa, 3 adedi ise Şarköy ilçelerinde saptanmıştır. Türün elma ve armut ağaçlarında Armut kaplanı ile çınar ağaçlarında da *C. ciliata* ile beslendiği belirlenmiştir. Yapılan örneklemelerin 17 adedi çınarda, 3 adedi elmada ve 1 adedi armutta bulunmuştur. Sörveyler boyunca türe en yoğun Ağustos ayı olmak üzere Haziran'dan Ekim'e kadar tüm aylarda rastlanmıştır.

Ülkemizde Orta ve Güney Anadolu Bölgeleri'nde daha çok bulunan *O. vicinus*; Ankara, Antalya, Diyarbakır, Elâziğ, İzmir, Kayseri, Konya, Mardin, Niğde ve Nevşehir illerinde tespit edilmiştir (Bolu, 2007; Büyük, 2008; Önder, 1982; Önder ve ark., 2006; Pehlivan ve Atakan 2020; Tatlıcıoğlu, 2021).

Orius vicinus'un Tekirdağ İli'nde kaydedildiğine dair bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Yapılan çalışmalarda da *C. ciliata*'nın doğal düşmanları arasında *Orius horvathi*, *O. insidiosus*, *O. majusculus* ve *O. vicinus*'un bulunduğu bildirilmiştir (Horn ve ark., 1983; Ji ve ark., 2011; Anonim, 2014). *O. horvathi* türünün Tingidae familyasından *C. ciliata* dışında Armut kaplanı, *M. unicostata* ve *M. lobulifera* türlerinin de doğal düşmanı olduğu belirtilmiştir (Bolu, 2007). Ayrıca *O. insidiosus* türünün *Gargaphia solani*'nin predatörü olduğu (Kearns ve Yamamoto, 1981) tespit edilmiştir.

3.1.8. *Deraeocoris lutescens* (Schilling, 1837) (Hemiptera: Miridae)

Sörvey sonuçları: *D. lutescens* türüne ait, Malkara İlçesi'nde 1 mahallede (Izgar) 1 örnek, Saray İlçesi'nde 1 mahallede (Küçükyoncalı) 2 örnek, Süleymanpaşa İlçesi'nde 2 mahallede (Değirmenaltı, Husunlu) 4 örnek, Şarköy İlçesi'nde 4 mahallede (Bulgur, İshaklı, istiklal, Palamutköy) 14 örnek tespit edilmiştir. Doğa ve laboratuvar gözlemlerinde *D. lutescens*'in ergin ve nimflerinin, özellikle Armut kaplanının I. ve II. nimf dönemleri ile beslendiği belirlenmiştir. Bu türe ait ahlatta (*Pyrus elaeagnifolia*) 1, armutta 7, elmada 13 birey örneklenmiş ve örnekler sörveyin son ayları olan Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında toplanmıştır. Ekim ayı en bol bulunduğu ay olmuştur.

Ülkemizin tüm bölgelerinde yaygın bulunan bir tür olup, Adana, Ankara, Antalya, Bartın, Bolu, Çankırı, Çorum, Eskişehir, Erzincan, Gümüşhane, İzmir, Kahramanmaraş, Karabük, Karaman, Kastamonu, Kayseri, Konya, Manisa, Niğde, Tokat, Yozgat ve Zonguldak bulunduğu bildirilen illerdir (Yiğit ve Uygun, 1982; Çam, 1993; Ulusoy ve ark., 1999; Lodos ve ark., 2003; Tezcan ve Önder, 2003; Önder ve ark., 2006; Kaplan ve ark., 2016; Yazıcı, 2019; Alaserhat ve Güçlü, 2020).

Tekirdağ İli'nde *D. lutescens*'in bulunuşu ile ilgili bir kayda rastlanmamıştır.

Literatürde *D. lutescens*'in Armut kaplanı ile ilişkili olduğuna dair bir bilgiye rastlanmamıştır. Ancak yapılan çalışmalarda *Deraeocoris nebulosus*, *D. flavilinea* ve *D. lutescens*'in *C. ciliata*'nın (Horn ve ark., 1983; Neal ve Schaefer, 2000; Anonim, 2014) ve *Corythuca arcuata*'nın (Wheeler ve ark., 1975) predatörü, *Deraeocoris* sp.'nin Armut kaplanının predatörü (Akbarzadeh-Shoukat, 2006) olduğu kayıtlıdır. Ayrıca Bolu (2007) *Deraeocoris* sp.'nin *M. lobulifera*, *M. unicostata* ve Armut kaplanının, Maral (2012) *Deraeocoris serenus*'un *M. lobulifera*, *M. unicostata*, *P. confinis* ve Armut kaplanının doğal düşmanı olduğunu belirlemişlerdir.

3.1.9. *Stethoconus pyri* (Mella, 1869) (Hemiptera: Miridae)

Sörvey sonuçları: *S. pyri* Malkara İlçesi'nde 10 (Ahmetpaşa, Camiatik, Develi, Doluköy, Evrenbey, Haliçköy, Hemit, Karaığdemir, Kavakçeşme, Kürtüllü), Saray İlçesi'nde 4 (Büyükyoncalı, Küçükyoncalı, Kemalpaşa, Servi), Süleymanpaşa İlçesi'nde 6 (Altınova, Değirmenaltı, Ferhadanlı, Hürriyet, Kayı, Köseilyas), Şarköy İlçesi'nde 3 (Bulgur, istiklal, Uçmakdere) mahallede saptanmıştır. Toplanan örneklerin 56'sı Malkara, 17'si Saray, 7'si Süleymanpaşa, 9'u Şarköy ilçesi'nde bulunmuştur. *S. pyri*'nin bulunduğu tüm ilçelerde, sadece Armut kaplanının ergin ve nimfleri ile beslendiği gözlenmiştir. Ayrıca predatör, ilde Armut kaplanının en yoğun bulunduğu dönemlerde görülmüş olup, bu dönem Armut kaplanının birinci dölünden sonraki dönemlere denk gelmiştir. *S. pyri* araştırma bölgesinde, altı farklı bitki üzerinde tespit edilmiştir. Tespit edildiği bitkilerde örnekleme sayıları; armutta 24, ayvada 14, elmada 107, erikte (*Prunus domestica*) 2, kirazda 4, vişnede (*Prunus cerasus*) 6 adettir. Predatöre, Haziran'dan Eylül'e kadar tüm aylarda rastlanmıştır. Böceğin en yoğun bulunduğu aylar ise Ağustos ve Eylül ayları olmuştur.

Tür Türkiye'de Adana, Bursa, İzmir, Hatay, Tekirdağ ve Sakarya illerinde tespit edilmiştir (Önder ve ark., 1986, 2006; Lodos ve ark., 2003; Kıvan ve Aysal, 2009).

