





ISSN: 2147–8384  
e-ISSN: 2564–6826

# ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi

(COMU Journal of Agriculture Faculty)

Cilt (Volume): 12 Sayı (Issue): 1 Yıl/Year: 2024

Yazışma Adresi (*Corresponding Address*)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü,  
Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

Tel: +90 286 218 00 18

Faks: +90 286 21805 45

E-mail: ziraatdergi@comu.edu.tr

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi Hakemli bir dergi olup yılda iki sefer yayınlanır.  
Dergi içerisindeki makaleler, çizelgeler, şekiller ve resimler izinsiz olarak kullanılamaz.  
Diğer makale, bildiri ve kitaplar için alıntı yapılacağı zaman referans verilerek yapılmalıdır.

COMÜ Journal of Agriculture Faculty is a peer reviewed journal and published twice in a year.  
The articles, tables and figures of this journal are not allow to be used anywhere without permission.  
Only should be given as reference in other research papers, articles, books, poster and oral presentations.  
All rights to articles published in this journal are reserved by the COMU, Faculty of Agriculture, Canakkale.



**ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**  
(*COMU Journal of Agriculture Faculty*)

**İmtiyaz Sahibi** (*Publisher*)

Prof. Dr. Murat ŞEKER, Dekan/Dean

**Editörler Kurulu Başkanı** (*Editor-in-Chief*)

Prof. Dr. Altıngül ÖZASLAN PARLAK

**Yardımcı Editörler** (*Assistant Editor-in-Chief*)

Prof.Dr. Mehmet PARLAK

Prof.Dr. Gökhan ÇAMOĞLU

Prof. Dr. Fatih KAHRIMAN

Doç. Dr. Cemil TÖLÜ

Doç.Dr Anıl ÇAY

Doç.Dr. Bengü EVEREST

Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali

**Danışma Kurulu** (*Advisory Board*)

Prof. Dr. Aydın AKIN, Bahçe Bitkileri

Prof. Dr. Çiğdem ULUBAŞ SERÇE, Bitki Koruma

Prof. Dr. Muhammad AFZAL, Bitki Koruma

Prof. Dr. Neelima TALWAR, Bitki Koruma

Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ, Tarım Ekonomisi

Doç. Dr. Athanasios KAMPAS, Tarım Ekonomisi

Prof. Dr. Erdem AYKAS, Tarım Makinaları

Prof. Dr. Plamen Ivanov Daskalov, Tarım Makinaları

Prof. Dr. Mustafa YILDIZ, Tarımsal Biyoteknoloji

Doç. Dr. Shahjahan Shabbir AHMED RANA, Tarımsal Biyoteknoloji

Prof. Dr. İsmail Hakkı TÜZEL, Tarımsal Yapılar ve Sulama

Doç. Dr. Şafiqur RAHMAN, Tarımsal Yapılar ve Sulama

Prof. Dr. Ali KOÇ, Tarla Bitkileri

Dr. Anna Wondolowska-Grabowska, Tarla Bitkileri

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Prof. Dr. Rüdiger ANLAUF, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Prof. Dr. Orhan KARACA, Zootečni

Prof. Dr. Muhamed BRKA, Zootečni

**Yabancı Dil Danışmanı** (*Foreign Language Advisor*) **Mizanpaj** (*Typesetting*)

Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali

Arş Gör. Eylem DURMUŞ

**Yazışma Adresi** (*Corresponding Address*)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye.

Tel: +90 286 218 00 18, Faks: +90 286 21805 45,

E-mail: ziraatdergi@comu.edu.tr

## Tarandığı Dizinler

**DergiPark**  
AKADEMİK

**ROOTINDEXING**  
JOURNAL ABSTRACTING AND INDEXING SERVICE

**CABI**

**COSMOS**  
IMPACT FACTOR

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL

**SIS**  
Scientific Indexing Services

**DRJI** Directory of  
Research  
Journals Indexing

**CiteFactor**  
Academic Scientific Journals

**Academic  
Resource  
Index**  
ResearchBib

**ESJI** Eurasian  
Scientific  
Journal  
Index  
[www.ESJIndex.org](http://www.ESJIndex.org)



## ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2024, 12(1):1–210

### İçindekiler/Contents

A Closed Loop Automated Drip Irrigation System Based on Arduino Uno.....	10
<b>Arduino Uno Tabanlı Kapalı Döngü Otomatik Damla Sulama Sistemi</b> <i>İsmail Aktürk, Mert Koparan, Murat Yıldırım, Umut Mucan</i>	
Identification of Some Sunflower Diseases Using Deep Convolutional Neural Networks.....	19
<b>Derin Evrişimli Sinir Ağları Kullanılarak Bazı Ayçiçeği Hastalıklarının Belirlenmesi</b> <i>Hakkı Fırat Altınbilek, Ünal Kızıl</i>	
İnfrared Kurutmanın Trabzon Hurması Çeşitlerinde Kuruma Kinetikleri ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi.....	31
<b>Effect of Infrared Drying on Drying Kinetics and Some Quality Characteristics of Persimmon Varieties</b> <i>Begüm Arkain, Dilvin Or, Habib Kocabıyık</i>	
Salkım Özelliklerine Bazı Abiyotik Streslerin Etkisi: Cabernet-Sauvignon ( <i>Vitis vinifera L.</i> ) Üzüm Çeşidi Örneği.....	42
<b>The Impact of Various Abiotic Stresses on Cluster Characteristics: A Case Study of the cv. Cabernet-Sauvignon (<i>Vitis vinifera L.</i>)</b> <i>Elman Bahar, İlknur Korkutal, Cihan Abay</i>	
Farklı Ekim Sıklıklarının Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Tane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi.....	54
<b>The Effect of Different Sowing Densities on Grain Yield and Yield Components in Bread Wheat Varieties</b> <i>Alpay Balkan, Damla Balaban Göçmen, Oğuz Bilgin, İsmet Başer, Kamil Özcan</i>	
Akıllı Tarım Uygulamalarının Sektörel Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi.....	66
<b>Evaluation of Smart Agriculture Practices with a Sectoral Perspective</b> <i>Emine Boz Yilmazer, Renan Tunalıoğlu</i>	



Evaluation of Irrigation Performance in Boyalıca Pump Irrigation.....	77
<b>Boyalıca Pompaj Sulamasında Sulama Performansının Değerlendirilmesi</b> <i>Barke Hussein Chote, Hayrettin Kuşçu</i>	
Kuraklık ve Tuz Stresi Altında Yeşil Ceviz Kabuğu Kompostu Uygulanan Mısır Bitkisinin Fizyolojisi.....	88
<b>Physiology of Maize Applying Green Walnut Husk Compost Under Drought and Salt Stress</b> <i>Ece Coşkun, Gizem Aksu</i>	
Çanakkale İli Koşullarında Yalova İncisi ( <i>Vitis vinifera L.</i> ) Üzüm Çeşidinden Yılda İki Ana Ürün Alma Olanaklarının Belirlenmesi.....	95
<b>Determination of Opportunities to Obtain Two Main Products per Year from Yalova İncisi (<i>Vitis vinifera L.</i>) Grape Varieties in Çanakkale Province Conditions</b> <i>Alper Dardeniz, Esra Şahin, Harun Çoban, Çağlar Kaya</i>	
İklim Değişikliğinin Pamuk Yetiştiriciliğine Etkisinin Modellenmesi.....	107
<b>Modeling the Impact of Climate Change on Cotton Cultivation</b> <i>Huzur Deveci</i>	
Odun Çeliklerinin Mikroskopik İnceleme ve Görüntülenmesinde Farklı Boyama Tekniklerinin Kullanımı Üzerine Araştırmalar.....	120
<b>Research on the Use of Different Staining Techniques in Microscopic Examination and Imaging of Wood Cuttings</b> <i>Hakan Engin, Fatih Cem Kuzucu, Zeliha Gökbayrak</i>	
Geçti Şeftali Çeşitlerinin Depolanmasında 1-MCP ve Dinamik Kontrollü Atmosfer Koşullarının Kullanımı.....	131
<b>The Effects of 1-MCP Use of Dynamically Controlled Atmospheric Conditions in the Storage of Late Peach Varieties</b> <i>Kenan Kaynaş, Hatice Nihan Çiftci, Cemre Aktürk, Hulusi Kıyı</i>	
Farklı Tahıl- Baklagil Karışım Oranlarının Yem Verim ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları Açısından Değerlendirilmesi.....	139
<b>Evaluation of the Effects of Different Cereal-Legume Mixture Ratios on Forage Yield and Quality in Terms of Sustainable Agriculture Practices</b> <i>Ayşe Genç Lermi, Gülcan Yıldırım</i>	
Determination Size Distribution of Shredded Vineyard Pruning Residues According to Variety.....	148
<b>Bağ Budama Artıklarının Parçacık Boyut Dağılımının Çeşide Göre Belirlenmesi</b> <i>Nurgül Öngören, Abdullah Sessiz</i>	

<i>Trichogramma pintoi</i> Voegelé'nin Parazitlenme Etkinliğinin Farklı Besinlerde Üretilen <i>Ephesia kuehniella</i> Zeller Yumurtaları Üzerinde Belirlenmesi.....	157
<b>Determination of the Parasitization Effectiveness of <i>Trichogramma pintoi</i> Voegelé on Eggs of <i>Ephesia kuehniella</i> Zeller Produced on Different Foods</b> <i>Ali Özpınar, Besime Gür</i>	
Bazı Sorgum Sudanotu Melezi Çeşitlerinin Farklı Biçim Uygulamalarındaki Agronomik Özellikleri ile Otunun Enerji Değerlerindeki Değişimlerin İncelenmesi.....	174
<b>Investigation of the Variations in the Agronomic Characteristics of Certain Sorghum Sudangrass Hybrid Cultivars and the Energy Values of Forage in Terms of Different Harvesting Practices</b> <i>Münir Sadi Özsüer, Fırat Alatürk</i>	
<i>Satureja spicigera</i> (C. Koch) Boiss. (Lamiales: Lamiaceae) Esansiyel Yağının <i>Carpophilus hemipterus</i> (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)'a Karşı Fumigant Etkinliği.....	180
<b>Fumigant Activity of <i>Satureja spicigera</i> (C. Koch) Boiss. (Lamiales: Lamiaceae) Essential Oil against <i>Carpophilus hemipterus</i> (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)</b> <i>Hayriye Didem Sağlam Altunköy, Emine Bilginoğlu, Kamuran Altıparmak</i>	
Akdeniz Ekolojik Koşulları Altında Mısır Yetiştiriciliği Yapılan Tarım Topraklarının Ekim Öncesi ve Sonrası N, P ve K Elementlerinin Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi.....	192
<b>Determination of Spatial Distribution of N, P, K Elements based on Before Sowing and Postharvest of Cultivated Soils under Mediterranean Ecological Condition</b> <i>Cihangir Sürme, Orhan Dengiz, Emine Arslan2, Orhan Kara</i>	
PlanetScope ve Landsat-8 Uydu Görüntülerinden YOLOv9 Algoritması ile Dairesel Hareketli Sulama Sistemlerinin Tespit Edilmesi.....	202
<b>Detection of Center Pivot Irrigation Systems in PlanetScope and Landsat-8 Satellite Imagery Using YOLOv9 Algorithm</b> <i>Emre Tunca</i>	
Paddy Farmers Adopting Climate Change Mitigation Methods.....	210
<b>Çeltik Üreticilerinin İklim Değişikliğinin Etkisini Azaltıcı Yöntemleri Benimseme Durumu</b> <i>Sema Ezgi Yüceer, Sibel Tan</i>	

Research Article

## A Closed Loop Automated Drip Irrigation System Based on Arduino Uno

İsmail Aktürk<sup>1</sup>  Mert Koparan<sup>1</sup>  Murat Yıldırım<sup>2\*</sup>  Umut Mucan<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Senior students, Canakkale Onsekiz Mart University, Agricultural Faculty, Agricultural Structures and Irrigation Department, Canakkale, Türkiye

<sup>2</sup> Canakkale Onsekiz Mart University, Agricultural Faculty, Agricultural Structures and Irrigation Department, Canakkale, Türkiye

\*Correspondence author: myildirim@comu.edu.tr

Received Date: 25.04.2024

Accepted Date: 09.07.2024

### Abstract

In recent years, the limited availability of irrigation water has made the optimal use of water a necessity. Successful irrigation practices in agriculture reduce excessive water usage and increase water use efficiency. Economical use of water can be made possible through modern irrigation systems. Nowadays, automatic control systems in agriculture have made significant progress and offer important advantages.

In this study, a mini evaporation pan consisting of nested two cylinders was used (outer cylinder diameter 32 cm, inner cylinder diameter 27 cm, and both with a height of 20 cm) and the water remained at a constant level in both cylinders due to the notch beneath the inner cylinder. A water level sensor was placed inside the inner cylinder, and irrigation was activated based on the signal received from the sensor. The data from the sensor was processed by the microcontroller on the Arduino Uno, and three different irrigation applications were implemented by activating pumps connected to relays at 07:00, 14:00, and 21:00 o'clock, and then the mini-evaporation pan was refilled, and the system waited for the next irrigation period.

The automation drip irrigation system-maintained irrigation as a closed loop throughout the entire growth period of the lettuce plants using this approach. The addition of a fertilization unit to this system could make it more effective in plant production. The performance of the system will be significantly enhanced by enabling hardware that provides irrigation and fertilization to the plant according to its specific needs in terms of timing and quantity, along with appropriate software integration.

**Keywords:** Lactuca Sativa, Automatic drip irrigation system, Water level sensor, Mini evaporation pan, Arduino Uno

### Arduino Uno Tabanlı Kapalı Döngü Otomatik Damla Sulama Sistemi

#### Öz

Günümüzde sulama suyunun kısıtlı bir kaynak olması, suyun optimum kullanımını zorunlu bir hale getirmiştir. Tarımda bilinçli bir şekilde yapılan sulama aşırı su kullanımını azaltarak su kullanım randımanını arttırmaktadır. Suyun ekonomik bir şekilde kullanılması modern sulama sistemleri ile mümkün olabilecektir. Bu günlerde, tarımda otomatik kontrol sistemleri önemli bir ilerleme kaydetmiş ve önemli avantajlar sunmaktadır.

Bu çalışmada, iç içe gecik iki silindirden meydana gelen mini buharlaşma kabı (dış silindir çapı 32 cm, içi silindir çapı 27 cm ve yüksekliği 20 cm) kullanılmıştır. Mini-buharlaşma kabı içerisine su seviye sensörü yerleştirilmiş ve sensörden gelen sinyal ile sulama aktive edilmiştir. Sensörden gelen veri Arduino uno da bulunan mikroişlemci ile işlenerek rölelere bağlı pompalar saat 07.00, 14.00 ve saat 21.00 da çalıştırılarak üç farklı sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sulamalardan sonra mini-buharlaşma kazanı doldurularak bir sonraki sulama süresi sistem tarafından beklenmiştir. Otomatik damla sulama sistemi sulamayı marul bitkisinin tüm gelişim dönemi süresince bu yaklaşımla kapalı döngü olarak sürdürmüştür.

Otomatik damla sulama sisteminin sulama performansını başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. Bu sisteme gübreleme ünitesinin de eklenmesi, sistemi bitkisel üretimde daha etkili hale getirilebilir. Bitki besin elementlerinin bitkinin ihtiyaç duyduğu döneme göre uygulayacak sistemin oluşturulmasında gerekli yazılım ve donanımın sisteme eklenmesi ile oluşturulacak otomatik sulama-gübreleme ünitesi bitkisel üretimdeki başarısını önemli ölçüde arttıracaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Lactuca Sativa, Otomatik damla sulama sistemi, Su seviye sensörü, Mini buharlaşma



kazanı, Arduino Uno

### Introduction

In our Turkey, greenhouse cultivation activities commenced in the 1940s with the construction of research greenhouses in some agricultural establishments in our southern provinces. While there was a slow development in greenhouse cultivation between 1940 and 1960, it has been observed that greenhouse cultivation has shown a faster development after the 1970s with the use of transparent polyethylene as a covering material (Emekli et al., 2008). In our Country, 31 million tons of vegetables were produced in 2019, with 23.2 million tons coming from open agriculture and 7.8 million tons from protected cultivation. The total area of protected cultivation has reached 790,000 decares. The country's modern greenhouse assets are approximately 13,000 decares, where export-oriented production is carried out using soilless agriculture methods (Anonymous, projected to 2024a). 45% of the greenhouses in Turkey are between one and three decares in size, with only 2% exceeding ten decares. Moreover, 85% of the assets consist of low-technology plastic greenhouses.

In greenhouse cultivation, since natural rainfall cannot be utilized, irrigation emerges as the most critical input. The efficient use of irrigation water leads to labor savings, allows for the delivery of plant nutrients together with irrigation water, and provides advantages in combating weeds and diseases. These benefits make drip irrigation the preferred method in protected cultivation (Yıldırım et al., 2015).

In our country, there have been limited studies conducted in open field or greenhouse conditions regarding the irrigation of different lettuce varieties. These studies have commonly utilized irrigation programs based on soil moisture as well as those referencing the amount of water evaporated from a Class A evaporation pan (Öneş et al., 1995; Yazgan et al., 2006; Acar et al., 2008; Bozkurt et al., 2009; Çebi et al., 2014; Yıldırım et al., 2015). However, it has been observed that producers, especially those engaged in protected cultivation, have not widely adopted these methods for planning irrigation timing. Additionally, previous studies have shown that the response of irrigation practices on yield and quality can vary depending on the irrigation method, plant species and variety, as well as climatic and soil characteristics.

In plant production, automation allows producers to achieve high and quality yields. The number of producers utilizing high technology is quite low, and the use of technology remains limited among small and medium-sized producers. Both globally and in our country, numerous studies have been conducted and are ongoing on automation suitable for small and medium-sized producers. Abraham et al. (2000) implemented irrigation automation based on the electrical conductivity of soil moisture. Cacaes et al. (2007) developed an extremely simple Irrigation Control Tray that can be used in greenhouse conditions, automating the irrigation process. Yıldırım and Demirel (2011) combined drip irrigation systems with automation to enable irrigation based on soil moisture. Sharma et al. (1975) utilized a mini evaporation pan (10.5 cm in diameter, 13.5 cm in height) and found a correlation coefficient of 0.82 between their mini evaporation pan and the Class A evaporation pan.

Recently, automation has been increasingly applied in both open agricultural fields and enclosed greenhouses. The integration of automation systems with solar energy has gained further importance due to its potential for labor and energy savings. Guerbaoui et al. (2013) implemented a computer-based automatic irrigation system that controlled drip irrigation and fertilization systems, applying  $5670 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  to  $7000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  of water and achieving a water saving of 20-30%.

Anjaly (2016) compared a system that performed automatic irrigation and fertilization powered by solar energy with a manual fertilization application. The study found that in greenhouse conditions, the automatic irrigation and fertilization system achieved maximum yield in cucumber plants. The researcher noted that if energy is provided by solar panels, the system could be easily transported to different locations, offering a significant advantage.

In our study, we successfully operated a system that automatically starts and stops irrigation based on the evaporation of water from a mini evaporation pan. The system uses an electronic circuit to initiate irrigation when the water level inside the pan drops to a certain level, continuing irrigation for a set duration before automatically turning off.

### Material and Methods

The research was conducted in 2023 in the unheated greenhouse located at the Dardanos research center at Çanakkale Onsekiz Mart University. The greenhouse where the research was carried out is situated at 40° North latitude and 28° East longitude. Due to its location, Çanakkale has transitional climatic characteristics between the Mediterranean and the Black Sea. Generally, temperature can drop below zero degrees between November and March; however, between November and March, frost events are encountered due to the drop in air temperature below zero degrees. According to the annual precipitation totals of the Çanakkale Station owned by the General Directorate of Meteorology for the period 1929–2023, the average annual precipitation is 625.3 mm (Anonymous 2024b).

The growing medium was prepared by mixing 400 g of air-dried soil through a 1mm sieve with 100 g of perlite in a 1:5 ratio to create a homogeneous mixture. This mixture was then placed in 2 L pots, and Campania (Lactuca Sativa var. campania) lettuce seedlings were transplanted into these pots on 06 Oct.2023, as given in Figure 1. Perlite was used in this study both for aeration and to increase the water retention capacity of the growing medium. Each pot was filled with this mixture and all pots were weighed, and it was almost 1430 g. The irrigation water was provided from the municipal water supply, characterized as Class 1 with an electrical conductivity of 0.25 ds m<sup>-1</sup>, indicating no salinity issues.



Figure 1. Transplantation Lettuce Seedlings into Pots

To ensure equal fertilization for each pot, three stock solutions were prepared. Using a measuring cylinder, predetermined amounts of N(230ppm), P(120ppm), K(200ppm), Ca(142ppm), Mg(36ppm), Fe(5 ppm), Mn(0.5ppm), B(0.5ppm), Cu(0.02ppm), Zn(0.05ppm), and Mo(0.01ppm) were manually applied to each pot to provide the necessary major and minor elements for fertilization (Figure 2).



Figure 2. Stock solution for fertilization.

### Automatic Irrigation System Components

The irrigation layout used in the experiment is illustrated in Figure 3. For each irrigation treatment, 50 L water tanks were employed, and each treatment had its own separate water tank, pump, and other apparatuses. Additionally, an independent water tank was used to replenish the water evaporated from the evaporation pan. This was achieved by refilling the pan to its maximum level using a separate submersible pump as a result of the evaporation process.



Figure 3. experimental design

The mini evaporation pan, as shown in Figure 4, consists of two nested cylinders. Both cylinders have a height of 20 cm. The outer cylinder has a diameter of 32 cm, and the inner cylinder has a diameter of 27 cm. V-shaped notches at the bottom of the inner cylinder facilitate water movement between the two cylinders. A water level sensor mounted inside the inner cylinder determines the permissible water level during evaporation. When the water level falls below the predetermined level, it generates a signal to inform the microprocessor, which then initiates the irrigation process in sequence according to the programmed instructions. After irrigation, the mini evaporation pan is refilled to its maximum level of 13.5 cm. Excess water from the pan's reservoir is drained out through a drainage channel to maintain a constant maximum water level in the mini

evaporation pan. A reduction of 10 mm in the water level in the mini evaporation pan corresponds to an average decrease of 360 g in the pots during measurements. When the moisture in the pots decreases by this amount, the system initiates irrigation, supplying this volume of water to the plant root zone, thereby restoring the soil moisture to field capacity.



Figure 4. Mini evaporation pan and water level sensor (Yıldırım, 2016)

In the irrigation system, a control mechanism was established utilizing an Arduino Uno microcontroller. This was accomplished by integrating components such as the Arduino Uno, DS1302, DHT11, a water level sensor, an SD card, and a DC-DC power regulator to construct an electronic circuit, as depicted in Figure 5.



Figure 5. Control unit

In the irrigation system, a control mechanism was constructed using an Arduino Uno microcontroller. This assembly comprises components such as the Arduino Uno, DS1302 real-time clock module, DHT11 temperature and humidity sensor, water level sensor, SD card module, and a DC-DC power circuit. The schematic representation of the electronic circuit is provided in Figure 5.



Figure 6. HOBO U12 data logger to save climatic data in the greenhouse.

when the water level drops in the mini pan to the desired level, the sensor generates a signal. This signal is processed by the microcontroller, which then activates the necessary pumps for a defined duration before turning them off to await the next signal. The irrigation begins at 07:00, and after it is completed, the next irrigation starts at 12:00. The final irrigation commences at 21:00, after which the mini evaporation pan is filled to its maximum level. Subsequently, it begins to collect data from the sensor within the mini evaporation pan for the next irrigation cycle. Each irrigation was accomplished by pumps using 12 V dc submersible pumps ( $19 \text{ L min}^{-1}$ ). The irrigation system incorporates  $\text{Ø}16$  pipes and fittings.

The electrodes within the mini evaporation pan are made from metal and are positioned at two different levels. One electrode is fixed and extends to the lowest point of the pan without making contact, while the other electrode is adjustable, allowing for the customization of irrigation based on varying evaporation levels.

### **Irrigation**

In the experiment, the seedlings transplanted into pots were manually watered for 10 days from the date of transplantation. After assembling the components of the system and installing it in the greenhouse, irrigation was conducted automatically. During the 10-day period before the transplantation of the seedlings and the installation of the system in the greenhouse, the plants were watered by hand. This established a relationship between the moisture change in the plant root zone and the rate of evaporation that would occur within the mini evaporation pan. Using the calibration curve obtained, the amount of evaporation (in mm) at the moment when 30-40% of the moisture in the soil was depleted was determined. The operation time for the pump to replenish the water depleted in the pot was programmed into the microcontroller. Based on the signal produced by the sensor in the mini evaporation pan, irrigation was initiated for each irrigation event:

Treatment 1 Irrigation event starts at 07:00.

Treatment 2 İrrigation event starts at 12:00.

Treatment 3 İrrigation event starts at 21:00.

Irrigation was carried out for the duration defined in the microcontroller for each event. The current moisture content of the plant growing medium was determined by periodically weighing the pots on a weight basis (Figure 7). The evapotranspiration (ET) between two irrigations determined by the following equation (Yurtseven et al., 2005).

$$ET = \frac{[(W_{i-1} - W_i) + I - D]}{A} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

In the given context:

- ET represents the plant water consumption in millimetres (mm).
- $W_{i-1}$  and  $W_i$  denote the pot weights on days (i-1) and i, respectively, measured in kilograms (kg).
- I is the amount of irrigation water, measured in kilograms (kg).
- D is the amount of water, if any, that drains out, also measured in kilograms (kg).
- A stand for the surface area of the pot, measured in square meters ( $m^2$ ).



Figure 7. Developmental stages of plants and plant water consumption measurements in different periods

#### Fruit Quality Parameters

Whole plant parameters, all weights were determined using a scale with a precision of 0.01 grams, and diameter measurements were carried out with a digital caliper accurate to 0.01 millimeters (Figure 8). Leaf area measurements were conducted using a CI-202 model leaf area meter from CID, Inc, with results expressed in square centimeters ( $cm^2$ ). Yield was calculated on a per-plant basis, measured in kilograms per plant ( $kg \text{ plant}^{-1}$ ). In each plant, all leaves were detached from the stem, and the total leaf area of each plant was measured using the leaf area meter, while the weights of the leaves and the stem were separately determined using a precision scale. The values obtained from the experiment were analyzed using the SPSS statistical software package. An ANOVA test was applied to assess the significance of differences among groups, and when differences were found to be significant, the Duncan test was used to identify these differences.



Figure 8. Determination of physical and chemical parameters in the plant

### Results

The quantities of irrigation water applied (S), evapotranspiration values (ET), and the measurements for plant width, height, diameter, root length, number of leaves, titratable acid content, and dry matter amounts are provided in Table 1. As indicated by the table and according to the ANOVA test conducted across all irrigation subjects, no statistically significant differences were observed. However, upon examining the quantities of irrigation water, the lowest amount was recorded for the evening irrigation at 21:00 (S21.00), followed by the morning irrigation at 07:00 (S07.00) and then the noon irrigation at 12:00 (S12.00). When considering the physical development of the lettuce plant in relation to the amounts of irrigation water applied, the highest values in terms of width, length, and diameter were observed in the morning irrigation (S07.00). This suggests that plants utilize solar energy most efficiently after morning watering by combining the moisture and nutrients applied with the increasing solar radiation post-morning. The morning irrigation (S07.00) was followed by the evening irrigation (S21.00), where the measurements for width, height, and diameter were higher compared to those during the noon irrigation (S12.00). The lowest values were recorded during the noon irrigation (S12.00), presumably because the rate of evaporation within the plant water consumption is significantly higher at this time due to peak solar radiation, and the transpiration rate is also lower compared to other times of the day. The longest root length was achieved during the noon irrigation (S12.00), which coincides with the lowest above-ground plant measurements, suggesting that the plant more effectively utilizes the applied irrigation water and solar radiation for root development during noon. This is followed by morning (S07.00) and evening (S21.00) irrigations. Despite changes in irrigation times, the leaf number was 36 in the morning, 34 at noon, and 35 in the evening. Titratable acid content (TETA) was 0.4 in the morning, 0.3 at noon, and 0.3 in the evening. The dry matter (DM) content was 3.2 in the morning, 3.2 at noon, and 3.3 in the evening. These results show no significant differences in the averages of leaf number, TETA, and DM, indicating similar results across these parameters and suggesting that the time of irrigation (morning, noon, or evening) does not significantly affect these three parameters.

Table 1. Applied irrigation water, plant water consumption and plant physical and chemical properties.

Dates	Irrigation Topics	Irrigation Water (g)	Irrigation Water ET (g)	ET (mm)	Width (cm)	Length (cm)	Diameter (cm)	Root length (cm)	Leaf number	TETA (%)	DM (%)	
14.12. 2023*	S <sub>07.00</sub>	3680	130	3700	131	27.2	19.7	30.8	26.8	36	0.4	3.2
	S <sub>12.00</sub>	3694	131	3783	134	23.7	17.7	25.7	30.8	34	0.3	3.2
	S <sub>21.00</sub>	3379	119	3399	120	24.7	18.0	28.7	23.5	35	0.3	3.3

\*According to the Anova test results in all subjects, the difference between the groups is due to chance.

The yield obtained from the trial (in grams per plant), along with the fresh weight of leaves, dry weight of leaves, and fresh and dry weights of roots, are provided in Table 2. The quantities of irrigation water applied varied according to the irrigation subjects, but the yield and quality parameters did not show significant differences according to the results of the two-way ANOVA test, indicating that the differences among subjects could be attributed to chance. As of the last harvest on December 14, 2023, a single plant's fresh weight for the morning irrigation subject (S07.00), corresponding to 130 mm of irrigation water, was 278.3 g. For the noon irrigation subject (S12.00), with 131 mm of irrigation water, it was 236.3 g, and for the evening irrigation subject (S21.00), with 119 mm of irrigation water, it was 232.7 g. Despite the highest amount of irrigation water being applied at noon, the highest yield per plant was obtained from the morning irrigation. This was followed by the yields of noon and evening irrigations, respectively. The largest leaf area and root weight were achieved in the morning irrigation. These results indicate that morning irrigation is more effective in terms of yield and plant growth compared to the irrigations applied at noon at 12:00 and in the evening at 21:00. Noon irrigation was shown to be more disadvantageous compared to both morning and evening irrigations. However, while the above-ground development was lower during noon irrigation, root development was greater than that observed in the morning and evening irrigations.

Table 2. Effect of different irrigation applications on lettuce leaf and root development

Dates	Irrigation Topics	Leaf Fresh Weight(g)	Leaf Dry Weight (g)	Root Fresh Weight (g)	Root Dry Weight (g)	Leaf Area (cm <sup>2</sup> )
06.10.2023	S <sub>07.00</sub>	0.4	-	0.6	-	13.02
	S <sub>12.00</sub>	0.4	-	0.6	-	13.02
	S <sub>21.00</sub>	0.4	-	0.6	-	13.02
01.11.2023	S <sub>07.00</sub>	20	1	5	0.9	615.3
	S <sub>12.00</sub>	13	0.5	7	0.7	376.4
	S <sub>21.00</sub>	9	1.3	3	1.2	340
30.11.2023	S <sub>07.00</sub>	205	8.9	47.7	10.8	2892
	S <sub>12.00</sub>	186.3	8.93	40	7.5	2868
	S <sub>21.00</sub>	229.3	11.3	50	11.2	3405
14.12.2023*	S <sub>07.00</sub>	278.3	10.2	79.7	11.5	3863.4
	S <sub>12.00</sub>	236.3	9.8	69	6.8	3405.2
	S <sub>21.00</sub>	232.7	11.2	70.7	11.2	3455.8

\*According to the Anova test results in all subjects, the difference between the groups is due to chance.

### Conclusion And Evaluation

In this study, the quantity of irrigation water applied based on the mini evaporation pan with an automated irrigation system was found to be lower compared to previous systems that were manually controlled. The automation of irrigation water control allowed for a more efficient application in the plant root zone, resulting in more effective utilization of plant nutrients. In lettuce cultivation, applying irrigation water in the morning hours enabled the plant to more effectively use both the irrigation water and the nutrients carried by it, amplified by the solar radiation after the morning hours. This was clearly demonstrated through parameters such as plant width, height, diameter, and leaf area, and was also reflected in the yield values. Although there wasn't a significant difference in yield between the noon and evening irrigations, the evening irrigation at 21:00 was found to be more advantageous than the noon irrigation at 12:00 due to the lesser amount of irrigation water applied. Despite the highest amount of irrigation water being applied during the noon irrigation, it did not yield the highest values in terms of productivity. Therefore, for the most effective use of irrigation water and to achieve a higher quality product, morning irrigations should be preferred if possible.

**Acknowledgements:** The authors would like to thank the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBİTAK). Under the scope of the "2209- University Student Research Project Support Program", Reference No. 1919B012300502, has been supported by TUBİTAK.



**Researchers' Contribution Rate Declaration Summary**

The authors declare that they have contributed equally to the article.

**Conflict to Interest Declaration**

The authors declare that there is no conflict of interest between them.

**References**

- Abraham, N., Hema P., Saritha E., Subramannian S., 2000. Irrigation automation based on soil electrical conductivity and leaf temperature. *Agric Water Manage.* 45: 145-147.
- Acar, B., Paksoy, M., Türkmen, Ö., Seymen, M., 2008. Irrigation and nitrogen level affect lettuce yield in greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology.* 7 (24): 4450–4453.
- Anjaly, S., Sunny, C., Hakkim, V., 2016. Fertigation Automation System for Poly Houses, *International Journal of Engineering Science and Computing.* 6-11.
- Anonymous, 2024a. Tarım ve Orman Bakanlığı Örtü Altı Yetiştiriciliği, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistircilik> (06.02.2024).
- Anonymous, 2024b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=CANAKKALE> (06.02.2024).
- Bozkurt, S., Mansuroğlu, G.S., Kara, M., Önder, S., 2009. Responses of lettuce to irrigation levels and nitrogen forms. *African Journal of Agricultural Research.* 4 (11): 1171–1177
- Caceres, R., Casadesus, J., Marfa, O., 2007. Adaptation of an automatic irrigation-control tray system for outdoor nurseries. *Biosys Eng.* 96 (3), 419-425.
- Çebi, Ü., Çakır, R., Altıntaş, S., Özdemir, A.G., 2014. Plastik Seralarda Yetiştirilen Hıyar ve Kıvırcık Baş Salata Bitkilerinin Sulama Zamanı ve Su Kullanımı Planlaması. Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Yayınları. TAGEM 2014–1, Kırklareli.
- Emekli, Y.S., Büyüktaş, D., Büyüktaş, K., 2008. Antalya yöresinde seracılığın mevcut durumu ve yapısal sorunları, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, *Derim Dergisi.* 25(1): 26-39.
- Guerbaoui, M., El Afou, Y., Ed-Dahhak, A., Lachhab, A., Bouchikhi, B., 2013. PC-based automated drip irrigation system. *International Journal of Engineering Science and Technology.* 5(1): 221-225.
- Öneş, A., Demir, K., Çakmak, B., Kendirli, B., 1995. Sera koşullarında yetiştirilen ve damla sulama yöntemi ile sulanan baş salatanın sulama zamanının planlanması. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Antalya, 207–219.
- Sharma, H.C., Dastane, N. G., Singh, N.P., 1975. Studies on 'Can' evaporimeters in relation to evapotranspiration from field crops. *Indian J. Agron.* 20: 147-152.
- Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H.Y., Öztekin, G.B., Engindeniz, S., Boyacı, H.F., Ersoy, A., Tepe, A., Uğur, A., 2010. Örtü altı yetiştiriciliğinin gelişimi, VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Odası Teknik Kongresi, Bildiri Kitabı, 559-578.
- Yazgan, S., Ayas, S., Büyükcangaz, H., 2006. Örtü altında yetiştirilen baş salatanın (*lactuca sativa* var. *olenka*) sulama zamanının planlanması. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi.* 9 (1): 88–91.
- Yıldırım, M., 2016. Drip Irrigation Automation with A water Level Sensing System in A Greenhouse, *The Journal of Animal and Plant Sciences.* 26(1): 131-138.
- Yıldırım, M., Demirel, M., 2011. An Automated Drip Irrigation System Based on Soil Electrical Conductivity, *Philipp argic scientist.* 94(4): 343-349.
- Yıldırım, M., Bahar, E., Demirel, K., 2015. Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvırcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 3(1): 29–34.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

## Identification of Some Sunflower Diseases Using Deep Convolutional Neural Networks

Hakkı Fırat Altınbilek<sup>1\*</sup>  Ünal Kızıl<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ministry of Agriculture and Forestry, İpsala District Directorate, 22400, İpsala/Edirne,

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Digital Agriculture Laboratory, 17020, Çanakkale

\*Corresponding author: hfiraltinbilek@gmail.com

Received Date: 07.11.2023

Accepted Date: 29.02.2024

### Abstract

Among the oilseed plants cultivated in Türkiye, sunflower ranks first in terms of cultivation area and production. Therefore, short time detection of sunflower diseases will help producers to take necessary actions on time. Computer-based deep learning techniques have made it possible to predict these diseases with high accuracy. This study aims at the effectiveness of image processing and modeling in predicting 3 different sunflower diseases. A total of 760 images were obtained and examined in the 2022-2023 production seasons in İpsala district of Edirne province. A series of data pre-processing techniques were applied to the developed Convolutional Neural Network (CNN) model and 3 different sunflower disease prediction systems were created. It has been revealed that the model can classify with an accuracy of 0.92. This study shows that the proposed CNN model demonstrated an effective classification performance and could help both producers and researchers for the early detection of sunflower diseases in Türkiye.

**Keywords:** Image classification, Deep learning, Machine learning, Sunflower diseases

### Derin Evrişimli Sinir Ağları Kullanılarak Bazı Ayçiçeği Hastalıklarının Belirlenmesi Öz

Türkiye’de yetiştirilen yağ bitkileri arasında ayçiçeği ekim alanı ve verim açısından ilk sırada yer almaktadır. Dolayısıyla ayçiçek hastalıklarının hızlı tespiti üreticilerin kısa sürede önlem almalarına yarayacaktır. Bilgisayar tabanlı derin öğrenme teknikleri bu hastalıkların yüksek doğruluk ile tahmin edilebilmesini mümkün kılmıştır. Bu çalışma, 3 farklı ayçiçek hastalıklarının tahmininde görüntü işleme ve modellemenin etkinliğini amaçlamaktadır. Toplamda 760 görüntü Edirne ili İpsala ilçesinde 2022-2023 üretim sezonlarında elde edilerek incelenmiştir. Geliştirilen Convolutional Neural Network (CNN) modeline bir dizi veri ön işleme teknikleri uygulanmış ve 3 farklı ayçiçek hastalığı tahmin sistemi yaratılmıştır. Modelin 0.92 doğrulukla sınıflandırma yapabildiği ortaya konmuştur. Bu çalışma, önerilen CNN modelinin etkili bir sınıflandırma performansı sergilediğini ve Türkiye’deki ayçiçeği hastalıklarının erken teşhisinde hem üreticilere hem de araştırmacılara yardımcı olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü sınıflandırma, Derin öğrenme, Makine öğrenmesi, Ayçiçek hastalıkları

### Introduction

With the increase in the world population, the need for oil seed products has become an important issue. Ecological factors and agricultural practices affect yield of sunflower, one of the most consumed oil seed products (Sahin et al., 2021). While this is the case, the use of new technological approaches against the factors affecting quality in sunflower is becoming popular (Yunus Khan et al., 2014; Singh et al., 2019). One of these technologies is image processing and pattern recognition techniques (Khirade and Patil, 2015; Lati et al., 2019; Sethy et al., 2020).

Image processing and pattern recognition models are artificial intelligence products and have high skills in finding solutions, understanding and extracting meaningful relationships. It has an important role with its detection features after decision making. With increased calculation capabilities

and automatic classification options, its use in predicting plant diseases in agriculture is becoming widespread (Camargo and Smith, 2009; Patrício and Rieder, 2018; Devaraj et al., 2019).

Wicaksono et al., (2020) used the convolutional neural network (CNN) method in the detection of apple leaf disease. In their study, they used a total of 3151 images consisting of images from 4 different leaf classes. They achieved an average accuracy of 94.9% on the test set. Singh and Misra (2017) classified rose and bean leaves with bacterial disease, lemon leaves with sunburn disease, and banana leaves with early blight disease using a genetic algorithm with image segmentation. In the study, when Support Vector Machines (SVM) was used with the proposed algorithm, the overall accuracy was found to be 95.71%.

Mohanty et al., (2016) achieved 99.35% classification accuracy in their study by training AlexNet and GoogleNet deep learning models to detect 14 different plant species and 26 plant diseases from a dataset consisting of 54306 images of infected and healthy plant leaves. Liu et al., (2020) proposed a deep learning-based model to detect 7 different grape diseases. By improving the images of the data set containing 107336 grape leaf images with image enhancement techniques, they achieved a 97.22% accuracy rate in detecting grape diseases.

Ensari et al., (2020) proposed the CNN method for the detection of diseases in grapes and corn. They used 1600 healthy and infected images, and achieved 97.03% accuracy. In the study of Walleign et al., (2018) a model based on deep neural networks was proposed to classify and detect soybean plant diseases. This model consists of convolution, pooling and relu layers. The developed model was trained using images taken from real-natural environments and a classification accuracy of 99.32% was achieved.

Lu et al., (2017) proposed a new disease identification approach based on deep convolutional neural networks for paddy rice diseases. An average classification performance of 95.48% was achieved in experimental studies based on a data set containing different rice disease images, including diseased and healthy. Altınbilek and Kızıl (2022) used CNN to detect rice blight, brown spot diseases and healthy leaf images in paddy rice. As a result of their study with 1569 images, they stated that the model detect two different paddy rice diseases with 91.70% accuracy. In another study with paddy rice leaf dataset, a better accuracy rate for leaf disease detection was achieved using a machine learning approach based on transfer learning (Sharma et al., 2022).

Although there are studies on monitoring sunflower diseases, both laboratory and field-based, convolutional neural networks studies on sunflower disease prediction are very limited in Türkiye. Therefore, approaches that can make decisions and solve the problem in a short time are needed. In this study it was aimed to classify major sunflower diseases using RGB images and CNN techniques. With the developed model, a technological approach has been put forward in the Thrace region, where sunflower production is intense. The CNN model that can be used in devices based on the parcel-based early diagnosis system principle has been developed for small family businesses.

## **Material and Method**

### **Study Area and Used Data**

The images used to detect diseases on sunflower leaves were acquired from sunflower fields in İpsala district of Edirne province (Figure 1). Edirne ranks 3<sup>rd</sup> in oil sunflower production in Türkiye with 12.7% (TÜİK, 2022).

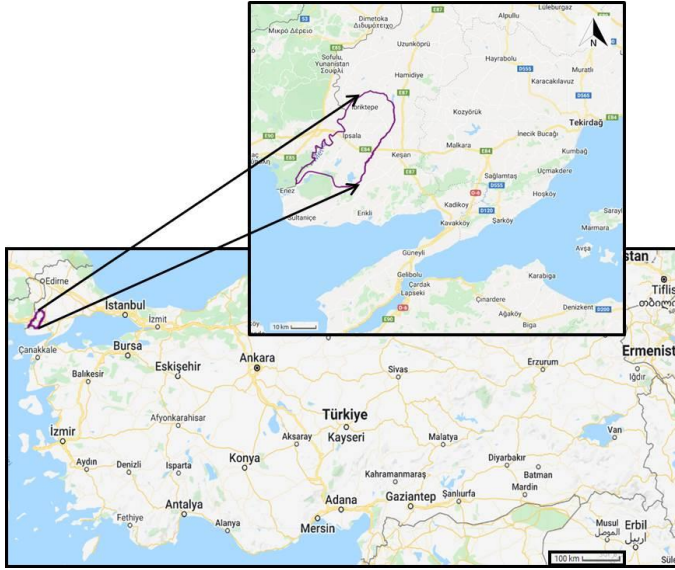


Figure 1. Location of study area

Image acquisition started from the second week of May (the first appearance of the diseases) in 2022 and 2023 and continued until the end of September in both years. Healthy and infected images were obtained from various sunflower fields to identify leaf scar, phoma blight, and gray mold diseases. A total of 760 RGB images were obtained from above, below and from the side during sunny and cloudy hours of the day using the Redmi Note 9 Pro mobile device with 64 megapixel image quality.

#### **Leaf Scar**

Leaf scar is one of the diseases that causes important yield losses in sunflower cultivation. It can be seen anytime during the early and developmental stages of the plant when conditions are suitable. It is recommended to use resistant varieties, clean seeds and implementation of rotation measures in its control (Lagopodi and Thanassouloupoulos, 1998).

#### **Gray Mold**

The gray mold on the head and stem is caused by this pathogen. The leaves start to dry off in the interim. When the head grains are ripening, these symptoms show up. There are brown spots on the back. These parts appear dusty as a result of fungal spores and mycelium covering them. When the weather is wet, spores can spread. It is advised to try natural control methods since chemical control is challenging owing to the pathogen's resistance (Mukhtar, 2009).

#### **Phoma Blight**

The fungus enters the plant through natural openings such as stomata or damages caused by physical means. Conidia are spread by rainwater. Rainfall, humidity, and temperature all play a significant role in the onset and spread of the disease. Rains after flowering increase the severity of infection. In cultural precautions against the disease, it is recommended to avoid frequent planting, choosing resistant varieties and preventing physical damages on the stems of the plants (Mukhtar, 2009; Deb et al., 2020).

#### **Pre-processing of Images**

A range of preprocessing procedures were applied to sunflower leaf images in order to shorten model runtime and minimize noise disruption. The images were first classified as having leaf scars, phoma blight, gray mold and healthy (Figure 2). The overall image data was compressed by downsizing the image from  $4640 \times 3472$  to  $256 \times 256$ . Since the backgrounds of all leaf images were gray and the images themselves were all in color, they were all compressed into a range of 0 to 1 to ensure stability and reduce noise. The photos were then inverted and their horizontal and vertical ratios were chosen to be 0.2 so that the CNN model could process the data set more thoroughly. The rotation ratio, which determines the range in which the images will be randomly rotated, is set to 40. The width\_shift and height\_shift ratios, which determine the intervals at which the images will be randomly rotated vertically or horizontally, are taken as 0.2. The zoom range ratio used to zoom in the

images was determined as 0.2. Then, in order to extend the image at a certain angle, known as the shear angle, the shear range ratio was set to 0.3 and the data augmentation process was completed.

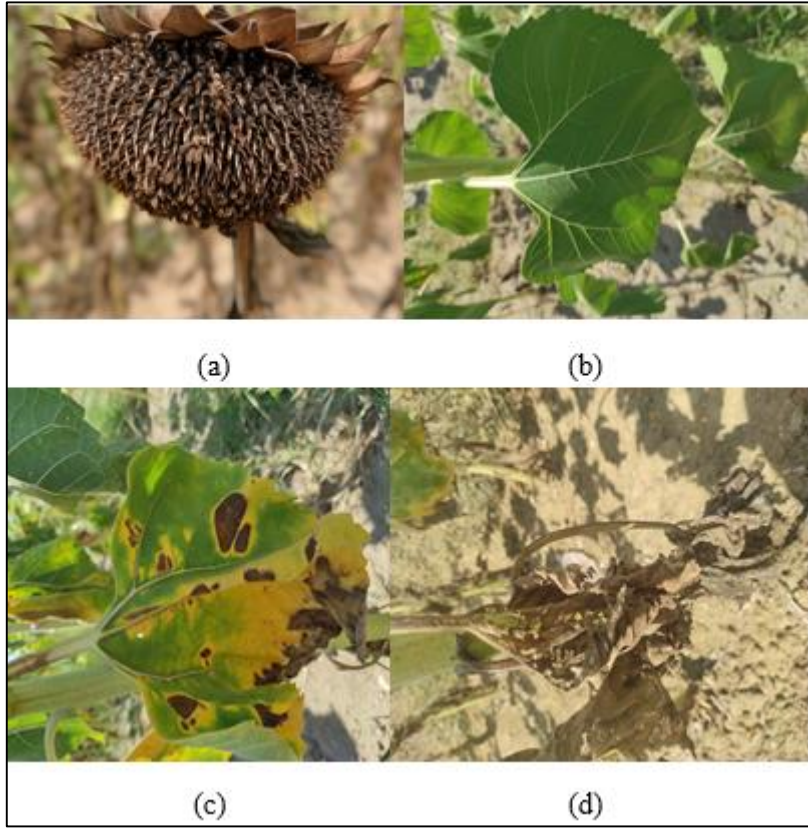


Figure 2. Sample dataset. (a) gray mold, (b) healthy, (c) leaf scars, (d) phoma blight

### Modelling

Deep learning is a machine learning model with sequential layers. Each layer uses the output of the previous layer as input (Şeker et al., 2017). CNN architecture; It stands out with its popularity among various algorithms of deep learning. CNN is used to classify the image, cluster similarities and perform object recognition (Radovic et al., 2017). The CNN model for detecting sunflower diseases was created in the Google Colaboratory (Colab). In classification, tensorflow, matplotlib.pyplot, IPython.display, gpu, Sequential, compile, model.fit, and sklearn.metrics libraries were used. The dataset for the proposed CNN model, consisting of 760 photos, was uploaded to Google Drive and then moved to Google Colab. The training, validation, and test percentages were 70, 20, and 10%, respectively. The aim for selecting these ratios is to improve the model's learning speed and accuracy score. The epoch number was set at 100 to assure that the model had no overfit and accurately represented the validation accuracy. Figure 3 shows the model's flowchart.

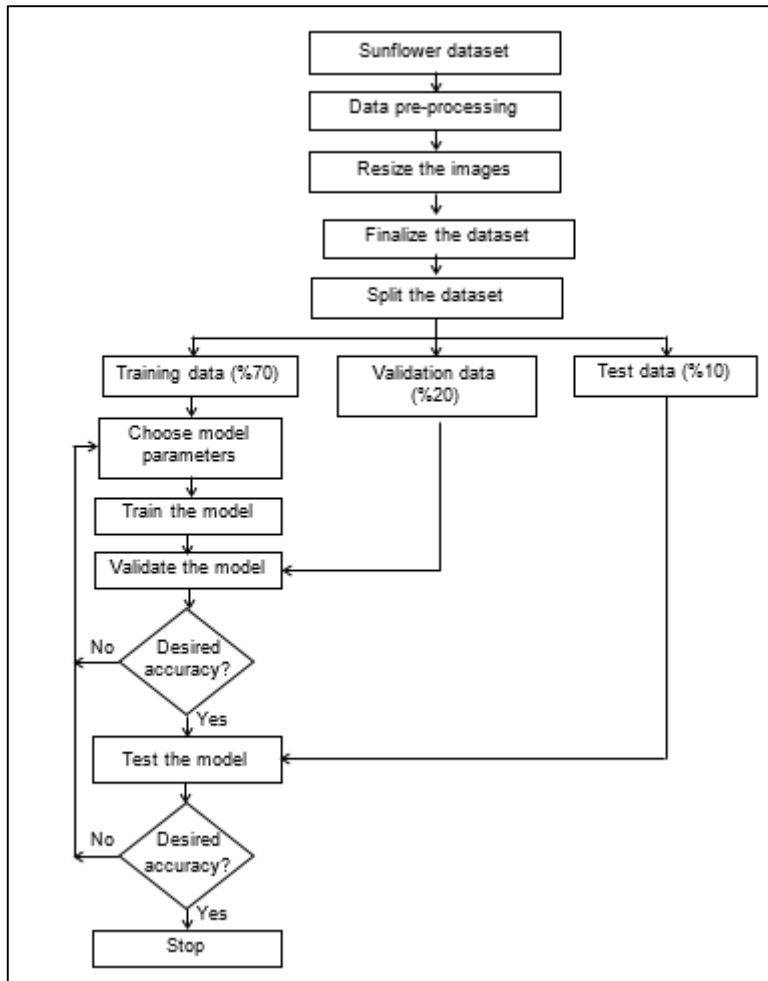


Figure 3. Flowchart of the model

The convolution layer is the first layer from which the input image features are extracted. Large-dimensional input allows lower-dimensional features containing image features to be obtained by moving filters of different sizes on the image (Prabhu, 2018). Low-level features of an image are extracted using the convolution process in the first layer, and more complex features are eliminated in the subsequent convolution layers. (Demir et al., 2020). The image features obtained as a result of the activation layer convolution process are eliminated by a non-linear function called Rectified Linear Unit (RELU). In the pooling layer, the number of channels of the features matrix obtained as a result of the activation process is kept continuously stable and the maximum or average value method lowers the widths and heights of this matrix. The fully connected layer enables the conversion of features of different dimensions obtained as a result of convolution, activation and pooling processes into one-dimensional features (Aslan, 2022). Softmax enables the classification of features obtained in previous layers. In the classification process, probabilistic values are used to assign the class of interest (Tumen et al. 2018). The number of filters used in each convolution layer in the model is listed as  $32 \times 64 \times 64 \times 64 \times 64 \times 64$ . 6 convolution + correction layers made up the total of eight layers that were utilized (Figure 4). 32 and 64 nodes were found to be provide in each layer. Through trial and error, this quantity can be changed to be greater or smaller based on the accuracy score of the model. The modeling process used the  $2 \times 2$  maximum pooling method. Two dense layers were added at the end of the CNN to extract features from the convolution and pooling layers. The categorization was produced by the second dense layer. The probability of which class each entry belongs to was determined with the softmax function.

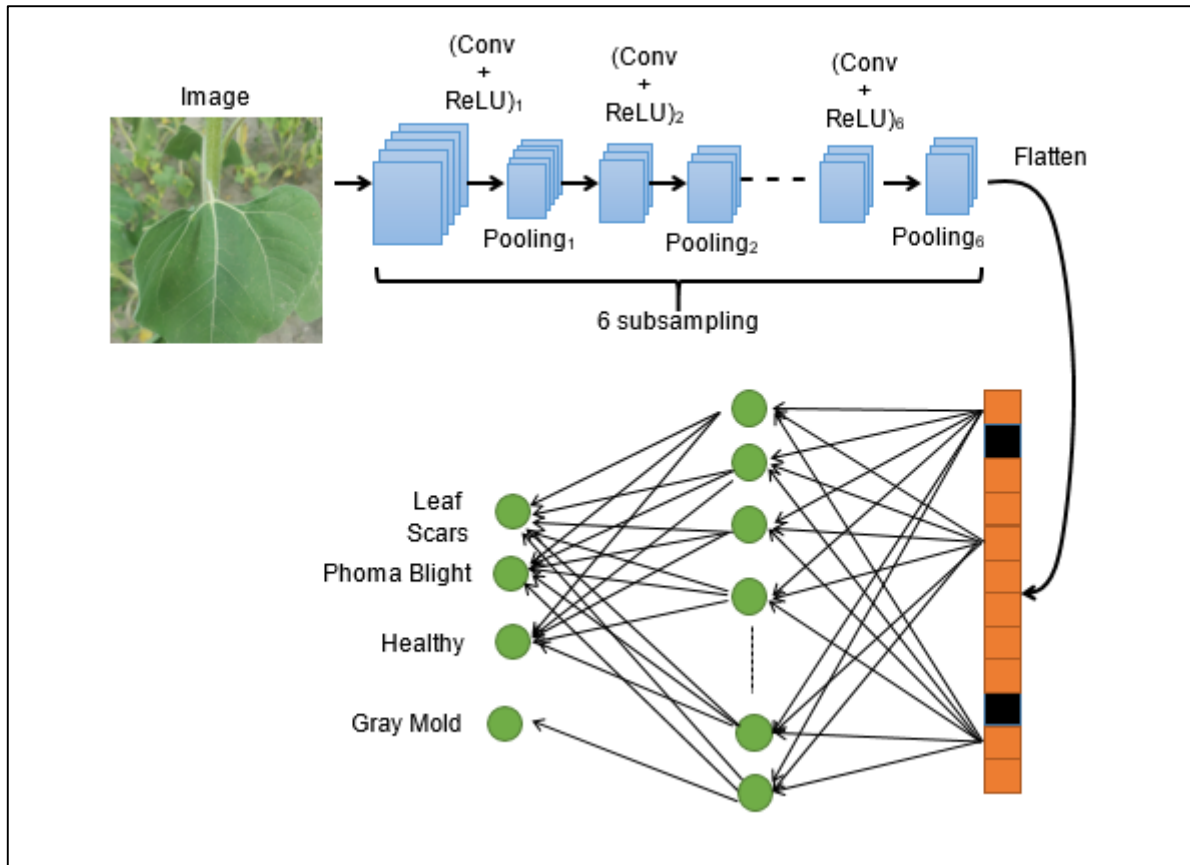


Figure 4. CNN model structure

### Results and Discussion

Three portions, representing 70%, 10%, and 20% of the total dataset images, were randomly selected for training, validation, and testing. The validation data set was used to develop the model, and the training data set was utilized as a portion of the training set in the proposed model's learning process. The model parameters were also modified using the validation data set. The performance evaluation was conducted using the test dataset. CNN parameters (learning rate, batch size, and number of epochs) were tuned during training to provide the optimal model. Numerous experiments were conducted in order to determine the proper values for various parameters. As a result, 0.0001, 32, and 100 were chosen as the starting learning rate, batch size, and maximum epochs, respectively. Figure 5 displays the model's accuracy and loss information graphs during the transfer learning process.

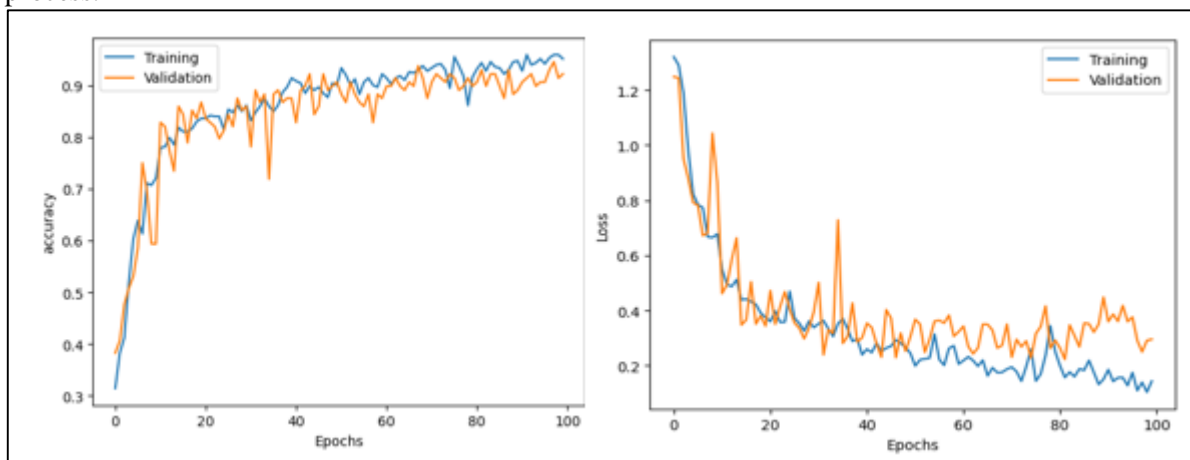


Figure 5. CNN training-validation accuracy and loss curve

As seen in Figure 5, there was no significant improvement in validation accuracy after approximately the 95th epoch, training process was successfully completed with 0.92. Additionally, as seen in Figure 4, the loss data rate during training and validation was well below 0.3 and 0.2, respectively. Thus, the training process was completed successfully without any significant data loss. Figure 6 shows a more comprehensive performance evaluation specific to classes with confusion matrix. The estimated number of data for each category is shown by the sum of each column in Figure 6's confusion matrix, while the actual values in the data set are displayed by each row. The model properly categorized 23 (90%) class data of gray mold, 12 (93%) class data of phoma blight, and 32 (97%) class data of leaf scars, as shown in Figure 6. However, it looks that 9 (16%) of the leaf scars categorized data were mistakenly identified as healthy data. Values of the confusion matrix demonstrate how frequently the data labels in the data set are predicted.

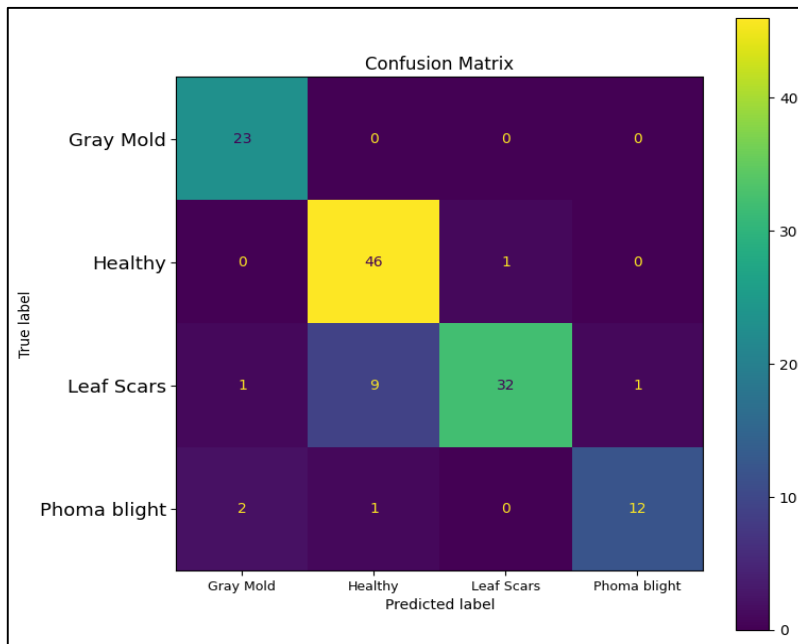


Figure 6. Confusion matrix of the model

In the study, the proposed method's performance was assessed using the performance evaluation criteria as a guide. The general classification results of the study are shown in Table 1. Accuracy, precision, recall and f1-score results are given in the table.

Table 1. General classification results

Accuracy	Precision	Recall	F-1 Score
0.92	0.90	0.89	0.90

As seen in Table 1, the sunflower disease prediction model can detect diseases with a 0.92 accuracy rate. Additionally, a 0.90 success rate was achieved in precision and f1-score values. Table 2 lists several research using the CNN approach to identify sunflower diseases. The research included in Table 2 generally agree with this study in terms of accuracy. Gulzar et al., (2023) achieved the best model accuracy using 1892 images and 300 epochs. Because there are only 100 epochs in the proposed study and only 760 photos in the dataset, the accuracy rate is lower than that of other studies. Using a larger dataset and epoch number can boost the model's accuracy rate, but doing so may lead to overfitting. The model's predictive score in the test dataset is decreased as a result of this issue.



Table 2. Several research using the CNN approach to identify sunflower diseases

Author	Dataset	Diseases	Overall accuracy
Ghosh et al., 2023	467	Downy Mildew, Gray Mold, Leaf Scars, Healthy	0.93
Dawod and Dobre, 2022	858	Downy Mildew, Powdery Mildew, Alternaria Leaf Blight, Rust, Healthy	0.92
Malik et al., 2022	329	Alternaria Leaf Blight , Downy Mildew, Phoma Blight, Verticillium Wilt, Healthy	0.89
Gulzar et al., 2023	1892	Downy Mildew, Gray Mold, Leaf Scars, Healthy	0.97
Sirohi and Malik, 2021	Not specified	Alternaria Leaf Blight , Downy Mildew, Verticillium Wilt, Phoma Blight, Healthy	0.89

### Conclusion

Traditional machine learning algorithms for plant disease detection involve feature extraction from disease images without the need for any processing. This is a difficult and time-consuming procedure. In this case, it may delay the necessary steps to counteract identified plant diseases. In order to identify sunflower diseases more quickly and automatically, this paper proposes a practical deep learning-based approach. Using images of sunflower leaves, a few basic CNN model parameters were defined and allowing for the rapid and accurate identification of the disease sunflower leaves. Sunflower diseases were identified in experimental research with an accuracy rate of 0.92. Although the result is promising, it is not practical for use by farmers. Knowledge and awareness are needed for models running on computers. Therefore, it is planned to develop farmer-friendly, easily accessible and integrated mobile application software in future studies.

### Authors' Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

### Conflicts of Interest Statement

The authors declare no competing interests.

### References

- Altımbilek, H.F., Kızıl, Ü., 2022. Identification of some paddy rice diseases using deep convolutional neural networks. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 32(4): 705-713.
- Aslan, M., 2022. CoviDetNet: A new -19 diagnostic system based on deep features of chest x-ray. *International Journal of Imaging Systems and Technology*. 32(5): 1447-1463.
- Camargo, A., Smith, J.S., 2009. An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms. *Biosystems Engineering*. 102: 9–21.
- Dawod, R.G., Dobre, C., 2022. Automatic segmentation and classification system for foliar diseases in sunflower. *Sustainability*. 14: 11312.
- Deb, D., Khan, A., Dey, N., 2020. Phoma diseases: Epidemiology and control. *Plant Pathology*. 69: 1203–1217.
- Demir, F., Türkoglu, M., Aslan, M., Şengür, A., 2020. A new pyramidal concatenated cnn approach for environmental sound classification. *Applied Acoustics*. 170: 107520.
- Devaraj, A., Rathan, K., Jaahnavi, S., Indira, K., 2019. Identification of plant disease using image processing technique. *International Conference on Communication and Signal Processing*. 4-6 April 2019, Chennai, India.
- Ensari, T., Armah, D.C., Balsever, A.E., Dağtekin, M., 2020. Görüntü tabanlı dijital bitki fenotipleme için konvolüsyonel sinir ağları. *European Journal of Science and Technology*. (Special Issue): 338-342.
- Ghosh, P., Mondal, A.K., Chatterjee, S., Masud, M., Meshref, H., Bairagi, A.K., 2023. Recognition of sunflower diseases using hybrid deep learning and its explainability with ai. *Mathematics*. 11: 2241.
- Gülzar, Y., Ünal, Z., Aktaş, H., Mir, M.S., 2023. Harnessing the power of transfer learning in sunflower disease detection: A comparative study. *Agriculture*. 13: 1479.

- Khirade, S.D., Patil, A. B., 2015. Plant disease detection using image processing. International Conference on Computing Communication Control and Automation. 26-27 February 2015, Pune, India.
- Lagopodi, A.L., Thanassoulopoulos, C.C., 1998. Effect of a leaf spot disease caused by *alternaria alternata* on sunflower in Greece. *Plant Dis.* 82: 41-44.
- Lati, R.N., Filin, S., Elnashef, B., Eizenberg, H., 2019. 3-D image-driven morphological crop analysis: a novel method for detection of sunflower broomrape initial subsoil parasitism. *Sensors.* 19(7): 1569.
- Liu, B., Ding, Z., Tian, L., He, D., Li, S., Wang, H., 2020. Grape leaf disease identification using improved deep convolutional neural networks. *Frontiers in Plant Science* 11.
- Lu, Y., Yi, S., Zeng, N., Liu, Y., Zhang, Y., 2017. Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks. *Neurocomputing.* 267: 378-384.
- Malik, A., Vaidya, G., Jagota, V., Eswaran, S., Sirohi, A., Batra, I., Rakhra, M., Asenso, E., 2022. Design and evaluation of a hybrid technique for detecting sunflower leaf disease using deep learning approach. *Hindawi Journal of Food Quality.* 2022: 9211700.
- Mohanty, S.P., Hughes, D.P., Salathé, M., 2016. Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science.* 7: 1419.
- Mukhtar, I., 2009. Sunflower disease and insect pests in Pakistan: a review. *African Crop Science Journal.* 17(2): 109 – 118.
- Patrício, D. I., Rieder, R., 2018. Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture.* 153: 69-81.
- Radovic, M., Adarkwa, O., Wang, Q., 2017. Object recognition in aerial images using convolutional neural networks. *Journal of Imaging.* 3(2):21.
- Sethy, P.K., Barpanda, N.K., Rath, A.K., Behera, S.K., 2020. Image processing techniques for diagnosing rice plant disease: a survey. *Procedia Computer Science.* 167(220): 516-530.
- Sharma, M., Kumar, C. J., Deka, A., 2022. Early diagnosis of rice plant disease using machine learning techniques. *Archives of Phytopathology and Plant Protection,* 55(3): 259-283.
- Singh V, Misra, A.K., 2017. Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques. *Information processing in Agriculture.* 2017; 4(1):41-49.
- Tümen, V., Yıldırım, O., Ergen, B., 2018. Detection of driver drowsiness in driving environment using deep learning methods. Conference: The Scientific Meeting on Electrical-Electronics & Biomedical Engineering and Computer Science. 18-19 April 2018, İstanbul, Türkiye.
- Sirohi, A., Malik, A., 2021. A hybrid model for the classification of sunflower diseases using deep learning. 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM). 28-30 April 2021, London, United Kingdom.
- Şahin, S., Kurtulbaş, E., Toprakçı, İ., Pekel, A. G., 2021. Determination of lipid oxidation in sunflower oil treated with several additives. *Biomass Conversion and Biorefinery.* 13: 3953-3961.
- Şeker, A., Diri, B., Balık, H.H., 2017. Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi.* 3(3): 47-64.
- TÜİK, 2022. Ayçiçeği üretim miktarı, ekilen alan büyüklüğü, ithalat miktarı ve değeri, ihracat miktarı ve değeri gibi yıllar bazında sayısal veriler. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, Erişim Tarihi: 06.10.2023
- Walleign, S., Polceanu, M., Buche C., 2018. Soybean plant disease identification using convolutional neural network. In The Thirty-First International Flairs Conference. May 2018, Melbourne, United States. 146-151.
- Wicaksono G. Andryana S., 2020. Aplikasi pendeteksi penyakit pada daun tanaman apel dengan metode convolutional neural network. *Journal of Information Technology and Computer Science.* 5(1): 9-16.
- Yunus Khan, T.M., Atabani, A.E., Badruddin, I.A., Badarudin, A., Khayoon, M.S., Triwahyono, S., 2014. Recent scenario and technologies to utilize non-edible oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 37: 840-851.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

## İnfrared Kurutmanın Trabzon Hurması Çeşitlerinde Kuruma Kinetikleri ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Begüm Arkain<sup>1\*</sup>  Dilvin Or<sup>2</sup>  Habib Kocabıyık<sup>3</sup> 

<sup>1,2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

\*Sorumlu yazar: arkainbegum@gmail.com

Geliş Tarihi: 23.11.2023

Kabul Tarihi: 16.04.2024

### Öz

Trabzon hurması *Fuyu*, *Hachiya* ve *Rojo Brillante* çeşitlerinin kuruma kinetikleri, efektif difüzyon katsayıları, özgül enerji tüketimleri, renk değişimleri, büzülme, rehidrasyon oranı gibi bazı parametreler üzerine infrared radyasyon yoğunluğunun (IP) (1037, 1210 ve 1407 W m<sup>-2</sup>) ve hava hızının (Av) (1.0, 1.5 ve 2.0 m s<sup>-1</sup>) etkileri incelenmiştir. Tüm çeşitlerde, en kısa kuruma süresi *Rojo Brillante* çeşidinde tespit edilirken, en uzun kuruma süresi ise *Fuyu* çeşidinde tespit edilmiştir. Kuruma süresi IP'nin artmasıyla azalırken Av'nin artmasıyla ile artış göstermiştir. 1407 W m<sup>-2</sup> IP'de 1.0 m s<sup>-1</sup> hava hızında *Rojo Brillante* çeşidinde en düşük özgül enerji tüketimi (8.95 MJ kg<sub>su</sub><sup>-1</sup>) ve en yüksek  $D_{eff}$  değeri (8.15x10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. Kalite parametreleri incelendiğinde ise, en yüksek rehidrasyon oranının *Rojo Brillante* çeşidinde, en düşük büzülmenin *Hachiya* çeşidinde ve en düşük toplam renk değişiminin ise *Fuyu* çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, her üç çeşidinde kurutmalık olarak değerlendirilebileceği, ilave olarak *Rojo Brillante* çeşidinin kurutulması işletme özellikleri ve kalite parametreleri açısından diğer çeşitlere kıyasla daha iyi sonuçlar vermesi nedeniyle bu çeşidin öncelikli kullanılabilirliği önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Trabzon hurması, infrared radyasyon yoğunluğu, kuruma kinetiği, kalite özellikleri

### Effect of Infrared Drying on Drying Kinetics and Some Quality Characteristics of Persimmon Varieties

#### Abstract

The effects of infrared radiation intensity (IP) (1037, 1210 and 1407 W m<sup>-2</sup>) and air velocity (Av) (1.0, 1.5 and 2.0 m s<sup>-1</sup>) on some parameters such as drying kinetics, effective diffusion coefficients, specific energy consumption, colour changes, shrinkage, rehydration rate of persimmon varieties *Fuyu*, *Hachiya* and *Rojo Brillante* were investigated. In all varieties, the shortest drying time was found in *Rojo Brillante* variety, while the longest drying time was found in *Fuyu* variety. Drying time decreased with increasing IP and increased with increasing Av. The lowest specific energy consumption (8.95 MJ kg<sub>water</sub><sup>-1</sup>) and the highest  $D_{eff}$  value (8.15x10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) were obtained in *Rojo Brillante* variety at 1407 W m<sup>-2</sup> IP and 1.0 m s<sup>-1</sup> air velocity. Regarding quality parameters, the highest rehydration rate was found in *Rojo Brillante* variety, the lowest shrinkage was in *Hachiya* variety and the lowest total color change was in *Fuyu* variety. In this context, it is recommended that all three varieties can be used for drying, in addition, *Rojo Brillante* variety can be used primarily because it gives better results in terms of drying operational characteristics and quality parameters compared to other varieties.

**Keywords:** Persimmon, infrared radiation intensity, drying kinetics, quality features

#### Giriş

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) *Ebenaceae* familyasına dahil olan ve sıcak iklimlerde yetiştirilen bir meyve türüdür (Kayacan ve ark., 2020). Anavatanı başta Çin olmak üzere Kore, Japonya, Brezilya ve İtalya gibi ılıman iklim bölgelerinde ve ülkemizde Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Çelen, 2019; Butt ve ark., 2015). Yüksek oranda lif, karbonhidrat, protein,

yağ, potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum gibi zengin besin içeriğinin yanı sıra A, C ve E vitaminlerini de bünyesinde barındırmaktadır (Matheus ve ark., 2022; Tardugno ve ark., 2022). Ayrıca, askorbik asit, karotenoidler, fenolikler ve tanenler gibi biyoaktif bileşenleri de yapısında bulundurmaktadır (Çalışkan ve Dirim, 2015; Bozkir ve ark., 2019). Meyvenin, zengin besin içeriğinin yanı sıra bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde, kolesterolü ve tansiyonun düşürülmesinde, sindirim sistemi hastalıklarının ve kanserin önlenmesinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Bölek ve Obuz, 2014; Khaled ve ark., 2020). Taze olarak tüketiminin yanında farklı şekillerde işlenmesi sonucunda reçel, marmelat, dondurma ve pasta yapımında kullanımına ilave olarak kurutulmuş haliyle müsli, aperatif ve kahvaltılık gevrek olarak da çeşitli tüketim alanları söz konusudur (Çelen, 2019; Senadeera ve ark., 2020). Çeşit bazında ele alındığında, tanen içeriği ve organoleptik özelliklerine göre buruk ve buruk olmayan hurma şeklinde sınıflandırılmaktadır (Anjum ve ark., 2021). *Fuyu* çeşidi, buruk olmayan bir hurma çeşidi olması sebebiyle tanen içermez ve olgunlaşması beklenmeden doğrudan taze olarak tüketilebilmektedir (Nugraheni ve Rahmawati, 2013; Khan ve ark., 2019). *Hachiya*, kalp biçiminde ve en yaygın bilinen buruk hurma çeşididir. Yüksek çözünür tanen içeriği nedeniyle serttir ve olgunlaşmadan yenildiğinde ağızda buruk bir tat bırakmaktadır (Nugraheni ve Rahmawati, 2013; Çalışkan ve Dirim, 2015). *Rojo Brillante* ise buruk bir hurma çeşidi olup, diğer hurma çeşitlerine kıyasla geniş çapı (7-9 cm), yüksek nem içeriği, yüksek glukoz ve fruktoz şeker içeriği sebebiyle mikrobiyal kontaminasyona karşı hassastır (Cárcel ve ark., 2007; Hernández-Carrión ve ark., 2015; Senadeera ve ark., 2020; Kayacan ve ark., 2020). Meyvede istenmeyen olumsuz değişimlerin önlenmesi, raf ömrünün uzatılması ve dört mevsim sürekli olarak tüketilebilmesini sağlamak için konserve, dondurma ve kurutma gibi muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın ve alternatif olarak kullanılan yöntem kurutmadır (Çalışkan ve Dirim, 2015; Kayacan ve ark., 2020). Trabzon hurması ile ilgili yapılan kurutma çalışmalarında; sıcak havayla (Akyıldız ve ark., 2004), güneşte açık alanda (Park ve ark., 2006), vakumla (Jung ve ark., 2005), dondurarak (Karaman ve ark., 2014), kombine mikrodalga-konvektif ve vakum-dondurarak kurutma (Jia ve ark., 2019) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler dışında infrared kurutma, daha kısa kurutma süresi, yüksek enerji verimliliği, düşük enerji tüketimi, basit işletim kolaylığı ve düşük yatırım maliyeti nedeniyle son zamanlarda popüler bir kurutma yöntemi haline gelmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009; Onwude ve ark., 2019). Trabzon hurmasında infrared kurutma yöntemi kullanılarak yapılan birkaç çalışma bulunmaktadır. Fadaie ve ark. (2020) infrared kurutmanın kütle transfer kinetiği ve kalite parametreleri (toplam renk değişimi, rehidrasyon oranı ve yoğunluğu) üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda ise, sıcak hava-infrared kombine kurutmanın kuruma kinetiği üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Mosavi Baygi ve ark., 2015; Salehi ve ark., 2017). Yapılan bu çalışmalarda, Trabzon hurmasının sadece tek bir çeşidi ele alınmış olup farklı hurma çeşitlerinin karşılaştırmalı olarak kuruma davranışlarını inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, Trabzon hurması çeşitlerinin farklı infrared radyasyon yoğunluklarında kuruma kinetikleri ve kalite değişimlerinin incelenmesi amaç olarak ele alınmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Çalışmada, *Rojo Brillante*, *Fuyu* ve *Hachiya* Trabzon hurması çeşitleri kullanılmış, Çanakkale'de üretim yapan yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Örnekler testler başlayıncaya kadar +4 °C sıcaklıkta buzdolabında depolanmış, kurutma denemeleri için yeterli miktarda örnek laboratuvar ortamına alınarak oda sıcaklığına ulaşması için 2 saat bekletilmiştir. Örneklerin ilk nem içerikleri 105 °C sıcaklıkta 24 saat etüvde tutularak belirlenmiş, ilk nem içeriği %82.33 (yaş baz) ( $4.56 \text{ kg}_{\text{su}} \text{ kg}_{\text{km}}^{-1}$ ) olarak tespit edilmiştir.

Infrared dalga boyunun ve farklı radyasyon yoğunluklarının ayarlanabilme özelliğine sahip laboratuvar ölçeğinde bir infrared kurutma düzeneği (Nasiroglu ve Kocabiyik, 2009) örneklerin kuruma davranışlarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Kurutma denemeleri 1037, 1210 ve 1407 W m<sup>-2</sup> infrared radyasyon yoğunluklarında (IP) ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m s<sup>-1</sup> hava hızında (Av) gerçekleştirilmiştir. Kurutma öncesinde örneklerin kabukları soyulup bir dilimleyici tarafından 5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Her bir denemede yaklaşık 250 g örnek kullanılmıştır. Kuruma süresince giriş hava sıcaklığı  $25 \pm 2$  °C olarak ölçülmüş ve herhangi bir ısıtma işlemi uygulanmamıştır. Kurutucu, her denemeden önce ayarlanmış ve kurutma koşullarının sağlanması amacıyla yaklaşık 10 dakika boyunca boşa çalıştırılmıştır. Dilimler, teflon malzemedeki yapılmış kurutma tepsisi üzerine (400 x 250 mm) ince bir tabaka halinde yerleştirilmiş (Kocabiyik ve Tezer, 2009) ve örneklerde oluşan

kütle değişimi 0.01 g hassasiyetle Precisa XT 1200C hassas terazi ile ölçülmüş ve Balint yazılımı yardımıyla 3 dk aralıklarla bilgisayara aktarılmıştır.

Yapılan çalışmalarda, Trabzon hurmasının son nem içeriğinin %25 ile %30 arasında olması gerektiği önerildiği için (Akyıldız ve ark., 2004; Bozkir ve ark., 2019), örnekler son nem içeriği %25 yb oluncaya kadar kurutulmuştur. Kurutma süresi, ürünün son nem içeriğine düşürmek için gereken süre olarak tanımlanmıştır. Örneklerin kuruma hızı aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kocabiyik ve Tezer, 2009).

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{d_t} \quad (1)$$

Burada;  $DR$ , kuruma hızını ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1} \text{dk}^{-1}$ );  $M_{t+dt}$ ,  $t+dt$  zamandaki nem içeriğini ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$ );  $M_t$ ,  $t$  anındaki nem içeriğini ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$ );  $d_t$ , kurutma periyodunda nem içeriğinin hesaplandığı zamanı (dk) ifade etmektedir.

Efektif difüzyon katsayısı  $D_{eff}$  ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ), kurutulmuş ürünün kaybettiği nemin yayılımıyla ilişkili bir parametredir. Gıdaların ince tabaka kurutma parametreleri Fick'in difüzyon eşitliği kullanılarak tanımlanmaktadır. Örneklerin efektif difüzyon katsayısı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \exp\left(\frac{-D_{eff}(2n+1)^2 \pi^2 t}{4L^2}\right) \quad (2)$$

$MR$ : nem oranı,  $M_t$ :  $t$  anındaki nem içeriği ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$ );  $M_e$ : kurutma koşullarındaki havanın denge nem içeriği ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$ );  $M_0$ : kurutmadan önceki nem içeriği ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{km}}^{-1}$ );  $D_{eff}$ : difüzyon katsayısı ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ );  $L$ : kurutulmuş ürünün yarı dilim kalınlığı (m);  $t$ : kurutma süresi (s)

Eşitlik (2) uzun kuruma süreleri için serinin ilk terimi alınarak basitleştirilirse ve Eşitlik (3) halini alır.

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (3)$$

Kurutma süresine karşı çizilen  $\ln(MR)$  grafiğinin eğimi  $k$  olmak üzere, Eşitlik (4)'e göre hesaplanmıştır.

$$D_{eff} = \frac{4k \cdot L^2}{\pi^2} \quad (4)$$

İnfrared kurutma sisteminin donanımlarının tüketmiş olduğu elektrik enerjisi dijital bir elektrik sayacı ile ölçülmüş ve tüketilen toplam enerji belirlenmiştir. Özgül enerji tüketimi, kuruma sırasında örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı olarak tanımlanmış, buharlaştırılan birim su  $\text{MJ kg}_{\text{su}}^{-1}$  olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Wang ve Sheng, 2006).

$$SEC = \frac{E_T}{M_W} \quad (5)$$

Burada;  $SEC$  ve  $E_T$  sırasıyla özgül enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimi,  $M_W$  ise buharlaştırılan suyun kütesidir.

Büzülme oranı, örneklerin kurutma öncesi ve sonrası hacimdeki değişimler baz alınarak değerlendirilmiştir. *Hachiya* ve *Rojo Brillante* çeşitleri için seçilen örneklerin boyutları dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve ortalama hacim değerleri belirlenmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009). *Fuyu*

çeşidinde ise hacim ölçümü dereceli silindirde taşıma yöntemi ve haşhaş tohumları kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin büzülme katsayıları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kocabiyik ve ark., 2015).

$$\%S = \frac{V_f - V_d}{V_f} 100 \quad (6)$$

Burada; %S: büzülme oranı.  $V_d$  ve  $V_f$  sırasıyla kurutulmuş ve taze Trabzon hurması dilimlerinin hacmini ifade etmektedir.

Kurutulmuş ürünlerin kalite parametrelerinden birisi de ürünün tekrar su alabilme yeteneği olan rehidrasyon özelliğidir. Kurutulmuş örnek gruplarından alınan 20 g örnek, 100 mL'lik beher içerisinde 35 °C'de izotermik su banyosunda saf su içerisinde 30 dakika boyunca bekletilerek rehidre edilmiştir. Rehidrasyon öncesi ve sonrası kütle değişiminden yararlanılarak rehidrasyon oranı aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009).

$$R_r = \frac{M_r}{M_d} \quad (7)$$

Burada;  $R_r$ : rehidrasyon oranı.  $M_d$  ve  $M_r$  sırasıyla kurutulmuş ve rehidre edilmiş Trabzon hurması dilimlerinin kütleleridir.

Kurutma öncesi ve sonrasında renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılacak olan 10 adet dilim örneği numaralandırılmış ve Minolta CR-400 Chroma meter (Minolta Co., Osaka, Japonya) ile CIE  $Lab^*$  renk uzayında  $L^*$  (parlaklık),  $a^*$  (kırmızılık/yeşillik) ve  $b^*$  (sarılık/mavilik) parametreleri ölçülmüştür. Toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Alibaş ve ark., 2021).

$$\Delta E = \sqrt{(L_r^* - L_d^*)^2 + (a_r^* - a_d^*)^2 + (b_r^* - b_d^*)^2} \quad (8)$$

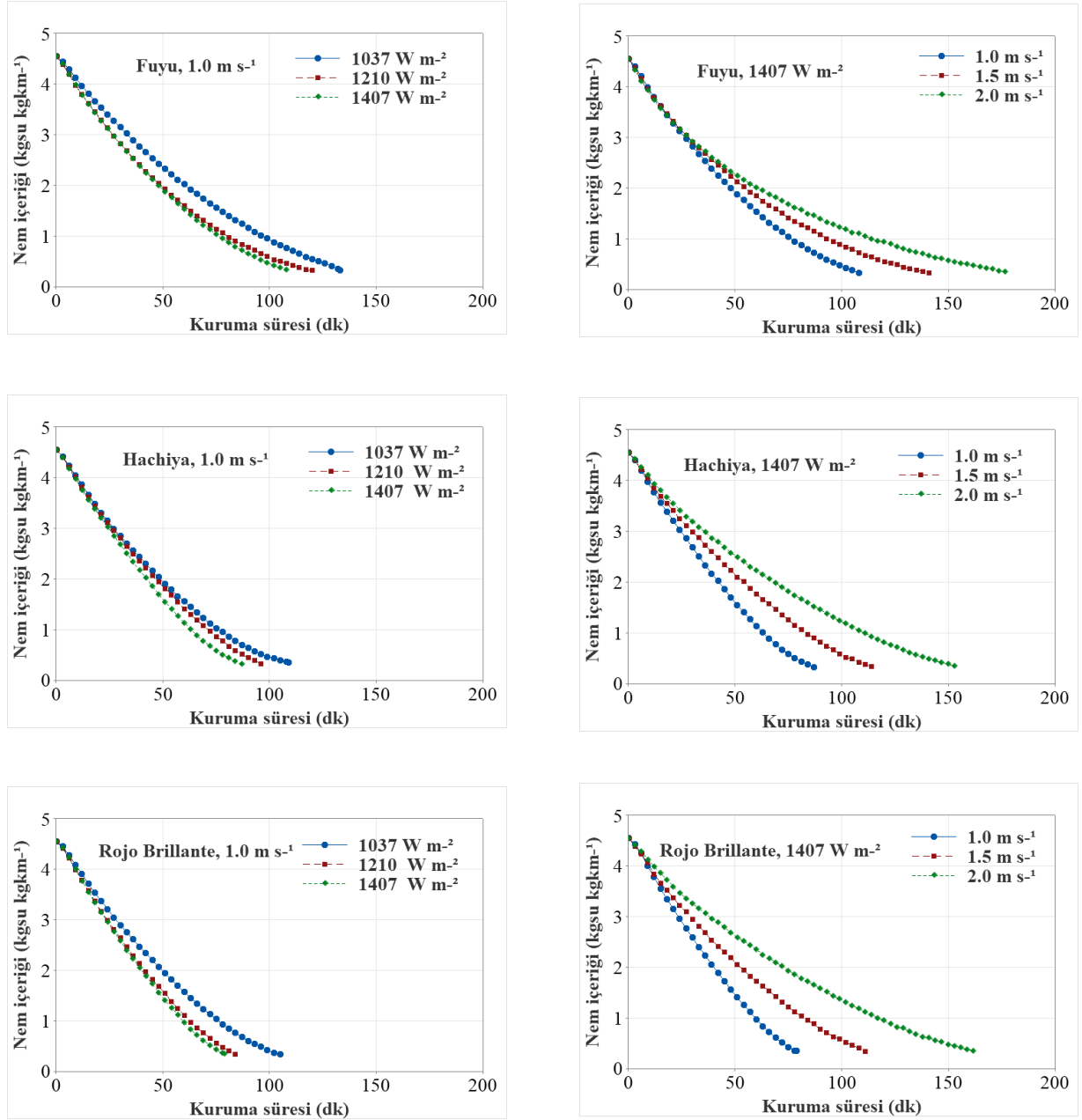
Burada;  $r$  indisiyle gösterilen değerler taze,  $d$  indisiyle gösterilen değerler ise kurutulmuş örneklerin renk parametreleridir.

Bağımsız değişkenlerin (IP ve Av) kurutma süresi,  $SEC$ ,  $D_{eff}$ ,  $R_r$ , %S ve  $\Delta E$  üzerindeki etkilerini saptamak amacıyla Minitab R21.4 istatistik yazılımı (StatSoft, Inc., Tulsa OK, ABD) kullanılarak %5 önemlilik düzeyinde ANOVA testi yapılmış ve ortalamalar arası farklılıklar %5 güven düzeyinde Tukey testiyle belirtilmiştir.

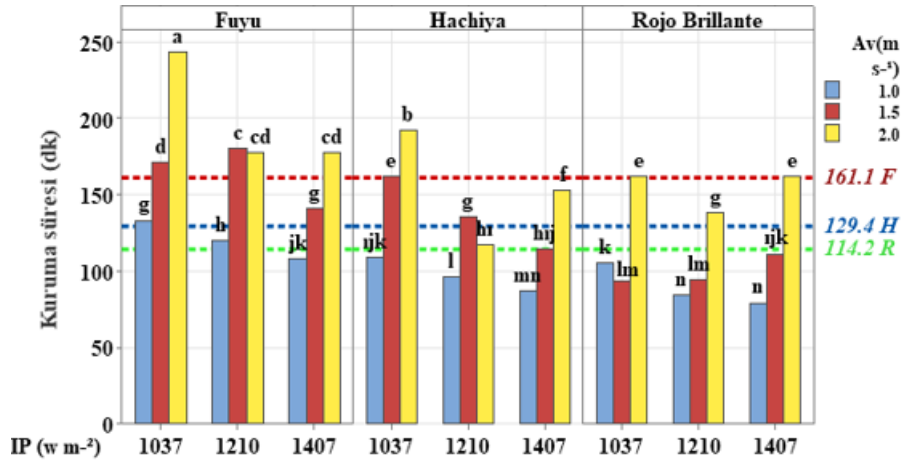
### Bulgular ve Tartışma

Hurma çeşidi, infrared radyasyon yoğunluğu (IP) ve hava hızına (Av) göre kuruma süresinin değişimi Şekil 2'de görülmektedir. *Fuyu* çeşidinde son nem içeriğine ulaşmak için gerekli olan kurutma süreleri 1037 - 1407 W m<sup>-2</sup> IP aralığında 1.0 m s<sup>-1</sup> hava hızı için 108 - 133 dk, 1.5 m s<sup>-1</sup> hava hızı için 141 - 180 dk ve 2.0 m s<sup>-1</sup> hava hızı için 177 - 243 dk arasında değişirken, aynı IP ve Av değerlerinde *Hachiya* için 87 - 109 dk, 114 - 162 dk ve 117 - 192 dk arasında, *Rojo Brillante* için ise 79 - 105 dk, 93 - 111 dk, 138 - 162 dk arasında değişmiştir. Infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla kuruma süreleri azalma eğilimi göstermiştir. Buna karşın, hava hızının artmasıyla kuruma süresinde uzama meydana gelmiştir (Kocabiyik ve Tezer, 2009; Nasıroğlu ve Kocabiyik, 2009; Kocabiyik ve ark., 2012; Kocabiyik ve ark., 2015). Sabit bir Av değerinde IP değerinin artmasıyla *Fuyu* çeşidinde yaklaşık olarak %23.15 - 37.29, *Hachiya* için %25.29 - 64.10 ve *Rojo Brillante* için ise %17.39 - 32.91 arasında kuruma sürelerinde azalma meydana gelmiştir. Buna karşılık, sabit IP'de Av değerinin artmasıyla aynı çeşitlerin kuruma sürelerinde yaklaşık olarak sırasıyla %50.00 - 82.71, %75.86 - 84.38 ve %64.29 - 105.06 oranında artış olmuştur (Şekil 1 ve 2). Hurma çeşidi, IP ve Av'nin kuruma süresi üzerine etkisi önemli olmuştur (P<0.05). Genel olarak *Rojo Brillante* çeşidi diğer çeşitlere göre daha kısa sürede kurumuştur. Salehi ve ark. (2017) sıcak hava (55-75 °C)- infrared (150-

375 W) kombine kurutma yöntemini kullanarak yapmış olduğu çalışmada, kurutma sıcaklığının ve radyasyon gücünün artmasıyla kuruma sürelerinde sırasıyla, %36 ve % 68.4 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. Doymaz (2012) Trabzon hurması dilimlerini konvektif olarak kuruttuğu çalışmada, 50, 60 ve 70 °C'deki örneklerin son nem içeriğine ulaşması için gereken kurutma sürelerini sırasıyla 450, 345 ve 240 dakika olarak tespit etmiştir. Karaaslan (2014) dilimlenmiş Trabzon hurmasını 5 farklı mikrodalga güç seviyesinde kuruttuğu çalışmada, mikrodalga güç seviyelerindeki artışla beraber kurutma sürelerinde azalma olduğunu bildirmiştir. Kaya ve ark. (2015) Trabzon hurmasını 40, 50 ve 60°C'de ve 0.5, 1.0 ve 1.5 m s<sup>-1</sup> hava hızında konvektif sıcak havayla kuruttukları çalışmada, hava hızının yükseltilmesiyle, kurutma sürelerinde %53 oranında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.



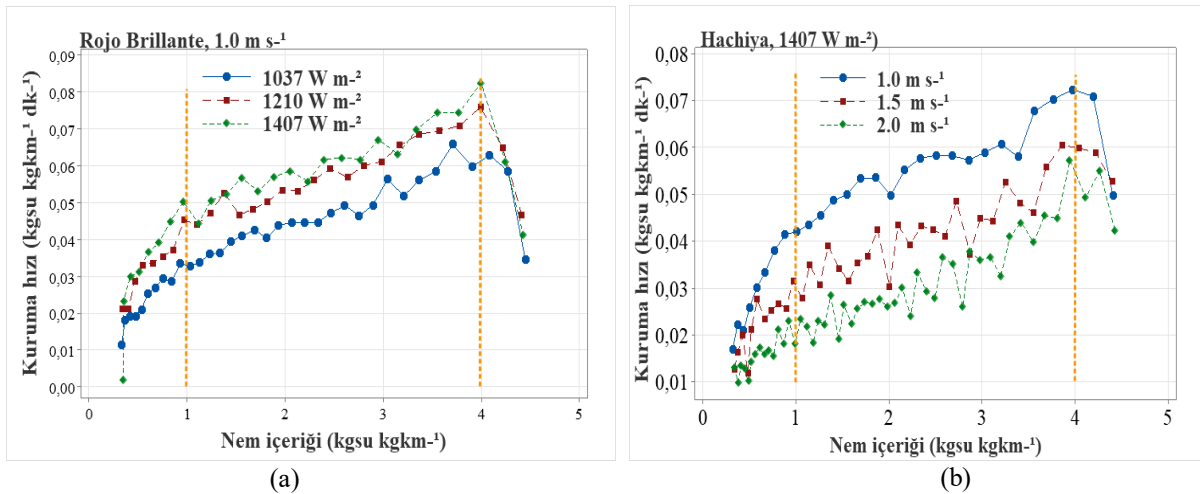
Şekil 1. Trabzon hurması çeşitlerinin kuruma süresine bağlı olarak nem içeriğindeki değişimleri  
Figure 1. Changes in moisture content of persimmon cultivars depending on drying time



Şekil 2. Trabzon hurması çeşidi, IP ve Av'ye göre kuruma süresinin değişimi (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- ort.)

Figure 2. Variation of drying time according to persimmon cultivar, IP and Av (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- mean)

Trabzon hurması dilimlerinin nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak kurutma hızı değişimleri Şekil 3'de görülmektedir. Bu kuruma eğrilerinde üç kuruma hızı evresi gözlenmiştir. Her üç hurma çeşidinde de, kurutma işleminin başlangıcında, kurutulan ürünün sıcaklığı kurutucu ortam sıcaklığı ile dengeye gelinceye kadar gözlenen ısınma periyodu, devamında materyalin iç kısımlarındaki nemin sabite yakın bir oranda azalmasıyla gözlenen sabit hızla kurutma periyodu ve kuruma hızının kademeli olarak azaldığı azalan hızda kuruma periyodu meydana geldiği açık bir şekilde görülmektedir. Sabit Av değerinde IP'nin artmasıyla kuruma hızı yüksek bir eğilim izlemiştir (Şekil 3a). Buna karşın sabit bir IP değerinde Av'nin artmasıyla kuruma hızı daha düşük eğilim göstermiştir (Şekil 3b). Nem içeriğindeki ve IP değerindeki azalma ile kuruma hızı da azalmıştır. Benzer şekilde, elma dilimlerinde Nowak ve Lewicki (2004), patatesten Afzal ve Abe (1999), soğan dilimlerinde Sharma ve ark. (2005), Pathare ve Sharma (2006), şeftalide Wang ve Sheng (2006) artan infrared radyasyon yoğunluğu ile kuruma hızının da arttığını bildirmişlerdir.



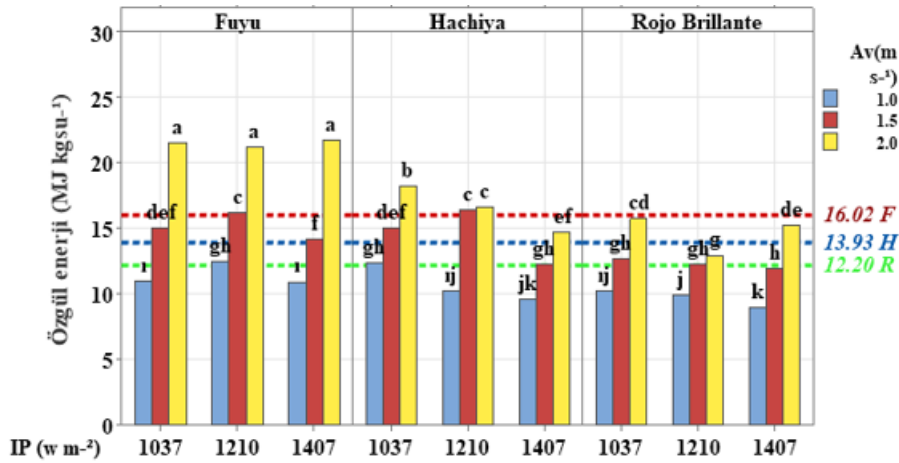
Şekil 3. Nem içeriğine bağlı olarak kurutma hızının değişimleri (a: Av: 1.0 m s<sup>-1</sup>; b: IP: 1407 W m<sup>-2</sup>)

Figure 3. Changes of drying rate depending on moisture content (a: Av: 1.0 m s<sup>-1</sup>; b: IP: 1407 W m<sup>-2</sup>)

Özgül enerji tüketim değerleri (*SEC*) tüm kurutma koşullarında *Fuyu* çeşidi için 10.91 - 21.73 MJ kg<sub>su</sub><sup>-1</sup>, *Hachiya* için 9.56 - 18.22 MJ kg<sub>su</sub><sup>-1</sup> ve *Rojo Brillante* için ise 8.95 - 15.72 MJ kg<sub>su</sub><sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 4). En yüksek özgül enerji tüketim değeri *Fuyu* çeşidinde 1407 W m<sup>-2</sup> IP ve 2.0 m s<sup>-1</sup> elde edilirken en düşük özgül enerji tüketim değeri *Rojo Brillante* çeşidi için 1407 W m<sup>-2</sup> IP ve 1.0 m s<sup>-1</sup> Av değerinde elde edilmiştir. Tüm çeşitlerde, sabit IP değerinde Av'nin artmasıyla



özgül enerji tüketimi değerleri artmıştır. Sabit bir IP değerinde Av değerinin artmasıyla *Fuyu* çeşidinde yaklaşık olarak %69.6 - 99.18, *Hachiya* için %47.65 - 62.66 ve *Rojo Brillante* için ise %30.44 - 70.06 arasında SEC değerinde artış meydana gelmiştir. Buna karşılık, sabit Av'de IP değerinin artmasıyla aynı çeşitlerin SEC değerlerinde yaklaşık olarak sırasıyla %2.5 - 14.63, %23.69 - 33.96 ve %6.37 - 21.48 oranında azalma olmuştur (Şekil 4). Nasiroğlu ve Kocabiyik (2009) kırmızı biber ile yapmış oldukları çalışmada, sabit Av'de IP'deki artışla birlikte SEC değerlerinin azaldığını belirtmiştir. Çeşit ve hava hızının özgül enerji tüketimi üzerindeki etkisi önemli olmuştur ( $P < 0.05$ ). Trabzon hurması dilimlerinin mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulmasına dair yapılan çalışmada özgül enerji tüketim değerinin 1.66 - 12.94 kWh kg<sub>su</sub><sup>-1</sup> (5.97 - 46.58 MJ kg<sub>su</sub><sup>-1</sup>) arasında değiştiği belirtilmiştir (Yılmaz, 2022). Çelen (2019) Trabzon hurmasını 120, 350, 460 ve 600 W'ta mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutmuş, mikrodalga güç seviyelerinin artmasıyla özgül enerji tüketimi değerlerinin azaldığını bildirmiştir.



Şekil 4. Özgül enerji tüketiminin Trabzon hurmasının çeşidi, IP ve Av'ye göre değişimi (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- ort.)

Figure 4. Variation of specific energy consumption according to persimmon variety, IP and Av (F: *Fuyu*, H: *Hachiya*, R: *Rojo Brillante*; ---- mean)

Trabzon hurması dilimlerinin efektif difüzyon katsayısı değerlerinin ( $D_{eff}$ ) çeşit, IP ve Av'ye göre değişimleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çeşitler ele alındığında,  $D_{eff}$  değerleri *Fuyu* çeşidi için  $2.58 \times 10^{-8}$  -  $5.97 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, *Hachiya* için  $3.27 \times 10^{-8}$  -  $7.52 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> ve *Rojo Brillante* için ise  $3.85 \times 10^{-8}$  -  $8.15 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Diğer çeşitlere kıyasla, *Rojo Brillante* çeşidinde  $D_{eff}$  değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun yanında, *Fuyu* ve *Hachiya* çeşitlerinde sabit Av'de IP değerlerinin artmasıyla  $D_{eff}$  değerlerinde artış eğilimi göstermiştir. Bu durum, ürün içerisindeki suyun daha kolay ve hızlı buharlaşmasına neden olmakta ve kuruma süresinin azalmasına etki etmektedir (Şekil 1 ve Çizelge 1). Doymaz (2012) 50, 60 ve 70 °C'de konvektif kurutucuyu yaptığı çalışmada, Trabzon hurmasının  $D_{eff}$  değerlerinin  $7.05 \times 10^{-11}$  -  $2.34 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> arasında değiştiğini saptamıştır. Kaya ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada hava hızının ve sıcaklığın artmasıyla birlikte  $D_{eff}$  değerlerinde artış gözlemlenmiş, üründen konveksiyonla transfer edilen kütle miktarının da arttığını ve buna bağlı olarak kuruma sürelerinde azalma olduğunu vurgulamıştır. Çelen (2019) farklı kalınlıklarda (5, 7 ve 9 mm) dilimlenen Trabzon hurmalarını mikrodalgayla kuruttuğu çalışmada,  $D_{eff}$  değerlerinin  $4.63 \times 10^{-6}$  -  $2.97 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> aralığında olduğunu belirlemiş, dilim kalınlıklarının ve mikrodalga güç seviyelerinin artmasıyla  $D_{eff}$  değerinde artış olduğunu ifade etmiştir.