Stethoconus pyri'nin Armut kaplanının en iyi bilinen ve bu zararlıya özelleşmiş predatörlerinden biri olduğu ve bu zararlı ile ilişkili olarak elma, kayısı (*Prunus armeniaca*), şeftali (*Prunus persica*), armut, alıç (*Crataegus orientalis*), ıhlamur (*Tilia* spp.), kestane (*Castanea sativa*), kekreyemiş (*Vaccinium vitisidaea*) ve birçok geniş yapraklı bitki üzerinde bulunduğu bildirilmiştir (Önder ve ark., 1986, 2006). Daha önce Tekirdağ İli'nde, elma yaprakları üzerinde, Armut kaplanı ile beslenirken belirlenen (Kıvan ve Aysal, 2009) predatörün, ülkemizde tespit edildiği diğer şehirlerde Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında doğadan toplandığı belirtilmiştir (Önder ve ark., 1986).

Dünyada *Stethoconus* cinsine bağlı sekiz türün (*S. bimaculatus*, *S. distanti*, *S. scutellaris*, *S. cyrtopeltis*, *S. frappai*, *S. japonicus*, *S. praefectus*, *S. pyri*) bulunduğu ve bu türlerden en az altısının Tingidae familyası türlerinin obligat predatörü olduğu değerlendirilmektedir (Mathen ve Kurian, 1972; Henry ve ark., 1986, 2009; Neal ve ark., 1991; Holguin ve ark., 2009; Poorani ve ark., 2019; Ahmad ve ark., 2021; Noel ve ark., 2023). Bu cinsle bağlı *S. pyri* üzerine başta da belirttiğimiz gibi türün tespiti dışında ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak bu cinsle bağlı bazı türler üzerine yapılan çalışmalarda; *S. japonicus* türünün *Stephanitis pyrioides*'in (Henry ve ark., 1986) ve Armut kaplanının (Akbarzadeh-Shoukat, 2006) predatörü olduğu ve *S. pyrioides*'e karşı IPM çalışmalarında kullanıma olasılığının bulunduğu bildirilmiştir (Neal ve Haldemann, 1992).

3.1.10. *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae)

Sörvey sonuçları: *C. carnea* Malkara'da 7 (Çınarlıdere, Evrenbey, Haliçköy, Hemit, Izgar, Karaığdemir, Karamurat), Saray'da 1 (Sinanlı), Süleymanpaşa'da 3 (Ferhadanlı, Hürriyet, Yazır), Şarköy'de 4 mahallede (Eriklice, İstiklal, Palamutköy, Yörgüç) tespit edilmiştir. Sörveyler sonucunda Malkara, Saray, Süleymanpaşa ve Şarköy ilçelerinde, Armut kaplanı ile ilişkili olarak, toplanan örnek sayısı sırasıyla 15, 1, 7 ve 6 adettir. Toplanan bu örneklerin bulunduğu bitkiler; ahlat (4 adet), armut (7 adet), ayva (3 adet) ve elma (15 adet) ağaçlarıdır. *C. carnea*, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında bulunmuş ve Ağustos ayı en çok toplandığı ay olmuştur.

Chrysoperla carnea yurdumuzun hemen her tarafında az veya çok bulunmaktadır. Adana, Adıyaman, Ağrı, Aksaray, Amasya, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bitlis, Burdur, Bursa, Çanakkale, Denizli, Diyarbakır, Edirne, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, Gümüşhane, Hakkari, Hatay, Iğdır, Isparta, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Kilis, Konya, Malatya, Mardin, Mersin, Muğla, Nevşehir, Niğde, Ordu, Osmaniye, Samsun, Siirt, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Şanlıurfa ve Van türün saptandığı illerdir (Tozlu ve Alaoglu, 1994; Çevik, 1996; Ayyıldız ve Atlıhan, 2003; Çınar ve ark., 2004; Işıkber ve Karacı, 2006; Elekçioğlu ve Şenal, 2007; Kaya, 2007; Onar, 2007; Kaçar ve Ulusoy, 2011; Keleş, 2011; Demirözer ve Karaca, 2014; Kaplan ve ark., 2016; Alaserhat ve Güçlü, 2020; Görür, 2023).

Chrysopidae familyası içerisinde, Tingidae familyası türlerinin önemli doğal düşmanlarının bulunduğu bildirilmiş olup (Rinehart ve Boyd, 2006); bu familyadan Armut kaplanının predatörü olarak *C. carnea* ve bir *Chrysopa* türü belirlenmiştir (Akbarzadeh-Shoukat, 2006; Maral, 2012). *C. carnea* türünün Armut kaplanı dışında Tingidae familyasından; *Corythuca cydoniae*, *C. ciliata*, *Elasmotropis testacea*, *M. lobulifera*, *M. uncostata*, *P. confinis* ve *S. pyrioides* türleri ile de beslendiği, *C. cydoniae* ve *S. pyrioides*'in popülasyonunu da etkili bir şekilde azalttığı bildirilmiştir (Neal ve Schaefer, 2000; Shrewsbury ve Smith-Fiola, 2000; Sadegi ve ark., 2009; Ji ve ark., 2011; Rui ve ark., 2011; Nair ve Braman, 2012; Maral, 2012; Anonim, 2014). Literatürde, *Chrysoperla rufilabris* türünün *C. cydoniae*, *C. ciliata*, *P. perseae* ve *S. pyrioides*'in predatörü olduğu, *P. perseae* ile *S. pyrioides* türlerinin kontrolünde ümit verici gözüktüğü ve *C. cydoniae* türünün popülasyonunu önemli derece düşürdüğü tespit edilmiştir (Peña ve ark., 1998; Horn ve ark., 1983; Rinehart ve Boyd, 2006; Peña ve ark., 2007; Humeres ve ark., 2009; Peña ve ark., 2012; Anonim, 2014). Ayrıca *Chrysoperla nipponensis* türünün *C. ciliata*'nın (Ji ve ark., 2011; Rui ve ark., 2011); *Chrysopa septempunctata*'nın *Metasalis populi*'nin, *Chrysopa sinica*'nın *M. populi*'nin (Neal ve Schaefer, 2000); *Chrysopa exerior*, *Nodita vegana* ve *N. cerverai* türlerinin de *P. perseae*'nin (Torre ve ark., 1999) predatörü olduğu ve *Chrysoperla lucasina*'nın ise *C. ciliata*'nın bahar dönemine karşı biyolojik mücadelede kullanılabileceği (Verfaille ve ark., 2011) yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

3.1.11. *Erythmelus panis* (Enock, 1909) (Hymenoptera: Mymaridae)

Sörvey sonuçları: Tekirdağ İli'nde yapılan sörveyler sonucunda *E. panis* türü sadece Süleymanpaşa İlçesi Hürriyet Mahallesi'nde saptanmıştır. Çok az sayıda toplanan türün armut (5 adet) ve elma (8 adet) ağaçlarında bulunan, Armut kaplanının yumurtalarını parazitlediği belirlenmiş ve türe Temmuz ve Eylül aylarında rastlanmıştır.

Erythmelus panis yapılan bu çalışma ile Tekirdağ faunasında ilk defa kaydedilmiştir.