Rehidrasyon oranı ( $R_r$ ), kurutulmuş ürünün tekrar suyu alabilme yeteneğinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinin rehidrasyon oranı değerleri *Fuyu* çeşidi için 1.91 - 2.30, *Hachiya* için 2.24 - 2.60 ve *Rojo Brillante* için 2.42 - 3.03 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Genel olarak çeşitler arasında *Rojo Brillante* en yüksek rehidrasyon oranı değerlerine sahip olurken, bunu sırasıyla *Hachiya* ve *Fuyu* çeşitleri takip etmiştir (Çizelge 1). En yüksek rehidrasyon oranı *Rojo Brillante* çeşidinde 1037 W m<sup>-2</sup> IP, 1.0 ve 1.5 m s<sup>-1</sup> Av etkileşimi ile 1210 W m<sup>-2</sup> IP ve 1.5 m s<sup>-1</sup> Av etkileşiminde elde edilmiştir. Buna karşın, en düşük rehidrasyon değerinin ise *Fuyu* çeşidinde 1037 W m<sup>-2</sup> IP ve 2.0 m s<sup>-1</sup> Av'nin etkileşim noktasında olduğu tespit

edilmiştir. Çeşit, IP faktörlerinin ve tüm faktör interaksiyonlarının rehidrasyon oranı üzerine etkisi önemli olmuş ( $P<0.05$ ), ancak Av'nin tek başına önemli bir etkisi olmamıştır. Trabzon hurmasının dondurarak, sıcak hava, kombine sıcak hava-mikrodalga yöntemleriyle kurutulduğu çalışmada rehidrasyon oranı değerleri sırasıyla 4.17, 3.39 ve 4.03 olarak bulunmuştur (Jia ve ark., 2019). Bozkir ve ark. (2019) çalışmasında 60 °C sıcaklıkta kurutulan *Kaki* cinsi Trabzon hurmasının rehidrasyon oranı değerini 1.80 olarak belirlemiştir.

Kurutma şartlarına bağlı olarak Trabzon hurması dilimlerinin büzülme değerleri (%S) Çizelge 1'de verilmiştir. Çeşitler ele alındığında, büzülme değerleri *Fuyu* çeşidi için % 47.4 - 77.8, *Hachiya* için % 56.4 - 68.3 ve *Rojo Brillante* için ise % 63.9 - 71.2 arasında değişmiştir. Çeşitler arasında ortalama en yüksek büzülme değeri, yani en yüksek hacimsel değişim *Rojo Brillante* çeşidinde olurken, ortalama en düşük büzülme *Hachiya* çeşidinde meydana gelmiştir. Ancak tüm çeşitler benzer büzülme eğilimi göstermiştir. En yüksek rehidrasyon oranı ve büzülme değerleri *Rojo Brillante* çeşidinde tespit edilmiştir. Bu durumun, çeşidin büzülmesi sırasında gözeneklerin daha az kapanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çeşit, IP ve Av değişkenlerinin bireysel ve interaksiyonlarının büzülme üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmamıştır ( $P<0.05$ ). Çelen (2019) mikrodalga kurutma yöntemini kullandığı çalışmada, Trabzon hurması dilimlerinin büzülme değerlerinin %30 - 75 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Senadeera ve ark. (2020) *Rojo Brillante* cinsi Trabzon hurmasının 6 mm kalınlığındaki dilimlerini konvektif olarak kuruttuğu çalışmada, sıcaklıkların artması ile büzülme değerlerinde azalma olduğunu belirlemiştir. Giovagnoli-Vicuña ve ark. (2017) Trabzon hurmasını 60 °C ve 1.5 m s<sup>-1</sup> hava hızında sıcak hava ile kuruttukları çalışmada, merkez ve yüzey kısımlarındaki hava akışının büzülme üzerindeki etkisini incelemişler ve en düşük büzülme değerinin, sıcak hava akışına daha az maruz kalan merkez bölgesinde (%23.2) olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 1. Trabzon hurması çeşitlerinin  $D_{eff}$ ,  $R_r$  ve %S değerleri

Table 1.  $D_{eff}$ ,  $R_r$  and %S values of persimmon cultivars

Çeşit	IP (W m <sup>-2</sup> )	Av (m s <sup>-1</sup> )	$D_{eff}$ (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	$R_r$	%S
<i>Fuyu</i>	1037	1.0	4.73x10 <sup>-8</sup> ns	2.13 fghij	47.4 ns
		1.5	3.72x10 <sup>-8</sup> ns	1.93 ij	75.0 ns
		2.0	2.58x10 <sup>-8</sup> ns	1.91 j	77.8 ns
	1210	1.0	5.57x10 <sup>-8</sup> ns	2.07 hij	75.0 ns
		1.5	3.54x10 <sup>-8</sup> ns	1.93 ij	60.0 ns
		2.0	3.52x10 <sup>-8</sup> ns	2.09 ghij	57.6 ns
	1407	1.0	5.97x10 <sup>-8</sup> ns	2.10 ghij	72.2 ns
		1.5	4.63x10 <sup>-8</sup> ns	2.20 fghij	76.2 ns
		2.0	3.49x10 <sup>-8</sup> ns	2.30 defghi	64.9 ns
<i>Hachiya</i>	1037	1.0	6.05x10 <sup>-8</sup> ns	2.50 bcdef	57.7 ns
		1.5	4.02x10 <sup>-8</sup> ns	2.41 cdefgh	68.3 ns
		2.0	3.27x10 <sup>-8</sup> ns	2.35 defgh	56.4 ns
	1210	1.0	6.61x10 <sup>-8</sup> ns	2.44 cdefg	62.4 ns
		1.5	4.71x10 <sup>-8</sup> ns	2.31 defgh	56.8 ns
		2.0	5.39x10 <sup>-8</sup> ns	2.60 bcde	64.3 ns
	1407	1.0	7.52x10 <sup>-8</sup> ns	2.44 cdefgh	65.5 ns
		1.5	5.54x10 <sup>-8</sup> ns	2.28 efghij	67.0 ns
		2.0	4.05x10 <sup>-8</sup> ns	2.24 efghij	62.8 ns
<i>Rojo Brillante</i>	1037	1.0	6.15x10 <sup>-8</sup> ns	3.03 a	65.7 ns
		1.5	7.01x10 <sup>-8</sup> ns	2.98 a	68.6 ns
		2.0	3.92x10 <sup>-8</sup> ns	2.83 ab	66.2 ns
	1210	1.0	7.52x10 <sup>-8</sup> ns	2.76 abc	67.2 ns
		1.5	6.76x10 <sup>-8</sup> ns	2.98 a	71.2 ns
		2.0	4.58x10 <sup>-8</sup> ns	2.60 bcde	67.7 ns
	1407	1.0	8.15x10 <sup>-8</sup> ns	2.48 bcdef	68.4 ns
		1.5	5.57x10 <sup>-8</sup> ns	2.67 abcd	70.8 ns
		2.0	3.85x10 <sup>-8</sup> ns	2.42 cdefgh	63.9 ns

Tukey testi: Aynı sütunda, aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında fark yoktur ( $p>0.05$ ).

ns: İstatistiki açıdan fark yoktur. Tukey test: There is no difference between the treatments shown with the same letters in the same column ( $p>0.05$ ). ns: No statistical difference.

Kurutulmuş Trabzon hurması dilimlerinin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) *Fuyu* çeşidi için 6.53 - 13.96, *Hachiya* için 13.65 - 21.01 ve *Rojo Brillante* için ise 7.64 - 16.34 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 2 ve Şekil 5). En yüksek ve en düşük toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) sırasıyla *Hachiya* ve *Fuyu* çeşidinde  $1407 \text{ W m}^{-2}$  IP'de,  $2.0 \text{ m s}^{-1}$  olduğu bulunmuştur. *Fuyu* çeşidinde  $1037 \text{ W m}^{-2}$  IP'de ve *Hachiya* çeşidinde  $1037 \text{ W m}^{-2}$  ve  $1407 \text{ W m}^{-2}$  IP değerinde Av'nin artmasıyla  $\Delta E$  artmıştır. Ancak, *Fuyu*  $1407 \text{ W m}^{-2}$  IP değerinde Av'deki artışla,  $\Delta E$  değeri azalmıştır. Ayrıca, tüm çeşitlerde  $1.0 \text{ m s}^{-1}$ 'de, IP değerlerinin artmasıyla  $\Delta E$  değerlerinde artışın yani renkte esmerleşmenin meydana geldiği görülmüştür. Faktörler içerisinde çeşidin renk değişimi üzerine etkisi önemli iken IP ve Av bireysel olarak renk değişimine etkisi önemsiz olmuştur. Bunlara ilave olarak, çeşit x IP, IP x Av ve çeşit x IP x Av faktör etkileşimleri renk değişimi üzerine önemli bir etkiye sahip olmuştur ( $P < 0.05$ ). Fadaie ve ark. (2020) infrared kurutma (200, 300 ve 400 W) yöntemi ile kurutulmuş Trabzon hurmalarının ortalama  $\Delta E$  değerlerinin 10.09 - 20.04 aralığında olduğunu tespit etmiştir. Yıldız ve ark. (2023) mikrodalga (100 W) ve konvektif (50 ve 100 °C) kurutma yöntemlerini kullandıkları çalışmada Trabzon hurması dilimlerinde 24.95 - 30.93 aralığında renk değişimi olduğunu belirtmişlerdir. Lim ve Eom (2022) Trabzon hurması dilimlerinin (3 mm) 30, 60 ve 90 °C'de sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulduğu çalışmada, 90 °C'de kurutulan örneklerin renk kaybının diğerlerine kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çelen (2019) dilim kalınlıklarının artmasıyla ürünlerdeki renk değişiminin azalma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.

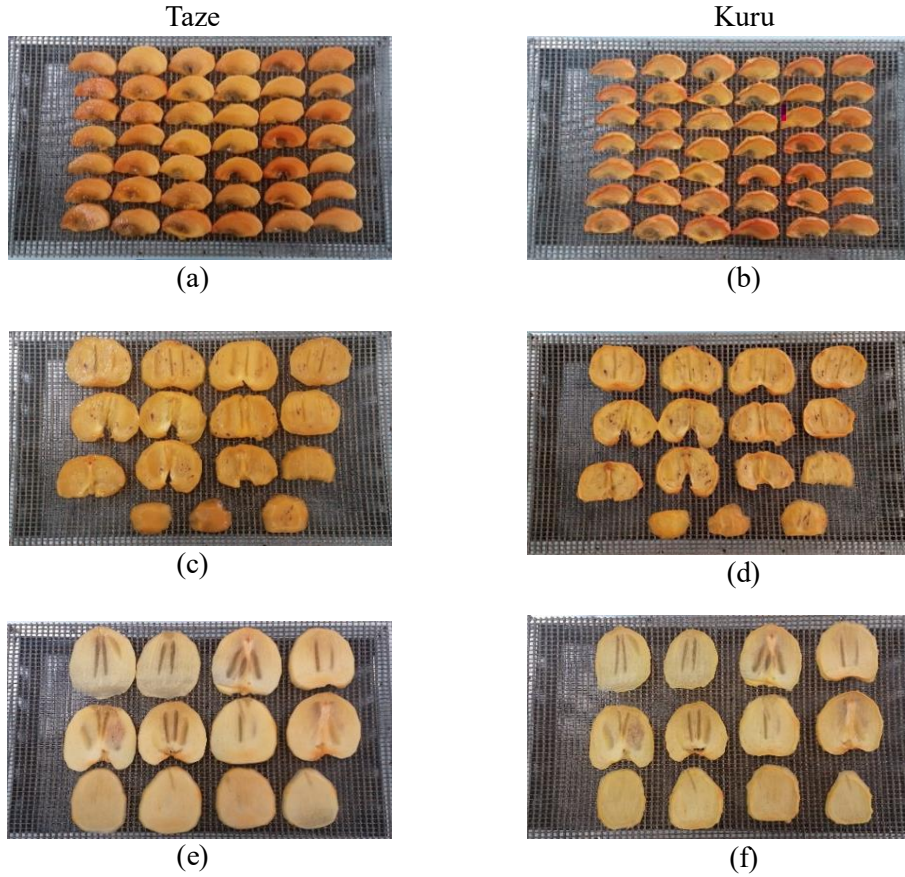
Çizelge 2. Trabzon hurması çeşitlerinin  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  ve  $\Delta E$  değerleri

Table 2.  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  and  $\Delta b$  values of persimmon cultivars

Çeşit	IP ( $\text{W m}^{-2}$ )	Av ( $\text{m s}^{-1}$ )	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
<i>Fuyu</i>	1037	1.0	0.31	-1.97	6.58	8.00 efg
		1.5	-4.16	-4.22	-5.43	8.64 defg
		2.0	-3.73	-4.03	-2.50	9.34 defg
	1210	1.0	-7.28	-3.37	-6.76	11.61 bcdefg
		1.5	-1.05	-4.15	-2.22	7.39 fg
		2.0	-8.40	-5.34	-8.44	13.61 abcdefg
	1407	1.0	-8.39	-4.62	-8.85	13.96 abcdefg
		1.5	-0.66	-4.08	0.85	6.97 fg
		2.0	-1.73	-3.74	-2.56	6.53 g
<i>Hachiya</i>	1037	1.0	-13.17	-1.81	-3.23	15.25 abcde
		1.5	-13.14	-1.19	-6.93	15.30 abcde
		2.0	-16.76	-1.93	-6.58	18.37 ab
	1210	1.0	-14.71	0.22	-4.55	15.88 abcd
		1.5	-11.73	-1.36	-3.1	13.65 abcdefg
		2.0	-14.20	-1.20	-3.35	14.74 abcdef
	1407	1.0	-6.29	-4.74	6.25	17.88 abc
		1.5	-17.32	-1.20	-7.56	19.09 ab
		2.0	-18.53	-1.14	-8.38	21.01 a
<i>Rojo Brillante</i>	1037	1.0	0.18	-3.72	-2.36	8.96 defg
		1.5	-5.54	-1.65	-2.95	7.64 efg
		2.0	-13.10	-3.47	-8.06	16.34 abcd
	1210	1.0	-3.67	-3.08	1.34	10.44 cdefg
		1.5	-9.86	-3.14	-10.22	14.69 abcdef
		2.0	-8.36	-2.07	-3.28	9.43 defg
	1407	1.0	-4.67	-3.13	0.81	12.08 bcdefg
		1.5	-8.10	-2.23	-8.86	12.52 bcdefg
		2.0	-5.94	-1.13	-5.08	9.81 defg

Tukey testi: Aynı sütunda, aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında fark yoktur ( $p > 0.05$ ).

Tukey test: There is no difference between the treatments shown with the same letters in the same column ( $p > 0.05$ ).



Şekil 5. Örneklerin taze- kuru görüntüleri (a,b: *Fuyu*, c,d: *Hachiya*, e,f: *Rojo Brillante*) (IP: 1210 W m<sup>-2</sup>; Av: 1.5 m s<sup>-1</sup>)

Figure 5. Fresh and dry images of the samples (a,b: *Fuyu*; c,d: *Hachiya*; e,f: *Rojo Brillante*) (IP: 1210 W m<sup>-2</sup>; Av: 1.5 m s<sup>-1</sup>)

### Sonuç ve Öneriler

Üç farklı infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızının Trabzon hurması *Fuyu*, *Hachiya* ve *Rojo Brillante* çeşitlerinin kuruma kinetikleri, efektif difüzyon katsayıları, özgül enerji tüketimleri, renk değişimleri, büzülme, rehidrasyon oranı gibi bazı parametreler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kuruma süresi, artan infrared radyasyon yoğunluğu ile azalırken, artan hava hızı ile artmıştır. Tüm çeşitler incelendiğinde, *Rojo Brillante* çeşidinde diğer çeşitlere kıyasla daha kısa kurutma süreleri elde edilirken, buna paralel olarak daha yüksek etkin nem difüzyon katsayısı değerleri ve daha düşük özgül enerji tüketim değerleri elde edilmiştir. Kalite parametreleri bazında değerlendirildiğinde ise, en yüksek rehidrasyon oranı *Rojo Brillante* çeşidinde, en düşük büzülme *Hachiya* çeşidinde ve en düşük toplam renk değişimi ise *Fuyu* çeşidinde tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, her üç çeşidinde kurutmalık olarak değerlendirilebileceği, ilave olarak *Rojo Brillante* çeşidinin kurutulması işletme özellikleri ve kalite parametreleri açısından diğer çeşitlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği bu nedenle bu çeşidin öncelikli kullanılabilirliği önerilebilir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

Afzal, T. M., Abe, T., 1999. Some fundamental attributes of far infrared radiation drying of potato. *Drying Technology*. 17(1-2): 138-155.

Akyıldız, A., Aksay, S., Benli, H., Kiroğlu, F., Fenercioğlu, H., 2004. Determination of changes in some

- characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. *Journal of Food Engineering*. 65(1): 95-99.
- Alibaş, İ., Yılmaz, A., Günaydın, S., Arkain, B., 2021. Influence of drying methods on drying kinetics and color parameters. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 9(5): 897-908.
- Anjum, N., Bhat, A., Hameed, F., 2021. Effect of drying methods on chemical composition, color and bioactive compounds of persimmon (*Diospyros kaki* L.) pulp. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 22 (39-40): 67-76.
- Bölek, S., Obuz, E., 2014. Quality characteristics of Trabzon persimmon dried at several temperatures and pretreated by different methods. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 38(2): 242-249.
- Bozkir, H., Ergün, A. R., Serdar, E., Metin, G., Baysal, T., 2019. Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry*. 54: 135-141.
- Butt, M. S., Sultan, M. T., Aziz, M., Naz, A., Ahmed, W., Kumar, N., Imran, M., 2015. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: hidden phytochemicals and health claims. *EXCLI Journal*. 14: 542-561.
- Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Riera, E., Mulet, A., 2007. Influence of high-intensity ultrasound on drying kinetics of persimmon. *Drying Technology*. 25(1): 185-193.
- Çelen, S., 2019. Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of Trabzon persimmon. *Foods*. 8(2): 84.
- Çalışkan, G., Dirim, S. N., 2015. Freeze drying kinetics of persimmon puree. *Gıda*. 40(1): 9-14.
- Doymaz, İ., 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy Conversion and Management*. 56: 199-205.
- Fadaie, M., Hosseini Ghaboos, S. H., Beheshti, B., 2020. Characterization of dried persimmon using infrared dryer and process modeling using genetic algorithm-artificial neural network method. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 17(100): 189-200.
- Giovagnoli-Vicuña, C., Moraga, N. O., Briones-Labarca, V., Pacheco-Pérez, P., 2017. Quality assessment and mathematical modeling of hot-air convective drying of persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit. *International Journal of Food Engineering*. 13(7): 20160333.
- Hernández-Carrión, M., Sanz, T., Hernando, I., Llorca, E., Fiszman, S. M., Quiles, A., 2015. New formulations of functional white sauces enriched with red sweet pepper: A rheological, microstructural and sensory study. *European Food Research and Technology*. 240: 1187-1202.
- Jia, Y., Khalifa, I., Hu, L., Zhu, W., Li, J., Li, K., Li, C., 2019. Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics: A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. *Food and Bioprocess Processing*. 118: 67-76.
- Jung, S. T., Park, Y. S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Gorinstein, S., 2005. Some essential phytochemicals and the antioxidant potential in fresh and dried persimmon. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 56(2): 105-113.
- Karaaslan, S., 2014. Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulmasında uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 9(1): 8-15.
- Karaman, S., Toker, O. S., Çam, M., Hayta, M., Doğan, M., Kayacier, A., 2014. Bioactive and physicochemical properties of persimmon as affected by drying methods. *Drying Technology*. 32(3): 258-267.
- Kaya, A., Kamer, M. S., Şahin, H. E., 2015. Trabzon hurmasının (*Diospyros kaki* L.) Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. *GIDA*. 40(1): 15-21.
- Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., Doymaz, I., Sagdic, O., 2020. Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, in vitro bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. *LWT-Food Science and Technology*. 118: 108830.
- Khaled, A. Y., Kabutey, A., Selvi, K. Ç., Mizera, Č., Hrabe, P., Herák, D., 2020. Application of computational intelligence in describing the drying kinetics of persimmon fruit (*Diospyros kaki*) during vacuum and hot air drying process. *Processes*. 8(5): 544.
- Khan, M. S. N., Durrani, Y., Hashmi, M. S., Muhammad, A., Uzair, M., Ali, S. A., Shalid, M., 2019. Influences of Antioxidants Treatments on Dried Persimmon Fruit. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28(11): 8679-8688.
- Kocabiyik, H., Tezer, D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. *International Journal of Food Science & Technology*. 44(5): 953-959.
- Kocabiyik, H., Sümer, S. K., Tuncel, N. B., Büyükcan, M. B., Yılmaz, N. 2012. İnfrared kurutma yönteminin domates kurutmada kullanılması ve kurutulmuş domatesin bazı kalite özellikleri ve özgül enerji tüketimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tübitak Projesi, Proje No:109O578*.
- Kocabiyik, H., Yılmaz, N., Tuncel, N. B., Sumer, S. K., Buyukcan, M. B., 2015. Drying, energy, and some physical and nutritional quality properties of tomatoes dried with short-infrared radiation. *Food and Bioprocess Technology*. 8: 516-525.
- Lim, Y. J., Eom, S. H., 2022. The different contributors to antioxidant activity in thermally dried flesh and peel

- of astringent persimmon fruit. *Antioxidants*. 11(3): 597.
- Matheus, J. R. V., Andrade, C. J. D., Miyahira, R. F., Fai, A. E. C., 2022. Persimmon (*Diospyros kaki L.*): Chemical properties, bioactive compounds and potential use in the development of new products- A review. *Food Reviews International*. 38(4): 384-401.
- Mosavi Baygi, S. F., Farahmand, A., Taghi Zadeh, M., Zia Foroghi, A., 2015. Modeling on hot air and infrared thin layers drying of persimmon slices. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 13(53): 161-171.
- Nasiroglu, S., Kocabiyik, H., 2009. Thin-layer infrared radiation drying of red pepper slices. *Journal of Food Process Engineering*. 32(1): 1-16.
- Nowak, D., Lewicki, P. P., 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 5(3): 353-360.
- Nugraheni, M., Rahmawati, F., 2013. Potential of *Dyospyros khaki* baverage as sources of natural antioxidant. *Pakistan Journal of Nutrition*. 12(7): 620.
- Onwude, D. I., Hashim, N., Abdan, K., Janius, R., Chen, G., 2019. The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *Journal of Food Engineering*. 241: 75-87.
- Park, Y. S., Jung, S. T., Kang, S. G., Delgado-Licon, E., Ayala, A. L. M., Tapia, M. S., Gorinstein, S., 2006. Drying of persimmons (*Diospyros kaki L.*) and the following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. *LWT-Food Science and Technology*. 39(7): 748-755.
- Pathare, P. B., Sharma, G. P., 2006. Effective moisture diffusivity of onion slices undergoing infrared convective drying. *Biosystems Engineering*. 93(3): 285-291.
- Salehi, F., Kashaninejad, M., Siahmansouri, P., Moradi, E., 2017. Moisture loss kinetics of persimmon during combined hot air-infrared drying process. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 14(2): 39-48.
- Senadeera, W., Adiletta, G., Önal, B., Di Matteo, M., Russo, P., 2020. Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*. 9(1): 101.
- Sharma, G. P., Verma, R. C., Pathare, P., 2005. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*. 71(3): 282-286.
- Tardugno, R., Gervasi, T., Nava, V., Cammilleri, G., Ferrantelli, V., Cicero, N., 2022. Nutritional and mineral composition of persimmon fruits (*Diospyros kaki L.*) from Central and Southern Italy. *Natural Product Research*. 36(20): 5168-5173.
- Wang, J., Sheng, K., 2006. Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT-Food Science and Technology*. 39(3): 247-255.
- Yildiz, E., Yılmaz, A., Gurbuz, O., Alibas, I., 2023. Effect of drying methods and pre-treatments on bioactive potential of persimmon (*Diospyros kaki L.*).
- Yılmaz, A. 2022. Doğal, konveksiyonlu, mikrodalga ve kombine mikrodalga-konveksiyonlu kurutma yöntemlerinin trabzon hurmasının biyoaktivitesi üzerine etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa Doktora Tezi, 171 s.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi  
**Salkım Özelliklerine Bazı Abiyotik Streslerin Etkisi:  
Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidi Örneği**

Elman Bahar<sup>1</sup>  İlknur Korkutal<sup>2\*</sup>  Cihan Abay<sup>3</sup> 

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

\*Sorumlu yazar: ikorkutal@nku.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.05.2024

Kabul Tarihi: 01.07.2024

### Öz

Araştırma, 2017 ve 2019 yıllarında, Barel Vineyards'a ait bağda, Cabernet-Sauvignon/110R aşı kombinasyonuna sahip 15 yaşındaki asmalar üzerinde yürütülmüştür. Araştırmada amaç; 3 farklı fenolojik dönemde (ben düşme, ben düşme-hasat ve hasat) uygulanan 3 abiyotik stresin (darbe, yaprak yaralama, UV-C) salkım özelliklerine etkisini belirlemektir. Beş gün süre ile asmalar 3 abiyotik strese tabi tutulmuştur; darbe (plastik çekiç ile 08:00'da bir kez ve 19:00'da bir kez 1 dk), yaprak yaralama (bir kez yaprakların esnek çubuk ile yaralanması) ve UV-C (08:00'de bir kez ve 19:00'de bir kez 1 dk) ve Kontrol. Uygulamaların ardından hasatlar 24.09.2017 ve 27.09.2019 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Salkım özelliklerini ortaya koymak için; salkımdaki tane sayısı (adet), salkım eni-boyu (cm), salkım ağırlığı (g), boşluklu-boşluksuz salkım hacmi (cm<sup>3</sup>) ve salkım sıklığı değerleri belirlenmiştir. Salkım sıklığı skala değerleri; <0.7 çok sık, 0.7-0.9 sık, 0.9-1.1 orta, 1.1-1.3 seyrek, >1.3 çok seyrek olarak incelenmiştir. Salkım sıklığı değerlerinin Darbe uygulamasında orta sık (0.95) grubunda; diğer uygulamalarda ise sık (UV-C, yaprak yaralama ve Kontrol; 0.74, 0.77 ve 0.86) grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Salkım ağırlığı en çok ben düşme döneminde (139.52 g) yapılan uygulamalarla düşmüştür. Diğer incelenen kriterler açısından da ben düşme döneminde yapılan stres uygulamalarıyla düşük değerler alınmıştır. Sonuç olarak; gerçekleştirilen abiyotik stres uygulamalarının salkım özellikleri üzerinde belirgin bir fark yaratmadığı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Abiyotik stres, üzüm salkımı, UV-C ışını, yaprak yaralama, darbe.

### **The Impact of Various Abiotic Stresses on Cluster Characteristics: A Case Study of the cv. Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.)**

#### **Abstract**

The research was conducted in 2017 and 2019 on 15 year old vines with the Cabernet-Sauvignon/110R graft combination, located in the vineyard owned by Barel Vineyards. The objective of the research was to evaluate the impact of three distinct abiotic stresses (shock action, leaf injury, UV-C irradiation) applied during three different phenological periods (veraison, veraison-harvest, and harvest) on cluster characteristics. For five days, the vines were subjected to the three abiotic stresses: shock action (using a plastic hammer at 08:00 AM and at 19:00 PM for 1 min each time), leaf injury (striking the leaves firmly once with a flexible stick), and UV-C irradiation (08:00 AM and 19:00 PM for 1 min each time), and a Control. The harvests were carried out on 24.09.2017 and 27.09.2019 following the applications. To reveal the characteristics of the cluster, the number of berries per cluster, cluster width-length (cm), cluster weight (g), cluster volume with and without spaces (cm<sup>3</sup>), and cluster compactness value were measured. Cluster compactness values were classified as follows: less than 0.7 as very compact, 0.7-0.9 as compact, 0.9-1.1 as medium, 1.1-1.3 as loose, and more than 1.3 as very loose. It has been determined that the cluster compactness values are in the medium group during the shock action (0.95) application, while they are in the compact group in other applications (UV-C, leaf injury and control; 0.74, 0.77 ve 0.86). Cluster weight decreased the most with applications during the veraison period (139.52 g). Lower values were also observed for the other examined criteria with stress applications during the veraison. In conclusion, the applied abiotic stress treatments did not significantly affect cluster characteristics.

**Keywords:** Abiotic stress, grape bunch, UV-C radiation, leaf injury, shock action.

Dünya üzerinde önemli bir ekonomik değere sahip olan bağcılık; farklı streslerin baskısı altındadır (Bernardo ve ark., 2018). Özellikle Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden en çok etkilenen bölgelerden biri olduğu kabul edilmekte ve asmalarda abiyotik streslere neden olan bu tür aşırı koşulların gelecekte daha da yoğunlaşması beklenmektedir (Xyrafis ve ark., 2022). Abiyotik stresler, bir bitkinin büyümesi ve verimini azaltan çevre koşulları olarak tanımlanmakta, asma da bu stres faktörlerine geniş uyum gösterebilme özelliğine sahip bir bitki türü olarak tanınmaktadır (Ollat ve ark., 2019).

İklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan kuraklık (Lopez ve ark., 2001; Chaves ve ark., 2010) ve sıcaklık (Williams ve Baeza, 2007) gibi abiyotik stresler; verim ve kaliteyi önemli derecede etkileyen unsurlardır (Kizildeniz ve ark., 2015; Albasha ve Bartlett, 2024). Benzer şekilde tuzluluk (Aazami ve ark., 2023) ve atmosferdeki yüksek CO<sub>2</sub> değişimi (Bindi ve ark., 1996) de önemli abiyotik stresler arasında sayılmakta ve görülen bu abiyotik stresler asmada tüm bitki organlarının büyüme ve gelişim seyrini değiştirmektedir (Ferrandino ve Lovisolo, 2014). Buna örnek olarak; tane boyutu, kabuk-meyve eti ile tane-çekirdek oranı verilebilir (Matthews ve Nuzzo, 2007). Bu streslerin süresi, sıklığı, bitkinin hangi gelişim aşamasında olduğu ve genetik yapısı gibi faktörler, bitkinin strese cevabını belirlemektedir (Mickelbart ve ark., 2015). UV'nin güçlü bir abiyotik uyaran olduğu Langcake ve Pryce (1977) tarafından bildirilmiştir. Duarte-Sierra ve ark. (2019) da, UV-C ışınının hasat sonrası meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatabileceği ve aynı zamanda sekonder metabolit üretimini uyaran bir araç olduğunu bildirmişlerdir.

Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde hasat sonrası UV-C uygulamasının Gindri ve ark. (2021), antosiyanin ve kalite artışı sağlamakta kullanılabileceğini işaret etmişlerdir. Benzer şekilde Crupi ve ark. (2013) hasat sonrası UV-C uygulamışlar ve depo koşullarındaki üzümün polifenol içeriğinin; Ranjbaran ve ark. (2021) üzüm kabuğunda toplam fenolik madde içeriğinin ve sofralık üzümlerin antioksidan kapasitesinin artış gösterdiğini ve depolama sırasında da bu seviyenin değişmediğini belirlemişlerdir. Öte yandan mekanik titreşim (vibrasyon) uygulamasının paketlenen üzümlerde kaliteye etkileri Jung ve ark. (2018) tarafından araştırılmıştır. Üzümler, soğuk hava deposunda muhafaza edildiğinde titreşime maruz bırakılmış üzümlerin, titreşim uygulanmayanlardan daha hızlı olgunlaşıp bozunmaya başlayabileceğini tespit etmişlerdir. Candar (2022), Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde farklı sıra yönlerinde ve farklı gelişim dönemlerinde yaprak yaralama işlemi gerçekleştirmiş, uygulamaların özellikle salkımları etkilediğini vurgulamıştır. Üç kez üstüste (hasattan 15 gün önce doğu+5 gün önce batı+3 gün önce doğu) yapılan yaprak yaralama sonucunda salkım eni, boyu, ağırlığı ve salkımdaki tane sayısının diğer uygulamalardan çok daha düşük olduğunu belirlemiştir. Ayrıca Bahar ve ark. (2024) yaprak yaralama, yaprak alma, darbe, titreşim, UV-C gibi abiyotik; ayrıca *Botrytis cinerea* inokülasyonu gibi biyotik stresin üzüm kalitesini artırmak için uygulanabileceğini saptamışlardır. Benzer şekilde Candar (2024) asma üzerinde gerçekleştirilen abiyotik stres uygulamalarının, aynı zamanda insan sağlığına yararlı olan sekonder metabolitlerin üretimine de katkı sağladığını bildirmiştir.

Bu araştırma kapsamında; kontrol, darbe, yaprak yaralama, UV-C ışını olmak üzere 4 farklı abiyotik stres uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar bağ koşullarında bulunan asmalara beş gün süreyle ve üç farklı gelişme döneminde (ben düşme, ben düşme-hasat ve hasat) uygulanmıştır. Yapılan uygulamaların Cabernet-Sauvignon/110R asmalarının salkım özelliklerini değiştirip değiştirmediği ortaya konmuştur.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Deneme, Tekirdağ Barel Vineyards (41° 01' 11.15 N ve 27° 40' 18 E) bağlarında, Cabernet-Sauvignon/110R aşu kombinasyonuna sahip 15 yaşlı omcalarla tesis edilmiştir. Dikim aralık ve mesafesi 2.6 x 0.9 m olan omcalar çift kollu Kordon Royat terbiye şekline sahiptir (Şekil 1).

Uzun yıllar (1991-2020) ortalamalarından yola çıkarak hesaplanan Winkler İndeksi (IW) değeri 2372.9 gün-derece olmuştur. Denemenin ilk yılı (2017) için bu değer 2009.00 gün-derece ve ikinci yılı (2019) için de 2201.6 gün-derece olarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle her iki deneme yılı IW değerlerinin uzun yıllar ortalama değerlerinden biraz düşük seyrettiği söylenebilir.





Şekil 1. Deneme bağı ve Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidi salkımları (Cihan Abay orijinal fotoğraf, 2017).  
Figure 1. Experimental vineyard and Cabernet-Sauvignon cv.'s clusters (Original photograph by Cihan Abay, 2017).

### Bitkisel materyal

**Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidi:** Bordeaux bölgesi orijinli bir şaraplık üzüm çeşididir. Cabernet Franc x Sauvignon Blanc melezlemesi sonucu 1929'da elde edilmiştir. Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidi, Dünya şaraplık üzüm üretiminde kırmızı şaraplık üzüm çeşitleri arasında birinci sırada yer almaktadır (Anderson ve Aryal, 2013). Gözleri geç uyanır, kurağa karşı hassastır ve aşırı olgunlukta taneleri dökülebilir. Mildiyöye orta derecede duyarlı, Gri çürüklüğe oldukça dayanıklı ancak Külleme, Eutypa ve Ölükol hastalıklarına oldukça duyarlıdır. Salkım şekli silindirik-konik ve kanatlıdır. Salkımlarının ortalama boyu 8 cm olup, 80-90 g arasında salkım ağırlığına sahiptir. Salkım sıklığı “sık” olarak tanımlanmıştır. Yuvarlak ve mavi-siyah renkli taneleri oldukça pulslu bir görünümündedir. Orta mevsimde olgunlaşan bir üzüm çeşididir (Bahar, 2004; VIVC, 2024; Plantgrape, 2024).

**110 R (110 Richter) anacı:** *Vitis berlandieri* cv. Rösséguier no2 x *Vitis rupestris* cv. Martin melezlemesi sonucu 1902 yılında Franz Richter tarafından elde edilmiştir. 110R anacı gelişimi kuvvetlidir, üzerine aşılana çeşidi geç olgunlaştırır ve kurağa çok dayanıklıdır. Kök filokserasına çok dayanıklı ancak nematodlara orta derecede dayanıklıdır. Kirece orta derecede dayanıklı olup aşırı neme hassastır. Bu anaç şist içeren, kuru, fakir ve taşlı topraklarda iyi yetişir (Bahar, 2004; VIVC, 2024; Plantgrape, 2024).

### Yöntem

Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre planlanan denemede Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidi kullanılmıştır. Deneme üç tekerrürlü olup her tekerrürde 3 asma, 3 gelişme dönemi ve kontrol dahil 4 abiyotik stres uygulamasını içermektedir. Asmalar homojen olarak seçilmiş ve deneme 2 yıl (2017 ve 2019) sürdürülmüştür.

### Abiyotik stres uygulamaları

- **Kontrol (K):** Bu gruptaki omcalara herhangi bir uygulama yapılmamıştır.
- **Darbe:** Plastik çekiç kullanarak omcanın ana kollarına ve gövdesine 3 farklı dönemde; 5 gün, günde iki kez ve 1 dakika süreyle vurulmuştur. Omcanın bütünlüğüne zarar verilmemiştir (Şekil 2).
- **UV-C Işımı (UV-C):** Dikdörtgen şeklinde ışık geçirmeyecek şekilde çatı yalıtım malzemesi membran ile örtülen portatif bir kabin oluşturulmuştur. Hazırlanan kabin içerisine UV-C lambası (254nm, 30watt) monte edilmiştir (Langcake ve Pryce, 1977). Bu kabin ile 3 farklı dönemde 5 gün süreyle sabah-akşam günde bir kez 1 dk UV-C ışımı uygulanmıştır (Şekil 2).
- **Yaprak yaralama (YY):** Bu işlem için 2 cm çapında orta sertlikte esnek bir çubuk hazırlanmış ve her yönden yırtılacak kadar güç uygulanarak yapraklara vurulmuştur. Üç uygulama döneminde, bir kez yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Abiyotik stres uygulamalarının yapılışı; darbe, UV-C ışını, yaprak yaralama  
Figure 2. The application of abiotic stress; shock action, UV-C radiation, leaf injury

#### Fenolojik gelişme dönemleri

- **Ben düşme (BD):** EL 35 aşamasıdır.
- **Ben düşme + Hasat (BD+H):** EL 35-EL 38 arası dönemdir.
- **Hasat (H):** EL 38 aşamasıdır (Coombe, 1995).

#### Salkım ölçümleri

Abiyotik stres uygulamaları sonrası; hasatlar 24.09.2017 ve 27.09.2019 tarihlerinde gerçekleştirilmiş ve salkımlar laboratuvara getirilip ölçüm, sayım ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Denemede kullanılan her omcadan 2'şer salkım alınmış ve bir salkımı oluşturan tanelerin sayısı adet olarak verilmiştir. Salkım eni-boyu cetvel ile cm olarak ölçülmüş ve salkım ağırlığı 0,01g duyarlı hassas terazide tartılmıştır (OIV, 2009; Altın Dünya ve Dardeniz, 2023). Salkım hacmi boşluklu ve boşluksuz olarak belirlenmiştir. Boşluklu salkım hacmini (cm<sup>3</sup>) belirlemek için salkımlar şeffaf ve ince bir poşet içine konularak, su dolu mezüre daldırılmış dışarıya akan su toplanarak hacim ölçülmüştür. Boşluksuz salkım hacmi (cm<sup>3</sup>) için de salkımlar (poşetsiz) olarak aynı işleme tabi tutulmuştur (OIV, 2009).

Salkım sıklığını belirlemek için Bahar ve ark. (2023) tarafından oluşturulan salkım sıklığı formülü (Eşitlik 1) kullanılmıştır. Salkım sıklığı; >1.3 çok seyrek; 1.3-1.1 seyrek; 1.1-0.9 orta; 0.9-0.7 sık ve <0.7 çok sık skalasıyla belirlenmiştir.

$$\text{Salkım Sıklığı} = A - B - 1$$

(1)

$$A = (\text{Boşluklu Salkım Hacmi} / \text{Salkımdaki Tane Sayısı} \times \text{Tane Hacmi}) - (\text{Boşluksuz Salkım Hacmi} / \text{Salkımdaki Tane Sayısı} \times \text{Tane Hacmi})$$

$$B = (\text{Boşluksuz Salkım Hacmi} / \text{Salkımdaki Tane Sayısı} \times \text{Tane Hacmi} \times 0,1) - (\text{Tane Hacmi})$$

#### İstatistik Analizler

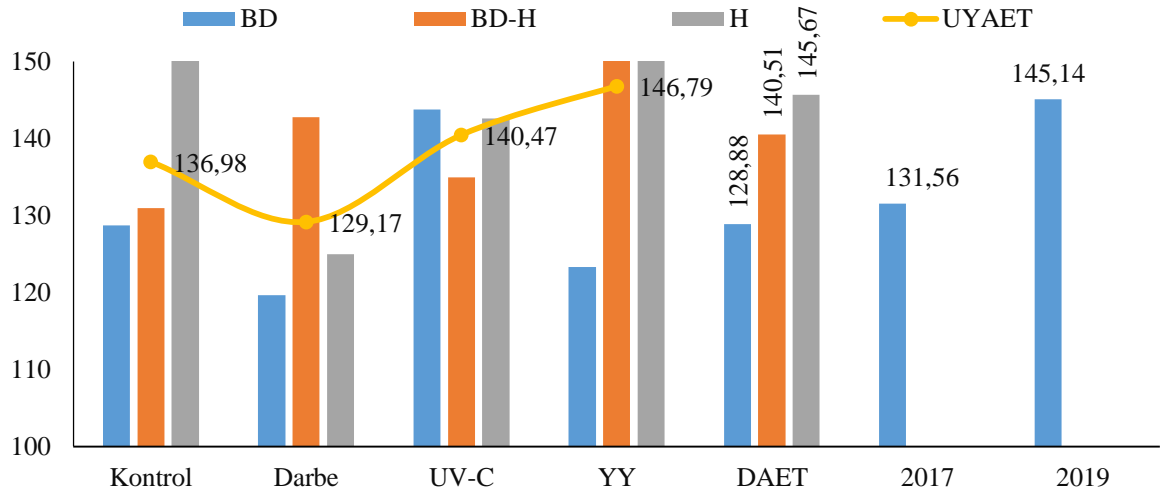
İki yıllık veriler MSTATC Software ile değerlendirilip, yapılan uygulamaların birbirinden farkı LSD testi ile ortaya konmuştur.

#### Bulgular ve Tartışma

##### Salkımdaki tane sayısı (adet)

Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde, 2017 ve 2019 yıllarında, 3 dönemde gerçekleştirilen 4 farklı stres uygulamasının salkımdaki tane sayısına etkisi istatistik olarak önemli bulunmamıştır. İncelenen ana etkiler ve bunların interaksyonlarının da önemli olmadığı görülmüştür. Ancak Uygulama x Dönem interaksyonu açısından rakamsal olarak H (Hasat) döneminde YY (Yaprak Yaralama) uygulaması ile salkımdaki tane sayısı 146.55 adet olarak tespit edilmiştir. Dönem x Uygulama x Yıl interaksyonu açısından ise 2019 x H x YY uygulama interaksyonunun salkımdaki tane sayısı yüksek değeri (181,03 adet) verdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde bu değer 2017 x BD+H x YY'ten 154.29 adet olarak saptanmıştır. Dönemler açısından incelendiğinde sıralamanın küçükten büyüğe BD (128.88 adet), BD+H (140.51 adet) ve H (145.67 adet) şeklinde sıralandığı görülmüştür.

Stres uygulamaları sıralaması için ise küçükten büyüğe Darbe (129.17 adet), Kontrol (136.98 adet), UV-C (140.47 adet) ve YY (146.79 adet) sıralandığı görülmüştür (Şekil 3).



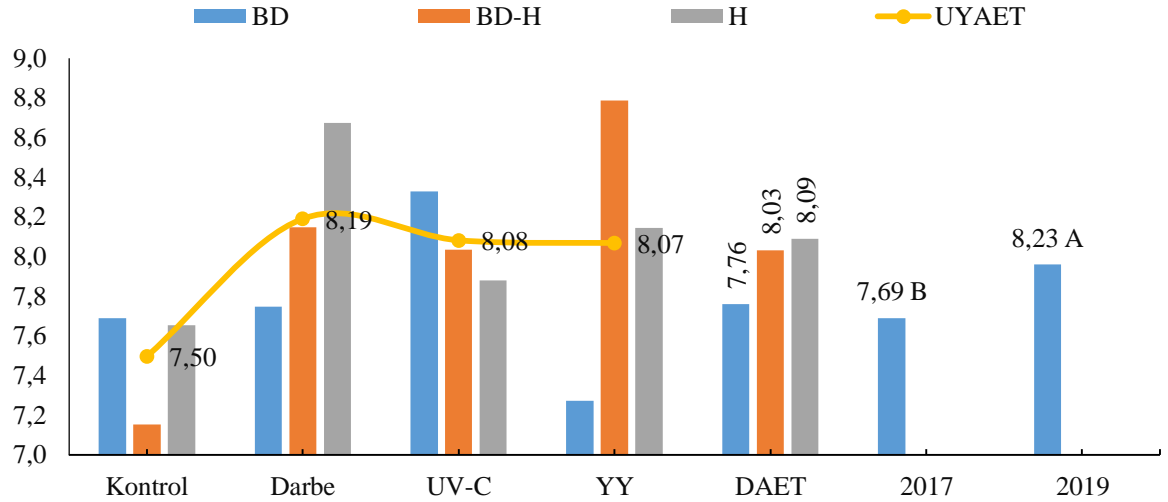
Şekil 3. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre salkımdaki tane sayısına etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET)

Figure 3. The effects of abiotic stress applications on the number of berries per cluster in 2017 and 2019 by phenological stages

Araştırma bulguları Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde salkımdaki tane sayısının 120.87 adet (Bahar ve Öner, 2016), 141.93 adet (Bahar ve ark., 2023) ve 82.66 adet (Candar, 2022) olduğunu belirten araştırmacıların bulguları ile benzer aralıktadır. Ayrıca Korkutal ve ark. (2020) Cabernet-Sauvignon çeşidinde farklı gelişme dönemlerinde salkımdaki tane sayısının BD 157.00 adet, Yarı Olgunluk (YO) 175.00 adet ve Olgunluk Öncesi (OÖ) 146.89 adet olduğunu bildirdikleri bulgularıyla da benzerlik içinde olduğu belirlenmiştir.

#### Salkım eni (cm)

Salkım eninde DAET ve UYAET ile birlikte Dönem x Uygulama, Uygulama x Yıl, Dönem X Yıl ve Dönem X Uygulama x Yıl interaksiyonları etkilerinin istatistik olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ancak UYAET'nin salkım eni üzerine önemli etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4). Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde salkım eni bakımından, 2017 (7.69 cm) ve 2019 (8.23 cm) yılları arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir. 2017 yılında, salkım eni değeri küçülmüştür. İstatistik olarak önemli olmamakla beraber, UYAET açısından incelendiğinde küçükten büyüğe Kontrol (7.50 cm), YY (8.07 cm), UV-C (8.08 cm) ve Darbe (8.19 cm) uygulaması şeklinde sıralandığı kaydedilmiştir. Dönem x Uygulama interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Ancak rakamsal olarak yüksek salkım eni BD+H x YY (8.79 cm) interaksiyonundan; küçük değer ise BD+H x K (7.15 cm) interaksiyonundan alınmıştır. DAET açısından istatistik fark bulunmamıştır. Ancak salkım eni değerleri küçükten büyüğe BD (7.76 cm), BD+H (8.03 cm) ve H (8.09 cm) şeklinde sıralanmıştır. Elde edilmiş olan salkım eni değerleri; 10.25 cm (Bahar ve Öner, 2016), 7.50 cm (Candar, 2022), 8.64 cm (Bahar ve ark., 2023) ve 10.24 cm (Yaşasın, 2010) olduğunu belirten araştırmacıların bulguları ile benzer aralıktadır. Öte yandan Korkutal ve ark. (2020)'nin Cabernet-Sauvignon çeşidinde farklı gelişme dönemlerindeki salkım eni değerlerinin BD 8.72 cm, YO 8.44 cm ve OÖ 8.00 cm olduğunu bildirdikleri bulgularıyla da uyumlu olduğu belirlenmiştir. OIV 203 nolu kod değerine göre salkım eni değerlerinin dar (8 mm) ile orta (12 mm) arasında olduğu belirlenmiştir (OIV, 2009).



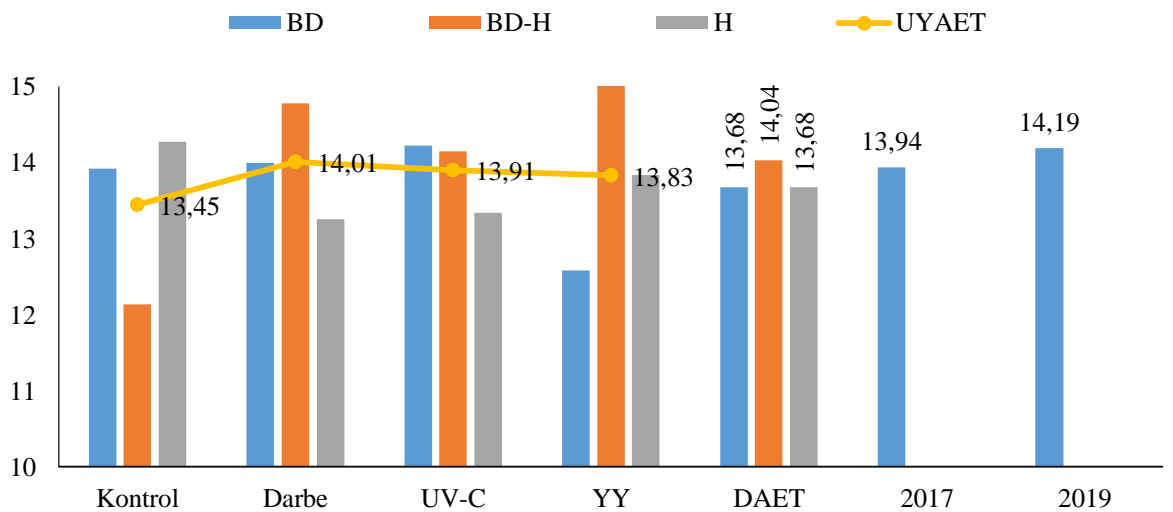
Şekil 4. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre salkım enine etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET), LSD %1=1.767787

Figure 4. The effects of abiotic stress applications on the cluster width in 2017 and 2019 by phenological stages

### Salkım boyu (cm)

Salkım boyu bakımından abiyotik stres uygulamaları, dönemleri ve yılları ile bunların interaksiyon etkilerinin istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 5). Cabernet-Sauvignon çeşidinde salkım boyları UYAET'e göre istatistik olarak önemli olmayıp; küçük değerden büyüğe YY (13.62 cm), K (13.98 cm), UV-C (14.20 cm) ve Darbe (14.45 cm) şeklinde bir dizilişe sahip olmuştur. Yine istatistik olarak önemli olmamakla birlikte DAET sıralaması BD (13.68 cm), H (14.23 cm) ve BD+H (14.28 cm) şeklinde gerçekleşmiştir. YAET açısından da salkım boyu değerleri 2017 yılında 13.94 cm ve 2019 yılında 13.15 cm olmuştur. Dönem x Uygulama x Yıl interaksiyonu açısından elde edilen en küçük salkım boyu BD x YY x 2019 (12.00 cm) interaksiyonuna ait olmuştur.

Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinden elde edilmiş olan salkım boyu değeri, 15.69 cm (Yaşasın, 2010), 15.27 cm (Bahar ve Öner, 2016), 10.41 cm (Candar, 2022) ve 16.05 cm (Bahar ve ark., 2023) olduğunu belirten araştırmacıların bulguları ile benzer aralıktadır. Aynı zamanda Cabernet-Sauvignon çeşidinde farklı gelişme dönemlerinde salkım boyunun BD 15.44 cm, YO 15.11 cm ve OÖ 15.11 cm olduğu (Korkutal ve ark., 2020) bulgularıyla da uyum içinde olduğu kaydedilmiştir. OIV 202 nolu kod değerine göre kısa-orta (12-16 mm arasında) grubunda yer aldığı belirlenmiştir (OIV, 2009).



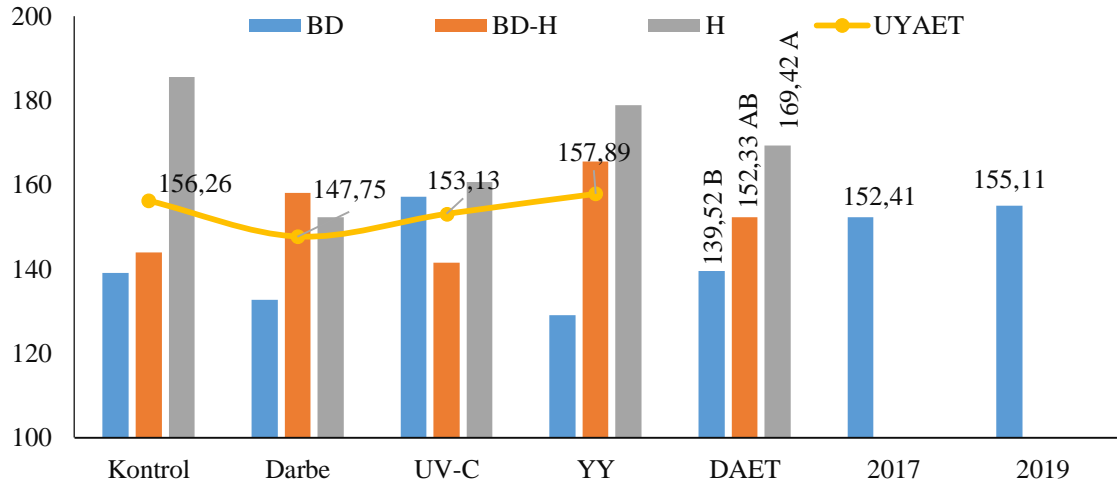
Şekil 5. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre salkım boyuna etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET)

Figure 5. The effects of abiotic stress applications on the cluster length in 2017 and 2019 by phenological stages

**Salkım ağırlığı (g)**

DAET açısından abiyotik stres uygulamalarının salkım ağırlığına etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer ana etki ve etkileşimler ise önemli bulunmamıştır (Şekil 6).

Salkım ağırlığını en düşüren BD (139.52 g) dönemi olmuştur. Bunun ardından BD+H (152.33 g) dönemi ve H dönemi (169.42 g) gelmiştir. UYAET açısından istatistik olarak önemli olmamakla beraber rakamsal olarak salkım ağırlıkları; Darbe (147.7 g), UV-C (153.1 g), K (156.2 g) ve YY (157.8) şeklinde sıralanmıştır. YAET açısından da salkım ağırlığı 152.4 g değeri ile 2017 yılından; 155.1 g değeri ile 2019 yılından elde edilmiştir. Uygulama x Yıl etkileşiminden elde edilen düşük salkım ağırlığı değeri 145.8 g değeri ile Darbe x 2019 etkileşimine ait olmuştur. Yine elde edilen küçük salkım ağırlığı değerinin olduğu Dönem x Uygulama x Yıl etkileşimi BD x Darbe x 2019 etkileşimi olarak kaydedilmiştir.



Şekil 6. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre salkım ağırlığına etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET) LSD %1=1.677224

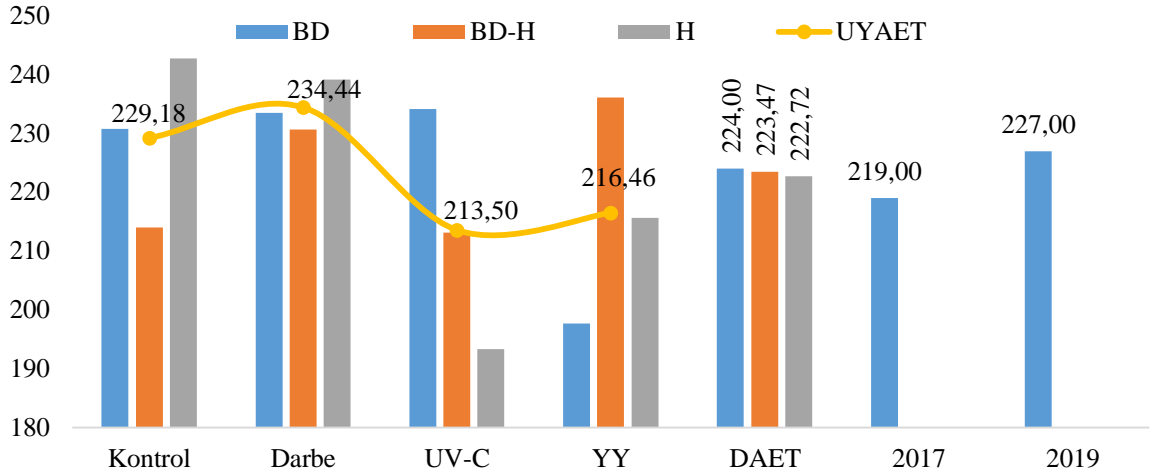
Figure 6. The effects of abiotic stress applications on the cluster weight in 2017 and 2019 by phenological stages

Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinden elde edilmiş olan salkım ağırlığı değeri, 163.41 g (Yaşasın, 2010) ve 177.89 g (Bahar ve ark., 2023) olduğunu belirten araştırmacıların bulguları ile benzer aralıktadır. Cabernet-Sauvignon çeşidinden alınan salkım ağırlıkları değerleri Bahar ve Öner (2016) 96.68 g, Candar (2022) 91.33 g ile Korkutal ve ark. (2020) BD 193.07 g, YO 209.25 g ve OÖ 169.80 g değerleriyle aynı yönde değildir. Bunun Kamiloğlu ve Üstün (2014)'ün belirttiği; çeşitlerin yıllara göre değişen salkım ağırlıklarına sahip olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen değerlere göre OIV 502 nolu kod değeri içerisinde çok hafif salkım (yaklaşık 100 g) sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (OIV, 2009).

**Boşluklu salkım hacmi (cm<sup>3</sup>)**

Boşluklu salkım hacmi üzerine DAET, UYAET ve YAET ile birlikte dönem x uygulama, dönem x yıl, dönem x uygulama x yıl etkileşimlerinin etkileri istatistik anlamda önemli değildir (Şekil 7). 2017 yılında boşluklu salkım hacmi yüksek değeri BD+H x YY etkileşiminden, 258.68 cm<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Bu değer 2019 yılında H x Darbe'den 278.97 cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

Ancak YAET açısından incelendiğinde 2017 yılının boşluklu salkım hacmi değerinin 219.0 cm<sup>3</sup>; ve 2019 yılının değerinin de 227.7 cm<sup>3</sup> olduğu görülmüştür. DAET incelendiğinde uygulama dönemleri arasında boşluklu salkım hacmi açısından neredeyse hiç fark oluşmadığı saptanmıştır (BD: 224.00 cm<sup>3</sup>; BD+H: 223.47 cm<sup>3</sup> ve H: 222.72 cm<sup>3</sup>). UYAET açısından sıralamanın büyükten küçüğe UV-C (213.50 cm<sup>3</sup>), YY (216.46 cm<sup>3</sup>), K (229.18 cm<sup>3</sup>) ve Darbe (234.44 cm<sup>3</sup>) şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Öte yandan istatistik olarak önemli olmamakla beraber Dönem x Uygulama x Yıl etkileşiminden alınan düşük değer h x UV-C x 2019 (188.3 cm<sup>3</sup>) etkileşiminden ve yüksek değer de H x Darbe x 2019 (278.9 cm<sup>3</sup>) etkileşiminden ait olduğu kaydedilmiştir.



Şekil 7. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre boşluklu salkım hacmine etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET)

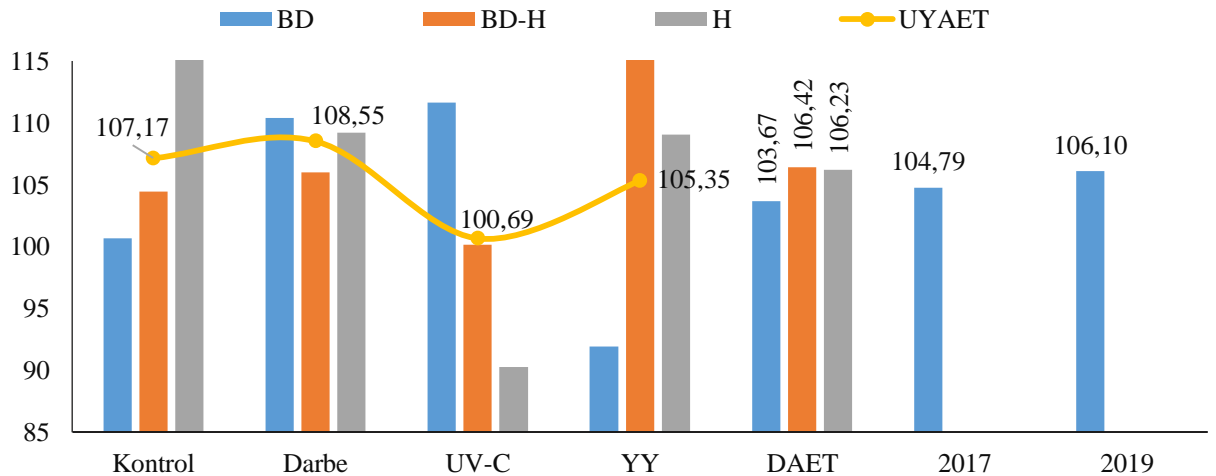
Figure 7. The effects of abiotic stress applications on the cluster volume with gaps in 2017 and 2019 by phenological stages

Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinden elde edilmiş olan boşluklu salkım hacmi değeri, 257.69 cm<sup>3</sup> (Bahar ve ark., 2023) olduğunu belirten araştırmacıların bulguları ile benzer aralıktadır. Ancak bu değer 600 cm<sup>3</sup> (Yaşasın, 2010) ve 143.67 cm<sup>3</sup> (Bahar ve Öner, 2016) olduğunu belirten araştırmacılarla uyumlu olmadığı belirlenmiştir. Bu farkın deneme yıllarının iklim değerleri ve deneme yapılan bağ toprağı özelliklerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

#### Boşluksuz salkım hacmi (cm<sup>3</sup>)

Boşluksuz salkım hacmi değerlerinin yapılan abiyotik stres uygulamalarından, yıllardan ve dönemlerden etkilenmediği belirlenmiştir. Bu ana etkilerin yanında interaksiyonlarının da etkilenmediği ortaya konmuştur. Kısacası boşluksuz salkım hacmi değerlerine yapılan uygulamalar, dönemleri ve yıl etkisi istatistik olarak önemli değildir (Şekil 8).

Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidi boşluksuz salkım hacmi değerlerinin 2017 yılında 104.7 cm<sup>3</sup> ve 2019 yılında 106.1 cm<sup>3</sup> değerlerini aldığı tespit edilmiştir. Dönem x Uygulama interaksyonu açısından küçük değer (90.2 cm<sup>3</sup>) H x UV-C interaksyonuna; büyük değer de (116.4 cm<sup>3</sup>) H x K interaksyonuna ait olduğu görülmüştür. DAET açısından sıralamanın BD (103.6 cm<sup>3</sup>), H (106.23 cm<sup>3</sup>) ve BD+H (106.4 cm<sup>3</sup>) şeklinde gerçekleştiği saptanmıştır. UYAET açısından incelendiğinde sıralamanın küçükten büyüğe UV-C (100.6 cm<sup>3</sup>), YY (105.3 cm<sup>3</sup>), K (107.1 cm<sup>3</sup>) ve Darbe (108.5 cm<sup>3</sup>) olduğu belirlenmiştir. Araştırma bulguları Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde boşluksuz salkım hacmi değerinin 138.21 cm<sup>3</sup> olduğunu belirten Bahar ve ark. (2023) bulguları ile benzer aralıktadır.

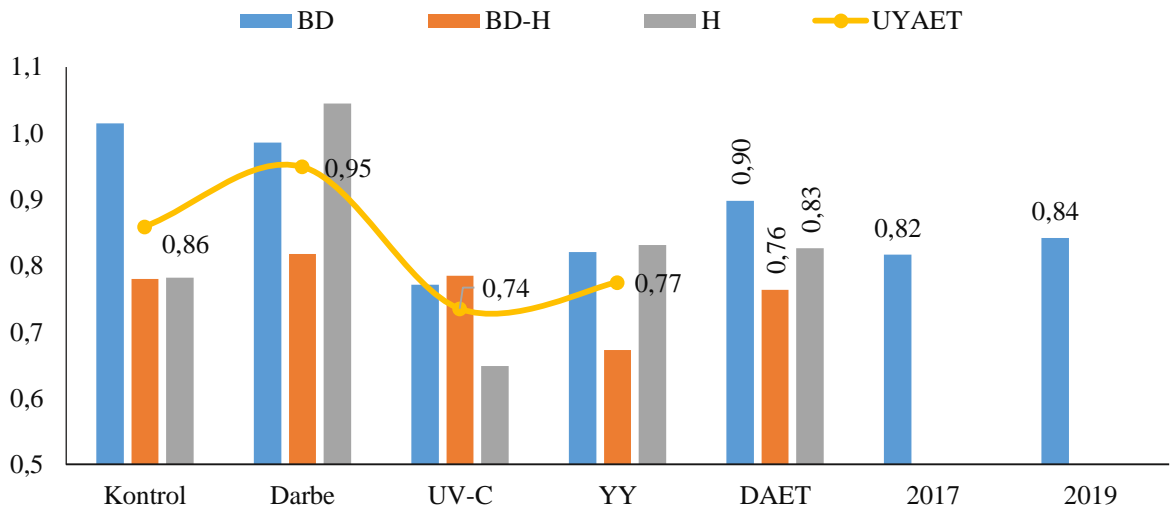


Şekil 8. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre boşluksuz salkım hacmine etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET)

Figure 8. The effects of abiotic stress applications on the cluster volume without gaps in 2017 and 2019 by phenological stages

### Salkım sıklığı

DAET açısından istatistik olarak önemli olmamakla beraber sıklık değerleri rakamsal olarak büyükten küçüğe BD (0.90), H (0.83) ve BD+H (0.76) şeklinde sıralanmış ve tüm dönemlerin salkım sıklığının “sık” olduğu belirlenmiştir (Şekil 9). UAET açısından salkım sıklığı değerlerinin ise 0.74 (UV-C), 0.77 (YY), 0.86 (K) olarak sıralandığı ve “sık” grubunda yer aldığı, ancak 0.95 değeriyle Darbe uygulamasının “orta sık” grubunda yer aldığı saptanmıştır. YAET açısından istatistik farklılık saptanmamış (2017:0.82 ve 2019:0.84), bu değerlerin “sık” grubu içerisinde olduğu görülmüştür. Dönem x Uygulama interaksiyonu açısından BD+H x YY (0.67) ve H x UV-C (0.65) interaksiyonlarının “çok sık” grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Öte yandan H x Darbe (1.05) ve BD x Darbe (0.99) interaksiyonlarının “orta sık” grubunda yer aldığı ve diğer interaksiyonların “sık” grubunda yer aldığı kaydedilmiştir. Dönem x Uygulama x Yıl interaksiyonu açısından elde edilen düşük değer H x UV-C x 2019 (0.51: çok sık) interaksiyonuna ve yüksek değer de H x Darbe x 2019 (1.19: seyrek) interaksiyonuna ait bulunmuştur.



Şekil 9. Abiyotik stres uygulamalarının 2017 ve 2019 yıllarında dönemlere göre salkım sıklığına etkileri (Uygulama Ana Etkisi=UYAET, Dönem Ana Etkisi=DAET)

Figure 9. The effects of abiotic stress applications on the cluster density range in 2017 and 2019 by phenological stages

Bu araştırma bulguları, Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde salkım sıklığı değerinin 0.64 (çok sık) olduğunu belirten Bahar ve ark. (2023)'nin bulgularından farklı bir sıklık grubunda olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma sonucunda salkım sıklığı değerinin uygulamalar açısından ortalama 0.83 değerini aldığı, bu değer de “sık” grubunda yer aldığı görülmüştür. Bu farkın yıllara göre değişen iklim şartlarından (sıcaklık, yağış, vb.) kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

### Sonuç ve Öneriler

Yıllar tek başına incelendiğinde 2017 yılında, gelişim dönemleri arasında salkım eni, salkım boyu ve salkım sıklığı BD döneminde yüksektir. BD+H döneminde ise salkımdaki tane sayısı, ağırlığı, boşluksuz ve boşluklu salkım hacmi değerleri yüksek olarak kaydedilmiştir. BD+H döneminin, BD dönemine göre daha fazla salkım hacmine sahip olduğu söylenebilir. Salkım sıklığı, BD döneminde sayısal olarak yüksektir ve bu dönemde yapılan uygulamalar salkımların orta sıklıkta olmasını sağlamıştır. Uygulamaların salkım özelliklerine istatistik olarak önemli etkide bulunmadığı saptanmıştır.

2019 yılında salkım özellikleri açısından H döneminin; salkımdaki tane sayısı, salkım eni-boyu, ağırlığı, boşluklu-boşluksuz hacmini yükselttiği görülmüştür. H döneminin diğer dönemlerden daha büyük ve hacim olarak fazla salkım taşıdığı saptanmıştır. Salkım sıklığı BD döneminde “orta sık” grubunda yer almış ve rakamsal olarak yüksek değere sahip olmuştur. Öte yandan BD+H ve H döneminde ise “sık” grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Salkımdaki tane sayısı, salkım eni-boyu değerlerinin nispeten büyük olduğu abiyotik stres uygulamasının UV-C olduğu ve uygulamaların salkım özelliklerine 2017 yılında olduğu gibi istatistik olarak önemli etkide bulunmadığı saptanmıştır.

Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde; BD döneminde salkım sıklığı ve boşluklu salkım hacmi değerleri; BD+H döneminde salkım boyu ile boşluksuz salkım hacmi değerleri; H döneminde ise, salkımdaki tane sayısı, salkım eni ve salkım ağırlığı değerlerinin yükseldiği kaydedilmiştir.

Abiyotik stres uygulamaları bakımından iki yıl birlikte değerlendirildiğinde; Darbe uygulamasında salkım boyu, boşluksuz salkım hacmi, boşluklu salkım hacmi ve salkım sıklığı değerlerinin yüksek olduğu görülmüş ancak uygulamalar arasında istatistik farklılık belirlenmemiştir. Darbe abiyotik stres uygulamasında salkım sıklığı “orta sık”, diğerlerinde ise “sık” grubunda yer almıştır.

Sonuç olarak iki yıl ve üç farklı gelişim dönemde yapılan abiyotik stres uygulamaları sonucunda; salkım özellikleri açısından belirgin bir farklılığın oluşmadığı saptanmıştır.

**Teşekkür:** Bağında deneme kurulmasına olanak sağlayan Barel Vineyards Gıda San. Tic. Ltd. Şti.’ne teşekkür ederiz. Bu çalışma üçüncü yazarın Yüksek Lisans Tezi’nin bir kısmıdır (YÖK Tez No: 723334 / Kabul tarihi: 08.02.2022).

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Aazami, M.A., Maleki, M., Rasouli, F., Gohari, G., 2023. Protective effects of chitosan based salicylic acid nanocomposite (CS-SA NCs) in grape (*Vitis vinifera* cv. Sultana) under salinity stress. Scientific Report. 13: 883. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27618-z>
- Albasha, R., Bartlett, M.K., 2024. The stomatal traits that conserve water without compromising grapevine carbon gain depend on climate change severity and wine-growing region. *Agric and Forest Meteorology*. 347: 109892. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.109892>
- Altın Dünya, Ç., Dardeniz, A., 2023. Bazı sofralık üzüm çeşitlerinin salkım ve tane özellikleri ile olgunluk kriterlerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fak Derg.* 11(1): 31-45.
- Anderson, K., Aryal, N.R., 2013. Which winegrape varieties are grown where? University of Adelaide Press, Adelaide, Australia. 699p. <https://doi.org/10.20851/winegrapes>
- Bahar, E., 2004. Trakya bölgesinde son yıllarda yaygınlaşmaya başlayan şaraplık üzüm çeşitlerinin özellikleri: Siyah çeşitler. *Gıda Derg.* Şubat 2: 46-50.
- Bahar, E., Öner, H., 2016. Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde farklı kültürel işlemlerin verim özellikleri üzerine etkileri. *Bahçe*. 45(Özel sayı): 591-598.
- Bahar, E., Korkutal, İ., Tok Abay, C., 2023. Asmalara geç dönemde uygulanan abiyotik ve biyotik streslerin salkım özelliklerine etkileri. Eds: Kunter, B., Keskin, N., Cantürk S. Bağcılık Çalışmaları: Geleneksel ve Modern Yaklaşımlar. İksad Publications, Ankara. 244s. ISBN: 978-625-367-558-5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10444909>
- Bahar, E., Korkutal, İ., Tok Abay, C., 2024. Grape berry morphology in semi-arid climate of Tekirdağ: Evaluating the effects of environmental factors and stress applications. *Black Sea J Agric.* 7(2): 144-156.
- Bernardo, S., Dinis, L.T., Machado, N., Perreira, J., 2018. Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. *Agron. Sustainable Development*. 38: 66.
- Bindi, M., Fibbi, L., Gozzini, B., Orlandini, S., Miglietta, F., 1996. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Res.* 7(3): 213-224.
- Candar, S., 2022. Effects of mechanically induced abiotic stress on berry and cluster physical properties of cv. Cabernet Sauvignon grape variety. *Cukurova 8<sup>th</sup> Int. Sci. Res. Conf.*, Adana, 15-17 April. Full Texts Book, vol 1, pp 1028-1037.
- Candar, S., 2024. Understanding the impact of artificial stress on the morphological characteristics of cv. ‘Merlot’ berry and cluster. *Applied Fruit Sci.* 66: 257-267.
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data, *Annals of Bot.* 105(5): 661-676.
- Coombe, B.G., 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian J Grape and Wine Res.* 1: 100-110.








- Crupi, P., Pichierri, A., Basile, T., Antonacci, D., 2013. Postharvest stilbenes and flavonoids enrichment of table grape cv Redglobe (*Vitis vinifera* L.) as affected by interactive UV-C exposure and storage conditions. *Food Chem.* 141: 802-808.
- Duarte-Sierra, A., Charles, M.T., Arul, J., 2019. UV-C hormesis—a means of controlling diseases and delaying senescence in fresh fruits and vegetables during storage. In: Palou L, Smilanick JL, editors. *Postharvest pathology of fresh horticultural produce*. 1. New York: CRC Press; pp. 539-594.
- Ferrandino, A., Lovisolo, C., 2014. Abiotic stress effects on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Focus on abscisic acid-mediated consequences on secondary metabolism and berry quality. *Environ. Exp. Bot.* 103: 138-147.
- Gindri, R.V., Pauletto, R., Franco, F.W., Fortes, J.P., Treptow, T.C., Rodrigues, E., Sautter, C.K., 2021. Grape UV-C irradiation in the postharvest period as a tool to improve sensorial quality and anthocyanin profile in 'Cabernet Sauvignon' wine. *Journal of Food Sci Tech.* 59(5): 1801-1811.
- Jung, H. M., Lee, S., Lee, W. H., Cho, B.K., Lee, S.H., 2018. Effect of vibration stress on quality of packaged grapes during transportation. *Engineering in Agriculture, Environment and Food.* 11(2): 79-83.
- Kamiloğlu, Ö., Üstün, D., 2014. Bazı şaraplık üzüm çeşitlerinin hasat sonrası kalite özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bil Derg.* 1(3): 361-368.
- Kizildeniz, T., Mekni, I., Santesteban, H., Pascual, I., Morales, F., Irigoyen, J.J., 2015. Effects of climate change including elevated CO<sub>2</sub> concentration, temperature and water deficit on growth, water status, and yield quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Agric Water Management.* 159: 155-164.
- Korkutal, İ., Bahar, E., Güvemli Dündar, D., 2020. Ben düşme dönemi ve sonrası uygulanan antitranspirantların tane ve salkım özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ege Üniv. Zir. Fak. Derg.* 57(1): 83-94.
- Langcake, P., Pryce, R.J., 1977. The production of resveratrol and the viniferins by grapevines in response to ultraviolet irradiation. *Phytochemistry.* 16(8): 1193-1196.
- Lopez, M., Martinez, F., Del Valle, C., Orte, C., Miro, M., 2001. Analysis of phenolic constituents of biological interest in red wines by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A.* 922(1-2): 359-363.
- Matthews, M.A., Nuzzo, V., 2007. Berry size and yield paradigms on grapes and wines quality. *Acta Hort.* 745: 423-436.
- Mickelbart, M.V., Hasegawa, P.M., Bailey-Serres, J., 2015. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nat. Rev. Genet.* 16(4): 237-251.
- OIV, 2009. The International Organization of Vine and Wine, OIV descriptor list for grape varieties and *Vitis* species, 2<sup>nd</sup> Ed. 178 pp. 18 rue d'Aguesseau - 75008 Paris.
- Ollat N., Cookson, S.J., Destrac-Irvine, A., Lauvergeat, V., Ouaked-Lecourieux, F., Marguerit, E., Barrieu, F., Dai, Z., Duchêne, E., Gambetta, G.A., Gomès, E., Lecourieux, D., van Leeuwen, C., Simonneau, T., Torregrosa, L., Vivin, P., Delrot, S., 2019. Grapevine adaptation to abiotic stress: an overview. *Acta Hort.* 1248. ISHS 2019 Proc. XII International Conference on Grapevine Breeding and Genetics. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1248.68>
- Plantgrape, 2024. Cabernet-Sauvignon ve 110R anacı özellikleri. <https://www.plantgrape.fr/en>, (Erişim tarihi: 20.05.2024)
- Ranjbaran, E., Gholami, M., Jensen, M., 2021. Changes in phenolic compounds, enzymatic and non-enzymatic antioxidant properties in "Thompson Seedless" grape after UV-C irradiation. *J Food Processing and Preservation.* e15965.
- VIVC, 2024. Cabernet-Sauvignon ve 110R anacı özellikleri. <https://www.vivc.de/>, (Erişim tarihi: 20.05.2024)
- Xyrafis, E.G., Fraga, H., Nakas, C.T., Koundouras, S., 2022. A study on the effects of climate change on viticulture on Santorini Island. *OENO One.* 56(1): 259-273.
- Yaşasın, A.S., 2010. Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde farklı toprak işleme ve salkım seyreltme uygulamalarının su stresi, verim ve kalite üzerine etkileri. *Namık Kemal Üniv. Fen Bil. Enst., Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ Yüksek Lisans Tezi*, 54 s.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

## Araştırma Makalesi

# Farklı Ekim Sıklıklarının Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Tane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi

Alpay Balkan<sup>1\*</sup>  Damla Balaban Göçmen<sup>1</sup>  Oğuz Bilgin<sup>1</sup>  İsmet Başer<sup>1</sup>   
Kamil Özcan<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

<sup>2</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Trakya Tohumculuk Vadisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Tekirdağ, Türkiye

\*Sorumlu yazar: abalkan@nku.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.03.2024

Kabul Tarihi: 28.04.2024

## Öz

Çalışma, 4 farklı ekim sıklığının (300, 400, 500 ve 600 tohum m<sup>-2</sup>) 3 ekmeklik buğday çeşidinin (NKÜ Lider, NKÜ Ergene ve NKÜ Asiya) tane verimi ve bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve hasat indeksi gibi verim unsurlarına etkisini belirlemek amacıyla 2021 ve 2022 yıllarında Tekirdağ ve Edirne lokasyonlarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada, incelenen tüm özellikler bakımından ekim sıklıkları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek ortalamalar başak uzunluğu için 400 tohum m<sup>-2</sup>, başakta başakçık sayısı için 400 tohum m<sup>-2</sup>, başakta tane sayısı için 400 ve 500 tohum m<sup>-2</sup>, başakta tane ağırlığı için 300, 400 ve 500 tohum m<sup>-2</sup> ve hasat indeksi için ise 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığından elde edilmiştir. En yüksek tane verimi ortalaması 701.31 kg da<sup>-1</sup> ile 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığından elde edilmiş, bunu 698.42 kg da<sup>-1</sup> ile 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı izlemiştir. İncelenen özellikler bakımından çeşitlerin ekim sıklıklarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. En yüksek tane verimi NKÜ Lider çeşidinin 400 tohum m<sup>-2</sup> (715.58 kg da<sup>-1</sup>) ekim sıklığından, NKÜ Ergene çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup> (713.92 kg da<sup>-1</sup>) ekim sıklığından ve aynı çeşidin 400 tohum m<sup>-2</sup> (707.83 kg da<sup>-1</sup>) ekim sıklığından elde edilmiştir. Sonuç olarak, bölgede yapılacak ekmeklik buğday yetiştiriciliğinde istenilen verim düzeyine ulaşmak için ekim sıklığının çeşitlerin kardeşlenme kapasiteleri de dikkate alınarak uzun boylu ve kardeşlenmesi fazla olan çeşitlerde 400 tohum m<sup>-2</sup>, daha kısa boylu ve kardeşlenmesi az olan çeşitlerde ise 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekmeklik buğday, ekim sıklığı, çeşit, tane verimi, verim unsurları.

## The Effect of Different Sowing Densities on Grain Yield and Yield Components in Bread Wheat Varieties

### Abstract

The study was carried out to determine the effect of 4 different sowing densities (300, 400, 500 and 600 seeds m<sup>-2</sup>) on grain yield and yield components such as plant height, spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike and harvest index of 3 bread wheat varieties (NKU Lider, NKU Ergene and NKU Asiya) in 2021 and 2022 at Tekirdağ and Edirne locations according to split-plot experimental design with 3 replications. In the study, the differences between the sowing densities were found to be statistically significant for all the traits examined. The highest values were obtained from 400 seeds m<sup>-2</sup> for spike length, 400 seeds m<sup>-2</sup> for number of spikelets, 400 and 500 seeds m<sup>-2</sup> for number of grains per spike, 300, 400 and 500 seeds m<sup>-2</sup> for grain weight per spike and 400 seeds m<sup>-2</sup> for harvest index. In grain yield, the highest value was obtained from 400 seeds/m<sup>2</sup> sowing density with 701.31 kg da<sup>-1</sup>, followed by 500 seeds m<sup>-2</sup> sowing density with 698.42 kg da<sup>-1</sup>. It was determined that the responses of the varieties to the sowing densities were different for all investigated traits. The highest grain yield was obtained from 400 seeds m<sup>-2</sup> (715.58 kg da<sup>-1</sup>) sowing density of NKU Lider variety, 500 seeds m<sup>-2</sup> (713.92 kg da<sup>-1</sup>) and 400 seeds m<sup>-2</sup> (707.83 kg da<sup>-1</sup>) sowing density of NKU Ergene variety. In conclusion, in order to reach the desired productivity level in bread wheat cultivation in the region, it can be suggested to apply 400 seeds m<sup>-2</sup> for taller and more tillering varieties and 500 seeds m<sup>-2</sup> for shorter varieties with less tillering, taking into account the tillering capacities of the varieties.

**Keywords:** Bread wheat, sowing density, variety, grain yield, yield components.

## Giriş

Buğday, dünya üzerinde kültürü yapılan bitkiler arasında ekiliş ve üretim bakımından ilk sırada yer alan ve insan beslenmesinde büyük öneme sahip olan bir serin iklim tahılıdır (Olgun ve ark., 2017). İnsan beslenmesinde temel gıda üretimi için hammadde olan buğdayın gerek dünyada gerekse ülkemizde üretimi her geçen yıl artmaktadır. FAO 2022 yılı verilerine göre Türkiye yaklaşık 66 milyon dekar ile dünya buğday ekim alanının %3.01'ini oluşturmaktadır (FAO, 2022).

Buğday üretiminde ekim sıklığı tane verimini etkileyen önemli yetiştirme tekniği uygulamalarından biridir. Tane veriminin ana unsurları arasında yer alan m<sup>2</sup>'deki başak sayısı, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı ekim sıklığından önemli bir şekilde etkilenmektedir (Kaydan ve ark., 2011). Bu nedenle, bölgenin şartlarına uygun çeşitlerin belirlenmesinde öncelikli konuların başında çeşide göre en uygun ekim sıklığının belirlenmesi gelmektedir (Chen ve ark., 2008). Buğday tarımında tane verimi ve kalitesi yönünden üstün çeşitlerden beklenen performansın elde edilebilmesi için birim alana kullanılacak tohum miktarı, ekim zamanı, gübreleme gibi uygulamaların optimum şekilde yapılması gerekmektedir. Yetiştirme tekniği uygulamaları buğdayın verim ve son kullanım kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan çok sayıda çalışma ekim sıklığı, ekim zamanı, sıra aralığı ve ekim derinliğinin buğdayın tane verimi ve verim unsurları üzerine önemli etki ettiğini göstermiştir (Maric ve ark., 2008; Valerio ve ark., 2009; Chen ve ark., 2008). Ekim sıklığı genotip ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişen önemli bir yetiştirme tekniği uygulamasıdır (Chen ve ark., 2014; Jiang ve ark., 2014; Liu ve ark., 2017). Yeni buğday çeşitleri genel olarak eski çeşitlere göre daha verimli ve kaliteli olsa da her geçen yıl değişen iklim koşulları nedeniyle uygun bitki yoğunluğunun belirlenebilmesi için birim alanda ekim sıklığının sürekli olarak incelenmesi gerekmektedir (Çağlar ve ark., 2011).

Ülkemiz ve Trakya Bölgesinde, ekim sıklığının buğdayda tane verimini önemli düzeyde etkilediğini gösteren çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bulut ve ark., 2010; Akıncı, 2014; Ulucan ve Atak, 2020) olmasında karşılık yerli ve yabancı kökenli yeni çeşitlerde yüksek tane verimine ulaşmak için uygun ekim sıklığının belirlenmesi konusundaki çalışmaların yeterli olmadığı dikkati çekmektedir. Ekim sıklığı konusunda yapılan çalışmalarda, uygulanacak ekim sıklığının çeşide ve bölgeye göre değiştiği belirlenmiştir (Chen ve ark., 2014; Jiang ve ark., 2014; Liu ve ark., 2017). Ayrıca bazı çalışmalarda ekim sıklığının belirli bir düzeye kadar artmasıyla tane veriminin arttığı, daha sonra azaldığı bildirilmiştir (Madan ve Munjal, 2009; Costa ve ark., 2013).

Bu çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından tescil ettirilen ve ülkemizin Trakya Bölgesi başta olmak üzere değişik bölgelerinde ekimi yapılan NKÜ Lider, NKÜ Ergene ve NKÜ Asiya ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi ve verim unsurları üzerine 4 farklı ekim sıklığının (300, 400, 500 ve 600 tohum m<sup>-2</sup>) etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma, 2020-2021 ve 2021-2022 yetiştirme yıllarında, ekolojik olarak birbirinden farklı özelliklere sahip Tekirdağ ve Edirne lokasyonlarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada, NKÜ Lider, NKÜ Ergene ve NKÜ Asiya ekmeklik buğday çeşitleri materyal olarak kullanılmış, bu çeşitlerde 4 farklı ekim sıklığı (300, 400, 500 ve 600 tohum m<sup>-2</sup>) uygulaması yapılmıştır. Çalışmada çeşitler ana parsele, sıklık uygulamaları ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Ekim, sıra arası 17 cm olan ve 6 sıradan oluşan 5 metre uzunluğundaki parsellere parsel mibzeri ile yapılmıştır. Denemelerde dekara 25 kg 20.20.0 kompoze gübresi, 17 kg üre (%46) ve 10 kg amonyum nitrat gübresi (%26) sırasıyla ekim, kardeşlenme-sapa kalkma ve başaklanma öncesi dönemlerde uygulanmıştır. Deneme alanlarında görülen yabancı otlara karşı uygun herbisit ile ilaçlama yapılmıştır. Çalışmada tane verimi ve bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başakta başakçık sayısı, başakta tane ağırlığı, hasat indeksi gibi verim unsurları incelenmiştir. Hasat öncesi parsellerin baş ve sonlarından kenar tesiri olarak 0.50'şer metre atılmış, geriye kalan kısım parsel biçerdöveri (HEGE-160) ile hasat edilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü yıllara ilişkin Tekirdağ ve Edirne Meteoroloji İstasyonlarından alınan bazı iklim verileri değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü Ekim 2020-Haziran 2021 döneminde Tekirdağ lokasyonunda toplam yağışın (474.2 mm) uzun yıllar ortalamasından (521.2 mm) daha düşük olduğu, Edirne lokasyonunda toplam yağışın (688.0 mm) uzun yıllar ortalamasının (508.6 mm) üstünde olduğu görülmektedir. Ekim 2021-Haziran 2022 döneminde

Tekirdağ lokasyonunda toplam yağışın (645.0 mm) uzun yıllar ortalamasından daha yüksek olduğu, Edirne lokasyonunda toplam yağışın (450.6 mm) uzun yıllar ortalamasının altında bir değer olduğu Çizelge 1'den görülmektedir.

Denemenin yürütüldüğü yıllara ait ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde, 2020-2021 döneminde Tekirdağ (12.3 °C) ve Edirne (11.7 °C) lokasyonlarında belirlenen ortalama sıcaklık değerlerinin uzun yıllar ortalamasından yüksek olduğu saptanmıştır. Denemenin yürütüldüğü 2021-2022 döneminde ise Tekirdağ lokasyonunda belirlenen ortalama sıcaklık değerinin (11.8 °C) uzun yıllar ortalamasına (11.9 °C) benzer, Edirne lokasyonunda belirlenen ortalama sıcaklık değerinin (11.2 °C) uzun yıllar ortalamasından (10.5 °C) yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 1).

Table 1. Some climatic data for locations

Çizelge 1. Çalışmanın yürütüldüğü lokasyonlara ait bazı iklim verileri

Yıl	Aylar									
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Top.
	Yağış Miktarı (mm)									
<b>Tekirdağ</b>										
2020-2021	51.8	1.2	38.7	127.8	53.5	45.3	43.6	57.6	54.7	474.2
2021-2022	127.8	53.5	45.3	43.6	79.3	71.5	74.3	75.2	74.5	645.0
<i>Uzun Yıllar</i>	55.2	81.3	86.2	69.9	54.7	55.6	42.9	37.6	37.8	521.2
<b>Edirne</b>										
2020-2021	64.0	6.6	92.6	201.4	55.4	44.2	76.6	65.0	82.2	688.0
2021-2022	96.4	47.6	99.0	14.4	95.8	12.2	57.8	10.0	17.4	450.6
<i>Uzun Yıllar</i>	56.7	68.8	75.2	62.9	50.8	46.2	49.9	49.2	48.9	508.6
<b>Sıcaklık (°C)</b>										
<b>Tekirdağ</b>										<b>Ort.</b>
2020-2021	18.2	11.6	10.1	7.8	7.3	7.0	10.7	17.5	20.8	12.3
2021-2022	15.3	12.6	9.0	5.4	6.5	5.2	12.7	16.9	22.5	11.8
<i>Uzun Yıllar</i>	15.2	11.4	7.2	4.4	5.3	6.8	11.5	16.6	28.9	11.9
<b>Edirne</b>										
2020-2021	17.2	9.2	8.4	5.9	6.7	6.5	11.2	18.5	21.5	11.7
2021-2022	13.4	10.7	6.7	3.4	6.1	5.3	13.5	18.5	23.1	11.2
<i>Uzun Yıllar</i>	14.2	9.3	4.5	2.0	5.2	7.1	12.7	17.9	22.0	10.5

Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanlarından alınan toprak örnekleri Edirne Ticaret Borsası Laboratuvarında analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, Tekirdağ lokasyonundaki deneme alanı toprağı killi-tınlı yapıda, nötr, organik maddesi düşük, kireçsiz, fosfor ve demir bakımından fazla, potasyum, kalsiyum, magnezyum, mangan ve çinko bakımından yeterli, Edirne lokasyonundaki deneme alanı toprağı killi-tınlı yapıda, hafif asitli, organik maddesi düşük, kireçsiz, fosfor ve demir bakımından fazla, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve mangan bakımından yeterli ve çinko bakımından az sınıfta yer aldığı belirlenmiştir.

### İstatistik Analizler

Çalışmadan elde edilen verilerde JMP Pro 16 paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre lokasyonlar ve yıllar birleştirilerek varyans analizi yapılmış, ortalama değerler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemlilikleri LSD testi ile belirlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

### Bulgular ve Tartışma

Üç ekmeklik buğday çeşidi ile 4 farklı ekim sıklığı kullanılarak iki yetiştirme yılı süresince iki lokasyonda yürütülen çalışmada incelenen özellikler için lokasyonlar ve yıllar birleştirilerek varyans analizi yapılmış, elde edilen F değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmamızda varyasyon kaynaklarından lokasyon, yıl, çeşit, sıklık ve çeşit x sıklık interaksyonuna ilişkin sonuçlar değerlendirilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, incelenen özelliklerden bitki boyu ve başakta tane sayısı hariç lokasyon ortalamaları arasındaki farklar; başak uzunluğu hariç yıl ortalamaları arasındaki farklar; hasat indeksi hariç çeşit ortalamaları arasındaki farklar; başakta başakçık sayısı hariç sıklık ortalamaları arasındaki farklar ve başakta başakçık sayısı hariç çeşit x sıklık interaksyonundan elde edilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Table 2. F values obtained from analysis of variance for measured characteristics

Çizelge 2. İncelenen özellikler için varyans analizinden elde edilen F değerleri

Varyasyon Kaynağı	Tane Verimi	Bitki Boyu	Başak Uzunluğu	Başakta Başakçık Sayısı	Başakta Tane Sayısı	Başakta Tane Ağırlığı	Hasat İndeksi
Lokasyon (L)	403.905**	1.171	10.142**	128.783**	2.694	192.903**	123.873**
Tek×(L)	0.891	3.037*	0.964	0.651	3.788*	1.869	0.742
Yıl (Y)	1547.95**	70.805**	4.415	176.905**	93.573**	127.859**	5.371*
L×Y	7.012*	0.014	2.603	14.987**	0.821	56.322**	67.255**
Tek×Y×(L)	1.534	1.607	1.950	2.734	6.237**	0.672	1.798
Çeşit (Ç)	4.382*	5.750*	5.710*	31.763**	52.939**	20.081**	0.200
L×Ç	3.491	6.438**	8.032**	16.392**	1.569	0.090	3.939*
Y×Ç	1.939	4.540*	0.536	8.958**	4.006*	13.086**	1.699
L×Y×Ç	0.487	7.576**	2.969	2.075	0.948	2.096	6.828**
Sıklık (S)	28.851**	5.381**	9.737**	2.730	7.453**	10.557**	5.465**
L×S	36.231**	1.485	2.239	1.433	1.788	6.098**	9.146**
Y×S	41.469**	2.114	2.140	2.875*	3.058*	10.099**	3.644*
L×Y×S	9.424**	1.554	2.335	2.436	0.501	0.782	3.903*
Ç×S	9.267**	2.655*	4.174**	1.588	3.700**	11.473**	11.160**
L×Ç×S	8.237**	1.756	1.144	1.023	2.759*	15.521**	9.748**
Y×Ç×S	15.014**	2.252*	2.991*	3.399**	6.231**	9.693**	3.441**
L×Y×Ç×S	5.426**	4.479**	1.193	0.648	0.605	6.003**	3.868**

\*: %5 düzeyinde önemli, \*\*: %1 düzeyinde önemli

### Tane Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Tane verimine (TV) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3'te, grafiksel dağılımları Şekil 1(a,b)'de verilmiştir.

Ekim sıklığının buğdayda tane verimini etkilediği birçok araştırmacı tarafından açıklanmıştır (Akıncı, 2014; Sönmez, 2017; Ulucan ve Atak, 2020). Çizelge 3'ten görüldüğü gibi çalışmamızda elde edilen tane verimi değerleri 568.83-765.50 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Denemeye alınan çeşitler arasında en yüksek ortalama tane verimi 695.88 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Ergene çeşidinden elde edilirken, en düşük değer ise 678.06 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Lider çeşidinden elde edilmiştir. Ekim sıklıklarından elde edilen tane verimi değerleri incelendiğinde, en yüksek tane veriminin 701.31 kg da<sup>-1</sup> ile 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edildiği, bunu 698.42 kg da<sup>-1</sup> ile aynı istatistiki grupta yer alan 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasının izlediği görülmektedir (Şekil 1a). Ekim sıklığının genotip ve çevresel faktörlere bağlı olarak değiştiği ve yüksek tane verimi elde edebilmek için birim alana kullanılacak en uygun tohum miktarının çeşitlere göre belirlenmesi gerektiği bildirilmiştir (Çağlar ve ark., 2011; Chen ve ark., 2014; Jiang ve ark., 2014; Liu ve ark., 2017). En düşük tane verimi 667.47 kg da<sup>-1</sup> ile 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında saptanmış, bunu 678.28 kg da<sup>-1</sup> ile aynı istatistiki grupta yer alan 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir. Bulgularımıza benzer olarak, Madan ve Munjal (2009) ve Costa ve ark. (2013) birim alanda belirli bir bitki yoğunluğuna kadar tane veriminin arttığı, daha sonra azaldığı bildirilmişlerdir. Çalışmamızda, Edirne lokasyonunda belirlenen ortalama tane verimi değerinin (736.07 kg da<sup>-1</sup>) Tekirdağ lokasyonundan elde edilen ortalama tane verimi değerinden (636.66 kg da<sup>-1</sup>) yaklaşık 100 kg da<sup>-1</sup> daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllar incelendiğinde, birinci yılın ortalama tane veriminin (589.07 kg da<sup>-1</sup>) ikinci yılın ortalama tane veriminden (783.67 kg da<sup>-1</sup>) daha düşük olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 3). Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonlar ve yıllar arasındaki tane verimi farkları ekolojik özelliklerin lokasyon ve yıllara göre değişmesinin bir sonucu olabilir.

Şekil 1b'de verilen çeşit x ekim sıklığı etkileşimini incelendiğinde, en yüksek tane verimini 715.58 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Lider çeşidinin 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiş, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 713.92 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Ergene çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması, 707.83 kg da<sup>-1</sup> ile yine aynı çeşidin 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması ve 703.75 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Asiya çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlediği anlaşılmaktadır. En

düşük tane verimi ise 656.25 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Lider çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında belirlenmiş, bunu sırasıyla aynı çeşidin 662.83 kg da<sup>-1</sup> ile 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması, 669.00 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Ergene çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması ve 670.58 kg da<sup>-1</sup> ile NKÜ Asiya çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması takip etmiştir.

Elde edilen tane verimi değerleri çeşitlere göre değişmekle birlikte 400-500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasının en ideal ekim sıklığı aralığı olduğu belirlenmiş, metrekareye daha yüksek ya da daha az tohum uygulamasının tane verimini önemli oranda azalttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, tane veriminin 700 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığında en yüksek değere ulaştığını açıklayan Yıldız ve Doğan (2022)'nin bulguları ile farklılık göstermekle birlikte tane verimi ve verim unsurlarının optimum ekim sıklığına (650 tohum m<sup>-2</sup>) kadar arttığı, daha sonra azaldığı ve en düşük tane veriminin 850 tohum m<sup>-2</sup> de elde edildiği Mutlu (2022)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

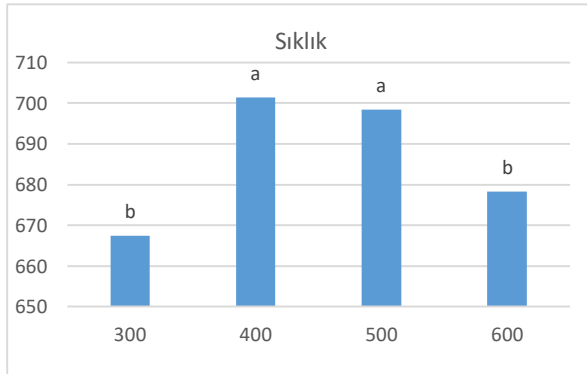


Figure 1a. Mean grain yield (GY) for sowing densities  
Şekil 1a. Ekim sıklıkları için ortalama TV değerleri

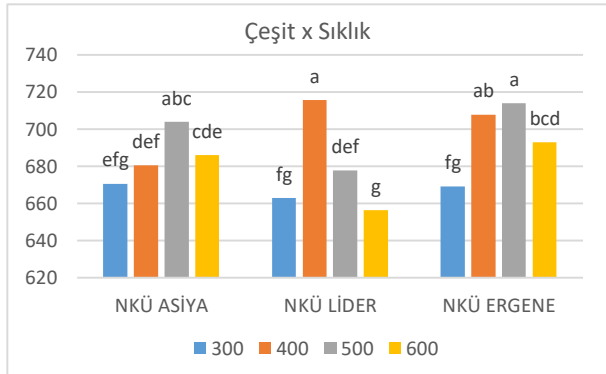


Figure 1b. Variety x sowing density interaction for GY  
Şekil 1b. TV için çeşit x ekim sıklığı interaksyonu

### Bitki boyu (cm)

Bitki boyuna (BB) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3'te, grafiksel dağılımları Şekil 2(a,b)'de verilmiştir.

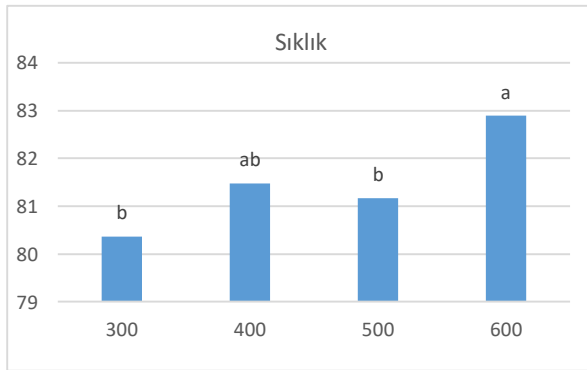
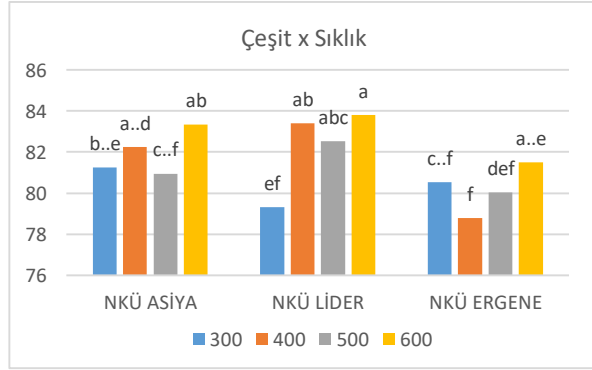
Bitki boyu yönünden en yüksek ortalama değere NKÜ Lider çeşidi (82.27 cm) sahip olurken, en düşük bitki boyu değeri NKÜ Ergene çeşidinden (80.22 cm) elde edilmiştir. Farklı ekim sıklıklarında ölçülen bitki boyu değerleri incelendiğinde, en uzun bitki boyunun 82.89 cm ile 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edildiği, en kısa bitki boyunun ise 80.36 cm ile 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında ölçüldüğü anlaşılmaktadır (Şekil 2a). Tekirdağ (81.19 cm) ve Edirne (81.76 cm) lokasyonunda belirlenen ortalama bitki boyu değerlerinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllar incelendiğinde, birinci yılın ortalama bitki boyu değerinin (79.24 cm) ikinci yılın ortalama bitki boyu değerinden (83.71 cm) daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Bitki boyu bakımından denemenin yürütüldüğü yıllar arasındaki bu farklar, iki yılın iklim değerlerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çeşit x ekim sıklığı interaksyonunda en yüksek bitki boyu değeri 83.82 cm ile NKÜ Lider çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında ölçülürken, bunu 83.34 cm ile NKÜ Asiya çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir. En kısa bitki boyu ise 78.79 cm ile NKÜ Ergene çeşidinin 400 tohum m<sup>-2</sup> ve 79.32 cm ile NKÜ Lider çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup> uygulamalarında belirlenmiştir (Şekil 2b). Gençtan ve Sağlam (1987), Özer (1997), Ulucan ve Atak (2020), ekim sıklığındaki artışın buğdayda bitki boyunu arttırdığını bildirmişlerdir. Buna karşılık, Kısa (2018) ekim sıklığındaki artış ile birlikte bitki boyunda azalma oluşunu, fakat bu azalışın istatistiki anlamda önemli olmadığını belirlemiştir.