Hymenoptera takımı, Mymaridae familyasından *Erythmelus* cinsine ait birçok türün Tingidae familyası türlerinin yumurta parazitoitleri oldukları ve bu türlerden *E. panis*'in de Tingidae familyasından Armut kaplanının en iyi bilinen yumurta parazitoiti olduğu bildirilmiştir. (Neal ve Schaefer, 2000; Triapitsyn, 2003; Triapitsyn ve ark., 2007; Lotfalizadeh, 2015; Egonyu ve ark., 2022). Yapılan çalışmalarda bu türün elma ağaçlarında beslenen Armut kaplanının yumurtalarını parazitlediği belirlenmiştir (Akbarzadeh-Shoukat, 2006; Fallahzadeh ve Huber, 2011).

Erythmelus pannis dışında *Erythmelus* cinsine ait; *E. tingitiphagus* türünün *Corythaica cyathicollis*, *Corythaica monacha*, *Gargaphia lunulata*, *Leptodictya tabida* ve *Leptopharsa heveae* türlerinin parazitoiti olduğu belirlenmiştir (Triapitsyn, 2003; Santos ve ark., 2012). Yine bu cinsine ait *Erythmelus vladimir*'in *Acanthocheila armigera* türünün; *Erythmelus rex*'in *Corythaica venusta*, *Dictyla nassata* ve *Derephysia foliacea* türlerinin yumurtalarını parazitlediği saptanmıştır (Triapitsyn, 2003). Ayrıca *E. teleonemiae*'nin Armut kaplanı ve *M. lobulifera* türlerinin (Triapitsyn, 2003; Maral, 2012; Maral ve ark., 2014), *E. klopomor*'ın *C. arcuata* (Puttler ve ark., 2014) ile *P. perseae*'nin (Peña ve ark., 2012); *Erythmelus* sp.'nin *C. ciliata* türünün (Horn ve ark., 1983; Neal ve Schaefer, 2000) ve *E. panis*'in *Stephanitis typica*'nın (Poorani ve ark., 2019; Poorani ve ark., 2022) yumurta parazitoitleri oldukları bildirilmiştir.

Literatürde *Erythmelus* cinsine bağlı türlerin muhtemelen, tarımsal açıdan zararlı birçok Tingidae familyası türünün popülasyonlarını düzenlemede etkili oldukları bildirilmiş; ancak biyolojik mücadele programlarında kullanıma olasılıkları bulunan bu parazitoitler hakkında, yeterli bilginin bulunmamasından dolayı pratikte kullanılmadıkları belirtilmiştir (Triapitsyn, 2003).

3.2. Tespit edilen doğal düşmanların Tekirdağ ilindeki durumu

Tekirdağ İli'nde, Tingidae familyası türlerinin doğal düşmanlarını belirlemeye yönelik yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarında; Tingidae familyasından Armut kaplanı, *C. ciliata* ve/veya *M. uncostata* türlerinin parazitoiti ve/veya predatörü olarak toplamda 11 tür belirlenmiştir. Belirlenen bu doğal düşmanların toplanan birey sayılarına göre yoğunlukları Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, il genelinde en çok bulunan tür *S. pyri* olmuş ve bu türü *C. septempunctata* takip etmiştir. Araştırma bölgesinde en az bulunan türlerin ise sırasıyla *A. nemoralis* ve *S. gilvifrons* olduğu saptanmıştır. Doğal düşmanların yayılışlarının da bulunma oranlarıyla hemen hemen benzer olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Doğal düşmanlar içerisinde, *S. pyri*'nin 23, *C. septempunctata*'nın da 21 mahalle ile en yaygın, *E. panis*, *S. gilvifrons* ve *A. nemoralis* türlerinin ise en az yayılış gösteren türler olduğu tespit edilmiştir.

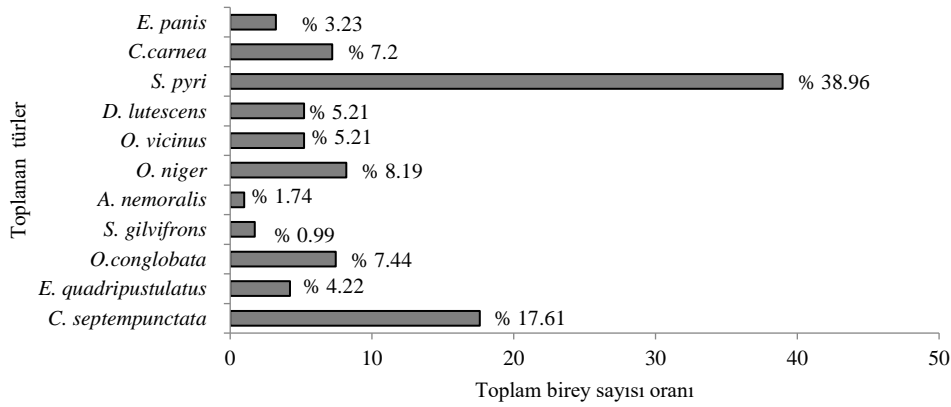


Figure 1. Ratio of collected individuals of natural enemies detected on Tingidae family species in Tekirdağ province in 2011 and 2012

Şekil 1. Tekirdağ ilinde 2011 ve 2012 yıllarında Tingidae familyası türleri üzerinde saptanan doğal düşmanların toplanan birey sayıları oranı

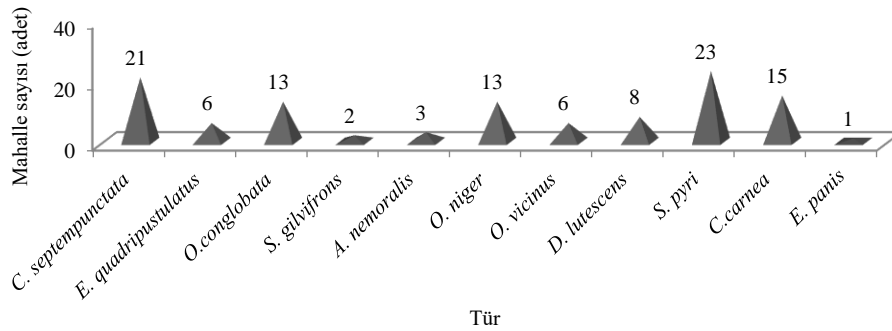


Figure 2. Number of neighborhoods where natural enemies were found on Tingidae family species in Tekirdağ province in 2011 and 2012 (unit)

Şekil 2. Tekirdağ ilinde 2011 ve 2012 yıllarında Tingidae familyası türleri üzerinde saptanan doğal düşmanların buldukları mahalle sayıları (adet)

Sörvey yapılan ilçeler içerisinde, Süleymanpaşa doğal düşmanların en bol bulunduğu ilçe olurken, bu ilçeyi sırasıyla Malkara, Şarköy ve Saray ilçeleri takip etmiştir. Ayrıca Süleymanpaşa ilçesinde, tespit edilen tüm doğal düşmanlara rastlanırken (11 adet), Malkara'da dokuz, Şarköy'de yedi ve Saray'da altı tür saptanmıştır.