Table 3. Mean values and significance groups for grain yield and plant height

Çizelge 3. Tane verimi ve bitki boyuna ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Tane verimi (kg da <sup>-1</sup> )					Bitki boyu (cm)				
Çeşit	Sıklık	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.	Çeşit	Sıklık	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.
NKÜ Asiya	300	635.00	706.17	685.17 ab	NKÜ Asiya	300	80.00	82.48	81.94 ab
	400	619.83	741.17			400	80.57	83.90	
	500	655.50	752.00			500	79.18	82.72	
	600	606.17	765.50			600	82.72	83.97	
NKÜ Lider	300	614.83	710.83	678.06 b	NKÜ Lider	300	81.13	77.50	82.27 a
	400	698.33	732.83			400	81.71	85.10	
	500	620.83	734.33			500	81.62	83.45	
	600	568.83	743.67			600	82.57	85.07	
NKÜ Ergene	300	627.00	711.00	695.88 a	NKÜ Ergene	300	81.55	79.52	80.22 b
	400	676.00	739.67			400	80.53	77.05	
	500	687.67	740.17			500	80.67	79.40	
	600	630.00	755.50			600	82.02	81.00	
<b>Lokasyon Ort.</b>		636.67 b	736.07 a		<b>Lokasyon Ort.</b>		81.19	81.76	
<b>Yıl Ort.</b>		2021 2022			<b>Yıl Ort.</b>		2021 2022		
		589.07 b	786.67 a				79.24 b	83.71 a	
LSD(Çeşit) = 12.51, LSD (Lok.)= 14.447, LSD(Yıl) = 14.447					LSD(Çeşit) 0.05 = 1.98, LSD (Lok.)= -, LSD(Yıl) = 1.550				

Figure 2a. Mean plant height (PH) for sowing densities  
Şekil 2a. Ekim sıklıkları için ortalama BB değerleriFigure 2b. Variety x sowing density interaction for PH  
Şekil 2b. BB için çeşit x ekim sıklığı interaksyonu

### Başak Uzunluğu (cm)

Başak uzunluğuna (BU) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 4' de, grafiksel dağılımları Şekil 3(a,b)'de verilmiştir.

Araştırmamızda ölçülen ortalama başak uzunluğu değerleri 9.95-11.18 cm arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalama başak uzunluğu arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte, NKÜ Ergene çeşidinde (10.69 cm) diğer çeşitlere göre daha uzun başaklar elde edilmiştir. Çalışmamızda ekim sıklığı uygulamalarından elde edilen başak uzunluğu değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama başak uzunluğu 10.67 cm ile 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edildiği, bunu 10.61 ve 10.56 cm ile 300 ve 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir (Şekil 3a). En düşük ortalama başak uzunluğu ise 10.34 cm ile 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında belirlenmiştir. Çalışmada, Tekirdağ ve Edirne lokasyonunda belirlenen ortalama başak uzunluğu değerleri arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Edirne lokasyonunda Tekirdağ lokasyonuna göre daha uzun başaklar elde edilmiştir. Araştırmamızda, başak uzunluğu bakımından deneme yılları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli olmamakla birlikte, ikinci yıl daha uzun başaklar elde edildiği tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Başak uzunluğuna ilişkin çeşit x ekim sıklığı interaksyonu incelendiğinde, en yüksek ortalama değer 10.99 cm ile NKÜ Ergene çeşidinin 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiş, bunu 10.86 cm ile NKÜ Ergene çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir (Şekil 3b). En düşük ortalama başak uzunluğu değeri ise 10.12 cm ile NKÜ Lider çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında ölçülmüş, bunu 10.43 cm ile NKÜ Ergene çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular, ekim sıklığının artmasına

bağlı olarak başak uzunluğunun azaldığını belirleyen Balkan (2006)'nın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

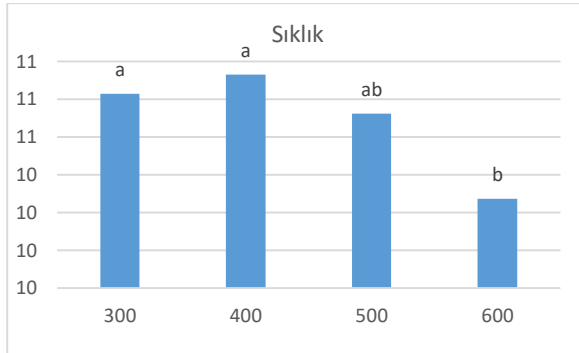


Figure 3a. Mean spike length (SL) for sowing densities  
Şekil 3a. Ekim sıklıkları için ortalama BU değerleri

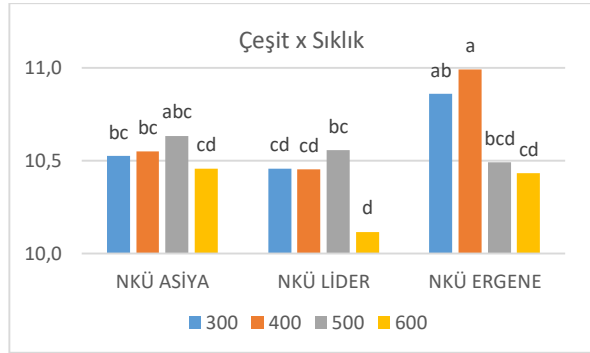


Figure 3b. Variety x sowing density interaction for SL  
Şekil 3b. BU için çeşit x ekim sıklığı interaksyonu

### Başakta Başakçık Sayısı (adet)

Başakta başakçık sayısına (BBS) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 4' de, grafiksel dağılımları Şekil 4(a,b)'de verilmiştir.

Çalışmamızda belirlenen ortalama başakta başakçık sayısı değerleri 18.55-21.67 adet arasında değişmiştir. Çeşitler arasında en yüksek başakta başakçık sayısı 20.17 adet ile NKÜ Asiya çeşidinden, en düşük başakta başakçık sayısı ise 19.03 adet ile NKÜ Lider çeşidinden elde edilmiştir. Şekil 4a incelendiğinde en fazla başakta başakçık sayısı 20.01 adet ile 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında belirlenmiş, en az başakta başakçık sayısı ise 19.60 adet ile 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında sayılmıştır. Birim alanda optimum sayıda bitki bulunması bitkiler arası rekabeti azaltmakta, daha büyük ve üzerinde daha fazla başakçık bulunan başakların oluşmasını sağlamaktadır (Kün, 1996). Çalışmamızda, Edirne lokasyonunda (20.50 adet) Tekirdağ lokasyonuna (19.05 adet) göre daha fazla ortalama başakta başakçık sayısı belirlenmiştir. Araştırmamızın ilk yılına göre daha az başakta başakçık sayısı elde edildiği görülmektedir (Çizelge 4).

Çeşit x ekim sıklığı interaksyonunun başakta başakçık sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz olmasıyla birlikte en fazla başakta başakçık sayısı 20.50 adet ile NKÜ Asiya çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup>, 20.44 ile NKÜ Ergene ve 20.39 adet ile NKÜ Asiya çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4b). En düşük başakta başakçık sayısı ise 18.82 adet ile NKÜ Lider çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ve 18.98 adet ile yine aynı çeşidin 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından sayılmıştır. Bulgularımıza benzer olarak Dinç ve Erakul (2010), ekim sıklığı arttıkça buğday çeşitlerinde başakta başakçık sayısının azaldığı bildirmektedir.

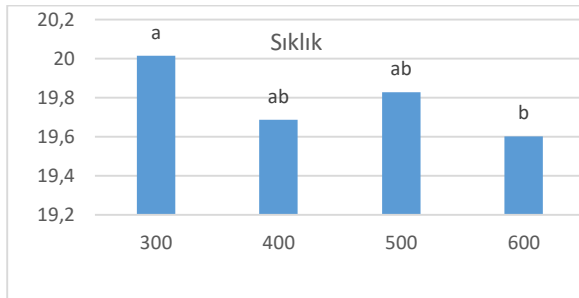


Figure 4a. Mean spikelet number per spike (SNS) for sowing densities  
Şekil 4a. Ekim sıklıkları için ortalama BBS değerleri

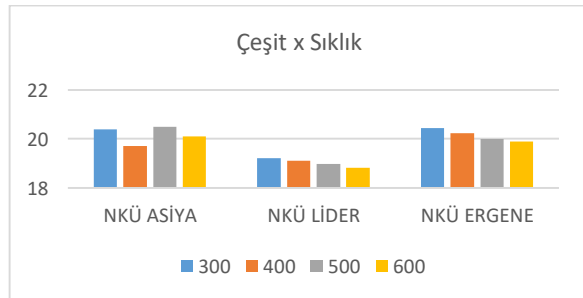


Figure 4b. Variety x sowing density interaction for SNS  
Şekil 4b. BBS için çeşit x ekim sıklığı interaksyonu



Table 4. Mean values and significance groups for spike length and spikelet number per spike

Çizelge 4. Başak uzunluğu ve başakta başakçık sayısına ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Başak uzunluğu (cm)					Başakta başakçık sayısı (adet)				
Çeşit	Sıklık	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.	Çeşit	Sıklık	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.
NKÜ Asiya	300	10.45	10.60	10.54	NKÜ Asiya	300	19.75	21.02	20.17 a
	400	10.38	10.72			400	18.82	20.62	
	500	10.33	10.93			500	19.33	21.67	
	600	10.20	10.72			600	19.00	21.18	
NKÜ Lider	300	10.57	10.35	10.40	NKÜ Lider	300	19.23	19.20	19.03 b
	400	10.54	10.37			400	18.77	19.43	
	500	10.55	10.57			500	18.58	19.38	
	600	10.28	9.95			600	18.63	19.00	
NKÜ Ergene	300	10.53	11.18	10.69	NKÜ Ergene	300	19.32	21.57	20.15 a
	400	10.87	11.12			400	19.23	21.25	
	500	10.15	10.83			500	19.07	20.93	
	600	10.30	10.57			600	18.55	21.25	
<b>Lokasyon Ort.</b>	10.43 b	10.66 a			<b>Lokasyon Ort.</b>	19.02 b	20.54 a		
<b>Yıl Ort.</b>		<b>2021</b>	<b>2022</b>		<b>Yıl Ort.</b>		<b>2021</b>	<b>2022</b>	
		10.47	10.62				18.89 b	20.67 a	
LSD(Çeşit) = 12.51, LSD (Lok.)= 0.209, LSD(Yıl) = -					LSD(Çeşit) = 0.326, LSD (Lok.)= 0.390, LSD(Yıl) = 0.390				

**Başakta Tane Sayısı (adet)**

Başakta tane sayısına (BTS) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 5'te, grafiksel dağılımları ise Şekil 5(a,b)'de verilmiştir. Başakta tane sayısı tahıllarda tane veriminin arttırılmasında önemli bir seleksiyon kriteridir. Çalışmamızda belirlenen ortalama başakta tane sayısı 42.95-56.57 adet arasında değişmiştir. Çeşit ortalamaları incelendiğinde, en fazla başakta tane sayısı NKÜ Ergene çeşidinde (52.96 adet), en düşük ise NKÜ Lider çeşidinde (45.63 adet) bulunmuştur. Üç ekmeclik buğday çeşidinde 4 sıklık ekim sıklığı uygulamasından elde edilen başakta tane sayısı 49.76 adet ile 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında olurken, bunu 49.19 adet ile 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir (Şekil 5a). En düşük tane sayısı 46.32 adet ile 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiştir. Bulgularımıza benzer olarak Balkan (2006), Kaydan ve ark. (2011), Pala (2016) ve Ulucan ve Atak (2020), buğdayda ekim sıklığı arttıkça başakta tane sayısının azaldığını belirlemiştir. Tekirdağ lokasyonunda 49.06 adet olarak belirlenen ortalama başakta tane sayısı, Edirne lokasyonunda 48.05 adet olarak belirlenmiştir.

Table 5. Mean values and significance groups for grain number per spike, grain weight per spike and harvest index

Çizelge 5. Başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve hasat indeksine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Başakta tane sayısı (adet)					Başakta tane ağırlığı (g)			Hasat indeksi (%)		
Çeşit	Sıklık	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.	Tekirdağ	Edirne	Çeşit Ort.
NKÜ Asiya	300	50.57	44.67	47.09 b	2.26	1.65	1.99 b	51.92	47.07	49.77
	400	47.85	45.22		2.31	1.73		51.66	45.97	
	500	47.92	50.18		2.01	2.09		54.39	49.83	
	600	42.95	47.33		1.85	2.00		50.13	47.23	
NKÜ Lider	300	46.98	43.52	45.63 b	2.27	1.91	2.09 ab	48.41	49.62	50.01
	400	47.43	45.53		2.24	2.03		52.62	48.63	
	500	48.53	45.42		2.28	2.12		52.17	49.45	
	600	44.63	42.98		2.07	1.78		51.57	47.60	
NKÜ Ergene	300	56.57	56.27	52.96 a	2.49	2.23	2.12 a	51.29	49.62	49.98
	400	53.10	56.03		2.13	2.20		49.91	48.73	
	500	50.98	50.70		2.15	1.68		52.65	45.63	
	600	51.25	48.78		2.23	1.87		54.17	47.80	
<b>Lokasyon Ort.</b>	49.06	48.05			2.19 a	1.94 b		51.74 a	48.10 b	
<b>Yıl Ort.</b>		<b>2021</b>	<b>2022</b>		<b>2021</b>	<b>2022</b>		<b>2021</b>	<b>2022</b>	
		45.58 b	51.54 a		1.17 b	1.96 a		49.54 b	50.30 a	
LSD(Çeşit)= 2.17, LSD(Lok.)= - , LSD(Yıl) = 1.799					LSD(Çeşit)=0.128, LSD(Lok.)= 0.052			LSD(Çeşit)= - , LSD (Lok.)= 0.955, LSD(Yıl) = 0.955		

Araştırmamızın birinci yılında (45.58 adet) ikinci yılına (51.54 adet) göre daha az ortalama başakta tane sayısı elde edilmiştir. Çeşit x ekim sıklığı interaksionu incelendiğinde en yüksek ortalama başakta tane sayısı aynı istatistiki grupta yer alan 56.42 adet ile NKÜ Ergene çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup> (56.42 adet) ve 400 tohum m<sup>-2</sup> (54.57 adet) ekim sıklığı uygulamalarından elde edilmiştir (Şekil 5b). En düşük ortalama başakta tane sayısı ise NKÜ Lider (43.81 adet) ve NKÜ Asiya (45.14 adet) çeşitlerinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında saptanmıştır (Şekil 5b).

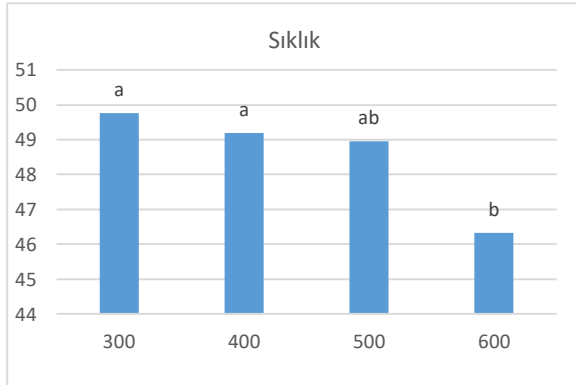


Figure 5a. Mean grain number per spike (GNS) for sowing densities

Şekil 5a. Ekim sıklıkları için ortalama BTS değerleri

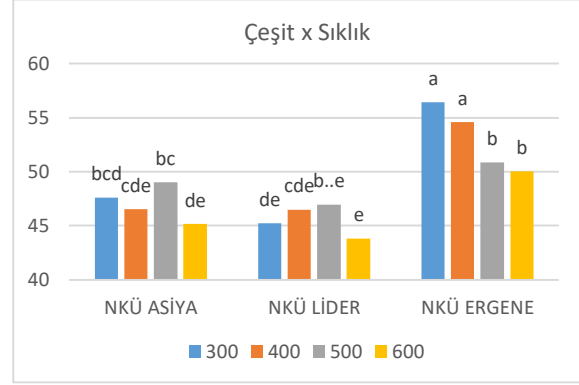


Figure 5b. Variety x sowing density interaction for GNS

Şekil 5b. BTS için çeşit x ekim sıklığı interaksionu

### Başakta Tane Ağırlığı (g)

Başakta tane ağırlığına (BTA) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 5'te, grafiksel dağılımları ise Şekil 6(a,b)'da verilmiştir. Araştırmamızda belirlenen ortalama başakta tane ağırlığı değerleri 1.68-2.49 g arasında değişmiştir (Çizelge 5). Denemeye alınan çeşitler arasında en yüksek ortalama başakta tane ağırlığı 2.12 g ile NKÜ Ergene çeşidinde, en düşük ortalama başakta tane ağırlığı ise 1.99 g ile NKÜ Asiya çeşidinde bulunmuştur. Ekim sıklığı uygulamalarından elde edilen ortalama başakta tane ağırlığı değerleri 1.96-2.14 g arasında değişmiştir (Şekil 6a). Ekim sıklığı uygulamalarında en yüksek ortalama başakta tane ağırlığı 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında tartılmış, bunu 2.10 g ile 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması izlemiştir. En düşük başakta tane ağırlığı ise 1.97 g ile 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiştir. Sonuçlarımız, buğdayda artan ekim sıklıklarının başakta tane ağırlığını önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Yıldız ve Doğan (2022)'nin bulgularıyla uyum içindedir. Çalışmamızda, Tekirdağ lokasyonunda belirlenen ortalama başakta tane ağırlığı değerinin (2.19 g) Edirne lokasyonundan (1.94 g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllar incelendiğinde, birinci yıl elde edilen ortalama başakta tane ağırlığı değerinin (1.17 g), ikinci yıl elde edilen değerden (1.96 g) daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, iki araştırma yılının iklim özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 5).

Şekil 6b'de verilen çeşit x ekim sıklığı interaksionunda ortalama başakta tane ağırlığının 1.92-2.36 g arasında değiştiği görülmektedir. İnteraksionda en yüksek başakta tane ağırlığının NKÜ Ergene çeşidinin 300 tohum m<sup>-2</sup>, NKÜ Lider çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup> (2.20 g), NKÜ Ergene çeşidinin 400 tohum m<sup>-2</sup> (2.16 g), NKÜ Lider çeşidinin 400 tohum m<sup>-2</sup> (2.13 g) ekim sıklığı uygulamasında olduğu görülmektedir. En düşük başakta tane ağırlığı ise aynı değere (1.92 g) sahip NKÜ Asiya çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ve NKÜ Ergene çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Sonuçlarımıza benzer olarak Atak ve ark. (2021), genotip x ekim sıklığı interaksionunun başakta tane ağırlığına etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu yani değişen ekim sıklıklarına genotiplerin tepkilerinin farklı olduğunu belirtmişlerdir.

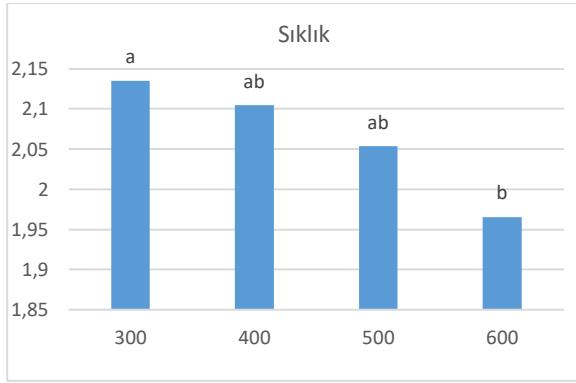


Figure 6a. Mean grain weight per spike (GWS) for sowing densities

Şekil 6a. Ekim sıklıkları için ortalama BTA değerleri

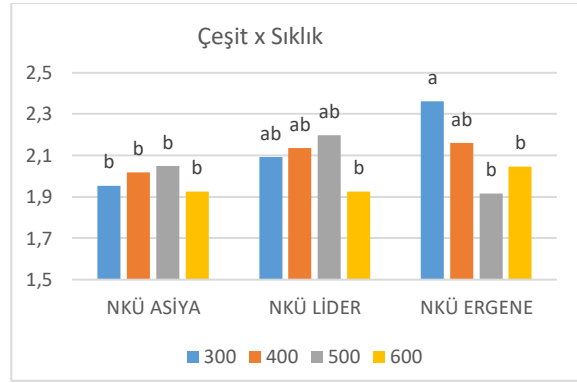


Figure 6b. Variety x sowing density interaction for GWS

Şekil 6b. BTA için çeşit x ekim sıklığı interaksyonu

### Hasat İndeksi (%)

Hasat indeksine (HI) ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 5'te, grafiksel dağılımları ise Şekil 7(a,b)'de verilmiştir.

Çalışmamızda belirlenen ortalama hasat indeksi değerleri %45.63-54.39 arasında değişmiştir. Denemeye alınan çeşitlerin ortalama hasat indeksi değerleri arasındaki farklar istatistiki anlamda önemsiz olmakla birlikte en yüksek değer %50.01 ile NKÜ Lider çeşidinde, en düşük değer ise %49.77 ile NKÜ Asiya çeşidinde belirlenmiştir. Araştırmamızda ekim sıklığı uygulamalarından elde edilen ortalama hasat indeksi değerleri incelendiğinde, en yüksek hasat indeksi değeri %50.69 ile 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında saptanmış, en düşük hasat indeksi değeri ise %49.59 ile metrekareye 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 7a). Sonuçlarımıza benzer olarak, Kaydan ve ark. (2011), ekim sıklıklarına göre en yüksek hasat indeksi değerini %37.5 ile 450 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından, en düşük hasat indeksi değerini ise %32.2 ile 650 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edildiğini ve ekim sıklığı artıkça hasat indeksi değerinin azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmamızda, Tekirdağ lokasyonunda belirlenen ortalama hasat indeksi değerinin (%51.74) Edirne lokasyonundan (%48.09) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İklim özelliklerinin farklı olması nedeniyle araştırmamızın ilk yılında elde edilen ortalama hasat indeksi değeri (%49.54) ikinci yılından (%50.30) daha düşük olmuştur (Çizelge 5).

Şekil 7b'de verilen çeşit x ekim sıklığı uygulaması interaksyonunu incelendiğinde, en yüksek ortalama hasat indeksi değerinin %52.11 ile NKÜ Asiya çeşidinin 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından, en düşük ortalama hasat indeksi değerinin ise %48.68 ile NKÜ Asiya çeşidinin 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edildiği görülmektedir.

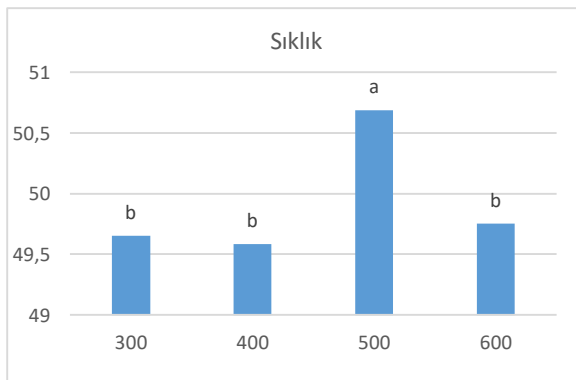


Figure 7a. Mean harvest index (HI) for sowing densities

Şekil 7a. Ekim sıklıkları için ortalama HI değerleri

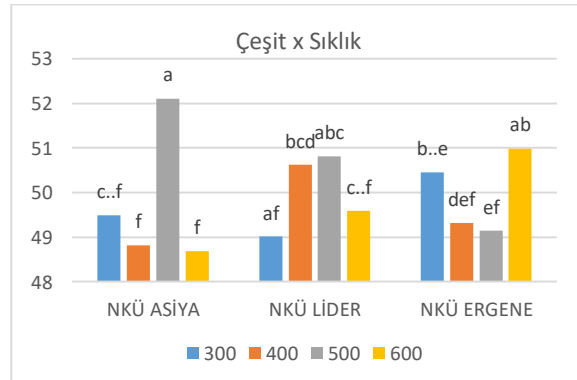


Figure 7b. Variety x sowing density interaction for (HI)

Şekil 7b. HI için çeşit x ekim sıklığı interaksyonu

### Sonuç ve Öneriler

Araştırmamızda incelenen tane verimi, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve hasat indeksi özellikleri uygulanan ekim sıklıklarından

istatistiki olarak önemli bir şekilde etkilenmiştir. Farklı ekim sıklıklarına göre en yüksek tane verimi NKÜ Lider çeşidinde 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından, NKÜ Asiya ve NKÜ Ergene çeşitlerinde ise 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmada, ekim sıklığının en fazla olduğu 600 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında bitki boyu artarken, tane verimi, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve hasat indeksi değerleri istatistiki olarak önemli bir şekilde azalmıştır. Ekim sıklığının en az olduğu 300 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulamasında bitki boyu önemli oranda azalırken, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı özelliklerinden diğer ekim sıklığı uygulamalarına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Ayrıca birim alandan elde edilen fertil başak sayısının daha az olması nedeniyle tane verimi yönünden istenen değerlere ulaşamamıştır.

Sonuç olarak, üç ekmeklik buğday çeşidinde 4 farklı ekim sıklığı uygulamasından elde edilen sonuçlar çeşitlerin genotipik özelliklerine göre değişmekle birlikte istenilen tane verimi ve verim unsurları bakımından kardeşlenmesi daha fazla ve diğerlerine göre daha uzun bitki boyuna sahip olan NKÜ Lider çeşidinde 400 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulaması, daha az kardeşlenen ve daha kısa bitki boyuna sahip olan NKÜ Ergene ve NKÜ Asiya çeşitlerinde ise 500 tohum m<sup>-2</sup> ekim sıklığı uygulanmasının önerilebileceği belirlenmiştir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Akıncı, T.D., 2014. Kirik buğdayında (*Triticum aestivum* L. var. Delfii) farklı ekim sıklığı ekim şekillerinin verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 45 s.
- Atak, M., Kısa, Ö., Atış, İ., 2021. Ekim sıklığının buğday (*Triticum* sp.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 26 (2): 387-398.
- Balkan, A., 2006. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde farklı sıra arası ve tohumluk miktarının verim ve kalite unsurlarına etkileri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 162 s.
- Bulut, S., Çoruh, İ., Zengin, H., Öztürk, A., 2010. The effects of different sowing time and seeding rates on weeds in wheat. Erciyes University, Journal of the Institute of Science and Technology. 26 (4): 362-368.
- Çağlar, O., Bulut, S., Karaoglu, M.M., Kotancılar, H.G., Ozturk, A., 2011. Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. Journal of Animal and Veterinary Advances. 10: 3368-3374.
- Chen, A.D., Cai, J.H., Wen, M.X., Li, D.L., Qu, C.X., 2014. Effects of sowing dates and planting densities on grain yield and quality of wheat cultivar. Journal of Agricultural Sciences. 30 (1): 9-13.
- Chen, C., Neill, K., Wichman, D., Westcott, M., 2008. Hard red spring wheat response to row spacing, seeding rate and nitrogen. Agronomy Journal. 100: 1296-1302.
- Costa, R., Pinheiro, N., Almeida, A., Gomes, C., Coutinho, J., Coco, J., Costa, A., Macãs, B., 2013. Effect of sowing date and seeding rate on bread wheat yield and test weight under Mediterranean conditions. Emirates J. Food Agri. 25: 951-961.
- Dinç, S., Erakul, O., 2010. Bazı ekmeklik buğdaylarda (*Triticum aestivum* L.) ekim sıklığının verim ve verim öğelerine etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 7 (2): 117-125.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1021. Ankara.
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Wheat statistics. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (Erişim tarihi: 13.03.2024).
- Gençtan, T., Sağlam, N., 1987. Ekim zamanının ve ekim sıklığının üç ekmeklik buğday çeşidinde verim ve verim unsuruna etkisi. Türkiye Tahıl Sempozyumu. Bildiriler Cilt:1. 171-183. 6-9 Ekim, Bursa.
- Jiang, P., Yang, X.M., Zhang, P., Yang, D., Zhang, Yao, J.B., Ma, H.X., 2014. Effects of sowing date and density on yield and quality of wheat variety. Acta Agriculture. 7 (26): 5-9.
- Kaydan, D., Tepe, I., Yağmur, M., Yergin, R., 2011. Ekim yöntemi ve sıklığının buğdayda tane verimi, bazı verim öğeleri ve yabancı otlar üzerine etkileri. Journal of Agricultural Science. 17: 310-323.

- Kısa, Ö., 2018. Ekim sıklığının Hatay koşullarında buğday (*Triticum* sp.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 60 s.
- Kün, E., 1996. Tahıllar-I (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No: 1451. Ankara.
- Liu, F.L., Ren, Y.F., Wang, W.D., Dang, Z., Zhang, B.J., 2017. Effects of sowing date and planting density on grain-filling characteristics and yield of winter wheat cultivar. *Shandong Agricultural Sciences*. 6 (49): 41-47.
- Madan, H.S., Munjal R., 2009. Effect of split doses of nitrogen and seed rate on protein content, protein fractions and yield of wheat. *J. Agri. Biol. Sci.* 4 (1): 26-31.
- Maric, S., Guberac, V., Drezner, G., Petrovic, S., Cupic, T., Brandic, V., 2008. Effects of testing environments and crop density on winter wheat yield. 11th International Wheat Genetics Symposium. Proceedings: 684-686. 24-29 August, Queensland, Australia.
- Mutlu, A., 2022. The Effect of different sowing densities on yield and yield components of durum wheat (*Triticum durum* L.). *European Journal of Science and Technology*. 33: 145-153.
- Olgun, M., Sezer, O., Turan, M., Başçıftçi, Z.B., Ayter, N.G., Aydın, D., Koyuncu, O., 2017. Determination of relationship between minerals and yield components by different statistic methods in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigated conditions. *Journal of Applied Biological Sciences*. 11 (1): 21-28.
- Özer, K., 1997. MV-20 Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinde farklı ekim sıklığı ve farklı azotlu gübre uygulamalarının verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 78 s.
- Pala, D., 2016. Farklı ekim sıklıklarının iki ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinde tane verimi ve bazı verim öğeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 64 s.
- Sönmez, C.A., 2017. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinde farklı ekim sıklıklarının bazı fizyolojik, verim ve kalite özelliklerine etkisinin belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 159 s.
- Ulucan, İ., Atak, M., 2020. Ekim sıklığının ekmeklik buğday çeşitlerinde (*Triticum aestivum* L.) verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi*. 30 (4): 31-12.
- Valerio, I.P., Carvalho, F.I.F., Oliveira, A.C., Benin, G., Souza, V.Q., Machado, A.A., Bertan, I., Busato, C.C., Silveria, G., Fonseca, D.A.R., 2009. Seeding density in wheat genotypes as a function of tillering potential. *Scientia Agricola (Piracicaba, Brazil)*. 66 (1): 28-39.
- Yıldız, C.F., Doğan, R., 2022. Nusrat ekmeklik buğday çeşidinde farklı azot dozları ve ekim sıklıklarının tane verimi, verim öğeleri ve bazı kalite özelliklerine etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 36(2): 285-299.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Reserach Article

## Akıllı Tarım Uygulamalarının Sektörel Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi

Emine Boz Yılmaz<sup>1\*</sup> 

Renan Tunaloğlu<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Güzelbahçe İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, İzmir

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Aydın

\*Sorumlu yazar: bozy49@gmail.com

Geliş Tarihi: 17.04.2024

Kabul Tarihi: 20.06.2024

### Öz

Akıllı tarım, tarımda verimliliğin artırılması, toprak ve ürün yönetimi, kaynakların daha ekonomik kullanılmasıyla çevreye daha az zarar verilmesini sağlayan bir sistemdir. Dünyada yaşanan olumsuzluklar tarımın önemini yeniden gündeme getirmiştir. Bu olumsuzluklar; tarım alanlarının daralması, bozulan toprak yapısı, gıda güvenliği ve güvencesi, tarım dışı kullanım şeklinde sıralanabilir. Bu araştırma, Türkiye'nin tarımsal üretimine önemli katkılar sağlayan Ege Bölgesinde (İzmir, Aydın) yapılmıştır. Araştırmada, kamuda çalışan teknik personel, akademisyen, çiftçi, firma, medya ve tarımı destekleyen kuruluşların akıllı tarım uygulamalarına bakış açılarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırmada, nitel araştırma yöntemi gereğince yarı-yapılandırılmış soru formları kullanılarak, altı sektörden 57 kişiyle yapılan yüzyüze görüşmelerden elde edilen veriler, içerik analiziyle çözümlenmiştir. Analiz sonucunda, "Akıllı Tarım Uygulaması Tanıtım/Tutundurma, Politika" kodları öne çıkmıştır. Akıllı tarım denince teknoloji yatırımları, verim ve kalite artışı, girdi kontrolü ve çevrenin korunmasının yanında sağlıklı ve yeterli gıdaya erişim akla gelen olumlu etkilerdir. Ayrıca akıllı tarım teknolojileri değişken düzeyli uygulamalara olanak verdiğinden kıt kaynakların sürdürülebilirliğine katkı sağladığı, teknolojik altyapı çalışmalarının tamamlanması gerektiği, altyapı çalışmaları tamamlanmadan çiftçiye sunulacak akıllı uygulamaların kısa sürede atıl kalacağı, buna bağlı olarak çiftçinin teknolojiden çabuk vazgeçeceği tespit edilmiştir. Akıllı uygulamalarının ülke çapında yaygınlaştırılması içinde siyasi otoriteden bağımsız politikalar üretimi, Ar-Ge yatırımlarının artırılması, yerli üretimin teşvik edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı tarım, Ar-Ge, Politika, Sürdürülebilirlik, Teknoloji

### Evaluation of Smart Agriculture Practices with a Sectoral Perspective

#### Abstract

Smart agriculture is a system that ensures less damage to the environment by increasing productivity in agriculture, soil and product management, and more economical use of resources. The negativities experienced in the world have brought the importance of agriculture to the agenda again. These negativities; These can be listed as shrinking agricultural areas, deteriorating soil structure, food safety and security, and non-agricultural use. This research was conducted in the Aegean Region (Izmir, Aydın), which makes significant contributions to Turkey's agricultural production. The research aimed to reveal the perspectives of public technical personnel, academicians, farmers, companies, media and organizations supporting agriculture on smart agriculture applications. In the research, data obtained from face-to-face interviews with 57 people from six sectors were analyzed by content analysis, using semi-structured questionnaires in accordance with the qualitative research method. As a result of the analysis, the codes "Smart Agriculture Application Promotion/Promotion, Policy" came to the fore. When it comes to smart agriculture, technology investments, productivity and quality increase, input control and environmental protection as well as access to healthy and sufficient food are the positive effects that come to mind. In addition, it has been determined that smart agricultural technologies contribute to the sustainability of scarce resources as they allow variable level applications, that technological infrastructure work must be completed, that smart applications that will be offered to farmers before the infrastructure work is completed will remain idle in a short time, and accordingly, farmers will quickly give up on technology. It has been concluded that in order to disseminate smart applications throughout the country, policies independent of political authority should be produced, R&D investments should be increased, and domestic production should be encouraged.

**Keywords:** Smart agriculture, R&D, Policy, Sustainability, Technology

## Giriş

Dünya nüfusu ile ilgili olarak Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından, 2015 yılında yapılan bir çalışmaya göre, 2050 yılında dünya nüfusunun 9.7 milyar, 2100 yılında ise 11.2 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Bu tahminlere göre 2050'de dünyanın, bu nüfusu besleyebilmek için üretimde %70'lik bir artış gerçekleştirmesi gerekmektedir ki günümüzde bir milyar insanın yetersiz beslenmeyle karşı karşıya olduğu bilinmektedir (Gökırmaklı ve Bayram, 2018). Türkiye'de çeşitli nedenlerden dolayı kırsal alanda yaşayanların kırsal alanları terk etmesi ve tarım sektöründe yaşanan yapısal değişiklikler, ülke ihtiyacı olan yeterli gıdanın temini zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda yaşanan hareketliliğin kentsel alanlarda meydana getirdiği sosyal sorunlardan dolayı devletler, kırsal alanda yaşayan genç çiftçilerin sorunlarına çözüm bulma konusuna önem vermeye başlamışlardır (Berk ve Armağan, 2019). Ayrıca Türkiye'de tarım işletmelerinin küçük aile işletmesi olması ve parçalı arazi yapısı, verimli kaynak kullanımını ve teknolojinin yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır (Başer ve Bozoğlu, 2019). Akıllı tarım, veri dönüştürme, sinyalizasyon araçları veya nesnelerin interneti vb. bilgi iletişim teknolojilerinin tarımsal üretim sürecine dâhil edildiği bir yaklaşımdır. Bu uygulamalarının temel amacı, tarımsal üretimin konumsal ve zamansal farklılıklara uyumlu şekilde gerçekleştirilmesi ve böylelikle tarımda kullanılan girdilerin verimli ve doğru kullanılmasını sağlamaktır (Gürsoy ve Çolak, 2023). Tarımda verim haritalama, arazi sınıflandırması, sulama, gübreleme, seracılık ve hayvancılık uygulamaları tarım 4.0 uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Uygulama araçları ise; otonom araçlar ve robotik sistemler, uydu ve hava araçları, bulut bilişim sistemleri, Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri, makine görme sistemleri olarak sıralanabilir. Dünyada yaşanan kentleşme, nüfus artışı, kalifiye iş gücü eksikliği, rekabet, sağlıksız gıda riskleri gibi sorunlar tarımda dijital teknolojilerin kullanımıyla çözülebilmektedir. Bu nedenle tarım teknolojileri maliyet ve israfın azaltılmasında, verimliliğin artırılmasında, ürünlerde kalite artışı sağlanmasında etkili olmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde IoT ve yapay zeka birlikteliği tarım alanların etkinliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasına katkı sağlamaktadır (Dertli ve Dertli, 2023).

Bu çalışmada dünyada yaşanan teknolojik gelişmelerin tarıma yansması olarak gündemdeki yerini alan akıllı tarım uygulamalarının tarımda yaşanan sorunların çözümüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Türkiye'nin tarım potansiyeli yüksek olan Ege Bölgesinde (İzmir ve Aydın), yapılan bu çalışmada; tarıma yön veren Tarım ve Orman Bakanlığı Birimleri, akademisyenler, çiftçiler, firmalar, medya, tarımı destekleyen diğer kuruluşların temsilcileriyle görüşülmüştür. Bu sektörlerin akıllı tarım uygulamalarına benzer ya da farklı bakış açıları yanında, bu yeni uygulamaların Türk tarım sistemine benimsetilmesi ve yaygınlaştırılması için görüş ve önerileri belirlenmiştir. Kamu otoritesi olarak Tarım ve Orman Bakanlığı'nın akıllı tarımda süreci nasıl yönettiği, üzerinde çalıştığı uygulamalar ve gelecek planları ortaya konulmuştur. Çiftçilerin akıllı tarım uygulamalarına yaklaşımı, karşılaştıkları sorunlar, beklentileri ve akıllı tarım uygulamalarının ekonomik katkıları saptanmıştır. Firmaların üzerinde çalıştıkları akıllı uygulamalar, faydalandıkları destekler, geliştirilen ürünlerin ticarileştirme aşamaları ve devletten beklentileri tespit edilmiştir. Üniversitelerde akıllı tarım alanında çalışmalar yapan akademisyenlerin üzerinde çalıştıkları uygulamalar, elde edilen sonuçların ticarileştirilmesi ve yaygınlaştırılmasıyla ilgili karşılaştıkları sorunlar belirlenmiştir. Medya kuruluşlarının akıllı tarım teknolojilerinin tanıtımındaki rolü ve tarımı destekleyen kuruluşların faaliyetleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, akıllı tarım uygulamalarının verim ve kalite artışı sağladığı, kaynakların sürdürülebilirliğini desteklediği, çevre dostu olduğu, heterojenliğin yönetimine katkı sağladığı, bunun yanında teknoloji alanında dışa bağımlı olduğumuz, Ar-Ge alanına yapılacak yatırımlar ve sürdürülebilir tarım politikaları ile bunun aşılabileceği tespit edilmiştir. En önemli nokta ise; teknolojik altyapı çalışmalarının tamamlanması, çiftçiye sunulan akıllı uygulamaların servis ağı yaygın, kolay kullanılabilir ve dayanıklı olmasının çiftçinin bu uygulamaları benimsemesi için şart olduğu ortaya konulmuştur.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışmanın ana materyali, Türk tarımına, özellikle de bitkisel üretime önemli ölçüde (pamuk %17.7, zeytin %26.2, incir %77.8, vb.) katkı sağlayan iki ilde (İzmir-Aydın) yer alan, altı farklı sektörden, nitel araştırma yöntemine uygun ve kartopu örnekleme esas alınarak seçilen kişilerle yapılan yüz yüze görüşmelerden elde edilmiştir. Kartopu örnekleme; araştırmacının en çok

bilgiye sahip olduğunu düşündüğü kişilerden başlayarak onların güvenini kazanması ve bu kişilerden başka kimlerle görüşebileceğini öğrenmesine dayalı bir yöntemdir (Baltacı, 2018). Bu araştırmada, yarı yapılandırılmış soruların yöneltildiği altı farklı paydaşın (çiftçiler, firmalar, akademisyenler, kamu (Tarım ve Orman Bakanlığı'nın birimleri), medya ve tarımı destekleyen kuruluş) temsilcileriyle 25.08.2021 ve 16.09.2022 tarihleri arasında, toplam 978.35 dakika, ortalama 17.16 dakika süren ses kayıtlı 57 adet görüşme yapılmıştır (Çizelge 1.). Nitel araştırma yöntemi ve kullanılan analiz dikkate alınarak yapılan derinlemesine görüşmeler için ortalama olarak 30-35 kişi ile görüşme yapılması yeterli olmaktadır (Başkale, 2016).

Araştırmanın ikincil verileri ise konu hakkında daha önce yapılmış olan bilimsel araştırmalardan (tez, makale, rapor, vb.) oluşmaktadır.

Çizelge 1. Araştırmada paydaşlarla yapılan görüşme süreleri (dakika/kişi)

Table 1. Duration of interviews with stakeholders in the research (minutes/person)

PAYDAŞLAR	Akademisyen (A)	Çiftçi (Ç)	Firma (F)	Tarım ve Orman Bakanlığı (K)	Medya (M)	Tarımı Destekleyen Kuruluşlar (D)	Toplam
Görüşülen kişi sayısı (adet)	12	11	7	11	7	9	57
Toplam Görüşme Süresi (dakika)	147.62	179.28	131.55	232.26	169.45	117.76	978.35
Ortalama Görüşme Süresi (dakika)	12.3	16.3	18.8	21.11	24.21	13.1	17.16

## Yöntem

Araştırmada nitel araştırma yöntemi kullanılmış olup, içerik analizi ile çözümleme yapılmıştır. Nitel araştırmanın en zor yönlerinden birisi verilerin analiz aşamasıdır. İçerik analizi tümevarımcı bir analiz olduğundan, araştırılan olay veya olgunun kökenlerine inilmekte ve yapılan kodlamalarla verilerin altında yatan kavramlar ve kavramlar arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmaktadır (Baltacı, 2019). Çünkü içerik analizinde amaç, toplanan verileri açıklayacak kavram ve ilişkilere ulaşmaktır. Bu işlem tecrübe gerektirmektedir. Bu nedenle toplanan veriler önce kavramsallaştırılmalı, ortaya çıkan kavramlar çerçevesinde düzenlenmeli ve veriyi açıklayan temalar saptanmalıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Kodlama, veri toplama, verilerle ilgili sorular sorma gibi teknikleri kullanarak karşılaştırmalar yapmak ve bunu yaparken temsil edilecek kavramları ortaya koymaktır (Corbin ve Strauss, 2008). İçerik analizi, benzer verilerin belli temalar ve kavramlar çerçevesinde düzenlenip, yorumlanması gibi bir dizi işlem gerektiren bir analizdir (Maxwell, 2008). Diğer önemli bir nokta ise araştırmacının yorumları ve ortaya konan temaların anlamlı bir şekilde ilişkilendirilmesidir. Araştırmacı tarafından yapılan yorumun daha etkili olması için bu aşamada bulgular arasındaki neden sonuç ilişkileri açıklanmakta ve farklı olgular arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır. Daha önce yapılmış bilimsel araştırmalara bağlı çıkarım, değerlendirme ve karşılaştırmalar da bu aşamada yapılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2021).

Araştırmada, veri toplama aşaması tamamlandıktan sonra verilerin analizi aşamasına geçilmiştir. Öncelikle görüşmelerden elde edilen ses kayıtları yazılı kayıtlara dönüştürülmüş, sonra kodlamalar yapılarak ana temalar oluşturulmuş ve oluşturulan temalara dayanılarak bulguların yorumlanması aşamasına geçilerek içerik analizi tamamlanmıştır. Araştırmada elde edilen verilerde yapılan içerik analizi sonucunda; teknoloji, sürdürülebilirlik, bilgi edinme, benimsetme, örgütlenme, süreç, planlama, sorunlar ve çözümler, kodları öne çıkmıştır.

Araştırma etiği gereği, görüşme yapılan kişilerin bilgileri gizli tutulmuş olup; akademisyenler (A1, A2,), çiftçiler (Ç1, Ç2,), firmalar (F1, F2,), Tarım ve Orman Bakanlığı mensupları (K1, K2,), medya kuruluşları (M1, M2,), tarımı destekleyen kuruluşlar (D1, D2,) şeklinde kodlanmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Araştırmada altı sektörle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler kodlara dönüştürülerek mevcut literatür çerçevesinde tartışılmış farklılıklar ve benzerlikler ortaya konulmuştur. Akıllı tarım uygulaması denince ilk akla gelen teknoloji yatırımları ve sürdürülebilirliktir. Buna bağlı olarak da



tarımda verim ve kalite artışı, girdi kontrolü, çevrenin korunması, toprak heterojenliğinin yönetimi önemli bir ayrıntı olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi şartlarında toprağın her noktası aynı verimlilikte, aynı toprak yapısına ve aynı nem düzeyine sahip değildir. Oysa tarımda toprak homojen kabul edilip her noktaya aynı işlem uygulamaktadır. Günümüzde akıllı tarım uygulamaları sayesinde arazide farklı noktalara farklı uygulamalar yapabilmektedir. Akıllı tarım uygulamalarının tanıtım/tutundurmasında bilgi edinme sürecinden başlayarak benimsetilmesinde yayım metotları ve tutundurulmasında ise örgütlenme öne çıkmaktadır. Devlet politikası olarak akıllı tarım uygulamalarının ülke çapında uygulanması ve yaygınlaştırılması için siyasi otoriteden bağımsız tarımın geleceğini önceleyen politikalar üretilmelidir. Maliyeti yüksek olan akıllı tarım uygulamalarında Ar-Ge yatırımlarını arttırarak, devlet destekleri ve örgütlenme ile yerli üretimi teşvik ederek dışa bağımlılıktan kurtulma olasılığı ortaya çıkmaktadır. Görüşmelerden elde edilen Akıllı Tarım Uygulamasına ait kodlar Çizelge 2.'de, Tanıtım/Tutundurma kodları Çizelge 3.'te ve Politika kodları Çizelge 4.'te gösterilmiştir.

### Akıllı tarım uygulamaları ile ilgili bulgular

Çizelge 2. Akıllı tarım uygulamasına ait kodlar  
Table 2. Codes of smart agriculture application

Akıllı Tarım Uygulaması Kodları			Tamamlayıcı Veriler
I.Kod	II. Kod	III. Kod	Sektörler
Akıllı Tarım Uygulaması	Teknoloji	Farklı Uygulamalar	"Özellikle lazerli tesviye makinesi, otomatik dümenleme, drone gibi makine- ekipmanlar ilçemizde kullanılmaya başlandı. Ortalama 50 civarında mevcut dronu olan üreticimiz bulunmaktadır" (K3). "Hayvanların beslenme, kızgınlık ve hastalıklarını daha kolay takip edebilme olanağı sağlayan sürü takip sistemi kullanılmaktadır. Binlerce hayvanın olduğu, kalabalık hayvan varlığına sahip olan işletmelerde olmazsa olmaz olan uygulamadır. Bilgisayar, telefon, tablet vb. akıllı cihazlar tarafından kontrol edilme olanağı sağlayan sürü yönetim sistemleri mevcuttur (Ç4).
		Kontrollü Üretim	"Üretim artışı ve verimlilik: Akıllı tarım uygulamaları kapsamında tarımsal üretim verilerinin toplanması, analiz edilmesi ve uygulayıcılar ile karar vericilere iletilmesi ile üretim ve verimlilik artışı sağlanacaktır" (D5).
	Sürdürülebilirlik	Verimlilik	"Akıllı tarım deyince üretim anlamında akıllı tarımı kastetmiyorum, akıllı tarımı öyle anlamak lazım. Akıllı tarımda ulusal düzeyde ürün rekoltesinin önceden tahmin edilmesi izlenmesi de var. Aynı zamanda akıllı tarımda ürünün planlanması da var" (A12).
		İzlenebilirlik	"Akıllı tarımda beklentimiz; bu ülke tarımında verimliliğin, kaliteyi arttıracaklarını düşünüyoruz, Dolayısıyla bunun yanında tarımsal faaliyetlerin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltacağını düşünüyoruz. Çünkü biz bunları geliştiren insanların hedeflerinden birisinin de bu çevre ile olan ilişkisi olduğunu düşünüyoruz" (D6).
		Çevre Dostu	

### Günümüzde kullanılan bazı akıllı tarım teknolojileri

Endüstri 4.0'ın tarıma yansması olarak karşımıza çıkan uydu teknolojileri, tarım robotları, otomatik dümenleme, dronlar, sensörler vb. teknolojilerin kullanılmasıyla girdi tasarrufu sağlandığı, çiftçilerin tarlaya gitmeden bazı işlerini uzaktan takip ederek zamandan ve maliyetten tasarruf ettikleri bilinmektedir. Ayrıca çiftçilerin verilerin analizinden elde edilen sonuçlara göre erken önlem alma imkânına kavuştukları önceki çalışmalarda belirtilmektedir. Bu çalışmada Keskin ve ark., 2018 ve Üstün Ercan, 2021'e benzer şekilde bazı akıllı tarım uygulamaları çiftçiler tarafından kullanılmakta, bu uygulamalar sayesinde tarımsal girdilerden tasarruf edilmekte, iklim verileri takip edilmekte ve gelecek için tahminleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda kısıtlı olan üretim faktörlerinin etkin kullanımı için akıllı tarım teknolojilerinin desteklenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Diğer yandan otomatik dümenleme gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde en yaygın kullanılan hassas tarım teknolojisidir. Nitekim tarımdaki otomatik dümenleme sistemleri, yakıt tüketiminde %9, kimyasal girdi maliyetinde %10 ve çalışma zamanında %17 tasarruf sağlamaktadır (Keskin ve ark., 2018).

Nesnelerin interneti, robotlar, dronlar, sensörler, uydu teknolojileri sayesinde havanın ve toprağın ısısı, nemi ölçülerek bitkinin su ihtiyacı belirlenebilmektedir. Çiftçi tarlasına gitmeden işlerini yaparak zamandan, sudan, paradan tasarruf etmektedir. Hava tahminlerine ulaşarak önlem alabilmektedir (Üstün Ercan, 2021).

"Önümüzdeki projeksiyona bakarsak eğer acilen, hızla destek vermek istediğimiz yegâne makina otomatik dümenlemedir. Traktörlerde bu girdiyi optimize eden, yakıt tasarrufu sağlayan %17-20 kadar yakıt tasarrufu sağlayan, ilaçlamada, gübrelemede üst üste binmenin önünü kestiği bir sistem. Projeksiyonumuz yani ilk vermek istediğimiz ekipmanda otomatik dümenleme hakkında destek vereceğiz. Hassas tarım yapmak istiyorsanız, hassas tarıma giriş otomatik dümenleme ile olur. Eğer

*traktörünüz insansız ve otomatik dümenlemeli ise hassas tarım yapıyorsunuzdur. Çünkü mazot girdisini optimize ediyorsunuzdur "* (K6).

*"Dronumuz ile gereksiz ilaç kullanımını önüne geçiyoruz. Buda bizim için gerçekten girdi maliyetlerinde çok fayda sağlıyor" (Ç7).*

*"Bu konuda akıllı tarım uygulamalarından sensör teknolojilerini daha çok kullanıyoruz. Bunu da özellikle topraktaki nem takibi ve toprak sıcaklığını takip amacıyla kullanıyoruz. Bunun dışında yine uzaktan algılama sistemleri ve buna bağlı olarak bazı modelleri çalıştırarak tahminleme yapan sistemleri kullanıyoruz" (K10).*

#### **Tarımda sürdürülebilirlik**

Aşağıda verilen bilimsel çalışmalara paralel sonuçlar yapılan araştırmada da elde edilmiştir. Bu araştırmada paydaşların kullandıkları akıllı uygulamalar sayesinde toprağın suya ihtiyacını tespit edip, bitkinin ihtiyacı olduğu zaman ve ihtiyacı kadar su kullanarak tasarruf sağladıkları belirlenmiştir. Ayrıca toprağın homojen yapıda olduğu varsayımı ile yapılmakta olan tarımsal uygulamaların aslında doğru olmadığı, paydaşların akıllı tarım uygulamaları ile toprağın heterojenliğini yönetilebildikleri, akıllı tarım uygulamalarının çevre dostu uygulamalar olmasından dolayı sürdürülebilir tarımsal üretime katkı sağladığı için teknoloji kullanımının önemli olduğu ortaya konulmuştur.