Araştırma bölgesinde bulunan tüm doğal düşmanların Armut kaplanı ile beslendiği belirlenirken, *O. conglobata*'nın Armut kaplanı dışında *M. uncostata* ile; *A. nemoralis*, *O. niger* ve *O. vicinus*'un da *C. ciliata* ile beslendiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak doğal düşmanların büyük bir çoğunluğu da Armut kaplanının

konukçusu olduğu armut, ahlat, ayva, elma, erik, kiraz ve vişne ağaçlarında bulunmuştur. Bu ağaçların dışında doğal düşmanlara çınar ve söğüt ağaçlarında da rastlanmıştır. Doğal düşmanların toplandığı bu dokuz ağaç içerisinde elma, hem üzerinde tüm doğal düşmanların tespit edilmesi, hem de doğal düşmanların en yoğun bulunduğu ağaç olması ile dikkat çekmektedir. Elmadan sonra doğal düşmanların en bol bulunduğu ağaçlar ise armut, ayva ve çınar olmuştur. Tespit edilen tür sayısı ve toplanan birey sayısının en düşük olduğu ağaç ise söğüt ağacı olarak belirlenmiştir.

Sörveyin yapıldığı sezon içerisinde Ağustos ayı doğal düşmanların en fazla bulunduğu ay olmuş ve bunu sırasıyla Eylül ve Temmuz ayı takip etmiştir. Doğal düşmanların tespit edildiği diğer aylar olan Haziran ve Ekim ayları ise türlerin en az bulunduğu aylar olarak belirlenmiştir.

4. Sonuç

Tekirdağ İli'nde Tingidae familyası türlerinin doğal düşmanı olarak 10 predatör tür ile bir yumurta parazitoiti tür tespit edilmiştir. Tespit edilen türler içerisinde toplanan birey sayıları açısından en bol bulunan tür predatör *Stethoconus pyri* olmuştur. Armut kaplanının yumurta parazitoiti olarak belirlenen *Erythmelus panis* türü ise Tekirdağ faunası için yeni kayıttır. Konukçularına bağlı olarak doğal düşmanlar sırasıyla en çok elma, armut, ahlat, ayva, erik, kiraz, vişne, çınar ve söğüt ağaçlarında bulunmuştur. Mevsim içerisinde doğal düşmanlara en çok Ağustos ayında rastlanmıştır.

Stethoconus pyri'nin sörveyler esnasındaki gözlemlerinde, Armut kaplanının düşük sayılarda bulunduğu bahçelerde etkin olabildiği; ancak il genelindeki meyve bahçelerinde Armut kaplanının popülasyonunu yeterli düzeyde baskı altına alamadığı gözlenmiştir. *S. pyri*'nin zararlı üzerindeki etkinliğinin yetersiz olmasının, doğada görülme zamanının geç ve oluşturduğu popülasyon yoğunluğunun az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu popülasyon düşüklüğünün nedenlerinden birisinin ilaçlama, diğerinin ise ilaçlamaya bağlı av sayısının düşüşü olduğu kanısına varılmıştır. Buna rağmen *S. pyri* doğada Armut kaplanının popülasyonunun dalgalanmasında bir role sahiptir. Bu yüzden bu türün laboratuvar veya doğada etkinliği üzerine çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Çalışmada *S. pyri* dışında *Orius* türlerinin, *C. ciliata*'nın bulaşık olduğu ağaçlarda bol ve yaygın olarak bulunması dikkat çekmiştir. Bu nedenle *C. ciliata*'nın kontrolü üzerine yapılacak ileriye yönelik çalışmalarda, bu türlerin göz önünde bulundurulmasının faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