Akıllı sulama sistemleri nem sensörleri ile toprağın nemini devamlı takip ederek sulama zamanı ve toprağın ihtiyaç duyduğu su miktarını belirlemektedir. Ayrıca hava şartlarını takip ederek yağış beklentisi olduğunda sulama zamanını geciktirmektedir. Bu verileri kullanan akıllı sulama sistemi insan müdahalesine gerek kalmadan sulama işlemini yapmakta, su ve elektrik tüketimini optimize etmektedir (Taştan, 2019).

Değişkenliğin yönetimi, hassas tarımın hedefidir. Heterojenliğin seviyesine göre farklı alt alanlarla ilgili veriler konum farklılığına bağlı olarak girdi uygulanmasında kullanılmaktadır. Tarımsal uygulamalarda optimum girdi kullanımına müsaade eden heterojenliğin yönetimi ile gerektiği kadar kimyasal, su ve gübre kullanılarak, girdiler minimize edilerek gelir artışı sağlanmaktadır (Türkseven ve ark., 2016).

Akıllı tarım uygulamaları, azaltılmış girdi kullanımına imkân verdiğinden sürdürülebilir, çevreye saygılı ve tarımsal üretimi destekleyen bir yaklaşımdır. Bunun için duyarlı tüm ülkelerde hassas tarım konusundaki alt yapı çalışmalarının, araştırma ve bilimsel yayın çalışmalarının desteklenmesi önemlidir. Doğal kaynakların korunması için önemli olan bu uygulamalar, üretim, hasat ve hasat sonrası ürün kayıplarının azaltılmasına da katkı sağlamaktadır (Arslanoğlu ve ark., 2016).

*"(.....) ne yapar? Toprağın altındaki bağıl nemi, alandaki bağıl nemi, toprağın yüzey sıcaklığını, toprak altı sıcaklığını, hava sıcaklığı gibi 9 tane sensörü var üstünde birçok veriyi kayıt eder ve yetiştirdiğimiz ürünün su ihtiyacına göre kritik su seviyesi, nemini, şu an mevcuttaki nemi gösterir ve der ki bu arazinin şu anda suya ihtiyacı var veya yok gibi verilerdir" (Ç11).*

*"Kimyasal yönüyle baktığımızda çevre ile ilgili tarımdan kaynaklanan yükler var. O yükleri de minimize etmiş oluyorsunuz. Dolayısıyla hani üç temel de akıllı tarım doğanın heterojenliğini yöneterek optimizasyon yapıyor. Ee biz burada farklı seviyelerde teknolojiler kullanabiliriz. Hedefimiz aslında sürdürülebilir tarım. İnsan nüfusunun ihtiyaç duyduğu gıda ve diğer lif maddelerini sağlamak "* (A2).

*"Akıllı tarımda beklentimiz; bu ülke tarımında verimliliği arttıracığını düşünüyoruz, kaliteyi arttıracığını düşünüyoruz, Dolayısıyla bunun yanında tarımsal faaliyetlerin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltacağını düşünüyoruz. Çünkü biz bunları geliştiren insanların hedeflerinden birisinin de bu çevre ile olan ilişkisi olduğunu düşünüyoruz. Biz akıllı tarım uygulamalarının çok faydalı olduğunu çevre, tarımsal üretimde verimlilik ve kalite artışında çok faydalı olduğunu biliyoruz" (D6).*

**Tanıtım/tutundurma çalışmaları**

Çizelge 3. Tanıtım/Tutundurma kodları

Table 3. Findings regarding the Promotion/Promotion code

Tanıtım/Tutundurma Kodları			Tamamlayıcı Veriler
I. Kod	II. Kod	III. Kod	Sektörler
Tanıtım/Tutundurma	Bilgi Edinme	Akademik Çalışmalar	"Topraksız tarımın akademik anlamda yetiştiricilikle ilgili küçük ölçekli çok fazla başarılı denemeleri mevcut fakat bunun teknolojiye uyarlanmış haliyle verilere rastlamak çok zor. Maalesef Akademik anlamdaki çalışmalar sahaya uyarlanabilir değil (Ç6).
		Medya	"Türkiye Tarım Gazetecileri Grubuna iyeyim. Neden? Tarım gazetecileri özellikle teknolojiyi takibini çok iyi yaparlar, dünyadaki teknoloji takibinin çok iyi yaparlar. En azından onların içinde bulunmak benim her zaman hoşuma gider. Çünkü ciddi olarak birbirimize fikir teatisinde bulunuruz" (A2).
		Demonstrasyon	"Çiftçinin bunu görmesi önemli. Yani uygulamalarla o teknolojinin nasıl kullanıldığını bizzat gördüğü zaman, yaşadığı zaman bunu zaten kendisi kullanıyor" (M1).
	Benimsetme	Tarla Günü	"Akıllı tarım uygulamalarının tanıtımı için ağırlıklı olarak tarla günleri, fuarlar ya da köy gezileri tercih ediliyor" (M7).
		Pilot Uygulama	"Akıllı tarımın yaygınlaştırılmasıyla ilgili aslında Aydın bölgesinde uygulanan bir örnek proje var. Vodafone'nun yapmış olduğu akıllı köy projesi bilirsiniz. Bunun gibi pilot uygulamalarla demonstratif faaliyetlerin yapılması lazım bence" (K10).
		Kooperatif	"Çiftçi örgütleri devrede olursa, bu çiftçi örgütleri iyi yönetilirse ve üyeler örgütüne sahip çıkarsa Türkiye'de bunun örnekleri vardır, bu örneklerin çoğalması mümkündür. Dolayısıyla bu birazda tabii ki bir devletin yani merkezi yönetimin (yerel yönetimleri çok önemsiyorum) doğru politikalar uygulanmasıyla hepsinin çözümü vardır" (A6).
	Örgütlenme	Müteahhitlik	"Farklı iş modellerinin, hizmet yollarının geliştirilmesi gerekiyor. Bunlardan bir tanesi müteahhitlik hizmetleri yani hizmet verme. Bununla ilgili işte yapılar oluşturulabilirse o yapılar hizmet sağlayıcı olarak daha düşük fiyatlara çiftçilerin yatırım yapmasına gerek kalmadan bu teknolojilerin kullanımını sağlayabilirler" (A2).
		Ortak Kullanım	"Dijital teknolojilerin bireysel kullanımından ziyade, çok daha fazla kişinin kullanımına sunulması durumunda, çok daha ekonomik olacağını düşünüyorum" (A10).
		Yaş	"Şu anda en büyük sıkıntı üretim. genç çiftçi artık çiftçilik yapmak istemiyor. Çiftçinin hepsi şehirlerde yaşamaya çalışıyor. Ürün para etmiyor görüyorsunuz. Malını mülkünü satıyor şehirlere yerleşiyor" (A9).
	Süreç	Eğitim	"Altyapımız bu tarafa baktığımızda il-ilçe müdürlüklerindeki arkadaşlarımızda buna yavaş yavaş adapte oluyorlar, sistem içerisine girmeye başladılar. Ama dediğim gibi topyekün arkamızdan gelecek genç arkadaşlarımız için bir eğitim, standart bir eğitim şart, kulaktan dolma bilgi değil standart bir eğitim şart diye düşünüyorum" (K6).

**Bilgi edinme kaynakları**

Araştırmada bilgi edinme kaynağı olarak akademik çalışmalara, medyaya ve sosyal medyaya vurgu yapılmakta olup; akademik çalışmaların ulaşılabilir ve sahaya uyarlanabilir olmadığı, bu nedenle medya ve sosyal medyanın bilgi edinme amacıyla yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Bilimsel çalışmalara paralel olarak Tekin ve Şen 2017'ye göre akademik çalışmaların yeni teknikler geliştirmede etkili olacağı vurgulanmıştır.

İletişim alanında tarıma özel hazırlanmış gazete ve dergiler, radyo ve televizyon programları gibi geleneksel medya araçları bulunmaktadır. Günümüzde internetin yaygınlaşmasıyla birlikte sosyal medya kanallarının kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Küçüküçü, 2023).

Türkiye olarak tarımda hasat sonrası tüm faaliyetlerde akıllı tarım uygulamalarına geçmemiz gerekmektedir. Uluslararası pazarlarda rekabet için tarım ürünlerinin internet ortamında güvenli bir biçimde pazarlanması (e-pazarlama faaliyetleri) sağlanmalıdır (Gökkür, 2019).

"Ülkemizde yapılan akademik çalışmaları maalesef erişilebilir bulmuyorum. Akademisyenlerin saha çalışmalarını çok şeffaf bulmuyorum ve yapılan tüm çalışmalar ne hikmetse bana coğrafi olarak uzak yerlerde yapılıyor" (Ç3).

"Topraksız tarımın akademik anlamda yetiştiricilikle ilgili küçük ölçekli çok fazla başarılı denemeleri mevcut fakat bunun teknolojiye uyarlanmış haliyle verilere rastlamak çok zor. Maalesef Akademik anlamdaki çalışmalar sahaya uyarlanabilir değil" (Ç6).

"Daha çok sosyal medyada takip ettiğim kişiler ve kuruluşlar var. Oralardan bilgi edinmeye çalışıyorum" (Ç7).

"Medya ön plana çıkıyor. Gençler mesela sosyal medyayı aktif kullanıyor sosyal medya burada önemli bir mecra" (M5).

**Benimsetme**

Görerek öğrenmenin önemli olduğu Demirtaş ve ark., 2016'da olduğu gibi yapılan araştırmada da ortaya konulmuştur. Bu nedenle demonstrasyon çalışmalarının önemine özellikle vurgu yapılmaktadır.

Demonstrasyonlar tarımsal yayım faaliyetleri içinde en önemli yayım metodudur. İnsanları ikna etmek üzere yeni bir ürün veya bir yöntemin nasıl kullanılacağını öğretmek, bir işin nasıl yapılacağını veya o hususta karşılaştırma imkânı sunan göze ve pratiğe hitap eden bir gösterimdir. Tarım yayımcıları faaliyetlerinde sıklıkla sonuç ve metot demonstrasyonu yöntemlerini kullanmaktadır (Demirtaş ve ark., 2016).

*"Üniversitelerde bölgesel bazda özellikle uygulamalar demonstrasyonlar yapacak, çiftçinin bunları görerek yavaş yavaş adapte olmasını sağlayacaktır" (A3).*

### **Tarımsal Örgütlenme**

Kooperatifçilik sisteminin amacına uygun olarak işlemediği, iyi çalışan kooperatifler olsa da bunlarının çok az olduğu, yaşanan birçok sorunun varlığı, üreticilerin örgütlerini sahiplenmedikleri Kılavuz ve Erdem, 2019 ve Taşan, 2019 tarafından ortaya konulmuştur. Yapılan araştırmada da bilimsel çalışmalara paralel olarak kooperatiflerin yönetim zafiyeti yaşadığı, örgütlü hareket etme kültürünün yerleşmediği ve kooperatifçilik sistemi doğru çalışmadığı için çiftçilerin örgütlerine sahip çıkmadıkları görüşmeciler tarafından da beyan edilmiştir.

Türkiye'de küçük ölçekli çok sayıda kooperatif olmasına rağmen kooperatiflerin çok azı kooperatifçilik ilkelerine uygun yapılanmadır. Az sayıdaki bu kooperatiflerde de mevzuat, yönetim, örgütlenme, finansman, araştırma ve eğitim gibi sorunlar vardır. Kooperatifler gelişmiş ülkelerde geçmişte olduğu gibi günümüzde de ciddi destekler almaktadırlar. Tarımda verim artışı için Türkiye'de kooperatif sektörünün desteklenmesi ve sorunlarının çözülmesi öncelikle ele alınmalıdır (Kılavuz ve Erdem, 2019).

Devlet-Kooperatif ilişkilerinde vesayet sistemi ağırlıklı olduğundan Türkiye'de devlet kooperatif ilişkisine örgüt üyesi üreticinin bakış açısı da sorundur. Üreticiler, kooperatifleri kendi örgütleri olarak değil bir devlet (kamu) kurumu gibi görmektedir. Bu durum gerçek demokratik kooperatiflerin oluşmasının önündeki en önemli engeldir. Hiç kuşkusuz bu olumsuz durum, izlenen kooperatifçilik politikalarının bir sonucudur (Taşan, 2019).

*"Türkiye gibi eski bir tarım ülkesinde biz hala şunu konuşuyoruz. Bir organizasyon olsa da çiftçilerin arasında biz sütleri perakende satsak. Mesela bunu bile yapamıyoruz. Kooperatifler çalışmıyor çalışması içinde doğru insanların liderliği söz konusu değil, elini taşın altına koyan yok. Çiftçi bezmiş zaten, yani toplu hareketlerin hepsinden bezmiş. Tabii şöyle bir şey sivil toplum eğitiminde eksik kalmışız maalesef" (Ç10).*

### **Süreç**

Araştırmada tarımla uğraşan kesimde yaş ortalamasının yüksek, eğitim seviyesinin düşük olduğu, gençlerin tarım dışı sektörlere kaydıkları bu nedenle kırsal alandaki yaşam standardının yükseltilmesi gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca akıllı tarım teknolojilerinin bölgesel farklılıklar, arazi büyüklüğü ve yapısı dikkate alınarak farklılaştırılması gerektiği ortaya konulmuştur. Bu alanda daha önce yapılmış olan çalışmalarda ortaya konan sonucu destekler niteliktedir.

Türkiye'de üreticilerin yüksek yaş ortalaması, akıllı teknolojilere yönelik farkındalık eksikliği, ve düşük eğitim seviyesine bağlı olarak bilgi teknolojileri okuryazarlığının yetersizliği akıllı tarım uygulamalarının yaygınlaşmasının önündeki sorunlardan bazılarıdır. (Ercan ve ark., 2019).

Modern dünyada tarım ve hayvancılıkta teknolojinin sunduğu birçok fırsattan yararlanmaktadır. Bu durum ülkelere göre farklılık göstermektedir. Tarım sektöründe teknolojinin kullanımı açısından değişiklikler ve farklılıkların ardında toprak, iklim, coğrafya gibi ekolojiye bağlı faktörlerin etkisi bulunmakta olup teknolojilerin kullanımında özelde üreticilerin genelde ise ülkelerin sosyoekonomik koşullara bağlılığı söz konusu olabilmektedir (Yaman ve ark., 2021).

*"55 yaş ortalaması, ilkökul düzeyindeki bir eğitim seviyesinin yoğun olduğu bir sektör bu sektör. Dolayısıyla globalleşen hızlı çağda, değişen bir çağda bu yaşta ve bu eğitim seviyesindeki insanlardan başarı beklemek mümkün değil. Çünkü en basitinden ben yaşamışım 5-10 yıllık ömrüm kaldı, birazcık param var, 2 da. toprağım var, öldüğümde hazırda gömüleceğim yer belli vizyonuyla üretim yapan bir insanla başarı bekleyemezsiniz. O yüzden bu sektöre daha çok bu sektörle ilgili eğitim almış, genç, dinamik ve bu yaptığı işi sevecek genç ihtiyacı var. Bununla ilgili çalışmalar yapılmalı insanlar da köye geldiği zaman bir sosyal ortam, mutlu bir şekilde yaşayabileceği bir ortam olmalı. Dolayısıyla köylerdeki yaşam standartları olgunlaştırılmalı ve iyileştirilmeli" (Ç11).*

*"Akıllı tarımı, birçok yönü olan Ziraat'ta bütün bölümlerin içinde olduğu bir uygulama olarak görüyorum. Çünkü aklımızı koymadan yapabileceğimiz faaliyetler değil bunlar. En temel bazda teknoloji ve makinanın bunun içinde olmaması mümkün değil. Dolayısıyla bölgeden bölgeye, yöreden*

yöreye, iklimden iklime farklılıklarla donatarak o bölgeye, o iklime, o yöreye, o arazi yapısına, büyüklüğüne bağlı olarak akıllı tarımı çeşitlendirmek gerekir diye düşünüyorum" (A7).

### Tarım Politikaları

Çizelge 4. Politika kodları  
Table 4. Findings of the policy code

Politika Kodları			Tamamlayıcı Veriler
I. Kod	II. Kod	III. Kod	Sektörler
Politika	Planlama	Refah	"Tarım arazilerindeki verimi arttırmada, ilaç, gübre, su gibi üretim maliyetlerini azaltmada fayda sağlayan akıllı tarım uygulamalarının gelecekte çiftçi refahını arttırmada olumlu etkileri olacaktır" (K8).
		İstikrar	"Biz şimdi kar amaçlı çalışıyoruz işletme olarak bizim için bizim gibi şirketler için küçük işletmeler için önemli olan tek şey ekonomi. Yani dolar ne oldu? Çünkü biz dolar olarak alıyoruz, TL'ye dönüp satarken kar koyup o şekilde satıyoruz. Bizim şu an en büyük sıkıntımız ekonomi" (F3).
		Genç Nesil	"Akıllı tarım uygulamalarının yaygınlaşmasının, gençlerin tarımın önemi konusunda bilincini arttırmaya yönelik olumlu etkileri olabilir. Köylerden şehirlere göç hızında azalmalar meydana gelebilir. Genç çiftçi nüfusu yeniden köylerde artmaya başlayabilir" (K8).
		Maliyet	"Maliyet. Yani bunun dışında bir sorun yok. Cebinizde paranız varsa bugün dünyanın en uzak ülkesinden en iyi teknolojiye ulaşabiliyorsunuz. Türkiye'deki hadise bu tarz teknolojik ürünlerde hep dolar ve Euro'ya bağlı olduğumuz için bu ciddi bir maliyet getiriyor" (Ç11).
		Altyapı	"Yani ben en son dan başlayayım bütçe ve personel yönünden biraz yetersiz açıkçası" (K9).
		Bağımlılık	"Tüm sistemlerin yurtdışından alınması, yerelde yapılan çalışmalar ve ürünlerle ihtiyacımızı karşılamamız üzücüdür. Teknik bakım ve yedek parça bakımından yatırım faaliyete geçse dahi işletme faaliyet yılları boyunca dışa bağımlı kalmaktadır" (Ç6).
	Çözümler	Örgütlenme	"Üstelik ülkemizdeki tarımsal işletme büyüklükleri açısından bakıldığında, bireysel akıllı tarım uygulamalarının rantabl olacağı işletme sayısı %1-2'yi geçmez. Dolayısıyla, akıllı tarım uygulamalarını ülke tarımının bütününe hizmet eder hale getirmek istiyorsanız, tarımsal örgütlenmeyi de öne çekme zorunluluğu ortadadır" (D9).
		Destekleme	"Tarım Bakanlığı destekler veriyor. İşte dekar başına gübre desteği, mazot desteği, fark desteği, tohum desteği işte birçok destekler var. Bunlar tartışılan konular, yeterdi yetmezdi işte gününde verilmiyor. Mesela bu konuda dijitalleşme konusunda böyle bir destek verilebilir" (F5).
		Ar-Ge	"Bunların Ar-Ge'sinin yapılması lazım. Üniversite olur işte Tarım Bakanlığı'na bağlı araştırma kuruluşları var, özel kuruluşlar var. Özellikle Ar-Ge işlerinin yoğun yapılması lazım. Birde bazı şeylerin kendimize özgün hale getirilmesi lazım, uygun hale getirilmesi lazım" (A8).
		Yerli Üretim	"Tüm sistemlerin yurtdışından alınması, yerelde yapılan çalışmalar ve ürünlerle ihtiyacımızı karşılamamız üzücüdür. Teknik bakım ve yedek parça bakımından yatırım faaliyete geçse dahi işletme faaliyet yılları boyunca dışa bağımlı kalmaktadır" (Ç6).

### Tarımsal Planlama

Türkiye'de çiftçilerin çoğunluğu tarımsal üretimin ülke ekonomisine katkısını bilmemektedir, tarımsal planlama ile ülke ihtiyaçlarını maksimum seviyede karşılamak ve üretimde verimliliği arttırmak amaçlanmaktadır. Böylelikle yetersiz gelir, arazilerin parçalanması, üretim ve verimin düşmesine bağlı olarak kırsal alanda yoksulluğun artması sonucunda genç işgücünün kentlere kaymasının önüne geçilebileceği bilimsel çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu çalışmada; bilimsel çalışmalara paralel olarak, tarım alanında sağlanan ekonomik büyümenin çiftçiye yansımadağı, tarımsal planlama yapılmadığı, bu planlamanın devlet tarafından yapılması gerektiği ve gençlerin tarımda tutularak tarım nüfusunun gençleştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çiftçilerin çoğunluğu kırsal alanın nüfusun ne kadarını oluşturduğunu, yapılan üretimin milli gelirdeki payını, istihdam oranının ne olduğunu, tarım ürünlerinin ülke ihracatından ne kadar pay aldığını, rakam olarak bilmemektedir. Tarımda devlet desteklerinin payı düşüktür (Oruç ve ark., 2016).

Kaynakların ekonomik kullanımına bağlı üretim planlaması yapılması verimliliği artırır. Bugün tarım ürünlerinde ekim alanına göre üretim miktarları belirlenmekte ve tarımsal planlama ile üretim verimliliği öngörülebilmektedir. Buradaki problem ekonomik olarak karlı ve ülke ihtiyacını en yüksek düzeyde karşılayan yıllık tarımsal üretim planını rasyonel olarak yapmaktır (Yıldız ve Sel, 2023).

Tarımdan sağlanan gelirin yetersizliği, artan nüfus, tarım arazilerinin parçalanması, işletmelerinin küçük işletmelere dönüşmesi, tarımsal üretimde makine kullanımının artması, iş gücüne olan talebin azalması gibi ekonomik nedenlerle kırsaldan kente göç yaşanmaktadır. Bu göç, terk edilen arazilerin atıl kalması, üretim ve verimin düşmesi, kırsal yoksulluğun artması ve tarımda çalışacak genç işgücünün azalması gibi sorunları ortaya çıkarmaktadır (Eren Yalçın ve Öcal Kara, 2016).

"Türkiye'de bu alanda ana sorun temel sorun tarımsal büyümenin getirdiği avantajların

*çiftçiye yansımıyor olmasıdır. Yani tarımda büyüme gerçeğinin çiftçi refahına katkısı nedir sorusunu tartışmamız gerekiyor. Çünkü tarımdaki büyüme gerçeği çiftçi refahına, çiftçi gelirine maalesef yansımıyor" (M4).*

*"Aslında çözmemiz gereken şey planlama. Bakanlık çiftçiye ÇKS var artık ne ekeceğini belki devlet söylemeli artık. Yani devlet demeli ki şu kadar çiftçi şunu ekecek bu dönem, gelecek dönem sen yer değiştireceksin bunu ekeceksin. Şimdi çiftçi neye prim veriliyor, devlet neye para ödüyor, onu ekiyor. Çiftçi parayı alıyor toplamasam bile destekten aldığım bana yeter diyor. Biz planlayıp yılın daha başında yılsonunda tahmini rekoltemiz şu üründe ne kadar olacak fazlayı bilmemiz gerekiyor. Biz daha onu belirlemiş değiliz. Öncelikle planlanması gerekiyor. Ürün deseni, ne kadar ekim yapılacağı ve elde edilecek toplam miktar. Öncelikle devlet tarafından bizler değil devlet tarafından bunun organize edilmiş olması gerekir" (A9).*

*"Tarım nüfusu yaşılanıyor, genç nüfusunu da ağır sanayiye yönlendiriyorsun. Yok, işte güneş enerjisi sistemlerinde çalışsın, yok işte OSB de çalışsın. Benim genç nüfusu mu oraya kaydırıyorsun. Biz onu istemiyoruz tarımda nüfusu gençleştirmeliyiz" (K11).*

### **Tarım Teknolojilerinde Yaşanan Sorunlar**

Tarım teknolojilerinde yaşanan sorunların başında dışa bağımlılık gelmektedir. Bu bağımlılıktan kurtulmanın yolunun orta/uzun vadeli planların yapıldığı, stratejileri belli tarım politikalarının ortaya konması, Ar-Ge çalışmalarına önem verilmesi ve desteklenmesi gerektiği bilimsel çalışmalarla tespit edilmiştir. Bu çalışmada da görüşmeciler tarım politikalarının siyasi odaklı olduğu, teknoloji alanında dışa bağımlı olduğu ve öncelikle akıllı tarım uygulamalarında dışa bağımlılık sorununun çözülmesi gerektiği, bu sorun çözülemezse olağanüstü durumlarda olumsuz koşulların yaşanabileceğine vurgu yapılmıştır.

Türkiye bilim, AR-GE, inovasyon ve teknoloji konularına yönelerek en kısa sürede ülkeye özgü bir tarım politikası hazırlamalı ve uygulamalıdır. Planlar ve stratejiler bu yönde olmalıdır (Yener, 2019).

Tarım alanındaki problemleri çözmek ve tarımsal üretimi arttırmak için, öncelikli olarak orta ve uzun vadeli, stratejileri belirlenmiş, ulusal bir tarım politikası ve üretim planlaması olmasının yanında atıl tarım arazilerinin ekilerek üretimin artırılması gerekmektedir (Oğur, 2022).

Türkiye tarımında dışa bağımlılık, tarım makinaları, girdi (tohum, gübre, zirai ilaç) ve yetişmiş personel alanında yapılacak AR-GE çalışmaları ile azaltılabilecektir. Özellikle teknokentlerde tarımsal AR-GE ve yenilik çalışmaları alanında faaliyet gösteren firmalara özel muafiyetler sağlanmalı ve desteklenmelidir (Boz Yılmaz ve Tunaloğlu, 2020).

*"Tüm sistemlerin yurtdışından alınması, yerelde yapılan çalışmalar ve ürünlerle ihtiyacımızı karşılayamamamız üzücüdür. Teknik bakım ve yedek parça bakımından yatırım faaliyete geçse dahi işletme faaliyet yılları boyunca dışa bağımlı kalmaktadır. Akıllı yatırımların teknik servis ve yedek parça ile ilgili ciddi problemleri vardır" (Ç6).*

*"Gördüğüm şu; tarım politikaları çok siyasi odaklı konuşuluyor. Türkiye'de çok bakan odaklı, bürokrat odaklı gidiyor. Bakan değiştikçe değişen politikalar oluyor. Partinin değişmesine gerek yok, Bakan değişiyor hükümetin programı aynı fakat her gelen Bakan kendisine göre bir politika uyguluyor, kendisine göre tercihte bulunuyor" (M1)*

*"Bugün ülkemiz akıllı tarım uygulamalarında dışa bağımlıdır ve gıdada dışa bağımlılık olağanüstü zor zamanlarda ulusal anlamda çok olumsuz koşulların yaşanması anlamına gelebilir" (D9).*

### **Çözüm Önerileri**

Tarım alanında yapılan akademik çalışmalara paralel olarak, örgütlenme kültürü Türkiye'de yerleşmemiş olsada akıllı tarım uygulamaları ile ilgili sorunların çözümünde kooperatiflerin etkili olabileceği, girdi maliyetlerinin yüksek olduğu, akıllı tarım uygulamalarına yönelik destekleme politikalarının geliştirilmesi gerektiği, Ar-Ge çalışmaları sonucunda elde edilen ürünlerin ticarileştirilmesinde sorunlar yaşandığı ortaya çıkarılmıştır. Yapılması gereken en önemli çalışmalar akıllı tarım uygulamalarına yönelik teknolojilerin yerli olarak üretilmesidir. Türkiye'nin teknolojide dışa bağımlılıktan kurtulabilmesi için her alanda olduğu gibi tarım teknolojileri alanında da gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Araştırmada elde edilen bulgulara göre bu alanda destekleme politikalarının belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Kooperatifler tarımla ilgili farklı alanlarda olduğu gibi akıllı tarım ile ilgili sorunların çözümünde itici güç olabilir (Kaya, 2019).

Hem tarım makinaları hem de akıllı tarım uygulamaları için makine parkları, ortak kullanım ve müteahhitlik hizmeti şeklindeki yapılanmalar çözüm olacaktır. Türkiye’de biçer-döver ve pamuk toplama makinalarında müteahhitlik hizmeti başarıyla yürütülmektedir (Boz Yılmaz, 2023).

Türk tarımında öne çıkan önemli sorunlar girdi fiyatları, iklim değişikliği ve tarımsal destekleme politikalarıdır. Türkiye’nin ekosistem ve sürdürülebilir tarımsal üretim için tahribatı önleyici, zenginleştirici, tedavi edici politika ve destekleri hayata geçirmesi gerekmektedir (Aydın, 2020).

Ar-Ge faaliyetlerine yönelik olarak ulaşım, iletişim, altyapı, insan kaynağına büyük yatırımlar ve teşvikler sunulmaktadır. Fakat ticarileştirme süreçleri ve pazarlama faaliyetleri için yenilikçi ürünler sunulmadığı sürece bu altyapı yatırımları başarıya ulaşmamaktadır (Karaboğa ve Özdemir, 2019).

*“Akıllı tarım uygulamalarının yeterli düzeyde yaygınlaşmasına yetecek düzeyde örnek uygulama bulunmamaktadır. Bu tarz uygulamaların yaygınlaşmasında kooperatiflerin öncü rolü çok önemlidir” (D5).*

*“İlk edinme maliyetleri yüksek. Yani birçok ekipmanı makine bazında değerlendirsem, çiftçimiz açısından büyük bir maliyet oluyor. Ama Bakanlığın hibe destekleri olabilir, uzun vadeye yayılmış kredi destekleri olabilir, kısmi ya da tam desteklerle bunları özendirilebilir ya da farklı destekleri bu tip teknolojiyi ya da akıllı tarım uygulaması yapan çiftçilere birtakım kolaylıklar sağlayarak, ürününü biraz daha yüksek bedellerle alarak, uzmanlar bunu çok daha farklı açılardan da değerlendirebilirler. Bu tip desteklerle madem akıllı tarım uyguluyorsunuz o zaman şu tarz bir destek verelim. Makineyi edinmeye yönelik bir destek verilebilir, ürünün değerlendirilmesi ile ilgili destek verilebilir, kimyasal uygulamalarında sürüklenmeyi azaltması ile çevreyi koruduğu için farklı bir destek verilebilir ya da onların ürünlerinin yurt dışına satılmasıyla ilgili farklı yapılanmalar üzerine gidilebilir” (A7).*

*“Bence en büyük sorun Ar-Ge’nin inovasyona dönüşmesindeki süreç. Yani bir ürünü geliştiriyorsunuz, ticarileştirme konusu. Evet, bir şey geliştiriliyor, bunun ticari hale gelip yaygınlaşması, seri üretime geçip yaygınlaşması konusunda bir sıkıntı var. Biz bunu da gördük bunları çözmeye çalışıyoruz” (D6).*

*“Tarımsal girdilerde ve teknolojilerde dışa bağımlılık ve maliyetlerin yüksekliği” sorunlar arasında yer alırken, “Tarımsal girdilerde ve teknolojilerde dışa bağımlılık” tehditler arasındadır. Bu sorun ve tehditlerin ortadan kaldırılması için yapılması gereken çalışma “Yerli üretimin kullanımının desteklenmesine yönelik politika araçlarının belirlenmesi” olarak belirlenmiştir” (K4).*

*“Bugün bir çiftçinin drone alması çok küçük çiftçinin, orta ölçekli çiftçinin hem çok mantıklı değil hem de ekonomik olarak mümkün değil. Dolayısıyla Müteahhitlik gibi zaten kiralama şeklinde hizmetler veriliyor. Bunu kooperatifler yapabilir, belediyeler, yerel yönetimler bu işi yapabilir” (M1).*

### Sonuç ve Öneriler

Tarım, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en stratejik sektörlerden biridir. Diğer yandan, Türkiye’de coğrafi olarak bölgeler arasında gelişmişlik farklılıkları mevcuttur. Bu nedenle, akıllı tarım uygulamalarının ülke genelinde hızla yaygınlaşması beklenmemelidir. Türkiye’de tarım arazileri parçalı bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, parçalı arazi yapısında akıllı tarım uygulama altyapısını kurmak ve uygulamak hem sermaye anlamında hem de yapısal olarak zor olacaktır. Türkiye dijital çağın gerisinde kalmamak için tarımda ciddi bir teknoloji seferberliği başlatmalıdır. Çünkü tarımda kullanılabilir teknoloji önemlidir. Türkiye’de çok sayıda traktör mevcuttur. Ancak her çiftçinin traktöre mazot koyması veya arkasına bağlayacağı alet ve donanıma sahip olması mümkün değildir. Gelir düzeyi yüksek olan işletmeler akıllı tarım uygulamalarını zaten kullanmaktadır. Gelir düzeyi düşük olan çiftçinin yüksek maliyetli akıllı tarım uygulamalarına bireysel olarak sahip olması çok zordur. Bu nedenle tarımsal örgütler devreye sokulmalı, makine parkları oluşturulmalı ya da müteahhitlik hizmetleri ile bu sorun çözülmelidir.

Başka bir sorun akıllı tarım uygulamalarının çiftçiye benimsetilmesidir. Akıllı tarım uygulamalarının tanıtımında ve yaygınlaştırılmasında en önemli konu tarımsal yayım çalışmalarınıdır. Kıt kaynaklarla gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği için kaynakların verimli kullanılması gerektiğinden bu amaca ulaşmada akıllı tarım uygulamalarının yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Çalışma bölgesi olarak seçilen İzmir ve Aydın’da akıllı tarım uygulamalarından drone, otomatik dümenleme, sensör teknolojileri ve dijital uygulamaların yaygınlaşmaya başladığı

tespit edilmiştir. Tarımda verimlilik ve sürdürülebilirlik için bu uygulamaların Türkiye genelinde yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Araştırma sonucunda, ulusal ve bölgesel çapta uygulama projelerinin hayata geçirilmesi, akademik çalışmaların ulaşılabilir olması, en kısa sürede Ar-Ge çalışmalarına hız verilerek yerli üretime geçilmesi önerilmektedir. Akıllı tarım uygulamalarının girdi tasarrufu sağladığı, çevre dostu uygulamalar olmasına rağmen pahalı olduğu, bu uygulamaların yaygınlaştırılması için devlet tarafından desteklenmesi, tarımsal yayım çalışmalarının yapılması, tarımsal örgütlenme sisteminin güncellenmesi, teknoloji okuryazarlığı eğitimlerinin uygulamaya geçirilmesi, arazi toplulaştırma çalışmalarına hız verilmesi önerilmektedir.

Günümüzde küresel çapta yaşanan iklim değişiklikleri ve nüfus artışı nedeniyle sağlıklı ve yeterli gıdaya erişimde sorunlar yaşanmaktadır. Türkiye için bu sorunların çözümünde akıllı tarım uygulamalarının ivedilikle devreye sokularak verim artışı ve sürdürülebilirliğin sağlanması önerilmektedir.

#### **Etik Kurul Onayı**

Rektörlüğü Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'nun 21.10.2020 tarih ve 31906847/050.04.04-08 sayılı ve 5 No'lu Etik Kurul Kararı kapsamında hazırlanmıştır.

**Not:** Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün 09.02.2023 tarih ve 08/20 sayılı kararı ile kabul edilen "Akıllı Tarım Uygulamalarının Sektörel Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi" adlı tez çalışmasından hazırlanmıştır.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### **Kaynaklar**

- Arslanoğlu, M.C., Yalçın, M., Şen, A., 2016. bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde hassas tarım uygulamaları. VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu. Bildiriler Cilt: 1 (Özel), 7-11. 4-7 Ekim, Isparta.
- Aydın, A., 2020. İklimle uyumlu akıllı tarım çerçevesinde tarımsal destekleme ve düzenleme politikaları: Türkiye üzerine bir değerlendirme. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı Mali İktisat Bilimdalı, Doktora Tezi. 343 s.
- Baltacı, A., 2019. Nitel araştırma süreci: Nitel bir araştırma nasıl yapılır? Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AEÜSBED). 5 (2): 368-388.
- Baltacı, A., 2018. Nitel araştırmalarda örnekleme yöntemleri ve örnek hacmi sorunsalı üzerine kavramsal bir inceleme. Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 7 (1): 231-274.
- Başer, U., Bozoğlu, M., 2019. Land banking system in agriculture. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology. 7 (9): 1404-1410
- Başkale, H., 2016. Nitel araştırmalarda geçerlik, güvenilirlik ve örneklem büyüklüğünün belirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi E-Dergi. 9 (1): 23-28.
- Berk, A., Armağan, S., 2019. kırsal alanda genç çiftçilerin sorunları ve beklentileri; Niğde ili örneği. Alatarım. 18 (1): 57- 64.
- Boz Yılmaz, E., 2023. Akıllı tarım uygulamalarının sektörel bakış açısıyla değerlendirilmesi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 138 s.
- Boz Yılmaz, E., Tunalıoğlu, R., 2020. Teknokentler ve Agroparklar (Türkiye). Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 7 (2): 133-150.
- Corbin, J., Strauss, A., 2008. Basics of Qualitative Research (3rded.): Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory Chapter 4 "Strategies for Qualitative Data Analysis", 3-28.
- Demirtaş, R., Demirtaş, M., Saçlı, Y., 2016. Türkiye'de tarımsal yayım çalışmalarının yayım metotları açısından değerlendirilmesi. XII. Tarım Ekonomisi Kongresi. Bildiriler. 1155-1162. 25-27 Mayıs, Isparta.
- Dertli, Ş., Dertli, M. E., 2023. Dijital Tarım (Tarım 4.0) ve metaverse kavramlarına yönelik bireylerin bilgi ve farkındalık düzeylerinin incelenmesi. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 6 (2): 126-150.
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D., Saner, G., 2019. Tarım 4.0 ve Türkiye'de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi. 25 (2): 259-265.
- Eren Yalçın, G., Öcal Kara, F., 2016. Kırsal göç ve tarımsal üretime etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 20 (2): 154-158.



- Gökırmaklı, Ç., Bayram, M., 2018. Gıda için gelecek öngörülerı: Yıl 2050. Akademik Gıda Dergisi. 16 (3): 351-360.
- Gökkür, S., 2019. Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0 ile sürdürülebilir gelecek. Apelasyon. ISSN:2149-4908, Sayı:66.
- Güldal, H. T., 2022. Aydın ili koçarlı ilçesinde akıllı tarım ile konvansiyonel tarım uygulamalarının ekonomik yönden değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. 163 s.
- Gürsoy, Ö. B., Çolak, E., 2023. Akıllı tarım literatürünün toplumsal cinsiyet perspektifinden Türkiye bağlamında değerlendirilmesi. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AEÜSBED), 9 (1) 185-203.
- Karaboğa, K., Özdemir, Y., 2019. Teknopark işletmelerinde ürün ticarileştirme ve pazarlama yetkinliği boyutlarının ve yeterliliklerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology. 10 (38): 53-74.
- Kaya, M., 2019. Ağrı'nın kalkınması için akıllı tarım (tarım 4.0) önerisi. Akademik Bakış Dergisi. (75): 130-156.
- Keskin M, Say, S. M., Şekerli, Y. E., Arslan, A., 2018. Hassas tarım teknolojileri ile sağlanabilecek faydalar. Tarım Türk Dergisi. 6 (30): 14-17.
- Küçüktüğü, M. S., 2023. Tarım iletişiminde uluslararası birlik olarak Agricity ve sosyal medya kullanımı. Selçuk İletişim Dergisi. 16 (2): 414-444
- Kılavuz, E., Erdem, İ., 2019. Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve Türk tarımının dönüşümü. Social Sciences (NWSASOS). 14 (4):133-157.
- Maxwell, J. A., 2008. Designing a qualitative study. the SAGE handbook of applied social research methods. 7 (2): 214-253.
- Oğur, O., 2022. Tarım haberlerinin yavaş medya kapsamında incelenmesi: Agro TV Örneği. Karadeniz İletişim Araştırmaları Dergisi. 12 (2): 1-25.
- Oruç, E., Gündüz, O., Ergün, E., 2016. Çiftçi gözünde tarımın türkiye ekonomisinde yeri ve önemi: Manisa İli Soma İlçesi Örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 33 (2): 194-200.
- Taşan, M., 2019. Türkiye'de tarımda üretici örgütlenmesi. Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi. Özel Sayı (1): 77-85.
- Taşan, M., 2019. Nesnelerin interneti tabanlı akıllı sulama ve uzaktan izleme sistemi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. (15): 229-236.
- Tekin, A. B., Şen, E., 2017. Hiper spektral görüntülemenin tarımda kullanımı. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 13 (3): 127-131.
- Türkseven, S., Kızmaz, M. Z., Tekin, A. B., Urkan, E., Serim, A. T., 2016. Tarımda dijital dönüşüm. İnsansız Hava Araçları Kullanımı. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 12 (4): 267-271.
- Üstün Ercan, S., 2021. Akıllı Uygulamalar. Dijital Gelecek, Dijital Dönüşüm. Efe Akademi Yayınları. 1. 408 s. İstanbul.
- Yaman, H., Sungur, O., Dulupçu, M. A., 2021. Dünyada Tarım ve Hayvancılığın Dönüşümü: Teknolojiye Dayalı Uygulamalar ve Devrimler. Tarım Ekonomisi Dergisi. 27 (2): 123-133.
- Yener, Ç., 2019. Tarım sektörünün geleceği: Teknolojik bir bakış. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 90 s.
- Yıldırım, A., Şimşek, H., 2021. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayıncılık. 12. 448 s. Ankara.
- Yıldırım, A., Şimşek, H., 2016. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayıncılık. 10. 427 s. Ankara.
- Yıldız, O., Sel, Ç., 2023. Türkiye'de bakliyat üretimi üzerine tarımsal planlama için bir matematiksel model önerisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 13(2): 1155-1164.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

## Evaluation of Irrigation Performance in Boyalıca Pump Irrigation

Barke Hussein Chote<sup>1</sup>  Hayrettin Kuşçu<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Bursa/Türkiye

\*Corresponding author: kuscu@uludag.edu.tr

Received Date: 11.10.2023

Accepted Date: 21.03.2024

### Abstract

This study was conducted to evaluate the performance of Boyalıca Pumped Irrigation in Iznik-Bursa between the years 2016-2020. In the performance evaluation, an indicator set recommended by the International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage was used. According to the average results of water use efficiency indicators, the irrigation ratio was 63.2%, the annual water supply ratio was 0.71 and the annual irrigation water quantity delivered to irrigated or irrigation unit area were 7317 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and 4644 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively. When the average results in terms of financial efficiency were examined, the fee collection ratio was 95.5%, the total management-operating-maintenance costs per unit area was 752 TL ha<sup>-1</sup>, the total cost per person employed on water delivery was 63971 TL personnel<sup>-1</sup>, average revenue per cubic meter of irrigation water supplied 0.104 TL m<sup>-3</sup>, and the cost recovery ratio was 223% . According to the average results of agricultural production efficiency, the equivalent gross production value (EGPV) of the irrigation area was 3859\$ ha<sup>-1</sup>, the EGPV of the actual irrigated area was 6088\$ ha<sup>-1</sup> and the EGPV for a unit of diverted irrigation water was 0.86\$ m<sup>-3</sup>.

**Keywords:** irrigation management, performance assessment, economic indicators.

### Boyalıca Pompaj Sulamasında Sulama Performansının Değerlendirilmesi

#### Öz

Bu çalışma 2016-2020 yılları arasında Iznik-Bursa'da yer alan Boyalıca Pompaj Sulamasının performansını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Performans değerlendirmesinde Uluslararası Sulama ve Drenajda Teknoloji ve Araştırma Programı tarafından önerilen bir gösterge seti kullanılmıştır. Su kullanım etkinliği göstergelerinin ortalama sonuçlarına göre, sulama oranı %63.2, yıllık su temin oranı 0.71, sulanan birim alana ve sulama birim alanına saptırılan yıllık sulama suyu miktarı sırasıyla 7317 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ve 4644 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Finansal etkinlik açısından ortalama sonuçlar incelendiğinde, tahsilat oranı %95.5, birim alan başına toplam işletme-bakım-yönetim masrafı 752 TL ha<sup>-1</sup>, sulama suyu dağıtımında istihdam edilen kişi başına toplam maliyet 0.104 TL m<sup>-3</sup> ve yatırımın geri dönüşüm oranı %223 olarak bulunmuştur. Tarımsal üretim etkinliğinin ortalama sonuçlarına göre, sulama alanı eşdeğer brüt üretim değeri (EBÜD) 3859 \$ ha<sup>-1</sup>, fiilen sulanan alan EBÜD 6088 \$ ha<sup>-1</sup> ve saptırılan birim sulama suyuna karşılık EBÜD ise 0.86 \$ m<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** sulama yönetimi, performans değerlendirmesi, ekonomik göstergeler.

### Introduction

Over the next two decades, many countries are expected to face insufficient water resources to meet current agricultural, domestic, industrial and environmental water demands. It is estimated that the world population will increase by approximately 30% to 8 billion people by 2025. Living standards are also expected to increase as a result of improved communication, globalization and greater urbanization. This means that competition between agricultural, industrial, domestic and other water users will increase to an unprecedented levels (Takeshi and Abdelhadi, 2003).

Since the 1980s, severe financial crises and limited progress in improving economic and social well-being have led to a profound reassessment of the role of the state. As a result, there has been an increase in the adoption of decentralization, with governments ceding certain functions to various

social organizations. Many countries around the world are delegating water management responsibilities to participatory, self-sustaining water user organizations that operate independently of government agencies. This trend is especially striking in the field of irrigation. Governments initiated this era of irrigation management primarily due to poor performance in administration, insufficient financial resources for operation and maintenance costs, and extremely low water fee collection rates from farmers (Kloezen and Garces-Restrepo, 1998).

These developments have also had an impact on Turkey's agricultural and irrigation management system. Since 1993, there has been a gradual shift in responsibilities for the management, operation, and maintenance of the 1900000 hectares of irrigated land, which were previously overseen by the State Hydraulic Works (DSI). This transition has predominantly involved transferring these duties to water user organizations, especially locally formed irrigation associations. As a result, approximately 90% of public irrigation schemes are now under the management of farmer organizations (Anonymous, 2023).

In Turkey, the average irrigation rate stands at 65%, with an irrigation efficiency of 45%. A significant factor contributing to this situation is the poor distribution and management of irrigation water. Adequate monitoring and evaluation of performance is required to address this issue and ensure an increase in overall efficiency (Sarma and Rao, 1997).

Poor performance, coupled with rising operating and maintenance expenses, has created a great incentive to transfer the administration of irrigation systems towards user management. The decentralization of water management can yield favorable outcomes for farmers, such as improved irrigation service and maintenance, a heightened sense of ownership of resources, and increased accountability and transparency.

The performance of irrigation systems is evaluated for various management objectives. Numerous researchers have put forth a range of indicators to gauge the effectiveness of these systems. Primarily, these indicators have centered on the internal aspects of management objectives, such as irrigated area, vegetation patterns, and water distribution (Abernethy, 1986; Molden and Gates, 1990). These process indicators are designed to evaluate the quality of business performance. However, it does not provide information for comparative analysis across different systems (Small and Svendsen, 1990).

Molden et al. (1998) proposed a set of nine external comparative indicators that would allow meaningful comparisons across countries, regions, various management approaches, and environmental contexts as well as facilitate the assessment of performance trends within a specific irrigation scheme over time. These comparative indicators have been used by many researchers to evaluate temporal and spatial variations in the agricultural, water use, environmental and financial performance of irrigation systems (Kloezen and Garces-Restrepo, 1998; Molden et al., 1998; Sakthivadivel et al., 1999; Kuşçu et al., 2008, 2009; Kuşçu, 2012; Yürekli and Topak, 2018; Ersöz and Çamoğlu, 2020; Kartal et al., 2020). Ersöz and Çamoğlu (2020) evaluated the performance of irrigation associations operating in Bursa province in 2018 comparatively. According to the results obtained from the performance indicators, Karacabey Irrigation Association was found to be the most successful in terms of physical performance, and Lake Iznik Keramet Irrigation Association was found to be the most successful in terms of economic performance. As a suggestion, they emphasized that the open channel system should be converted into a closed pipe system in order to improve performance indicators.

In the Turkish National Water Plan (2019-2023), the importance of water use in agriculture is emphasized. In this context, it has been stated that the transition to the pressurized irrigation system should be widespread. The plan sets a target to increase irrigation efficiency from the 2018 level of 50% to 55% by 2024. To achieve these objectives, it is important to accurately determine the volume of water used for agricultural purposes and encourage farmers to adopt modern irrigation techniques (Anonymous, 2023). In pursuit of such goals, the performance analysis of irrigation associations is a valuable tool.

This study aims to evaluate the performance status of the Boyalıca Pump Irrigation, operated by the Iznik Ova Köyleri Irrigation Association, for the years 2016-2020 using performance indicators related to water usage efficiency, financial efficiency, and agricultural production efficiency.

## Materials and Methods

### Experimental area

In this study, the Boyalıca Pump Irrigation system, located in İznik, a district of Bursa province, Turkey, and operated by the İznik Ova Köyleri Irrigation Association, was selected. İznik is a district within Bursa and is situated in a fertile basin at the eastern end of Lake İznik, surrounded by hills to the north and south. Irrigation water is sourced from Lake İznik. İznik has a Mediterranean temperate summer climate. The annual average temperature near the lake is 14°C, while in the higher parts of the basin, it ranges from 8 to 10°C. The average annual precipitation is 690 mm in Orhangazi, 485 mm in İznik, and reaches 1200 mm in the highest basin elevations (Akbulak, 2009).

The İznik region has five main soil types. The most common soil type is non-calcareous brown forest soil. Other soil types include brown soils, reddish-brown Mediterranean soils, colluvial soils, and alluvial soils. The majority of Class 1 and 2 agricultural lands are alluvial soils (Anonymous, 2022). İznik Lake is a tectonic origin lake and the sixth largest freshwater lake in the country. The lake area is surrounded by the Samanlı Mountains to the north and the Avdan and Gürle Mountains to the south. The lake's elevation above sea level is 85 meters, with an average water depth of approximately 40 meters. The surface area of the lake is approximately 313 km<sup>2</sup>, and its water volume is 12.2 km<sup>3</sup>. The main water and sediment inputs come from the Karasu Stream in the northeast and the Koca or Sölöz Stream in the southwest. Additionally, the lake is fed by groundwater sources. The outlet of the lake is the Gölayağı Stream on the western side of the lake, which flows into Gemlik Bay in the Marmara Sea (Roeser et al., 2012).

Over the study period from 2016 to 2020, the region's agricultural landscape encompasses various crops with distinct irrigated land allocations. Vines cover approximately 7.8% of the total irrigated area, olive cultivation extends over a significant 72.2%, fruit and all kinds of saplings occupy about 13.4%, and all kinds of vegetables account for around 7.2%. This allocation of irrigated land contributes to the overall agricultural production, with vines, olives, fruits, and vegetables each playing a crucial role in shaping the region's agricultural output during these five years.

### Irrigation system

The İznik Ova Köyleri Irrigation Union comprises two main irrigation areas: Boyalıca Pump Irrigation and İznik Pump Irrigation. This study focuses on the Boyalıca Pump Irrigation system. The Boyalıca pump station, serving as the main pumping facility, is composed of two booster stations (Elbeyli and Orhaniye) and one lift station (Çakırca). The facility, located between İznik center and Boyalıca, was constructed in 1985 with the purpose of irrigating 3190 hectares of land from Lake İznik. Between the lake and the pump suction pool, there exists a soil channel and iron cover. Behind the pump building, two air tanks and two butterfly valves for the lift lines are situated. From the suction pool, five pumps deliver water into the B1 main canal, while six pumps pump water into the B2 main canal. The general characteristics of these pump stations are provided in Table 1.

Table 1. General characteristics of pump stations serving İznik-Boyalıca Irrigation

Characteristics of irrigation system	Pump stations			
	Boyalıca	Orhaniye	Elbeyli	Çakırca
Pump power (kW)	2632	590	740	360
Water resource	İznik Lake	Irrigation canal	Irrigation canal	Irrigation canal
Irrigation area (ha)	3190	447	539	0 (for pressurization)
Year of construction	1985	1999	1999	2011

### Method

In this research, an approach recommended by IPTRID, developed by FAO, was used alongside other commonly used indicators to assess irrigation and drainage performance (Malano and Burton, 2001). For this purpose, performance indicators for water use efficiency, financial efficiency, and agricultural production were utilized (Table 2). The data used for performance evaluation were obtained from the records of the İznik Plain Villages Irrigation Association and the State Hydraulic Works (DSİ). Total water required for irrigation was calculated as follows:

*Total water reequied for irrigation = ETc - Er + Applied irrigation*  
where:

- ETC is the crop evapotranspiration,
- Er is the effective rainfall,
- Applied irrigation is the amount of water applied through irrigation.