Tekirdağ ilinde sadece Armut kaplanı üzerinde 11 doğal düşmanın tespit edildiği ve bu türlerin Armut kaplanı dışında birçok böcek türü ile beslenebildikleri de göz önüne alınırsa; hem Armut kaplanı hem de diğer zararlılar için uygulanan kimyasal mücadelede, doğal düşmanların yoğun bulunduğu temmuz ve ağustos aylarında, gereksiz pestisit kullanımından kaçınılmasının ve/veya selektif pestisitlerin kullanılmasının, ekonomik açıdan olduğu gibi, insan ve çevre sağlığı açısından da daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışma Tekirdağ İli'nde odunsu bitkilerde bulunan Tingidae türlerinin doğal düşmanlarının belirlenmesi açısından bir ilk olmasının yanı sıra, bulunan doğal düşmanların birçoğunun da ilde ilk kayıtlarının gerçekleşmesini sağlamıştır. Elde edilen bu bulgular bundan sonra yapılacak çalışmalara bir temel ve kaynak oluşturacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi NKÜBAP tarafından NKUBAP.00.24.DR.12.02 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Ahmad, Z., Naeem, M., Mahmood, T. and Azad, R. (2021). New records of *Meschia pugnax* (Heteroptera: Meschiidae) and *Stethoconus praefectus* (Heteroptera: Miridae): predatory deraeocorinae plant bug associated with Tingidae bugs, Pakistan. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41: 2841-2850.
- Akbarzadeh-Shoukat, G. (2006). Seasonal changes in population of the pear lace bug, *Stephanitis pyri* F. (Heteroptera: Tingidae) and identification of its natural enemies in west Azarbaijan apple orchards. *Journal of Agricultural Science*, 15(4): 91-100.
- Alaserhat, İ., Güçlü, Ş. (2020). Aphid species (Hemiptera: Aphididae), their natural enemies and secondary hosts on temperate fruit species. *Bitki Koruma Bülteni*, 60 (4): 91-109.
- Anonim, (2014). *Corythucha ciliata* (Sycamore Lace Bug) Invasive Species Compendium, <http://www.cabi.org/isc/datasheet/16264> (Erişim tarihi: 2023).
- Aslan, M. M. and Uygun, N. (2005). The Aphidophagus coccinellid (Coleoptera: Coccinellidae) species in Kahramanmaraş, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 29: 1-8.
- Aysal, T. (2008). *Laboratuvar koşullarında sıcaklık ve besinin Armut kaplamı, Stephanitis pyri (Fabricus) (Heteroptera: Tingidae) 'ye etkileri üzerinde araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi) Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Aysal, T. ve Kıvanç, M. (2007). Armut Kaplamı, *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae) Üzerine Bazı Konukçu Bitkilerin Etkileri. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi*. 27-29 Ağustos, S.87. Isparta, Türkiye.
- Aysal, T. and Kıvanç, M. (2008). Development and population growth of *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae) at five temperatures. *Journal of Pest Science*, 81:135-141.
- Aysal, T. ve Kıvanç, M. (2011). Tekirdağ'da Yeni Bir Çınar Zararlısı: *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri*, 28-30 Haziran, S.223, Kahramanmaraş.
- Aysal, T. and Kıvanç, M. (2018a). Notes on Tingidae Family in Turkey. *I. International Agricultural Science Congress*, 09-12 May, S.574, Van, Turkey.
- Aysal, T. and Kıvanç, M. (2018b). Tingidae (Hemiptera, Heteroptera) species and their distribution in Tekirdağ province. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 15 (03): 1-8.
- Aysal, T. and Sağlam, Ö. (2022). Efficacy of Local Diatomaceous Earth Formulation to Control Pear Lace Bug *Stephanitis pyri* (Fabr.) (Hemiptera: Tingidae). *8th International Academic Studies Congress*, 15-17 March, 107. Online
- Ayyıldız, Y. ve Atlıhan, R. (2003). Balıkesir ili sebze alanlarında görülen yaprakbiti türleri ve doğal düşmanları. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(1): 1-5.
- Bayoumy, M. H., Osman, M. A. and Michaud, J. P. (2014). Host plant mediates foraging behavior and mutual interference among adult *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology*, 43(5): 1309-1318.
- Becan, A., Özpınar, A. ve Polat, B. (2004). Çanakkale İli Domates Alanlarında Zararlı Yeşilkurt (*Helicoverpa armigera* Hbn. (Lep.:Noctuidae))'un Populasyon Gelişmesi ve Predatörlerinin Belirlenmesi. *Türkiye 6. Biyolojik Mücadele Kongresi*. 8-10 Eylül, S.71. Samsun, Türkiye.
- Bolu, H. (2004). Güneydoğu Anadolu Bölgesi antepfıstığı alanlarında bulunan avcı Coccinellidae türleri, yayılış alanları ve zararlı *Agonoscena pistaciae*'nin populasyon değişimi üzerine etkileri. *Bitki Koruma Bülteni*, 44 (1-4): 69-77.
- Bolu, H. (2007). Population dynamics of Lacebugs (Heteroptera: Tingidae) and its natural enemies in almond orchards of Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 9(1): 33-37.
- Bolu, H., Özgen, İ., Bayram, A. ve Çınar, M. (2007). Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde antepfıstığı, badem ve kiraz bahçelerindeki avcı Coccinellidae Türleri, yayılış alanları ve avları. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1/2): 39-47.
- Büyük, M. (2008). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk ekim alanlarındaki avcı böceklerden Orius spp. (Hemiptera: Anthocoridae) 'nin populasyon gelişiminin belirlenmesi, en yaygın türün biyolojik özellikleri ve bazı pestisitlerin bunlara etkileri*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Carapezza, A. and Cusimano, C. (2014). Heteroptera in the Aeroplancton of Palermo Town, with two new records for Italy. *Naturalista siciliano*, S. IV, XXXVIII (2): 367-380.
- Coşkun, T. (2021). *Üç farklı ekolojik lokasyonda Coccinellidae (Coleoptera) türlerinin populasyon değişimlerinin belirlenmesi ve bazı iklim parametreleri ile ilişkilerinin araştırılması*. (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çağlar, Y. S. (2009). *Hatay ili bağ alanlarındaki zararlılar, yayılışları, parazitoit ve predatörler ile Bağ salkım güvesi, Lobesia Botrana (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae) 'nin populasyon gelişiminin belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çam, H. (1993). Tokat ve çevresinde kiraz, vişne ve idris ağaçlarında bulunan Heteroptera türleri üzerinde araştırmalar. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10: 32-42.
- Çevik, T. (1996). Orta Anadolu Bölgesi ceviz ağaçlarında zararlı ve faydalı faunasının tespiti üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 36 (1-2): 55-72.

- Çınar, M., Çimen, İ. ve Bolu, H. (2004). Elazığ ve Mardin illeri kiraz ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 28(3): 213-220.
- Çiftçi, K., Türkyılmaz, N., Kumaş, F. ve Özkan, A. (1985). Antalya ili elma bahçelerindeki önemli zararlılar ile doğal düşmanlarının tespiti üzerinde ön çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 25(1-2): 49-61.
- Demirözer, O. ve Karaca, İ. (2014). Isparta ili yağ gülü (*Rosa damascena* Miller) üretim alanlarında bulunan avcı ve parazitoit türler ve yayılışları. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(3): 171-184.
- Dursun, A. and Fent, M. (2017). Annotated checklist of Tingidae (Hemiptera: Heteroptera) in Turkey with new records for the faunas of Europe and Turkish Thrace. *Zootaxa*, 4347(3): 465-491.
- Egonyu, J. P., Baguma, J., Martínez, L. C., Priwiratama, H., Subramanian, S., Tanga, C. M., Anankware, J. P., Roos, N. and Niassy, S. (2022). Global advances on insect pest management research in oil palm. *Sustainability*, 14: 1-24.
- Elekçioğlu, N. Z. and Şenal, D. (2007). Pest and natural enemy fauna in organic citrus production in the eastern mediterranean region of Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1: 29-34.
- Elma, F. N. ve Alaoğlu, Ö. (2008). Konya ilinde peyzaj alanlarındaki ağaç ve çalılarda bulunan zararlı akar türleri ve doğal düşmanları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 32 (2): 115-129.
- Erkin, E. (1983). Investigation on the hosts, distribution and efficiency of the natural enemies of the family Aphididae (Homoptera), harmful to pome and stone fruit trees in İzmir province of aegean region. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7: 29-49.
- Fallahzadeh, M. and Huber, J. T. (2011). The occurrence of *Gonatocerus litoralis* (Haliday, 1833) (Chalcidoidea: Mymaridae) in Iran, with a new host record. *Munis Entomology & Zoology*, 6(1): 297-300.
- Görür, S. E. (2023). *Çukurova'da Chrysoperla (Neuroptera: Chrysopidae) Cinsine Bağlı Türlerin Belirlenmesi, Önemli Türün Biyo-Ekolojik Özellikleri ile Biyolojik Mücadelede Kullanma Olanaklarının Araştırılması*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Gözütaçık, C., Yiğit, A. ve Uygun, N. (2012). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde farklı habitatlarda bulunan Coccinellidae (Coleoptera) türleri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 3(1): 69-88.
- Guidoti, M., Montemayor, S. I. and Guilbert, E. (2015). Lace Bugs (Tingidae). In True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics; Panizzi, A.R, Grazia, J, (ed), Springer Science + Business Media Dordrecht: Dordrecht, The Netherlands.
- Gülperçin, N. ve Önder, F. (1999). Bornova Koşullarında *Stephanitis pyri* (F.)'nin biyolojisi ve doğal düşmanları üzerinde çalışmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23(1): 51-56.
- Hantaş, C., Çetin, G. ve Akçay, M. E. (2014). Marmara Bölgesi ayva bahçelerinde zararlı böcek ve akar türleri ile doğal düşmanlarının saptanması ve önemli zararlı türlerin popülasyon değişimi. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(3): 283-302.
- Hazır, A. ve Ulusoy, M. R. (2012). Adana ve Mersin illeri şeftali ve nektarin alanlarında saptanan zararlılar ile predatör ve parazitoit türler. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 3(2): 157-168.
- Henry, T. J., Neal, J. W. and Gott, K. M. (1986). *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae): A predator of *Stephanitis* lace bugs newly discovered in The United States, promising in the biocontrol of azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 88(4): 722-730.
- Henry, T. J., Peña, J. E., Long, D. and Acevedo, F. (2009). *Stethoconus praefectus* (Hemiptera: Miridae): first north American records of an old world plant bug predacious on avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae), in Florida. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 111(1): 98-105.
- Holguin, C. M., Peña, J. E., Henry, T. J. and Acevedo, F. (2009). Biology of *Stethoconus praefectus* (Distant) (Heteroptera: Miridae), a newly established predator of the avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Heteroptera: Tingidae), in Florida. *Florida Entomologist*, 92(1): 54-57.
- Horn, K. F., Farrier, M. H. and Wright, C. G. (1983). Some mortality factors affecting eggs of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Annals of The Entomological Society of America*, 79(2): 262-265.
- Humeres, E. C., Morse, J. G., Stouthamer, R., Roltsch, W. and Hoddle, M. S. (2009). Evaluation of natural enemies and insecticides for control of *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae) on avocados in Southern California. *Florida Entomologist*, 92(1): 35-42.
- Işıkber, A. A. ve Karcı, A. (2006). Kahramanmaraş İli ve çevresinde bazı tarla kültürlerinde bulunan avcı böcek türlerinin yoğunluk ve yaygınlıklarının saptanması. *Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1): 111-116.
- Jafari, M., Goldasteh, S., Aghdam, H. R., Zamani, A. A., Nejadian, E. S. and Schausberger, P. (2023). Modeling thermal developmental trajectories and thermal requirements of the ladybird *Stethorus gilvifrons*. *Insects*, 14 (11): 1-17.
- Jerinić-Prodanović, D. and Protić, L. (2013). True bugs (Hemiptera, Heteroptera) as psyllid predators (Hemiptera, Psylloidea). *ZooKeys*, 319: 169-189.
- Ji, R., BaoHui, W. and YongGen, L. (2011). Predators of *Corythucha ciliata* (Say) in Hangzhou and the predation of *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) larvae. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(1): 32-37.

- Kaçar, G. ve Ulusoy, M. R. (2011). Karanfıl Yaprakbükeni, *Cacoecimorpha pronubana* (Hübner) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Zeytin Bahçelerindeki Parazitoit ve Predatörlerinin Saptanması Üzerine Araştırmalar. *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri*, 28-30 Haziran, P. 442. Kahramanmaraş, Türkiye.
- Kaplan, M., Özgen, İ. ve Ayaz, T. (2016). Mardin ili zeytin bahçelerinde zeytin pamuklubiti [*Euphyllura straminea* Loginova (Hemiptera: Psyllidae)]'nin doğal düşmanları ve önemli türlerin popülasyon değişimi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3): 175-182.
- Kaya, H. (2007). *Karaman ilinde top akasya (Robinia pseudoacacia umbraculifera) üzerinde bulunan böcek türlerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kearns, R. S. and Yamamoto, R. (1981). Maternal behavior and alarm response in the eggplant lace bug, *Gargaphia Solani* Heidemann (Tingidae: Heteroptera). *Psyche*, 88: 215-230.
- Keleş, K. G. (2011). *Aksaray İli Gülağaç ilçesindeki çerezlik kabak (Cucurbita pepo var. pepo L.) ekim alanlarındaki akar ve böcek faunasının belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Keskin, N. (2012). *Bornova (İzmir) ilçesinde peyzaj alanlarındaki Coccinellidae (Coleoptera: Insecta) faunası*. (Yüksek Lisans Tezi) Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kılıç, M. ve Aykaç, M. K. (1989). Karadeniz Bölgesi şeftali bahçelerindeki zararlılarla mücadelenin yönetimi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 29(3-4): 211-241.
- Kıvanç, M. ve Aysal, T. (2009). Tekirdağ'da Armut Kaplanının Yeni Bir Doğal Düşmanı: *Stethoconus pyri* (Mella) (Hemiptera: Miridae). *Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi*, 24-28 Ağustos, P. 358, Van, Türkiye.
- Kıvanç, M. and Aysal, T. (2011). Adult survival rate and oviposition preference of *Stephanitis pyri* (F., 1775) (Hemiptera: Tingidae) on different plant species. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(2): 169-178.
- Klingeman, W. E., Braman, S. K. and Buntin, G. D. (2001). Azalea growth in response to azalea lace bug (Hemiptera: Tingidae) feeding. *Journal of Economic Entomology*, 94(1): 129-137.
- Küçükbaşmacı, İ. (2014). Two new invasive species recorded in Kastamonu (Turkey): oak lace bug (*Corythucha arcuata* (Say, 1832)) and sycamore lace bug (*Corythucha ciliata* (Say, 1832)) (Hemiptera: Tingidae). *Journal of Entomology and Nematology*, 6(8):104-111.
- Lodos, N. (1982). Türkiye Entomolojisi II, Genel Uygulamalı ve Faunistik. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S. and Aksoy, S. (2003). Faunistic Studies on Miridae (Hemiptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Ege, Bornova, İzmir.
- Lotfalizadeh, H. (2015). Preliminary checklist of Iranian mymarids (Hymenoptera: Chalcidoidea, Mymaridae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 47(4838): 73-78.
- Malumphy, C. P., Reid, S. and Eyre, D. (2007). The platanus lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae), a nearctic pest of plane trees, new to Britain. *British Journal of Entomology and Natural History*, 20(4): 233-240.
- Maral, H. (2012). *Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde tarım ve tarım dışı alanlardaki ağaçlarda bulunan Tingidae (Hemiptera) türleri ile bunların parazitoit ve predatörlerinin saptanması ve zararlı önemli görülen türlerin biyolojisi ve popülasyon gelişiminin belirlenmesi*. (Doktora tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Maral, H. (2021). Effect of spinosad, azadirachtin and kaolin on *Stephanitis pyri* (fabricius, 1775) (Hemiptera: Tingidae) under laboratory conditions. *Türkiye Entomolojisi Dergisi*, 45(1): 87-97.
- Maral, H., Ulusoy, M. R., Bolu, H. ve Guilbert, E. (2013). Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde bulunan Tingidae (Hemiptera: Heteroptera) türleri üzerine faunistik çalışmalar. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3(4): 139-155.
- Maral, H., Ulusoy, M. R., Bolu, H. and Pricop, E. (2014). *Erythmelus (Paralellaptera) teleonemiae* (Subba Rao) (Hymenoptera: Mymaridae): a new parasitoid on *Monosteira lobulifera* Reuter (Hemiptera: Tingidae) and new record for Turkey. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1): 3-8.
- Maral, H., Ulusoy, M. R. ve Bolu, H. (2020). Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde tarım ve tarım dışı alanlardaki ağaçlarda bulunan Tingidae (Hemiptera) türlerinin doğal düşmanları. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(1): 31-37.
- Mathen, K. and Kurian, C. (1972). Description, life-history and habits of *Stethoconus praefectus* (Distant) (Hemiptera: Miridae), predacious on *Stephanitis typicus* Distant (Hemiptera; Tingidae), a pest of coconut palm. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 42(3): 255-262.
- Matocq, A., Pluot Sigwalt, D. and Özgen, İ. (2014). Terrestrial Hemiptera (Heteroptera) collected in South-East Anatolia (Diyarbakır, Mardin and Elazığ Provinces) (Turkey): second list. *Munis Entomology & Zoology*, 9(2): 884-930.
- Nair, S. and Braman, S. K. (2012). A scientific review on the ecology and management of the azalea lace bug *Stephanitis pyrioides* (Scott) (Tingidae: Hemiptera). *Journal of Entomological Science*, 47(3): 247-263.
- Narmanlıoğlu, H. K. ve Güçlü, Ş. (2008). İspir (Erzurum) İlçesi'nde meyve ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2): 225-229.
- Neal, J. W., Haldemann, R. H. and Henry, T. J. (1991). Biological control potential of a Japanese plant bug *Stethoconus japonicus* (Hemiptera: Miridae), an adventive predator of the azalea lace bug (Hemiptera: Tingidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 4(3): 287-293.