During the study, the financial performance indicator results were converted to US Dollars (USD) for comparison purposes on an international basis. Product prices were converted from Turkish Lira (TL) to USD using the Central Bank's exchange rate of the study period in question. In the equations for agricultural production indicators, EGPV (Equivalent Gross Production Value) was given in dollars (\$), Ai represents the planted area of crop i (ha), Yi represents the yield of crop i (t ha<sup>-1</sup>), Pi is the local market price of crop i (\$ t<sup>-1</sup>), Pb is the local price of crop i obtained equivalently (\$ t<sup>-1</sup>), and Pword is the world price of crop i obtained equivalently (\$ t<sup>-1</sup>).

Table 2. The indicators used in the evaluation of irrigation performance

<b>Water use efficiency</b>	<b>Definition</b>
Irrigation ratio (%)	$\frac{\text{Irrigated area}}{\text{Irrigation area}}$
Annual water supply ratio (AWSR)	$\frac{\text{Actual water used for irrigation}}{\text{Total water required for irrigation}}$
Annual irrigation water quantity delivered to irrigated unit area (AIWQ <sub>irrigated</sub> ) (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Irrigated area}}{\text{Total water taken from the network}}$
Annual irrigation water quantity delivered to irrigation unit area (AIWQ <sub>irrigation</sub> ) (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Irrigation area}}{\text{Total water taken from the network}}$
<b>Financial efficiency</b>	
Fee collection ratio (%)	$\frac{\text{Collection amount}}{\text{Accrual amount}}$
Total management, operation and maintenance costs per unit area MOM(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Total management} - \text{operation} - \text{maintenance expenses}}{\text{Irrigated area}}$
Total cost per person employed on water delivery (TL personnel <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Total expenses of operation and maintenance}}{\text{personel}}$ $\frac{\text{Number of people on duty for operation and maintenance}}$
Average revenue per cubic meter of irrigation water supplied (TL m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Total water fees collected from users}}{\text{Total water volume delivered to users}}$
Cost recovery ratio (CRR)	$\frac{\text{Total water fees collected from users}}{\text{Total operation management maintenance expenses}}$
<b>Agricultural production efficiency</b>	
Equivalent gross production value (EGPV) (\$)	$(\sum_{crop} A_i Y_i * P_i / P_b) * P_{word}$
Annual agricultural production quantity (APQ) (t)	$\{\sum A_i Y_i crops\}$
Equivalent gross production value for irrigation area (EGPV <sub>irrigation</sub> ) (\$ ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Equivalent gross production value}}{\text{Irrigation area}}$
Equivalent gross production value for actual irrigated area (EGPV <sub>irrigated</sub> ) (\$ ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Equivalent gross production value}}{\text{Irrigated area}}$
Equivalent gross production for a unit of diverted irrigation water (DIEGPV) (\$ m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Equivalent gross production value}}{\text{Total water supplied to the system}}$

## Results and Discussion

### Water use efficiency

The results of water use efficiency calculated for the research field between 2016 and 2020 are presented in Table 3. It can be observed that in Boyalıca Pump Irrigation, the irrigation ratio reached a maximum of 65% in 2019 and a minimum of 62% in 2016. According to the State Hydraulic Works, irrigation management is considered successful if the irrigation rate is above 60% (Akçay, 2016). As evident from these rates, approximately 40% of the irrigation area was left unirrigated during the period of 2016-2020. Low irrigation ratios may be caused by factors such as inadequate irrigation facilities, insufficient water resources, deficient irrigation infrastructure, drainage problems, inadequate maintenance and repairs, as well as sufficient rainfall and fallow periods. Beyribey and Öğretir (1997) found the country's average irrigation rate to be 66% in a study they conducted to evaluate the performance of government irrigation systems. Diker (2018), in his study assessing the performance of 18 irrigation associations in the Lower Seyhan Plain, identified the highest irrigation rate as 100% in the Seyhan Irrigation Association in 2011, and the lowest irrigation rate as 57% in the Kuzey Yüreğir Irrigation Association in 2014 under the Yüreğir Akarsu Irrigation Association. Gümüş and Tekiner (2023) reported that the irrigation rate varied between 23.2% and 42.1% in their assessment of 84 irrigation networks in Turkey and was comparatively higher in irrigation networks whose management was transferred from DSİ to irrigation associations. The reasons for non-irrigation of the irrigated areas were listed as 25.4% other reasons, 17.9% social and economic reasons, 16.9% fallow, 14.1% adequate rainfall/lack of water demand, 7.9% lack of water supply, 6.4% lack of irrigation facilities, 5.2% maintenance and repair insufficiency, 3.0% salinity/sodium content, 1.7% basewater height and 1.4% topographical insufficiency of the land.

Table 3. Results of water use efficiency indicators for İznik-Boyalıca Irrigation

Years	Irrigated area (ha)	Irrigation area (ha)	Total water taken from the network (m <sup>3</sup> )	Total irrigation water requirement (m <sup>3</sup> /year)	Irrigation ratio (%)	Annual water supply rate	Annual irrigation water quantity delivered to irrigated unit area (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Annual irrigation water quantity delivered to irrigation unit area (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
2016	2515.3	4035	18915000	24273000	62	0.78	7520	4687.7
2017	2534.9	4035	16426800	24696000	63	0.67	6480	4071.1
2018	2551.0	4035	14531000	24974000	63	0.58	5696	3601.2
2019	2636.5	4035	24567000	33464000	65	0.73	9318	6088.5
2020	2542.6	4035	19250000	24771000	63	0.78	7571	4770.8

The maximum annual irrigation water supply ratio was found to be 0.78 in 2016 and 2020, while the minimum was 0.58 in 2018 (Table 3). According to Beyribey (1997), when the ratio equals 1, it indicates that the water supply meets the demand. If it is less than 1, it means that there is insufficient water supply, and if it is greater than 1, it signifies an excess of water provided. In the Boyalıca pump irrigation area, adequate water distribution for meeting the irrigation water demand is not being achieved. Numerous factors contribute to a low annual water supply ratio in irrigation, including climate variability, water scarcity, inefficient water management, groundwater depletion, environmental changes, population growth, inadequate policies, and infrastructure limitations. These challenges, compounded by climate change, highlight the need for a comprehensive approach to improve water management practices, promote sustainable agriculture, and implement effective policies to ensure a reliable and sufficient water supply for irrigation.

In similar studies, irrigation water supply ratios have been reported to vary. For example, Eliçabuk and Topak (2017) reported a range of 0.51-1.04 for the Gevrekli irrigation, Demir and Topak (2014) reported 0.62-1.0 for the Gözülü YAS irrigation operation, Kaya and Çiftçi (2016) reported 2.35-3.45 for the Çumra Irrigation Association, and Turhan (2019) reported values ranging from 2.03 to 3.42 for the years 2015-2017 in the service area of the Develi Ovası Irrigation Association. These variations may be due to the unique dynamics of each irrigation network. For instance, if surface

irrigation methods are commonly used, the irrigation efficiency may be low, resulting in a water supply ratio above 1.

In Boyalıca Pump Irrigation, the annual irrigation water quantity delivered to irrigated unit area was calculated to be a minimum of 5696 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 2018 and a maximum of 9318 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 2019 (Table 3). According to a study conducted by Anderoğlu (2020), in the Anamur Irrigation Association, the annual irrigation water quantity delivered to irrigated unit area was calculated to be a minimum of 7981 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 2015 and a maximum of 33650 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 2017. Elicabuk and Topak (2017) reported the values ranging from 2577 to 5273 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> for Gevrekli irrigation, while Kalender (2017) reported the values ranging from 1428 to 6334 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> for Ilgın Pump Irrigation. The variability in the values in different regions is thought to be due to differences in crop patterns, irrigation methods, as well as climate and soil characteristics.

The annual irrigation water quantity delivered to the irrigation unit area reached a minimum of 3601.2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 2018 and a maximum of 6088.5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 2019 (Table 3). Generally, the lowest amount of water supplied to the network occurred in 2018. This situation led to the lower value for that year. There could be various reasons for this, such as higher-than-average rainfall during the irrigation season of that year. When examining rainfall values for the İznik district, it was found that the long-term average total rainfall in May was 50 kg m<sup>-2</sup>, but in 2018, it was approximately 100 kg m<sup>-2</sup>. In a study conducted by Kalender (2017) in the Ilgın Ovası Pump Irrigation Association for the years 2007-2015, the values were reported to range from 967 to 2839 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. The values for 2015 were determined as 5792 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> for Keysun irrigation, 7648 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> for Göksun irrigation, and 6730 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> for Kayacık irrigation (DSİ, 2015). When comparing the the values obtained in the research area with the previous studies mentioned, it is seen that they are within normal levels.

#### **Financial efficiency**

The total maintenance- operation-management cost values per unit area determined between 2016-2020 in Boyalıca Pumped irrigation are given in Table 4. If this indicator is low, it may cause low irrigation rate, water supply ratio and production values. It is seen that the total MOM expenses per unit area were lowest at 572 TL ha<sup>-1</sup> in 2017 and highest at 1382 TL ha<sup>-1</sup> in 2020 (Table 4). In a study conducted by Akçay (2018), the average value was found to be 58-88 TL ha<sup>-1</sup> in the irrigation unions located in the Lower Büyük Menderes Basin. In a study they conducted to examine the performance of 23 irrigation networks between 2010 and 2014, Arslan and Değirmenci (2018) reported an average of 123 TL ha<sup>-1</sup>. Çakmak and Tekiner (2010) stated that the value for the years 2001-2008 in Kepez Irrigation Cooperative was realized between 0.4-193 TL ha<sup>-1</sup>.

When the total cost values per personnel working in operation and maintenance were examined, it was determined that the lowest was 48323 TL per person in 2017 and the highest was 117120 TL per person in 2020. As shown in Table 4, it is seen that the cost per person is gradually increasing between 2016 and 2020. In a study conducted by Nalbantoğlu and Çakmak (2007) in Akıncı irrigation, they reported that the value was between 1271 and 19987 TL person<sup>-1</sup> depending on the years.

The fee collection rate results calculated between 2016 and 2020 in Boyalıca Pumped Irrigation are given in Table 4. The maximum collection rate of Boyalıca Pumped irrigation was determined to be 100% in 2019 and the minimum was 91.4% in 2018. Beyribey (1997) found an average RO of 36% in irrigation facilities operated by DSİ. The study emphasized that after the facilities were transferred to irrigation unions, collection rates increased over 90%. In a study conducted by Kalender (2017), it was reported that the RO for Ilgın Plain Pumped Irrigation Association was between 83.5% and 147%. Molden et al. (1998) stated that collection rates varied between 28% and 139%, and the rate was between 30% and 50% in state-run irrigation systems. The collection rate is an effective parameter for covering total revenue and expenses such as operation, management and maintenance. As the collection rate increases, maintenance and repairs of irrigation and drainage facilities can be carried out on time and the chance of providing a better service increase. In this study, it is seen that the income for Boyalıca Pumped Irrigation in question is at a level that covers its expenses. The average collection rate for the years 2016-2020, when the performance evaluation was made, was 96.6%. In this respect, the Irrigation Association was found successful.

The MOM expense for unit irrigation water diverted to the network is presented in Table 4. The maximum value was recorded in 2020 at 0.182 TL m<sup>-3</sup>, while the minimum was recorded in 2016 at 0.063 TL m<sup>-3</sup>. In a study conducted by Kapan (2010) for Asartepe Irrigation, the MOM expense was

reported to range from 0.611 to 1.534 TL m<sup>-3</sup>. Gençoğlu and Değirmenci (2019), in their study on Kırıkhan Irrigation, found the value to be a minimum of 0.011 TL m<sup>-3</sup> in 2008 and a maximum of 0.006 TL m<sup>-3</sup> in 2010. Çolak and Çakmak (2018), in their research on DSİ 15th Regional Irrigation Networks in 2016, indicated that the values ranged from 0.100 to 0.290 TL m<sup>-3</sup>. When compared to other studies, the MOM expense in Boyalıca Pump Irrigation appears to be within normal levels. It's worth noting that these costs can vary based on whether the irrigation water is pumped or gravity-fed. Energy costs are generally expected to be higher in pumping facilities, which can contribute to variations in the MOM expense for unit irrigation water diverted to the network.

The cost recovery ratio values, which are shown as the ratio of user-collected water fees to operation-maintenance-management expenses, are provided in Table 4. According to the research results, in Boyalıca Pump Irrigation, the highest cost recovery ratio value was 286.4% in 2019, while the lowest was 152.1% in 2020.

When examining other studies, it has been reported that cost recovery ratios varied. For example, in the Akıncı irrigation area, it ranged from 2.51% to 10.82% (Nalbantoğlu and Çakmak, 2007), in Konya – Ilgın pump irrigation, it ranged from 42% to 101% (Kalender, 2017), and in Antalya-Aksu plain, it ranged from 59% to 151% (Özbek et al., 2017).

In the context of Boyalıca Pump Irrigation, adherence to the Law on Irrigation Associations No. 6172 in Turkey is crucial. The law specifies that associations managing open irrigation facilities must allocate a minimum of 30% of their income to investment repayments, maintenance, and repair works. Similarly, for associations overseeing pump irrigation facilities, the requirement is at least 15% of the income. This legal framework ensures the financial sustainability of irrigation associations by earmarking funds for essential purposes. Consequently, the case of Boyalıca Pump Irrigation demonstrates compliance with these legal provisions, confirming that revenue generated from water use services is appropriately directed to cover maintenance and repair expenses, as outlined by Law No. 6172.

Table 4. Results of financial efficiency indicators for İznik-Boyalıca Irrigation

Years	Total operation, maintenance and management MOM expense (TL)	Number of staff on duty	Fee collection amount (TL)	Accrued amount (TL)	Total MOM costs per unit area (TL ha <sup>-1</sup> )	Total cost per person employed in water delivery (TL person <sup>-1</sup> )	Fee collection ratio (%)	Average revenue per cubic meter of irrigation water supplied (TL m <sup>-3</sup> )	Cost recovery ratio (%)
2016	1520677	30	3136029	323669	605	50689		0.080	
				8			96.9		206.2
2017	1449678	30	3492417	323684	572	48323		0.088	
				8			98.5		240.9
2018	1555856	30	3569295	390529	610	51862		0.107	
				6			91.4		229.4
2019	1555856	30	4456669	445515	590	51862		0.063	
				4			100.0		286.4
2020	3513587	30	5342456	553725	1382	117120		0.182	
				4			96.5		152.1

#### Agricultural production performance

The total production quantities for the years 2016-2020 in the Boyalıca Pump Irrigation area are provided in Table 5. The highest production quantity in the irrigation area was 30698 tons in 2020, while the lowest production value was 25275 tons in 2016. In a similar study, the annual total agricultural production quantity for the Acıpayam Irrigation Association was reported to be an average of 94078 tons (Cengiz, 2019). Crop patterns, market prices for the years when crops are grown, and yield obtained per unit of irrigated area can all have an impact on agricultural production values.



Table 5. Total annual agricultural production amount

Product	Irrigated area (da)					Yield (kg da <sup>-1</sup> )					Produce amount (ton)				
	Years (20..)					Years (20..)					Years (20..)				
	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20
Vine	1944	1945	1548	1789	1734	222	222	275	275	275	432	433	425	492	476
Olive	18060	18247	18772	1821	1685	7	7	0	0	0	9	2	7	0	9
Fruit + All Kinds of Saplings	3342	3494	3819	4501	4709	395	395	450	450	450	713	720	844	819	758
All Kinds of Vegetables	1807	1663	1371	1849	2125	270	270	270	270	270	902	943	103	121	127
						0	0	0	0	0	3	4	11	53	14
						265	265	265	265	265	478	440	363	490	563
						0	0	0	0	0	9	7	3	0	1
Total agricultural production value (ton)											25275	25380	26649	30171	30698

The equivalent gross production values for Boyalica Pump Irrigation are provided in Table 6. The highest equivalent gross production value was \$17643640 in 2018, while the lowest was \$13095030 in 2016.

The maximum equivalent gross production value for the irrigation area was \$4373 ha<sup>-1</sup> in 2018, and the minimum was \$3245 ha<sup>-1</sup> in 2016 (Table 6). In a study by Değirmenci (2001) for irrigation systems in Turkey, irrigation area EGPVs were found to be between \$1000-\$2000 ha<sup>-1</sup> for 66 irrigation systems, between \$2000-\$3000 ha<sup>-1</sup> for 40 irrigation systems, and over \$3000 ha<sup>-1</sup> for 38 irrigation systems. Tanrıverdi et al. (2011) calculated this value to be between \$72-\$2013 ha<sup>-1</sup> for some irrigation systems in the country. Nalbantoğlu and Çakmak (2007) reported that the equivalent gross production value for irrigation in the Akıncı irrigation area ranged from \$1454 to \$2970 ha<sup>-1</sup>. The focus on high-value crops such as olives, fruits, and vegetables in the study area resulted in higher irrigation area EGPVs compared to the findings of other researchers.

Actual irrigated area equivalent gross production value ranged from a minimum of \$5206 ha<sup>-1</sup> in 2016 to a maximum of \$6916 ha<sup>-1</sup> in 2018 (Table 6). Tanrıverdi et al. (2011) found the actual irrigated area EGPVs between \$449 and \$5079 ha<sup>-1</sup> in various irrigation networks in Turkey. Geçgel et al. (1998) determined that the actual irrigated area EGPV for Alaşehir irrigation ranged from \$1675 to \$5003 ha<sup>-1</sup>. The actual irrigated area EGPV obtained from this study is relatively higher than that reported in other studies.

The results regarding the unit cost of irrigation water delivered to the network in relation to the equivalent gross production values are presented in Table 6. The maximum EGPV for a unit of diverted irrigation water was \$1.214 m<sup>-3</sup> in 2018, while the minimum was \$0.676 m<sup>-3</sup> in 2019. In a study by Tanrıverdi et al. (2011) for some irrigation networks in Turkey, the EGPV for a unit of diverted irrigation water was determined to range from \$0.01 to \$0.85 m<sup>-3</sup>. Gençoğlu and Değirmenci (2019) reported that for Kırıkhan irrigation, EGPV for a unit of diverted irrigation water ranged from \$0.009 to \$0.041 m<sup>-3</sup> for the years 2009 to 2013. In irrigation systems transferred to associations in Turkey, it has been reported that EGPV for a unit of diverted irrigation water ranged from a maximum of \$1.84 to \$1.39 m<sup>-3</sup> and a minimum of \$0.20 to \$0.80 m<sup>-3</sup> (Değirmenci, 2001). In Boyalica Pump Irrigation, the average value of the EGPV for a unit of diverted irrigation water showed a moderate performance at approximately \$0.86 per m<sup>-3</sup>.

Table 6. Indicators regarding equivalent gross production values

Years	Equivalent gross production value (EGPV; \$)	Irrigation area EGPV (\$ ha <sup>-1</sup> )	Actual irrigated area EGPV (\$ ha <sup>-1</sup> )	EGPV for a unit of diverted irrigation water (\$ m <sup>-3</sup> )
2016	13095030	3245	5206	0.692
2017	14905184	3694	5880	0.907
2018	17643640	4373	6916	1.214
2019	16605484	4115	6298	0.676
2020	15610641	3869	6140	0.811

## Conclusion

The average irrigation rate in Boyalıca pump irrigation was 63.2%. According to DSİ (State Hydraulic Works), irrigation is considered successful if the irrigation rate is above 60%. The average annual water supply rate was 0.71, which indicates that an insufficient amount of water was supplied. The values for annual irrigation water quantity delivered to the irrigated unit area and annual irrigation water quantity delivered to the irrigation unit area are 7317 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and 4643.9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively, and when compared with other studies, they are within normal levels. When examining the financial efficiency averages, the fee collection rate was 95.5%, indicating that during the research period, the income in Boyalıca pump irrigation exceeded the expenses, and the collection was sufficient to cover the operation and maintenance costs. The average operating, maintenance, and management costs per unit area were found to be 751.70 TL ha<sup>-1</sup>, which are very close to literature values and can be considered normal. The cost recovery rate in the study area was an average of 46.7%, indicating that a significant portion (at least 30%) of the expenses specified in the legislation have been covered. In Boyalıca pump irrigation, the average equivalent gross production value per irrigation area and the average equivalent gross production value per actually irrigated area were 3859 \$ ha<sup>-1</sup> and 6088 \$ ha<sup>-1</sup>, respectively. When compared with similar study data, these values are above average in the research area. The average value of equivalent gross production per unit of diverted irrigation water was 0.86 \$ m<sup>-3</sup>, which is within normal levels compared to the general average of 0.20-1.84 \$ m<sup>-3</sup> in Turkey.

Research on irrigation performance shows that many irrigation projects in Turkey fail to achieve their set goals, and many facilities are not efficiently operated. As the study results indicate, some performance indicators in the research area did not meet the desired targets. To use water resources more efficiently, activities such as education on water management, crop pattern planning based on market demands, accelerated use of modern technologies in water management, and steps to improve irrigation system performance can be taken. Promoting the cultivation of high-value crops to increase income per unit area and water, proper irrigation scheduling, and selecting a production pattern aligned with market demand are also crucial. Another problem encountered in the research area was the low water supply rate. During periods of inadequate water supply, preference can be given to crops that can rely on natural rainfall in the planned irrigation areas. Regular canal maintenance and the maintenance of damaged irrigation infrastructure can improve the water supply rate. Additionally, moving away from open canal systems in favour of pressurized water distribution networks is the most effective method for water conservation in sustainable irrigation practices. Population growth and climate change are causing water resources to become scarcer, and indiscriminate water use is becoming more common. To address these challenges, government policies and water use should be conducive to water conservation. One practical approach is to analyze the current situation in irrigation systems and take measures accordingly. By evaluating the performance of the systems, the current situation can be determined, and necessary measures can be implemented.

## Acknowledgement

This study was produced from the Master's thesis of Barke Hussein Chote.

## Author Contributions

All authors have participated in the work and take responsibility for the manuscript content.

## Conflicts of Interests Statement

The authors declare no conflicts of interests.

## References

- Abernethy, C.L. 1986. Performance measurement in canal water management: a discussion. ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper, No. 86/2d. London Overseas Development Institute.
- Akbulak, C., 2009. Human and Economic Geographical Investigation of Iznik Basin. Eurasia Ethnography Foundation Publications, Ankara.
- Akçay, S., 2016. Aydın İli Sulama Kooperatiflerinde su sağlama oranlarının belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 13(02):135-143.
- Akçay, S., 2018. Sulama birliklerinin ekonomik ve kurumsal performansının karşılaştırmalı değerlendirmesi: Batı Ege örneği. Tarım Ekonomisi Dergisi. 24(2):109-115.

- Anderoğlu, R., 2020. Anamur Sulama Birliği'nde sulama performansının karşılaştırmalı değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana, Yüksek Lisans Tezi.
- Anonymous, 1998. Bilecik İli Arazi Varlığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yay., İl rapor no: 12, Ankara.
- Anonymous, 2022. İznik toprak özellikleri. <http://www.iznik.gov.tr/iznik-cografi-yapi/>, Date of Access: 16.04.2022.
- Anonymous, 2023. DSİ 2022 Yılı Faaliyet Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Daire Bşk. Ankara.
- Arslan, F., Değirmenci, H., 2018. Sulama şebekelerinin işletme-bakım ve yönetim modernizasyonunda RAP-MASSCOTE Yaklaşımı: Kahramanmaraş Sol Sahil Sulama şebekesi örneği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 49(1):45-51.
- Beyribey, M., 1997. Devlet Sulama Şebekelerinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 14: 80-813.
- Beyribey, M., Öğretir, K., 1997. Eskişehir DSİ Sulama Şebekesinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi, Eskişehir: KHGM Eskişehir Araştırma Enstitüsü Araştırma Raporları.
- Cengiz, A., 2019. Acıpayam sulama birliği performansının değerlendirilmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta, Yüksek Lisans tezi.
- Çakmak, B. Tekiner, M., 2010. Çanakkale Kepez Kooperatifinde sulama performansının değerlendirilmesi. 1. Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu. 1:279-290, Kahramanmaraş.
- Çolak, M.S., Çakmak, B. (2018). DSİ 15. Bölge sulama şebekelerinde tarımda su kullanımının değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 26-30, Isparta.
- Değirmenci, H., 2001. Devredilen sulama şebekelerinin karşılaştırma göstergeleri ile değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 15: 31-41.
- Demir, H.N., Topak, R., 2014. Konya – Sarayönü İlçesi Gözlü Sulama Kooperatifinde su yönetimi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi. 2(1):19-26.
- Diker, C., 2018. Aşağı Seyhan Ovası sulama birliklerinin değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Yüksek Lisans Tezi.
- DSİ, 2015. Mahsul Sayım Sonuçları, İzleme ve Değerlendirme Raporu, Faaliyet Raporu, Planlı Su Dağıtım Raporları. DSİ 20. Bölge Müdürlüğü İşletme ve Bakım Şubesi. Kahramanmaraş.
- Eliçabuk, C., Topak, R., 2017. Gevrekli Sulama Birliği'nde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi 3(2): 191-199.
- Ersöz, Ö., Çamoğlu, G., 2020. Bursa ilindeki sulama birliklerinin performans göstergelerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 34 (2): 267-285.
- Geçgel, G., Akkuzi, E., Girgin, A. (1998). Sulama şebekelerinde sistem başarılarının belirlenmesine yönelik bazı değerlendirmeler. Ege Bölgesi I.Tarım Kongresi, 7-11 Eylül 1998, Aydın.
- Gençoğlu, M., Değirmenci, H., 2019. Sulama performansının değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi. 22(3): 436-443.
- Gümüş, M. İ., Tekiner, M., 2023. Bazı DSİ bölgelerindeki sulama oranları ve sulanmayan alanların sulanmama nedenleri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 11(1): 87-95.
- Kalender, A. M., 2017. Ilgın Ovası Pompaj Sulama Birliğinde sulama performansının değerlendirmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya, Yüksek Lisans Tezi, 46s.
- Kapan, E., 2010. Asartepe Sulama Birliğinde sulama performansının karşılaştırmalı değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Ankara, Yüksek lisans Tezi, 41s.
- Kartal, S., Değirmenci, H., Arslan, F., 2020. Assessment of irrigation schemes with performance indicators in southeastern irrigation district of Turkey. Journal of Agricultural Sciences. 26 (2): 138-146.
- Kaya, N., Çiftçi, N., 2016. Sulama birliklerinin tarımsal sulama işletmeciliğindeki rolü, Konya-Çumra Sulama Birliği örneği. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi. 5 (2): 45-57.
- Kloezen, W.H., Garces-Restrepo, C., 1998. Assessing irrigation performance with comparative indicators, the case of the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico. International Water Management Institute (IWMI) Research Report No. 22. Colombo, Srilanka.
- Kuşçu, H., Demir, A.O., Korukçu, A., 2008. An assessment of the irrigation management transfer programme: case study in the Mustafakemalpaşa irrigation scheme in Turkey. Irrigation and Drainage. 57(1): 15-22.

- Kuşçu, H., Bölüktepe, F., Demir, A.O., 2009. Performance assessment for irrigation water management: A case study in the Karacabey irrigation scheme in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*. 4 (2):124-132.
- Kuşçu, H., 2012. Benchmarking performance assessment of irrigation water management in a river basin: Case study of the Susurluk river basin, Turkey. *African Journal of Business Management*. 6(8): 2848-2859.
- Malano, H., Burton, M. 2001. *Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector*. Rome: International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. ISBN 92-5-104618-2.
- Molden, D., Gates, T.K., 1990. Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *Journal of Irrigation and Water Engineering*. 116(6): 804-823.
- Molden, D., Sakthivadivel, R., Perry, C. J., Fraiture, C., Kloezen, W. H., 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agriculture. *International Water Management Institute (IWMI) Research Report 20*. IWMI, Sri Lanka.
- Nalbantoğlu, G., Çakmak, B., 2007. Akıncı Sulama Birliğinde sulama performansının karşılaştırmalı değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 13(3): 213-223.
- Özbek, Ö., Kaman, H., Ertürk, E., 2017, Evaluation of the performance of irrigation associations in Antalya Region, Aksu Plain. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 30(1): 47-51.
- Roeser, P. A., Franz, S. O., Litt, T., Ülgen, U. B., Hilgers, A., Wulf, S., Wennrich, V., Ön, S. A., Viehberg, F. A., Çağatay, M. N., and Melles, M., 2012. Lithostratigraphic and geochronological framework for the paleoenvironmental reconstruction of the last ~ 15 36 ka cal BP from a sediment record from Lake Iznik (NW Turkey). *Quaternary International*. 274:73-87.
- Sakthivadivel, R., De Fraiture, C., Molden, D.J., Perry, C., Kloezen, W., 1999. Indicators for land and water productivity in irrigated agriculture. 15:161-179.
- Sarma, P.B.S., Rao, V.V., 1997. Evaluation of an irrigation water management scheme a case study. *Agricultural Water Management*. 32: 181-195.
- Small, L.E., Svendsen, M., 1990. A framework for assessing irrigation performance. Working Papers on Irrigation Performance 1. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C., USA.
- Takeshi, H., Abdelhadi, A. W., 2003. Participatory approaches to irrigation systems, water resources planning and management. Proceedings of the International Workshop on Participatory Management of Irrigation systems, Water Utilization Techniques and Hydrology, A Session of the 3<sup>rd</sup> World Water Forum, March 2003, Theme: Agriculture Food and Water, VIXII.
- Tanrıverdi, Ç., Degirmenci, H., Sesveren, S., 2011. Assessment of irrigation schemes in Turkey based on management types. *African Journal of Biotechnology*. 10(11): 1997-2004.
- Turhan, B., 2019. Develi ovası sağ sahil sulama birliğinde sulama performansının değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Konya, Yüksek Lisans Tezi, 51s.
- Yürekli, H., Topak, R., 2018. Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliği'nde sulama performansının değerlendirilmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 32(3): 221-230.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

## Araştırma Makalesi

# Kuraklık ve Tuz Stresi Altında Yeşil Ceviz Kabuğu Kompostu Uygulanan Mısır Bitkisinin Fizyolojisi

Ece Coşkun<sup>1\*</sup>  Gizem Aksu<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale

\*Sorumlu yazar: ece\_coskun\_89@hotmail.com

Geliş Tarihi: 30.11.2023

Kabul Tarihi: 12.07.2024

## Öz

Kuraklık ve tuz stresi tarımsal üretimde en çok maruz kalınan streslerdir. Bazı uygulamalar bitkilerin strese karşı dayanıklılıklarını artırmaktadır. Çalışmada bitki, çevre ve insan dostu olan kompostun tuz, kuraklık ve tuz ile kuraklık stresinin bir arada olduğu koşullarda mısırın fizyolojisi üzerine etkisi incelenmiştir. Denemede bitkilere kuraklık stresi için -0.5 MPa PEG 6000, tuz stresi için 50 mM NaCl ve iki stresin interaksiyonu için -0.5 MPa PEG 6000 ve 50 mM NaCl birlikte uygulanmıştır. Saksılara ağırlık esasına göre 0, % 1 ve % 2 oranında yeşil ceviz kabuğu kompostu eklenmiştir. Hasat işleminden sonra bitki örneklerinin yaprak oransal su içeriği, turgor kaybı, membran zararlanması, MDA içeriği ve klorofil içeriği belirlenmiştir. Yeşil ceviz kabuğu kompostu tüm stres koşullarında bitkide meydana gelen zararları hafifletmiştir. Elde edilen sonuçlara göre stres altında yapılacak kompost uygulamasının bitkinin stresten daha az etkilenmesini sağlayabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** Kompost, ceviz, kuraklık, tuz stresi, mısır

## Physiology of Maize Applying Green Walnut Husk Compost Under Drought and Salt Stress Abstract

Drought and salt stress are the most exposed stresses in agricultural production. It is known that some applications increase plant resistance to stress. In this study, the effect of compost, which is plant, environment and human friendly, on the growth of maize under conditions of salt, drought and combination of salt and drought stress was examined. In the experiment, -0.5 MPa PEG 6000 was applied to the plants for drought stress, 50 mM NaCl for salt stress, and -0.5 MPa PEG 6000 and 50 mM NaCl were applied together for the interaction of the two stresses. Green walnut husk compost was added to the pots at the rate of 0, 1% and 2% by weight. After harvesting, leaf relative water content, turgor loss, membrane damage, MDA content and chlorophyll content of the plant samples were determined. Green walnut husk compost alleviated the damage to the plant under all stress conditions. According to the results, determined that compost application under stress may make the plant less affected by stress.

**Keywords** Compost, walnut, drought, salt stress, maize

## Giriş

Dünya genelinde üzerinde tarım yapılan arazilerden yaklaşık % 45'i kuraklık stresine maruz kalırken, yaklaşık % 6'sı tuzluluk ile karşı karşıyadır (Ashraf ve Foolad, 2007). Abiyotik stres faktörleri bitkisel üretimi sınırlayan başlıca etkenlerdir ve çoğu ürünün veriminde % 50-70 azalmaya neden olurlar (Mahajan ve Tuteja, 2005). Dünya nüfusunun 30 yıl içerisinde 9 milyara ulaşabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle ihtiyaç duyulan gıda için üretimin % 38 arttırılması gerekmektedir (Wild, 2003). Ekilebilecek tarım arazilerinin arttırılmayacak olması birim alandan en yüksek verimi sağlamayı kaçınılmaz yol olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Birleşmiş Milletlere göre çölleşme ve kuraklık Dünya'da 4 milyar hektardan fazla alanı etkilerken 1.2 milyar kişinin hayatını doğrudan tehdit etmektedir. Ülkemiz de tarım arazilerinin topografik özellikleri nedeniyle kuraklığa son derece duyarlı ülkeler arasındadır. Tuzluluk ise dünyada kurak ve

yarı kurak iklim bölgeleri başta olmak üzere 800 milyon hektardan fazla alanı etkilemektedir (Ghanem ve ark., 2012). Ülkemizde ise % 32.5'ini sulanabilir alanların oluşturduğu 1.5 milyon hektarlık alan tuzlulukla karşı karşıyadır (Ertekin, 2010; Yılmaz ve ark., 2011). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de küresel ısınmanın sonucu olarak su kaynakları azalmakta, ülkemiz de ekolojik bozulma riski karşı karşıyadır. Değişen yağış rejiminin etkisiyle kuraklığın beraberinde getirdiği tuzluluk, tarımı önemli derecede etkileyerek, bitkisel üretimi sınırlandırmaktadır. Yapılan çalışmalarda iklim değişikliği ve iklimdeki dalgalanmaların artışıyla bitkisel üretimi etkileyen stres faktörlerinin olumsuz etkilerinin daha da artacağı vurgulanmaktadır (Denby ve Gehring, 2005).

Kuraklık ve tuzluluk gibi stres etmenlerine maruz kalan bitkilerde osmotik stres meydana gelmektedir (Hoffmann, 2002). Osmotik stres morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimlerle bitkinin büyüme, gelişme ve üremesini olumsuz etkileyerek önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Kuraklık sonucu bitkinin suya erişiminin azalması fotosentez, solunum ve minerallerin alımı gibi fizyolojik süreçleri etkilemektedir. Su eksikliği nedeniyle stomalar kapanmakta, turgor basıncı düşmekte, bitkinin transpirasyon ile kaybettiği su köklerden alınamaz hale gelmekte ve bitki dokularında su dengesizliği oluşmaktadır. Stomaların kapanmasıyla, gaz değişimi dengesi bozulmakta ve reaktif oksijen türleri (ROS) fazla üretilmekte ve bu durum oksidatif stresin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Su eksikliği hücre bölünmesini, yaprak yüzeyinin genişlemesini, kök büyümesini ve kök hücrelerin çoğalmasını önlemektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Taiz ve Zeiger, 2008; Osmolovskaya ve ark., 2018). Tuzluluk ilk olarak osmotik strese neden olmakta ve kullanılabilir su miktarının azalmasıyla da "fizyolojik kuraklık" meydana gelmektedir (Tuteja, 2007). Kuraklıkta olduğu gibi tuz stresinde de bitkiler topraktaki sudan faydalanamadıklarından dolayı su kaybını azaltmak için stomalarını kapatarak, fotosentez mekanizmasının aksamasına neden olmaktadır (Ferroni ve ark., 2007). Tuz stresi altında bitki tarafından besin elementlerinin alınımı zorlaşmakta, çimlenme yüzdesi ve meyve kalitesi düşmektedir (Mugdal ve ark., 2010). Kök bölgesindeki tuz yoğunluğuna bağlı olarak bitki sudan faydalanmak için daha fazla enerji harcamakta bu nedenle verim ve kalitede azalmalar meydana gelmektedir (Kara ve Apan, 2000).

Kuraklık ve tuz stresi, her ne kadar bitki gelişimini etkileyen iki ayrı stres faktörü olsa da, bu iki stres faktörü bazen bir arada bulunabilmekte ve birbirlerini etkileyebilmektedir. Kuraklık, bitkilerin suya ulaşmasını kısıtlayarak bitkilerin tuz stresinden daha olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir. Kuraklık, bitkilerin topraktan su almalarını zorlaştırırken, tuz stresi suyun köklerden bitki içine hareketini engellemektedir. Kuraklık nedeniyle suyun kısıtlanması, tuzların toprakta birikmesine ve bitkilerin tuz stresine maruz kalmasına neden olmaktadır. Hem kuraklık hem de tuz stresi, bitkilerde oksidatif stres arttırmaktadır. Kuraklık ve tuz stresinin bir arada bulunması, bitkiler için daha karmaşık bir çevresel stres koşulu oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu iki stres faktörünün etkileşimini anlamak ve uygun stratejiler geliştirmek son derece önemlidir. Bu stratejiler, bitkilerin kuraklık ve tuz stresine daha iyi adapte olmasını ve daha az zarar görmesini sağlamaktadır. Strese karşı tolerans gösteren bitkilerde osmotik koruyucular, antioksidan ve hormonal sistemler savunma mekanizması olarak çalışmakta ve bitkinin hayatta kalarak generatif döneme kadar gelişmesini sağlamaktadırlar (Reddy ve ark., 2004; Sairam ve Tyagi, 2004; Mahajan ve Tuteja, 2005; Farooq ve ark., 2009; Ashraf, 2010; Khan ve ark., 2011).

Ceviz ülkemiz için önemli bir tarım ürünüdür ve üretilen cevizin yaklaşık % 50 si ceviz kabuğu olarak bitkisel atığa dönüşmektedir (Koçtürk, 2005). Ceviz yapraklarında bitki büyümesini engelleyen tanen ve juglon gibi bileşikler bulunmakta ancak kompostlama işleminden sonra bu bileşiklerin zararlı etkileri ortadan kalkmaktadır (Kovács, 2000; Ruszkai 2011; Tirczka ve Hayes, 2012). Bu nedenle hem çok miktardaki bitkisel atığı değerlendirmek hem de bu çalışmadaki amacımız olan toprağın su tutma kapasitesini arttırmak için yeşil ceviz kabuğu kompostu kullanmak oldukça önemlidir. Bu çalışmanın amacı önemli bir tarım ürünü olan mısır bitkisinin yapılacak kompost uygulamasıyla kuraklık ve tuz stresinden zarar görmesini engellemek, verim kayıplarını azaltmaktır.

### Materyal ve Yöntem

Denemede kullanılan topraklar (Çizelge 1) hava kuru hale getirildikten sonra 4 mm'lik elekten elenmiş ve saksılara doldurulmuştur. Her bir saksıya 1 tohum ekilmiş ve ekimden önce tohumlar steril edilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Bitkiler kontrollü koşullarda (gündüz/gece 16/8 saat, 25/15°C, % 60-70 nem) iklim odasında yetiştirilmiştir. Deneme planına göre saksılara % 1 ve % 2 oranında yeşil ceviz kabuğu kompostu (Çizelge 2) karıştırılmıştır.

Table 1. Some properties of the soil used in the experiment

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın bazı özellikleri

pH	EC (mS cm <sup>-1</sup> )	Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	Organik madde (%)	Tekstür sınıfı
7.7	0.55	6.8	0.4	Tınlı

Table 2. Some properties of the green walnut husk used in the experiment

Çizelge 2. Denemede kullanılan yeşil ceviz kabuğu kompostunun bazı özellikleri

pH	EC(dS m <sup>-1</sup> )	N(%)	C(%)	C/N	Mg(gkg <sup>-1</sup> )	Ca(gkg <sup>-1</sup> )	K(gkg <sup>-1</sup> )	Zn(mgkg <sup>-1</sup> )	Fe(mgkg <sup>-1</sup> )	Cu(mgkg <sup>-1</sup> )	B(mgkg <sup>-1</sup> )	Mn(mgkg <sup>-1</sup> )
9.87	7.78	0.85	35.20	41.41	3.96	30.64	48.32	32.11	918	21.93	81.7	45.6

Uygulama yapılmadan önce yeşil ceviz kabuğu kompostu kurutulmuş, değirmende öğütülmüş ve elenmiştir. Bitkilere kuraklık stresi için -0.5 MPa PEG 6000, tuz stresi için 50 mM NaCl ve iki stresin interaksyonu için -0.5 MPa PEG 6000 ve 50 mM NaCl birlikte uygulanmıştır. Mısırları gübrelemek için Hoagland (Çizelge 3) besin çözeltisi hazırlanmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950).

Table 3. Content of the Hoagland Nutrient Solution used in the experiment

Çizelge 3. Denemede kullanılan Hoagland besin çözeltisinin içeriği

Element	Konsantrasyon (mgkg <sup>-1</sup> )	Element	Konsantrasyon (mgkg <sup>-1</sup> )
Azot (N)	210	Demir (Fe)	2.5
Potasyum (K)	234	Mangan (Mn)	0.5
Fosfor (P)	31	Bor (B)	0.5
Kalsiyum (Ca)	200	Çinko (Zn)	0.05
Magnezyum (Mg)	48	Bakır(Cu)	0.02
Kükürt (S)	64	Molibden (Mo)	0.01

Taze yaprak örneklerinden alınan kesitlerin yaş ağırlıkları, aynı kesitler 4 saat saf suda bırakıldıktan sonra turgor ağırlıkları, etüvde 65 °C derecede sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra ise kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaprak oransal su içerikleri ve turgor kayıpları aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır (Barr ve Weatherley 1962; Sairam ve ark., 2002; Gulen H ve Eris A ,2003).

$$YOSİ = [(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$$

YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık, TA: Turgid durumundaki ağırlık

$$TK = (TA - YA) / TA \times 100$$

Taze yaprak örneklerinden alınan kesitler saf suda 5 saat bekletildikten sonra elektriksel iletkenlikleri ölçülmüştür (C1), aynı kesitler 100 °C'de 10 dakika inkübe edildikten sonra elektriksel iletkenlikleri tekrar ölçülmüştür (C2). Membran zararlanması aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Dlugokecka ve Kacperska- Palacz 1978).

$$\text{Membran zararlanması (\%)} = (C1 / C2) \times 100$$

Taze yaprak örneklerinden alınan 0.2 g bitki dokusu üzerine 5 ml % 0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) eklenmiş 12500 rpm devirde 20 dakika santrifüj edilmiştir. İçinde % 20 TCA bulunan % 0.1'lik TBA'dan 3 ml alınarak tüplere konmuş üzerine 3 ml süpernatant eklenmiştir. Elde edilen karışım 95 °C derecede 30 dakika bekletildikten sonra reaksiyonu durdurmak için buza konmuştur. Örnekler spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boyunda okunmuştur ve malondialdehit (MDA) miktarı (lipid peroksidasyon) oranları belirlenmiştir (Lutts ve ark., 1996).

Taze yaprak örneklerinden alınan 0.5 g bitki dokusu porselen havanda % 80'lik aseton ile ezilmiş 3000 rpm devirde 20 dakika santrifüj edilmiştir. Sonrasında örnekler 662 nm, 645 nm ve 470

nm dalga boylarında spektrofotometrede okunmuştur. Aşağıdaki formüller kullanılarak klorofil miktarları hesaplanmıştır (Lichtentaler ve Wellburn 1985).

$$\text{Klorofil a mg/l} = (A663 \times 12.70) - (A645 \times 2.69)$$

$$\text{Klorofil b mg/l} = (A645 \times 22.90) - (A663 \times 4.68)$$

$$\text{Karotenoid mg/l} = (A480 + (A663 \times 0.114) - (A645 \times 0.638)) / 112.5$$

$$\text{Toplam klorofil} = (20.2 \times A645) + (8.02 \times A663)$$

Denemeden elde edilen veriler MINITAB 17.0 istatistik paket programında tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İstatistiki açıdan konular arasında varyans analizi sonuçlarına göre önemli bulunan farklar LSD testi ile kıyaslanmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Yaprak oransal su içeriği ve turgor kaybına ait ortalamalar ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4' de verilmiştir. Yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulaması hem tuz ve kuraklık stresi koşullarında hem de tuz ve kuraklık stresinin birlikte olduğu koşullarda yaprak oransal su içeriğini azaltmış, turgor kaybını arttırmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre yaprak oransal su içeriği ve turgor kaybı bakımından stres, kompost ve stres kompost interaksyonu seviyeleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur.

Table 4. Leaf relative water content (%) and loss of turgor pressure (%) averages and multiple comparison results

Çizelge 4. Yaprak Oransal Su İçeriği (%) ve Turgor Kaybı (%) ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

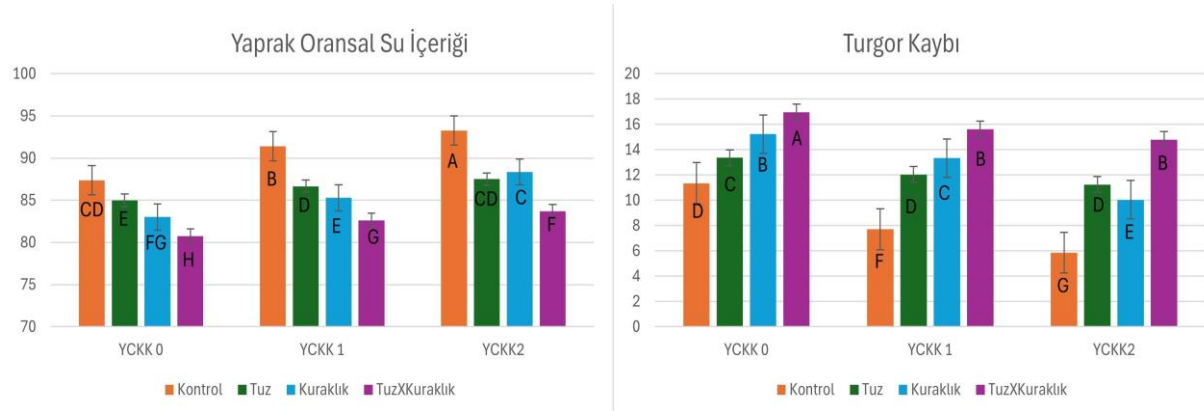
	Yaprak Oransal Su İçeriği				Turgor Kaybı			
	YCKK 0	YCKK % 1	YCKK % 2	Ort.	YCKK 0	YCKK % 1	YCKK % 2	Ort.
<b>Kontrol</b>	87.39 CD	91.41 B	93.26 A	<b>90.69</b> a	11.35 D	7.71 F	5.85 G	<b>8.30</b> d
<b>Tuz</b>	84.99 E	86.66 D	87.50 CD	<b>86.38</b> b	13.37 C	12.03 D	11.25 D	<b>12.22</b> c
<b>Kuraklık</b>	83.01 FG	85.28 E	88.35 C	<b>85.55</b> c	15.23 B	13.33 C	10.03 E	<b>12.87</b> b
<b>TuzxKuraklık</b>	80.76 H	82.61 G	83.67 F	<b>82.34</b> d	16.96 A	15.61 B	14.80 B	<b>15.79</b> a
<b>Ort</b>	<b>84.04 c</b>	<b>86.49 b</b>	<b>88.20 a</b>		<b>14.23 a</b>	<b>12.17 b</b>	<b>10.48 c</b>	
<b>Önemlilik</b>	<b>P<sub>stres</sub>: 0.000, P<sub>kompost</sub>: 0.000, P<sub>stresxkompost</sub>: 0.000</b>				<b>P<sub>stres</sub>: 0.000, P<sub>kompost</sub>: 0.000, P<sub>stresxkompost</sub>: 0.000</b>			

\*Aynı harfler arasındaki fark önemli değildir.

Stres kompost interaksyonu çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre kontrol bitkileri haricinde stres altında gelişen bitkiler göz önüne alındığında en yüksek yaprak oransal su içeriği (% 88.35) kuraklık altında uygulanan % 2 yeşil ceviz kabuğu kompostunda elde edilirken en düşük yaprak oransal su içeriği (% 80.76) tuz ve kuraklık stresinin bir arada olduğu ve kompost uygulaması yapılmayan bitkilerde elde edilmiştir. En fazla turgor kaybı tuz ve kuraklık stresinin bir arada olduğu ve kompost uygulaması yapılmayan bitkilerde (% 16.96) elde edilirken en az turgor kaybı stres uygulanmayan % 2 yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulanan bitkilerde (% 5.85) elde edilmiştir (Şekil 1).



Figure 1. Leaf relative water content (%) and loss of turgor pressure (%) stress compost interaction multiple comparison results  
Şekil 1. Yaprak Oransal Su İçeriği (%) ve Turgor Kaybı (%) stres kompost interaksyonu çoklu karşılaştırma sonuçları



Bitkinin fizyolojisinin normal olduğunu, büyüme süreçlerinde problem olmadığını gösteren önemli indikatörlerden biri yaprak oransal su içeriğidir (Silva ve ark. 2007). Stres altında yetiştirilen bitkilerde yaprak oransal su içeriği streste olmayan bitkilere göre daha düşüktür. Elde ettiğimiz sonuçlara baktığımızda (Çizelge 4) yaprak oransal su içeriğinin tuz ve kuraklık stresi altında azaldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kuraklık ve tuz stresi altındaki bitkilerde yaprak oransal su içeriğinin azaldığı vurgulanmıştır (Molnar ve ark. 2002; Yakıt ve Tuna, 2006; Asgharipour ve Heidari 2011; Aksu ve Altay 2020; Aksu ve Altay 2021). Bunun yanında Çizelge 4 incelendiğinde yapılan yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulamalarının bitkilerin stresten daha az etkilenmesini sağlayarak yaprak oransal su içeriğini artırdığı görülmektedir. Benzer olarak farklı bitkilerle yapılan çalışmalarda kuraklık stresi altında uygulanan organik maddenin yaprak oransal su içeriğini artırdığı vurgulanmıştır (Uzoma ve ark., 2011; Akhtar ve ark., 2014, Haider ve ark., 2015; Nadeem ve ark., 2017). Stres koşulları kendi arasında değerlendirildiğinde tuz ve kuraklık stresinin bir arada olduğu koşullarda bitkiler stresten daha çok etkilenmiştir ancak yapılan kompost uygulaması tuz ve kuraklık stresinin bir arada olduğu koşullarda da bitkinin daha az zarar görmesini sağlamıştır. Çalışmamıza benzer olarak Zhang ve ark. (2023) kuraklık ve tuzluluk stresi ile her iki stresin birlikte olduğu koşullar altında biyokömür uygulamasının bağıl su içeriğini artırdığını ve bunun da bitkileri abiyotik stres altında korumaya yardımcı olduğunu vurgulamışlardır. Turgor bitki dokularının dayanıklılığı için oldukça önemlidir ve su eksikliğinde turgor basıncının düşmesiyle bitki dokusu gevşer. Çizelge 4 incelendiğinde turgor kaybının stres koşulları altında artış gösterdiği ancak yapılan yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulamalarıyla bu zararın azaldığı görülmektedir. Yapılan araştırmalara göre yapraklarında daha fazla su tutabilen bitkiler abiyotik streslere karşı daha fazla toleransa sahiptirler (Kabir ve ark., 2004; Farooq El-Mageed ve ark., 2018). Buna paralel olarak elde ettiğimiz sonuçlara göre yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulanan bitkiler tuz ve kuraklık stresi altında daha fazla su tutarak stresten daha az zarar görmüşlerdir.