- Neal, J. W. and Haldemann, R. L. (1992). Regulation of seasonal egg hatch by plant phenology in *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae), a specialist predator of *Stephanitis pyrioides* (Heteroptera: Tingidae). *Environmental Entomology*, 21(4): 793-798.
- Neal, J. W. and Schaefer, C. W. (2000). Lace Bugs (Tingidae). Heteroptera of Economic Importance, C.W. Schaefer, Panizzi A.R. (ed), CRC Press, Washington D.C.
- Noel, P. R., Arlette, A. L. E., Henri, N. and Comelie, O. B. (2023). Presence of *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Hemiptera: Tingidae) and its related predatory mirid *Stethoconus praefectus* on *Persea americana* at Franceville, Gabon. *Acta Entomology and Zoology*, 4(1): 37-43.
- Onar, N. (2007). *Trakya Bölgesi Neuroptera faunası üzerine taksonomik ve faunistik araştırmalar*. (Doktora tezi) Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Ölmez, S. ve Ulusoy, M. R. (2002). Diyarbakır İlinde Aphidoidea Üst Familyasına Bağlı Türlerin Predatörlerinin Saptanması. *Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi*. 4-7 Eylül, S. 237-246, Erzurum, Türkiye.
- Öncül, T. (2006). *Edremit (Balıkesir) Yöresi zeytin bahçelerindeki Heteroptera faunasının kışık tuzaklar ile belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Önder, F. (1982). Türkiye Anthocoridae (Heteroptera) Faunası Üzerinde Taksonomik ve Faunistik Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Önder, F., Karsavuran, Y., Tezcan, S. ve Fent, M. (2006). Türkiye Heteroptera (Insecta) Kataloğu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Önder, F. and Lodos, N. (1983). Preliminary List of Tingidae with Notes on Distribution and Importance of Species in Turkey. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Önder, F., Önuçar, A. ve Ulu, O. (1986). *Stethoconus pyri* (Mella) (Het.: Miridae)'nin taksonomik durumu ve biyolojisiyle ilgili bazı notlar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 10(3): 149-153.
- Özcan, R. (2007). *Başyayla (Karaman) ilçesinde kiraz ağaçlarında bulunan zararlı böcekler, akarlar ve doğal düşmanlarının tespiti üzerine araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi) Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özgen, İ. ve Bolu, H. (2009). Malatya İli kayısı alanlarında zararlı *Sphaerolectanium Prunastri* (Boyer De Fonscolombe, 1834) (Hemiptera: Coccidae) (Erik Koşnili)'nin yayılış alanları, bulaşma oranları ve doğal düşmanlarının belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 33(2): 83-91.
- Pehlivan, S. and Atakan, A. (2020). Distribution and seasonal abundance of predatory bugs, *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) in Adana Province, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 44(1): 57-69.
- Peña, J., Duncan, R., Roltsch, W., Gagné, R. and Agudelo, F. (2007). Natural Enemies of Avocado Lace Bug, *Pseudacysta perseae* (Heteroptera: Tingidae) in Florida, USA. *Proceedings VI World Avocado Congress*. 12-16 November, P.10. Viña Del Mar, Chile.
- Peña, J. E., Duncan, R. E., Roltsch, W. J. and Carrillo, D. (2012). Mortality factors of the avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Heteroptera: Tingidae), in Florida. *Florida Entomologist*, 95(1): 179-182.
- Peña, J. E., Sundhari, S., Hunsberger, A., Duncan, R. and Schaffer, B. (1998). Monitoring, damage, natural enemies and control of avocado lace bug, *Pseudacysta Perseae* (Hemiptera: Tingidae). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 111: 330-334.
- Péricart, J. and Golub, V. (1996). Superfamily Tingoidea Laporte, 1832. In: Aukema, B. & Rieger, Ch. (Eds.), Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region. Vol. 2. Cimicomorpha I. The Netherlands Entomological Society, Amsterdam.
- Poorani, J., Padmanaban, B. and Thanigairaj, R. (2019). Natural enemies of banana lacewing bug, *Stephanitis typica* (distant) in India, including first report of *Anagrus* sp. (Hymenoptera: Mymaridae) as its egg parasitoid. *Munis Entomology & Zoology*, 14(1): 83-87.
- Poorani, J., Thanigairaj, R. and Khan, M. T. (2022). New host associations and distribution records of natural enemies of banana pests. *Indian Journal of Entomology*, Online published Ref. No. e22199.
- Portakaldalı, M. (2008). *Artvin ve Rize illeri Coccinellidae (Coleoptera) faunası üzerine araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Prado, C. E. (1990). Presence in Chile of *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Heteroptera: Tingidae). *Revista Chilena de Entomología*, 18: 53-55.
- Puttler, B., Bailey, W. C. and Triapitsyn, S. V. (2014). Notes on distribution, host associations, and bionomics of *Erythmelus klopomor* Triapitsyn (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of lace bugs in Missouri, USA, with particular reference to its primary host *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera, Tingidae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 46(1857): 30-34.
- Rinehart, T. A. and Boyd, D. W. (2006). Rapid, high-throughput detection of azalea lace bug (Hemiptera: Tingidae) predation by *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae), using fluorescent-polymerase chain reaction primers. *Journal of Economic Entomology*, 99(6): 2136-2141.
- Rui, J., Bao-hui, W. and Yong-gen, L. (2011). Predators of *Corythucha ciliata* (Say) in Hangzhou and the predation of *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) larvae. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(1): 32-37.
- Sadegi, E., Modir Rahmati, A. R., Askari, H., Mehrabi, A., Farrashiyani, E. and Bab Morad, M. (2009) Integrated Management of Pests and Diseases of Different Poplar Species and Clones in Iran, <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2010000387>, (Erişim tarihi: 2023).
- Santos, R. S., Costa, V. A., Silva, J. M. and Freitas, S. (2012). Population dynamics of *Leptopharsa heveae* (Hemiptera: Tingidae) and *Erythmelus tingitiphagus* (Hymenoptera: Mymaridae) in rubber tree plants. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2): 314-319.

- Selim, A. A. (1977). Some notes on the activity of certain insects predators and parasites of the Hammam Al-Alil Area. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 12(1): 65-73.
- Shapiro-Ilan, D. and Mizell, R. F. (2012). Laboratory virulence of entomopathogenic nematodes to two ornamental plant pests, *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae) and *Stethobaris nemesis* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*, 95(4): 922-927.
- Shrewsbury, P. M. and Smith-Fiola, D. C. (2000). Evaluation of green lacewings for suppressing azalea lace bug populations in nurseries. *Journal of Environmental Horticulture*, 18(4): 207-211.
- Sünter, T. (2022). *Tekirdağ ilinde tarım ve tarım dışı alanlarda Coccinellidae (Coleoptera) faunası üzerine araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi) Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Steiner, H. (1962). Methoden zur untersuchung des population dynamik in Obstenlagen. *Entomophaga*, 7: 207-214.
- Şahbaz, A. ve Uysal, M. (2006). Konya ilinde kavaklarda beslenen yaprak bitlerinin (Homoptera: Aphididae) predatör ve parazitoitleri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(38): 119-125.
- Şenal, D. ve Karaca, İ. (1999). Avcı Böcek *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)'un *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acarina: Tetranychidae) Üzerinde Bazı Biyolojik Özellikleri. *Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi*, 26-29 Ocak, S. 417-426, Adana, Türkiye.
- Tarasco, E. and Triggiani, O. (2006). Evaluation and comparison of entomopathogenic nematodes and fungi to control *Corythucha Ciliata* Say (Rhynchota Tingidae). *Redia*, 89: 51-54.
- Tatlıcıoğlu, Ş. (2021). *Adana ili Balcalı yöresinde avcı Orius (Hemiptera: Anthocoridae) türlerinin saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tezcan, S. ve Önder, F. (2003). İzmir ve Manisa İlleri ekolojik kiraz bahçelerinin faunası üzerinde araştırmalar: Heteroptera takımına bağlı türler üzerinde bir değerlendirme. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 13(1): 124-131.
- Tezcan, S. ve Uygun, N. (2003). İzmir ve Manisa yöresi ekolojik kiraz üretim bahçelerinde saptanan Coccinellidae (Coleoptera) türleri üzerinde bir değerlendirme. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27(1): 73-79.
- Torre, P., Almaguel, L. and Blanco, E. (1999). Daños Distribución y enemigos naturales de la chinche de encaje del Aguacate *Pseudocysta perseae* (Heidemann) (Het.: Tingidae). *Fitosanidad*, 3(2): 61-64.
- Tozlu, G. ve Alaoglu, Ö. (1994). Ordu İli mısır (*Zea mays* L.) ekim alanlarında bulunan fitofag ve predatör böcek türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 18(1): 51-64.
- Triapitsyn, S. V. (2003). Review of the mymaridae (Hymenoptera, Chalcidoidea) of primorskii krai: genus *Erythmelus* enock, with taxonomic notes on some extralimital species. *Far Eastern Entomologist*, 126: 1-44.
- Triapitsyn, S. V., Berezovskiy, V. V., Hoddle, M. S. and Morse, J. G. (2007). A review of the nearctic species of *Erythmelus* (Hymenoptera: Mymaridae), with a key and new additions to the new world fauna. *Zootaxa*, 1641: 1-64.
- Ulusoy, M. R., Vatanserver, G. ve Uygun, N. (1999). Ulukışla (Niğde) ve Pozantı (Adana) yöresi kiraz ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23(2): 111-120.
- Uygun, N. (1981). *Türkiye Coccinellidae (Coleoptera) Faunası Üzerinde Taksonomik Araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana.
- Varlı, S. V., Sakin, G. ve Abacıgil Öncül, T. (2013). Edremit Körfezi (Balıkesir/Türkiye) zeytin bahçelerinde farklı tuzak yöntemleri ile toplanan Coccinellidae (Coleoptera) türleri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3(3): 151-160.
- Verfaille, T., Piron, M., Gutleben, C., Jaloux, B., Hecker, C., Maury, A., Chapin, E. and Clement, A. (2011). Experimentations et Proposition D'une Strategie Combinee de Biocontrolle du Tigre du Platane *Corythucha ciliata* (Say) Dans le Cadre du Programme Petaal. AFPP- Neuvième Conférence Internationale Sur Les Ravageurs en Agriculture, 394-403, Montpellier, France.
- Wheeler, A. G., Stinner, B. R. and Henry, T. J. (1975). Biology and nymphal stages of *Deraeocoris nebulosus* (Hemiptera: Miridae), a predator of arthropod pests on ornamentals. *Annals of the Entomological Society of America*, 68(6): 1063-1068.
- Yanpar, R. (2013). *Mersin ili bağlarında zararlı olan yaprakbiti türleri, parazitoit ve predatörleri ile Aphis illinoisensis'in popülasyon gelişmesinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yazıcı, G. (2019). Host relationships and Heteropterans as aphid predators in Turkey. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(4): 85-92.
- Yeşilayer, A. S. Ö. (2009). *İstanbul ili yeşil alanlarında zararlı akar (Acarina) türlerinin tanımı, yayılışı, önemli türün popülasyon yoğunluğu ve doğal düşmanları üzerinde araştırmalar*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, E. M. ve Başpınar, H. (2011). Aydın ili nar bahçelerinde saptanan zararlı ve predatör türler, yayılışı, zararlı türlerden önemlilerinin popülasyon değişimi ve zarar. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1(3): 169-179.
- Yıldırım, E., Yazıcı, G., Kul, R. and Moulet, P. (2013). Contribution to the knowledge of the Anthocoridae, Lyctocoridae, Nabidae, Reduviidae and Tingidae (Hemiptera, Heteroptera) fauna of Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 15(3): 53-66.
- Yiğit, A. ve Telli, S. (2013). Hatay İli turunçgillerinde zararlı *Pseudococcus cryptus* Hempel (Hemiptera: Pseudococcidae)'un yayılışı, konukçuları ve doğal düşmanları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(3): 359-373.

Yiğit, A. ve Uygun, N. (1982). Adana, İçel ve Kahramanmaraş illeri elma bahçelerinde zararlı ve yararlı faunanın saptanması üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(4): 163-178.

Yurtsever, S. (2001). A preliminary study on the ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of Edirne in north-western Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 25: 71-75.

Yücel, S. A. ve Kıvan, M. (2018). İstanbul Göztepe Parkı gül bahçesinde bulunan zararlı Hemiptera ve Hymenoptera türleri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(02): 95-100.