Table 5. Cell membrane damage (%) and Malondialdehyde (MDA) content averages and multiple comparison results

Çizelge 5. Hücre Membran Zararlanması (%) ve Malondialdehit (MDA) içeriği ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

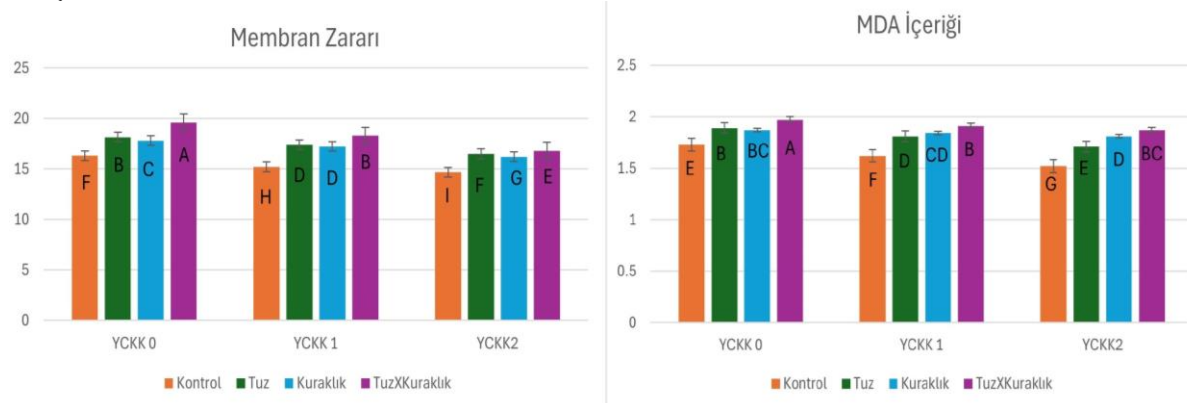
	Membran Zararlanması				MDA İçeriği			
	YCKK 0	YCKK 1	YCKK 2	Ort.	YCKK 0	YCKK 1	YCKK 2	Ort.
<b>Kontrol</b>	16.31 F	15.20 H	14.67 I	<b>15.39</b> d	1.73 E	1.62 F	1.52 G	<b>1.62</b> d
<b>Tuz</b>	18.15 B	17.39 D	16.50 F	<b>17.35</b> b	1.89 B	1.81 D	1.71 E	<b>1.80</b> c
<b>Kuraklık</b>	17.81 C	17.23 D	16.21 G	<b>17.08</b> c	1.87 BC	1.84 CD	1.81 D	<b>1.84</b> b
<b>TuzxKuraklık</b>	19.62 A	18.30 B	16.82 E	<b>18.25</b> a	1.97 A	1.91 B	1.87 BC	<b>1.92</b> a
<b>Ort</b>	<b>17.97 a</b>	<b>17.03 b</b>	<b>16.05 c</b>		<b>1.87 a</b>	<b>1.80 b</b>	<b>1.73 c</b>	
<b>Önemlilik</b>	<b>P<sub>stres</sub>: 0.000, P<sub>kompost</sub>: 0.000, P<sub>stresxkompost</sub>:</b>				<b>P<sub>stres</sub>: 0.000, P<sub>kompost</sub>: 0.000, P<sub>stresxkompost</sub>:</b>			
	<b>0.000</b>				<b>0.000</b>			

\*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir.

Hücre membran zararı ve malondialdehit (MDA) içeriğine ait ortalamalar ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulaması hem tuz ve kuraklık stresi koşullarında hem de tuz ve kuraklık stresinin birlikte olduğu koşullarda hücre membran zararı ve malondialdehit (MDA) içeriğini artırmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre membran zararı ve MDA içeriği bakımından stres, kompost ve stres kompost interaksiyonu seviyeleri arasındaki farklılıklar önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

Figure 2. Cell Membrane Damage (%) and Malondialdehyde (MDA) content stress compost interaction multiple comparison results

Şekil 2. Hücre Membran Zararlanması (%) ve Malondialdehit (MDA) içeriği stres kompost interaksiyonu çoklu karşılaştırma sonuçları



Stres kompost interaksiyonu çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre en fazla membran zararı tuz ve kuraklık stresinin bir arada olduğu ve kompost uygulaması yapılmayan bitkilerde (% 19.62) elde edilirken en az membran zararı stres uygulanmayan % 2 yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulanan bitkilerde (% 14.67) elde edilmiştir. En düşük MDA içeriği (1.52) stres uygulanmayan % 2 yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulanan bitkilerde belirlenirken en yüksek MDA içeriği (1.97) tuz ve kuraklık stresinin bir arada olduğu ve kompost uygulaması yapılmayan bitkilerde belirlenmiştir (Şekil 2).

Bitkinin uğradığı stresin bir göstergesi olan membran zararlanması hücre içindeki ve dışındaki ozmotik dengesizlikten kaynaklanmaktadır (Munns, 2002; Ghoulam ve ark., 2002) ve çalışmalar bitkinin strese tolerans gösterebilmesi için stres altında membran bütünlüğünün ve stabilitesinin korunması gerektiğini vurgulamaktadır (Bajji ve ark., 2002). Kuraklık stresi altında membran zararının arttığı ve hücre zarı stabilitesinin önemli ölçüde azaldığı (Wang ve Huang 2004; Aksu ve Altay 2020) tuz stresi altında (Zhu ve ark., 2008; Perez Lopez ve ark., 2008; Aksu ve Altay, 2021) hücre zararının arttığı daha önceki çalışmalarda vurgulanmıştır. Çizelge 5 incelendiğinde daha önceki çalışmalara benzer olarak tuz ve kuraklık stresi altında membran zararı artmıştır. Uygulanan yeşil ceviz kabuğu

kompostu artan uygulama dozlarına paralel olarak membran zararını azaltmıştır ve kompost bitkinin stresten daha az etkilenmesini sağlamıştır (Çizelge 5). Sonuçlarımıza paralel olarak Sabagh ve ark. (2015) tuz stresi altında kompost uygulamasının Nadeem ve ark. (2017) da su kıtlığı koşulları altında kompost uygulamasının elektrolit sızıntısını azalttığını vurgulamışlardır. Stres koşulları altında bitkinin hücre zarında meydana gelen hasarı tespit etmek için kullanılan malondialdehit (MDA) içeriği, membran lipid peroksidasyonunun bir ürünüdür ve membran geçirgenliğiyle bağlantılıdır (Chen ve Yu ,1994; Dolatabadian ve ark., 2008; Fayez ve Bazaid, 2014; Jungklang ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda kuraklık ve tuz stresi altındaki bitkilerde membran hasarında (lipid peroksidasyon) artış olduğu vurgulanmıştır (Ezzat-Ollah ve ark., 2007; Hameed ve ark., 2011 Yaşar, 2003; Kuşvuran ve ark., 2007; Wei ve ark., 2009; Yaşar ve ark., 2008; Huang ve ark., 2009). Yapılan yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulamaları artan uygulama dozuna paralel olarak MDA içeriğini azaltmıştır ve kompost bitkinin stresten daha az etkilenmesini sağlamıştır (Çizelge 5). Sonuçlarımıza paralel olarak Tartoura ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada kuraklık stresi altında yaptıkları kompost uygulamasının MDA içeriğini azalttığını vurgulamışlardır.

Klorofil a ve Klorofil b içeriğine ait ortalamalar ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulaması hem tuz ve kuraklık stresi koşullarında hem de tuz ve kuraklık stresinin birlikte olduğu koşullarda klorofil b içeriğini etkilemiştir. Klorofil a içeriği ise kompost uygulamasından etkilenmemiş sadece stres faktörleri Klorofil a içeriğini değiştirmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre Klorofil b içeriği bakımından stres, kompost ve stres kompost interaksyonu seviyeleri arasındaki farklılıklar önemli ( $p<0.05$ ) bulunurken Klorofil a içeriği bakımından sadece stres uygulamaları arasındaki farklılıklar önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Table 6. Chlorophyll a and Chlorophyll b content averages and multiple comparison results

Çizelge 6. Klorofil a ve Klorofil b içeriği ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

	Klorofil a İçeriği				Klorofil b İçeriği			
	YCKK 0	YCKK % 1	YCKK % 2	Ort.	YCKK 0	YCKK % 1	YCKK % 2	Ort.
<b>Kontrol</b>	11.78	11.92	11.91	<b>11.87 c</b>	13.84 AB	13.46 AB	13.02 B	<b>13.44 ab</b>
<b>Tuz</b>	12.14	12.35	12.49	<b>12.33 a</b>	12.33 B	12.44 B	12.75 B	<b>12.51 b</b>
<b>Kuraklık</b>	12.11	11.97	11.88	<b>11.99 bc</b>	12.36 B	13.73 AB	15.47 A	<b>13.85 a</b>
<b>TuzxKuraklık</b>	12.11	12.39	12.22	<b>12.24 ab</b>	13.26 AB	13.94 AB	14.22 AB	<b>13.81 a</b>
<b>Ort</b>	<b>12.03</b>	<b>12.16</b>	<b>12.12</b>		<b>12.95 b</b>	<b>13.39 ab</b>	<b>13.87 a</b>	
<b>Önemlilik</b>	<b>P<sub>stres</sub>: 0.003, P<sub>kompost</sub>: 0.391, P<sub>stresxkompost</sub>: 0.421</b>				<b>P<sub>stres</sub>: 0.005, P<sub>kompost</sub>: 0.023, P<sub>stresxkompost</sub>: 0.016</b>			

\*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir.

Yeşil ceviz kabuğu kompostu uygulaması hem tuz ve kuraklık stresi koşullarında hem de tuz ve kuraklık stresinin birlikte olduğu koşullarda toplam klorofil içeriğini değiştirirken karotenoid içeriği kompost uygulamasından etkilenmemiş sadece stres faktörleri karotenoid içeriğini değiştirmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre toplam klorofil içeriği bakımından stres ve kompost seviyeleri arasındaki farklılıklar önemli ( $p<0.05$ ) bulunurken karotenoid içeriği bakımından stres uygulamaları arasındaki farklılıklar önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Stres kompost interaksyonu seviyeleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır.

Table 7. Carotenoid content and total chlorophyll content averages and multiple comparison results  
Çizelge 7. Karotenoid ve Toplam Klorofil içeriği ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

	Karotenoid İçeriği				Toplam Klorofil İçeriği			
	YCKK 0	YCKK % 1	YCKK % 2	Ort.	YCKK 0	YCKK % 1	YCKK % 2	Ort.
<b>Kontrol</b>	0.88	0.87	0.87	0.87 b	25.62	25.37	24.93	25.31 ab
<b>Tuz</b>	0.89	0.92	0.91	0.91 a	24.47	24.79	25.24	24.83 b
<b>Kuraklık</b>	0.84	0.85	0.82	0.84 c	24.46	25.70	27.35	25.84 ab
<b>TuzxKuraklık</b>	0.89	0.91	0.93	0.91 a	25.36	26.33	26.44	26.04 a
<b>Ort</b>	0.88	0.89	0.88		24.98 b	25.55 ab	25.99 b	
<b>Önemlilik</b>	<b>P<sub>stres</sub>: 0.000, P<sub>kompost</sub>: 0.364, P<sub>stresxkompost</sub>: 0.088</b>				<b>P<sub>stres</sub>: 0.036, P<sub>kompost</sub>: 0.034, P<sub>stresxkompost</sub>: 0.085</b>			

\*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir.

Kuraklığa bağlı olarak bitkinin klorofil içeriğinde önemli azalmalar olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Yang ve ark. 2006; Ahmad ve ark. 2017). Zahoor ve arkadaşlarına göre. (2017), kuraklık stresi altındaki bitkilerin yapraklarında, klorofil azalmaktadır ve bu durum stres altındaki bitkilerde karbon akışını etkileyebilmektedir. Mokhtar ve ark (2020) tuz stresinin bitkilerde klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil içeriğini azalttığını vurgulamışlardır. Çizelge 6 ve 7 incelendiğinde klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil içeriğinin bu çalışmalarla benzer sonuçlar vermediği stres altında artış gösterdiği görülmektedir. Özellikle her iki stresin bir arada olduğu koşullarda klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil içeriği en yüksek değerlere ulaşmıştır. Mokhtar ve ark (2020) tuzlu koşullar altında kompost uygulanan bitkilerin fotosentetik pigment içeriklerinin önemli ölçüde iyileştiğini belirtmişlerdir. Nadeem ve ark., (2017) su kıtlığı koşulları altında salatalık bitkisine uyguladıkları kompost sonucu klorofil içeriğinin arttığını en düşük değerini kontrol bitkisinde elde edildiğini vurgulamışlardır. Ud Din ve ark., (2023) tuz stresi altında yetiştirilen domatesin kompost uygulamasıyla fizyolojik performansının önemli ölçüde iyileştiğini, klorofil içeriğinin arttığını, kompostun tuzluluğun toksik etkilerini azaltmada olumlu etki ettiğini ortaya koymuşlardır. Çizelge 6 ve 7 incelendiğinde klorofil b ve toplam klorofil içeriğinin bu çalışmalarla benzer sonuçlar gösterdiği görülmektedir. Stres altındaki bitkilere uygulanan yeşil ceviz kabuğu kompostu en çok kuraklık stresi altındaki bitkilerde klorofil pigmentlerinde artış sağlarken bunu tuz ve kuraklığın bir arada olduğu bitkiler ve tuz stresi altında olan bitkiler izlemiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Uygulanan stres koşullarıyla birlikte bitkilerin yaprak oransal su içerikleri azalmış ancak uygulanan kompost dozlarına paralel olarak artış göstermiştir. Bitkilerin stres altında turgor kayıpları artmış ancak kompost uygulaması bu kayıpları azaltmıştır, membran zararlanması stres altındaki bitkilerde kontrole göre artış göstermiş ancak uygulanan kompost bu zararı hafifletmiştir, MDA içerikleri stres ile artış göstermiş fakat kompost uygulamasıyla bu zarar hafifletmiştir. Kuraklık ve tuzluluk bitkinin büyümesi ve fizyolojisi üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur. Buna karşılık, kompost uygulaması bu etkileri azaltmıştır. Bu sonuçlara göre uygulanan kompost ilavesi, toprağın su tutma kapasitesini iyileştirerek ve iyon alınımını yavaşlatarak, kuraklık ve tuz stresinin bitkideki bazı olumsuz etkilerini hafifletmek için etkili bir strateji olabilir. Elde ettiğimiz verilere dayanarak olası mekanizmaları araştırmak için daha ileri çalışmalar özellikle tarla denemelerinin yapılması önerilmektedir.

**Teşekkür:** Bu çalışmada kullanılan yeşil ceviz kabuğu kompostu Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Yasemin Kavdır tarafından temin edilmiştir. Kendisine çalışmaya verdiği destekten dolayı çok teşekkür ederiz.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Abd El-Mageed, T.A., El-Samnoudi, I.M., Ibrahim, A.M., Abd El Tawwab, A.R., 2018. Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in sorghum (bicolor L. Moench) under low moisture regime. *Agric. Water Manage.* 431-439.
- Ahmad, Z., Waraich, E.A., Ahmad, R., Shahbaz, M., 2017. Modulation in water relations, chlorophyll contents and antioxidants activity of maize by foliar phosphorus application under drought stress. *Pakistan Journal of Botany.* 49(1):11-9.
- Akhtar, S.S., Li, G., Andersen, M.N., Liu, F., 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. *Agricultural Water Management.* 138:37-44.
- Aksu, G., Altay, H., 2020. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. *Sugar Tech.* 22(6): 1092-1102.
- Aksu, G., Altay, H., 2021. Kuraklık stresi altında indol asetik asitin şeker pancarına (*Beta vulgaris* L.) etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi.* 10 (3):276-283.
- Asgharipour, M.R., Heidari, M., 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. *Pak. J. Agri. Sci.* 4893:197-204.
- Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany.* 59(2):206-216.
- Ashraf, M., 2010. Inducing drought tolerance in plants: recent advances. *Biotechnol. Adv.*, 28(1):169-183.
- Bajji, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regul.* 36:61-70.
- Barr, H.D., Weatherley, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15(3): 413-428.
- Chen, J.J., Yu, B.P., 1994. Alterations in mitochondrial membrane fluidity by lipid peroxidation products. *Free Radical Biology and Medicine.* 17(5):411-418.
- Denby, K., Gehring, C., 2005. Engineering drought and salinity tolerance in plants: lessons from genome-wide expression profiling in *Arabidopsis*. *Trends in Biotechnology.* 23(11):547-552.
- Dlugokecka, E., Kacperska-palacz, A., 1978. Re-examination of electrical conductivity method for estimation of drought injuries. *Biologia Plantarum.* 20(4):262-267.
- Dolatabadian, A., Sanavy, S.A., Chashmi, N.A., 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 206-213.
- Ertekin, F., 2010. Kabakta (*Cucurbita* spp.) yeşil aksam ve kök bölgesindeki iyon dağılımının tuz stresine toleransın belirlenmesinde kullanım olanakları üzerinde bir araştırma. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara Yüksek Lisans Tezi, 109s.
- Ezzat-Ollah, E., Shakiba, M.R., Mahboob, S.A., 2007. Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *Int. J. Food Agri. Environ.* 5:149-153.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. ve Basra S. M. A., 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agron Sustain. Dev.* 29:185-212.
- Fayez, A.K., Bazaid, A.S., 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* 13:45-55
- Ferroni L., Baldissarotto C., Pantaleoni L., Billi, P., Fasulo M.P., Pancaldi S., 2007. High salinity alters chloroplast morpho-physiology in a fresh water kirchneriella species (*Selenastraceae*) from Ethiopian lake awasa. *American Journal of Botany.* 94(12):1972-1983.
- Ghanem M. E., Ghars M. A., Frettinger P., Pérez-Alfocea F., Lutts S., Wathelet J., Jardin P. J., Fauconnier M. L., 2012. Organ-dependent oxylipin signature in leaves and roots of salinized tomato plants (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Plant Physiology.* 169 (11):1090-1101.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fores, K., 2002. Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Exp. Botany.* 47:39-50.
- Gulen H, Eris A (2003) Some physiological changes in strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* cv. 'Camarosa') plants under heat stress. *J Hort Sci Biotech.* 78:894-898.
- Hameed, A., Bibi, N., Akhter, J., Iqbal, N., 2011. Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat genotypes under different levels of water deficit conditions. *Plant Physiology and Biochemistry.* 49:178-185.
- Hoffmann, C.M., 2010. Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 196: 243-252.

- Huang, Y., Bie, Z., Liu, Z., Zhen, A., Wang, W., 2009. Protective role of proline against salt stress is partially related to the improvement of water status and peroxidase enzyme activity in cucumber. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55(5): 698-704.
- Jungklang, J., Saengnil, K., Uthaibutra, J., 2017. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep cv. Chiang Mai Pink. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 24:1505–1512.
- Kabir, M.E., Karim, M.A., Azad, M.A.K., 2004. Effect of potassium on salinity tolerance of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *J Bio Sci*. 4:103–110.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The effect of drought on plants and tolerance mechanisms. *G. U. Journal Of Science*. 18(4): 723- 740.
- Kara T., Apan M., 2000. Tuzlu taban suyunun sulamalarda kullanımı için bir hesaplama yöntemi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15(3):62-67.
- Khan, A., Bakht, J., Bano, A., Malik, N.J., 2011. Effect of plant growth regulators and drought stress on groundnut (*ArachisHypogaea* L.) genotypes . *Pak. J. Bot*. 43(5): 2397-2402.
- Koçtürk, B.Ö., 2005. Ceviz kabuğunun kırılma karakteristiklerinin belirlenmesi., Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 50 s.
- Kovács, D., 2000. Diófalevélből jó komposztot. *Biokultúra* 11(6):20-21.
- Kuşvuran, Ş., Elhaltroğlu, Ş., Yaşar, F., Abak, K., 2007. Effects of salt stress on ion accumulations and some of the antioxidant enzymes activities in melon (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2(5): 351-354.
- Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R., 1985. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biol. Soc. Trans*. 11:591-592.
- Lutts, S., Kinet J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*. 78:389–398.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses:an overview. *Archives Biochemistry and Biophysics*. 444:139-158.
- Mokhtar, M., Baslam, M., Ben-Laouane, R., Anli, M., Boutasknit, A., Mitsui, T., Wahbi, S., Meddich, A., 2020. Alleviation of Detrimental Effects of Salt Stress on Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) by the Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and/or Compost. *Front. Sustain. Food Syst*. 4:131.
- Molnar, I., Gaspar, L., Stehli, L., Dulai, S., Sarvari, E., Kirali, I., Galiba, G. and Molnar-Lang, M., 2002. The effect of drought stress on the photosynthetic processes of wheat and *Aegilops biuncialis* genotypes originating from various habitats. *Acta Biologica Szegediensis*. 46 (3–4):115–6.
- Mugdal V., Madaan N., Mudgal, A., 2010. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants. *International Journal of Botany*. 6(2):136-143.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*. 25: 239–250.
- Nadeem, S.M., Imran, M., Naveed, M., Khan, M.Y., Ahmad, M., Zahir, Z.A., Crowley, D.E., 2017. Synergistic use of biochar, compost and plant growth-promoting rhizobacteria for enhancing cucumber growth under water deficit conditions. *J Sci Food Agric*. 97(15):5139-5145.
- Osmolovskaya, N., Dung, V. V., Kuchaeva, L., 2018. The role of organic acids in heavy metal tolerance in plants. *Biological Communications*. 63(1):9–16.
- Perez-Lopez, U., Robredo, A., Lacuesta, M., Mena-Petite, A., Munoz-Rueda, A., 2008. The impact of salt stress on the water status of barley plants is partially mitigated by elevated CO<sub>2</sub>. *Environmental and Experimental Botany*. 66 (3): 463-470.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*. 161:1189-1202.
- Ruszkai, Gy., 2011. Komposztátljunk diólevelet. *Biokultúra*. 22(5):10-11.
- Sabagh, A.; Sorour, S.; Omar, A.E.; Ragab, A.; Islam, M.S.; Ueda, A.; Saneoka, H., 2015. Alleviation of adverse effects of salt stress on soybean (*Glycine max.* L.) by using osmoprotectants and organic nutrients. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng*. 9:921–925.
- Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G., 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Sci*. 163:1037–1046.
- Sairam, R.K., Tyagi, A., 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science*. 86:407-421.
- Silva, M.A., Jifon, J.L., Silva, J.A.G., Sharma, V., 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz. J. Plant Physiol*. 19(3):193–201.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2008. *Plant Physiology*, Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, pp: 623.
- Tartoura, K. A. H., 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *Am. Euras. J. Agric. Environ. Sci*. 9: 208–216.

- Tirczka, I., Hayes, M., 2012. Different sources and doses of walnut leaves and mixed fruit leaves on compost quality, tested through germination tests using white mustard (*Sinapis alba*) as the test plant species. *Tájökölógiai Lapok*. 10(2): 419-426.
- Tuteja N., 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology*. 428: 419-438.
- Ud Din, M.M., Khan, M.I., Azam, M., Ali, M.H., Qadri, R., Naveed, M., Nasir, A., 2023. Effect of biochar and compost addition on mitigating salinity stress and improving fruit quality of tomato. *Agronomy*. 13: 2197.
- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., Nishihara, E., 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use Manage.* 27:205-212.
- Wang, Z.L., Huang, B.R., 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop Sci.* 44:1729–1736.
- Wei, G.P., Yang, L.F., Zhu, Y.L., Chen, G., 2009. Changes in oxidative damage, antioxidant enzyme activities and polyamine contents in leaves of grafted and non-grafted eggplant seedling under stress by excess of calcium nitrate. *Scientia Horticulturae*. 12: 443-451.
- Wild, A., 2003. *Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yakıt, S., Tuna, A.L., 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays L.*) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniv. Der.* 19(1): 59-67.
- Yang, X., X. Chen, Q. Ge, B. Li, Y. Tong, A. Zhang, Z. Li, T. Kuang, C. Lu. 2006. Tolerance of photosynthesis to photo-inhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: a comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. *Plant Science*. 171:389–97.
- Yaşar, F., 2003. Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı*, Van Doktora Tezi, 138 s.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Yıldız, K., 2008. Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean. *Russian Journal of Plant Physiology*. 55(6): 782–786.
- Yılmaz E., Tuna A. L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*. 7(1): 47-66.
- Zahoor, R., Zhao, W., Abid, M., Dong, H., Zhou, Z., 2017. Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) functional leaf under drought stress. *Journal of Plant Physiology*. 215:30–38.
- Zhang, W., Wei, J., Guo, L., Fang, H., Liu, X., Liang, K., Niu, W., Liu, F., Siddique, K.H.M., 2023. Effects of two biochar types on mitigating drought and salt stress in tomato seedlings. *Agronomy*. 13:1039.
- Zhu, J., Bie, Z., Li, Y., 2008. Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*. 54: 400-407.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

## Çanakkale İli Koşullarında Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidinden Yılda İki Ana Ürün Alma Olanaklarının Belirlenmesi

Alper Dardeniz<sup>1\*</sup>  Esra Şahin<sup>1</sup>  Harun Çoban<sup>1</sup>  Çağlar Kaya<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü. 17100/Çanakkale,

\*Sorumlu yazar: adardeniz@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.02.2024

Kabul Tarihi: 04.04.2024

### Öz

Bu araştırma, 'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Çiftçiliği Bitkisel Üretim ve Araştırma Birimi' Sofralık Üzüm Çeşitleri Araştırma ve Uygulama Bağı'nda yer alan, 41B Amerikan asma anacı üzerine aşılı 12 yaşlı 'Yalova İncisi' üzüm çeşidi üzerinde, iki vejetasyon yılı süresince yürütülmüştür. Çanakkale ili koşullarında 'Yalova İncisi' üzüm çeşidinden yılda iki ana ürün alma olanaklarının belirlenebilmesi amacıyla, üzüm çeşidi omcaları üzerinde farklı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Normal ürün (KNT) omcaları her iki yılda da herhangi bir uygulamaya tabi tutulmamıştır. Birinci ana ürün (BAÜ) uygulaması omcalarında ilk yıl bazı erkencilik uygulamaları gerçekleştirilmiş, bu erkencilik uygulamalarına ikinci yılda gerek duyulmamıştır. İkinci ana ürün (İAÜ) uygulaması omcaları erkencilik uygulamaları yapılmış olan aynı omcalardır. İAÜ hasadının hemen ardından mevcut yazlık sürgünler kış budamasında olduğu gibi 2-3 göz üzerinden yapraklı şekilde yeniden kısa budanmıştır. İlk yıl ve ikinci yılda en yüksek ortalama verim KNT'den (2,161.8 g omca<sup>-1</sup> ve 3,372.6 g omca<sup>-1</sup>) alınmıştır. İlk yılda İAÜ uygulamasında en düşük (1,229.9 g omca<sup>-1</sup>) ortalama verim elde edilirken, BAÜ uygulaması 1,840.6 g omca<sup>-1</sup> ile ara grubu oluşturmuştur. İkinci yılda İAÜ uygulamasından ancak 354.7 g omca<sup>-1</sup> ortalama verim elde edilebilmiş, ortalama verim BAÜ uygulamasında da azalmış ve 1,271.9 g omca<sup>-1</sup>'a gerileyerek başka bir grubu oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; erkencilik uygulamaları yapıldığı takdirde, Çanakkale ili koşullarında 'Yalova İncisi' üzüm çeşidinden bir vejetasyon yılında iki ana ürün almanın mümkün olabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çanakkale, iki (çift) ana ürün, *Vitis vinifera* L., Yalova İncisi.

### Determination of Opportunities to Obtain Two Main Products per Year from Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.) Grape Varieties in Çanakkale Province Conditions

#### Abstract

This research was carried out in two vegetation years on 12-year-old 'Yalova İncisi' grape cultivar grafted on 41B American vine rootstock, in the 'Table Grape Varieties Application and Research Vineyard' in the 'Plant Production Research and Application Unit of COMU Dardanos Campus, Faculty of Agriculture'. Different applications were carried out on vines of the grape variety in order to determine the reduction of two main crops per year from the 'Yalova İncisi' grape variety in Çanakkale. Normal crop (CNT) vines were not subjected to any application in both years. Some earliness practices were carried out in the first main product (FMP) vineyards in 1<sup>st</sup> year, and these earliness practices were not required in 2<sup>nd</sup> year. The second main product (SMP) application vines are the same vines with earliness applications. Immediately after the SMP harvest, the existing summer shoots were pruned again with leaves over 2-3 buds as in winter pruning. The highest average yield was obtained from CNT (2,161.8 g vinestock<sup>-1</sup> and 3,372.6 g vinestock<sup>-1</sup>) in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> years. While the lowest average yield (1,229.9 g vinestock<sup>-1</sup>) was obtained in the SMP application in 1<sup>st</sup> year, the FMP application formed the intermediate group with 1,840.6 g vinestock<sup>-1</sup>. In 2<sup>nd</sup> year, an average yield of 354.7 g vinestock<sup>-1</sup> was obtained from the SMP application, and the average yield decreased to 1,271.9 g vinestock<sup>-1</sup> in the FMP application, forming another group. According to the research results; If earliness practices are carried out, it has been determined that it is possible to obtain two main crops in one vegetation year from the 'Yalova İncisi' grape variety in Çanakkale province conditions.

**Keywords:** Canakkale, two (double) main crop, *Vitis vinifera* L., Yalova İncisi.



## Giriş

Türkiye’de 2022 yılı verilerine göre 3,902,211 dekar bağ alanından 3,670,000 ton üzüm üretimi gerçekleştirilmiş olup, 1,856,929 tonu sofralık, 1,430,160 tonu kurutmalık, 382.911 tonu ise endüstriyel amaçlı üretimdir (TÜİK, 2022).

Bir bağdan yüksek verim alma ve yüksek kalitede ürün elde etme olanağı, farklı budama uygulamaları aracılığıyla asmadaki vejetatif ve generatif gelişimin dengelenmesiyle sağlanabilmektedir (Çelik ve ark., 1998; Çelik, 2011). Bağcılıkta taç yönetimi, bağda üzüm kalitesi ile ürün miktarı arasındaki ilişkileri regüle etmede etkili olan faktörlerin birinci sırasında yer almaktadır (Holzapfe ve Rogiers, 2002). Bağcılıkta taç yönetimi; yazlık sürgün pozisyon ve oryantasyonu, farklı telli terbiye sistemleri, uç alma, yaprak alma, tepe alma, yazlık sürgünlerin vejetatif gelişimlerini yönetme, yazlık sürgünlerin sayı ve mesafeleri gibi birtakım teknik uygulamaları kapsamaktadır (Dry, 2000). Taç yönetimine ilişkin yaklaşımlar, bağcılık alanındaki diğer kültürel uygulamalara bağlı olarak devamlı gelişip değişmektedir (Clingeffer, 2000).

Kısmalı ve Dardeniz (2002), Amasya ve Cardinal üzüm çeşitlerinde çiçeklenme periyodu öncesinde ikinci seviye sürgün bağlama telleri üzerinden sekonder sürgün alma ve uç alma uygulaması ile primer ve sekonder yazlık sürgünlerin yine aynı teller seviyesinden yatırılarak bağlanması şeklinde iki uygulama gerçekleştirmişlerdir. İkinci uygulama üzüm çeşitlerinin verimlerini yükseltmiş ve Cardinal üzüm çeşidinde vejetatif gelişime paralel olarak aşı kalemi adedi ile yıllık dal ağırlığını ilk uygulamaya nazaran artırmıştır. Amasya üzüm çeşidinde ise salkım sıklığı, ortalama salkım ağırlığı ve olgunluk indisi gibi üzüm kalitesine yönelik bazı parametrelerde rakamsal artışlar görülmüştür.

Türkiye’de farklı üzüm çeşitlerinde yürütülen kış budaması ve taç yönetimiyle ilgili yapılmış olan bazı araştırmalarda, farklı seviyelerden tepe alma (Dardeniz ve ark., 2008), farklı düzeylerde koltuk alma (Türker ve Dardeniz, 2014) ile farklı kış budaması dönemleri ve taç yönetimi kombinasyonlarının (Sezen ve Dardeniz, 2015) üzüm verim ve kalitesi üzerinde önemli etkilere sahip olduğu bildirilmektedir.

Harput ve Dardeniz (2020) tarafından konuya ilişkin yapılmış olan farklı bir araştırmada, materyal olarak belirlenmiş olan Cardinal üzüm çeşidinde aynı gelişim dönemi içerisinde yılda iki ana ürün alma olanağı üzerinde çalışılmıştır. Araştırma bulgularına göre, ele alınan birçok parametreye bakıldığında rakamsal olarak en yüksek değerler ilk ana ürün ve kontrol–normal ürün uygulamalarından elde edilirken, ikinci ana ürün uygulamasından ise daha düşük değerler alınmıştır. Araştırmaya göre; ikinci ana ürün uygulamasıyla geç bir tarihte de olsa üzümün olgunlaşması sağlanarak özellikle ilk yıl 500 g’ın üzerinde ikinci ana ürün hasadı yapılabilmemiş, ancak bu uygulamanın iki yıl peş peşe gerçekleştirilmesinin uygun olamayacağı belirtilmiştir.

Japonya üzüm üreticilerinin İskenderiye Misketi üzüm çeşidinde, 1960’lı yıllardan beri yılda iki ana ürün yetiştiriciliği uygulamasını gerçekleştirdikleri bilinmektedir. Shimane ve Okayama’daki bazı üzüm üreticileri yılda iki ana ürün yetiştiriciliği uygulamasıyla istedikleri miktarlarda ürün elde ettiklerini bildirmişlerdir. İlk hasat haziran ayının sonu ve temmuz ayının başında, ikinci hasat ise üzüm fiyatlarının artış gösterdiği aralık veya ocak aylarında yapılabilmektedir. Bu uygulamayla; dormansinin kırılması, sıcaklık kontrolünün sağlanması, floresan lambalar aracılığıyla uzun gün koşullarının temin edilmesi, CO<sub>2</sub> uygulamalarının gerçekleştirilmesi gibi gerek budama ve gerekse özel teknik gerektiren uygulamaların kombine edildiği dikkati çekmektedir (Morinaga, 2001).

Hindistan’da Bhokri, Cheema Sahebi ve Gulabi üzüm çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) yıl içerisinde iki kez ana ürün elde edilen uygulamalarının yapıldığı bilinmektedir (Phad, 1982). Kuzey Hindistan’da, kuvvetli seyreden kış mevsimi nedeniyle omcalar dinlenme dönemine girmektedir. Bazı üzüm üreticileri, Beauty Seedless ve Perlette gibi üzüm çeşitlerinden yıl içerisinde iki kez ana ürün hasat edebilmek amacıyla, özellikle haziran ayının sonu veya temmuz ayının ilk haftasında olmak üzere, omcalarda ilk ana ürünün hasadının ardından doğrudan ikinci bir budama daha gerçekleştirmektedir. Bu budamanın sonucunda alınan sonbahar ürünü (ikinci ürün) ise ekim ayı içerisinde hasat olgunluğuna ulaşmış hasat edilmektedir (Anonymous, 2023).

Bu araştırma, Çanakkale ili koşullarında Yalova İncisi üzüm çeşidinden yılda iki ana ürün alma olanaklarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Çanakkale ili ‘ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Çiftliği Bitkisel Üretim ve Araştırma Birimi’ Sofralık Üzüm Çeşitleri Araştırma ve Uygulama Bağı’nda bulunan, 3.0 x

1.5 metre aralık ve mesafede oluşturulmuş, tek kollu sabit kordon terbiye sistemine göre terbiye edilmiş ve 41B Amerikan asma anacı üzerine aşılı 12 yaşlı Yalova İncisi üzüm çeşidi üzerinde yürütülmüştür.

Bilindiği gibi Çanakkale ilinin iklimi, bulunduğu coğrafik konum nedeniyle geçiş iklimi özellikleri taşımakta, genel itibariyle Akdeniz iklimi özelliklerini yansıtmaktadır. Bunun yanı sıra, ilimizin daha kuzeyde konumlanması sebebiyle kış mevsimlerinde ortalama sıcaklık daha düşük seyretmektedir. İlimizin 1991–2020 yılları arasındaki iklim verilerine göre; yıllık ortalama sıcaklık 15.6°C, ortalama maksimum sıcaklık 20.0°C, ortalama minimum sıcaklık 11.7°C, ortalama yağışlı gün sayısı 81.8 gün ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması 620.3 mm/m<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2023).

Çanakkale ili koşullarında Yalova İncisi üzüm çeşidinden yılda iki ana ürün alma olanaklarının belirlenmesi amacıyla çeşit üzerinde farklı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Normal ürün (KNT) omcaları her iki yılda da herhangi bir uygulamaya tabi tutulmamıştır. BAÜ uygulaması omcalarında ilk yıl bazı erkencilik uygulamaları gerçekleştirilmiş, bu erkencilik uygulamalarına ikinci yıl gerek duyulmamıştır. Erken kış budaması (Aralık ayı başı), %50 salkım seyreltme, kalan salkımlarda 1/3 uç alma, yazlık sürgünleri ikinci seviye sürgün bağlama tellerinin üzerine uzunlamasına yatırıp bağlama ve koltuk bırakma gibi erkencilik uygulamaları yapılmıştır (Dardeniz, 2001; Dardeniz ve Kısmalı, 2002; Dardeniz, 2014; Türker ve Dardeniz, 2014; Sezen ve Dardeniz, 2015). İAÜ uygulaması omcaları, erkencilik uygulamaları yapılmış olan aynı omcalardır. BAÜ hasadının hemen ardından, mevcut yazlık sürgünler kış budamasında olduğu gibi 2–3 göz üzerinden yapraklı şekilde yeniden kısa budanmıştır. Kış gözlerinin ikinci defa sürmesi ile gelişen yeni yazlık sürgünlerde çiçeklenme, tane tutumu ve ben düşmenin ardından İAÜ hasat olgunluğuna erişmiştir.

Uygulamalara ait salkımlar, ilk yıl 10 Ağustos–ikinci yıl 5 Ağustos (NÜ), ilk yıl 20 Temmuz–ikinci yıl 27 Temmuz (BAÜ), ilk yıl 25 Kasım–ikinci yıl 1 Kasım (İAÜ) tarihlerinde hasat edilmiştir. Hasat edilen salkımlar 'ÇOMÜ Bahçe Bitkileri Bölümü Pomoloji Laboratuvarı'na getirilerek ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. Uygulamalara ait omcalarda ortalama verim (g omca<sup>-1</sup>), salkım sıklığı (1–9), salkım boyu (cm), salkım eni (cm), salkım ağırlığı (g salkım<sup>-1</sup>), tane tutum oranı (adet salkım<sup>-1</sup>), tane eni (mm), tane boyu (mm), tane ağırlığı (g tane<sup>-1</sup>), SÇKM (%), pH, asitlik (%) ve olgunluk indisi (%SÇKM % asitlik<sup>-1</sup>) parametreleri incelenmiştir.

Tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü olarak kurulan ve uygulamaların her bir tekerrüründe 1'er adet omcanın yer aldığı bu araştırmadan elde edilen veriler; 'SAS® ver. 9.0' istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, uygulamalara ait ortalama değerler p<0.05 düzeyinde LSD çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirilmiştir.

### **Bulgular ve Tartışma**

Çanakkale ili koşullarında Yalova İncisi üzüm çeşidinden yılda iki ana ürün alma olanaklarının belirlenmesi amacıyla yürütülen bu araştırmadan elde edilen bulgular, Çizelge 1, Çizelge 2, Çizelge 3 ve Çizelge 4'te sunulmuştur.

Birinci yıl erkencilik uygulamaları yapılmış olan omcalarda erken tarihlerdeki (ilk yıl 20 Temmuz ve ikinci yıl 27 Temmuz) BAÜ hasadının ardından, mevcut yazlık sürgünler kış budamasında olduğu gibi yeniden 2–3 göz üzerinden kısa olarak budanmıştır. Kış gözlerinin ikinci defa sürmesi; ilk yıl 28 Temmuz–ikinci yıl 03 Ağustos, gelişen yeni yazlık sürgünlerde çiçeklenme; ilk yıl 22–23 Ağustos ve ikinci yıl 28–29 Ağustos, tane tutumu; ilk yıl 27–28 Ağustos ve ikinci yıl 29–30 Ağustos, ben düşme; ilk yıl 27–29 Eylül ve ikinci yıl 24–25 Eylül, İAÜ uygulamasına ait salkımların hasadı ise; ilk yıl 25 Kasım– ikinci yıl 1 Kasım tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Ortalama verim ve salkıma ilişkin bulgular Çizelge 1'de verilmiş olup, Yalova İncisi üzüm çeşidinde ortalama verim bakımından farklı uygulamaların etkileri her iki yılda da önemli bulunmuştur. İlk yıl KNT'de 2,161.8 g omca<sup>-1</sup> ile en yüksek ortalama verim alınmış, İAÜ uygulamasından 1,229.9 g omca<sup>-1</sup> ile düşük de olsa bir ortalama verim elde edilebilmiş, BAÜ uygulaması 1,840.6 g omca<sup>-1</sup> ile ara grubu oluşturmuştur. İkinci yıl 3,372.6 g omca<sup>-1</sup> ile KNT'den en yüksek ortalama verim elde edilirken, 354.7 g omca<sup>-1</sup> ile İAÜ uygulamasından en düşük ortalama verim alınmış, 1,271.9 g omca<sup>-1</sup> ile BAÜ uygulaması ise arada farklı bir grubu oluşturmuştur. KNT'e kıyasla ikinci uygulama yılında hem BAÜ hem de İAÜ uygulamalarından çok düşük ortalama verimler elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 1. Yalova İncisi üzüm çeşidinde ortalama verim ve salkıma ilişkin bazı özellikler  
Table 1. Some features of the average yield and cluster values in Yalova İncisi grape variety

Uygulamalar	Ortalama verim (g omca <sup>-1</sup> )			Salkım eni (cm)			Salkım boyu (cm)		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
<b>KNT*</b>	2,161.8 a**	3,372.6 a	2,767.2 a	9.16 a	10.62 a	9.89 a	12.84 b	14.85 a	13.85 a
<b>BAÜ</b>	1,840.6 ab	1,271.9 b	1,556.3 b	9.32 a	9.56 b	9.44 b	15.14 a	10.43 b	12.79 b
<b>İAÜ</b>	1,229.9 b	354.7 c	792.3 c	7.47 b	6.33 c	6.90 c	9.73 c	7.98 c	8.86 c
<b>LSD</b>	833.7	669.1	433.1	0.515	0.604	0.353	1.088	1.362	0.942

\*KNT: Normal ürün, BAÜ: Birinci ana ürün, İAÜ: İkinci ana ürün. \*\*: 0.05 düzeyinde önemli.

Harput ve Dardeniz (2020)'in yürütmüş oldukları bir çalışmada, ikinci araştırma yılında 5,118.0 g omca<sup>-1</sup> ile kontrol ve 3,889.2 g omca<sup>-1</sup> ile ilk ana ürün uygulamalarında ilk araştırma yılına kıyasla bir miktar verim artışı gerçekleşmiş, ikinci ana ürün uygulamasında ise 235.7 g omca<sup>-1</sup> ile önemli bir verim azalışı meydana gelmiştir. Mevcut literatür ile elde edilen araştırma bulguları uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

En yüksek salkım eni ilk yıl sırasıyla 9.32 cm ile BAÜ uygulaması ve 9.16 cm ile KNT'den elde edilirken, en düşük salkım eni 7.47 cm ile İAÜ uygulamasından alınmıştır. İkinci yıl en yüksek salkım eni 10.62 cm ile KNT'den elde edilirken, en düşük salkım eni 6.33 cm ile İAÜ uygulamasından alınmış, BAÜ uygulaması ise 9.56 cm ile arada farklı bir grubu teşkil etmiştir (Çizelge 1). İlk yıl en yüksek ortalama salkım boyunu 15.14 cm ile BAÜ uygulaması, en düşük salkım boyunu 9.73 cm ile İAÜ uygulaması vermiş, 12.84 cm ile KNT arada farklı bir grubu oluşturmuştur. İkinci yıl en yüksek ortalama salkım boyunu 14.85 cm ile KNT, en düşük salkım boyunu 7.98 cm ile İAÜ uygulaması vermiş, 10.43 cm ile BAÜ uygulaması arada farklı bir grubu oluşturmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 2. Yalova İncisi üzüm çeşidinde salkıma ilişkin bazı özellikler  
Table 2. Some features of cluster in Yalova İncisi grape variety\*

Uygulamalar	Salkım ağırlığı (g salkım <sup>-1</sup> )			Salkım sıklığı (1-9)			Tane tutum oranı (adet salkım <sup>-1</sup> )		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
<b>KNT*</b>	168.8 a**	301.5 a	235.1 a	5.65 b	6.60 a	6.13 b	28.71 a	64.22 a	46.46 a
<b>BAÜ</b>	161.0 a	157.8 b	159.4 b	6.09 a	6.05 b	6.07 b	23.55 b	28.26 b	25.91 b
<b>İAÜ</b>	102.9 b	80.0 c	91.4 c	6.19 a	6.71 a	6.45 a	22.80 b	24.13 b	23.47 b
<b>LSD</b>	15.02	45.47	23.21	0.328	0.331	0.214	2.794	8.427	4.622

\*KNT: Normal ürün, BAÜ: Birinci ana ürün, İAÜ: İkinci ana ürün. \*\*: 0.05 düzeyinde önemli.

Salkım ağırlığı, salkım sıklığı ve tane tutum oranına ilişkin bulgular Çizelge 2'de verilmiştir. İlk yıl en yüksek salkım ağırlığı sırasıyla 168.8 g salkım<sup>-1</sup> ile KNT'den ve 161.0 g salkım<sup>-1</sup> ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük salkım ağırlığı 102.9 g salkım<sup>-1</sup> ile İAÜ uygulamasından alınmıştır. İkinci yıl en yüksek salkım ağırlığı 301.5 g salkım<sup>-1</sup> ile KNT'den elde edilirken, en düşük salkım ağırlığı 80.0 g salkım<sup>-1</sup> ile İAÜ uygulamasından alınmış, BAÜ uygulaması 157.8 g salkım<sup>-1</sup> ile arada farklı bir grubu meydana getirmiştir.

Harput ve Dardeniz (2020)'in Cardinal üzüm çeşidinde yürüttükleri bir çalışmada ilk uygulama yılında en yüksek ortalama salkım ağırlığı 234.7 g salkım<sup>-1</sup> ile kontrolden, en düşük ortalama salkım ağırlığı 71.5 g salkım<sup>-1</sup> ile ikinci ana ürün uygulamasından elde edilmiş olup, ilk ana ürün uygulaması 145.4 g salkım<sup>-1</sup> ile arada farklı bir grupta yer almıştır. İkinci uygulama yılında en yüksek ortalama salkım ağırlığı değerleri sırasıyla 253.8 g salkım<sup>-1</sup> ile kontrol ve 238.9 g salkım<sup>-1</sup> ile ilk ana ürün uygulamalarından elde edilmiş, en düşük değer ise 43.4 g salkım<sup>-1</sup> ile ikinci ana ürün uygulamasında meydana gelmiştir. Mevcut literatürle, elde edilen araştırma bulguları benzerlik taşımaktadır.

En yüksek salkım sıklığı ilk yıl sırasıyla 6.19 ile İAÜ ve 6.09 ile BAÜ uygulamalarından elde edilirken, en düşük salkım sıklığı 5.65 ile KNT'den alınmıştır. İkinci yıl en yüksek salkım sıklığı sırasıyla 6.71 ile İAÜ uygulaması ve 6.60 ile KNT'den elde edilirken, en düşük salkım sıklığı 6.05 ile BAÜ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 2). İlk yıl en yüksek tane tutum oranı KNT'den (28.71 adet salkım<sup>-1</sup>) alınırken, en düşük tane tutum oranları sırasıyla İAÜ (22.80 adet salkım<sup>-1</sup>) ve BAÜ (23.55 adet salkım<sup>-1</sup>) uygulamalarından elde edilmiştir. İkinci yıl en yüksek tane tutum oranı KNT'den (64.22 adet salkım<sup>-1</sup>) alınırken, en düşük tane tutum oranları sırasıyla İAÜ (24.13 adet salkım<sup>-1</sup>) ve BAÜ (28.26 adet salkım<sup>-1</sup>) uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 2).

Tane eni, tane boyu ve tane ağırlığına ilişkin bulgular Çizelge 3'te verilmiştir. İlk yıl en yüksek tane eni 19.52 mm ile BAÜ uygulamasından, en düşük tane eni 17.62 mm ile İAÜ uygulamasından elde edilmiş, 19.01 mm tane eni ile KNT arada farklı bir grubu oluşturmuştur. İkinci yıl en yüksek tane eni 18.71 mm İAÜ uygulamasından, en düşük tane eni 15.27 mm ile İAÜ uygulamasından elde edilmiş, 16.46 mm ile KNT arada farklı bir grubu meydana getirmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yalova İncisi üzüm çeşidinde taneye ilişkin bazı özellikler  
Table 3. Some features of the berry in Yalova İncisi grape variety\*

Uygulamalar	Tane eni (mm)			Tane boyu (mm)			Tane ağırlığı (g tane <sup>-1</sup> )		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
KNT*	19.01 b**	16.46 b	17.74 b	25.81 b	21.98 b	23.90 b	5.60 b	4.49 b	5.05 b
BAÜ	19.52 a	18.71 a	19.12 a	26.63 a	24.58 a	25.61 a	6.52 a	5.36 a	5.94 a
İAÜ	17.62 c	15.27 c	16.45 c	20.86 c	19.39 c	20.13 c	4.28 c	3.15 c	3.72 c
LSD	0.427	0.496	0.353	0.770	1.076	0.660	0.250	0.359	0.184

\*KNT: Normal ürün, BAÜ: Birinci ana ürün, İAÜ: İkinci ana ürün. \*\*: 0.05 düzeyinde önemli.

En yüksek tane boyu ilk yıl 26.63 mm ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük tane boyu 20.86 mm ile İAÜ uygulamasından alınmış, 25.81 mm tane boyu ile KNT arada farklı bir grubu meydana getirmiştir. İkinci yıl en yüksek tane boyu 24.58 mm ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük tane boyu 19.39 mm ile İAÜ uygulamasından alınmış, 21.98 mm ile KNT arada farklı bir grubu oluşturmuştur (Çizelge 3).

En yüksek tane ağırlığı ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla 6.52 g tane<sup>-1</sup> ve 5.36 g tane<sup>-1</sup> ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük tane ağırlığı sırasıyla 4.28 g tane<sup>-1</sup> ile 3.15 g tane<sup>-1</sup> İAÜ uygulamasından alınmıştır. Her iki araştırma yılında sırasıyla 5.60 g tane<sup>-1</sup> ve 4.49 g tane<sup>-1</sup> ile KNT arada farklı bir grubu meydana getirmiştir. Tane eni, tane boyu ve tane ağırlığı parametrelerinde ilk yıla kıyasla ikinci yıl her üç uygulamada da rakamsal azalışlar meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 3).

Harput ve Dardeniz (2020)'in Cardinal üzüm çeşidinde yürütmüş oldukları bir çalışmada, 2017 yılında en ağır tanelerin 6.32 g tane<sup>-1</sup> ile ilk ana üründen, en hafif tanelerin 3.30 g tane<sup>-1</sup> ile ikinci ana ürün uygulamasından alındığı, kontrolün ise 5.66 g tane<sup>-1</sup> ile arada farklı bir grubu oluşturduğu belirlenmiştir. 2018 yılında en yüksek tane ağırlığı 8.00 g tane<sup>-1</sup> ile ilk ana ürün, en düşük tane ağırlığı 3.33 g tane<sup>-1</sup> ile ikinci ana ürün uygulamasından elde edilmiş, kontrol ise 6.05 g tane<sup>-1</sup> ile arada farklı bir grubu meydana getirmiştir. Mevcut literatürle, elde edilen araştırma bulgularının paralel sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. Yalova İncisi üzüm çeşidinde olgunluğa ait bazı özellikler  
Table 4. Some features of maturity in Yalova İncisi grape variety

Uygulamalar	SÇKM (%)			pH		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
KNT*	14.01 b**	13.00 c	13.51 b	3.76 b	4.01 b	3.89 b
BAÜ	15.41 a	17.71 a	16.56 a	3.96 a	3.97 b	3.97 a
İAÜ	13.61 b	14.86 b	14.24 b	3.68 b	4.11 a	3.90 ab
LSD	0.992	1.495	0.841	0.137	0.0783	0.074

\*KNT: Normal ürün, BAÜ: Birinci ana ürün, İAÜ: İkinci ana ürün. \*\*: 0.05 düzeyinde önemli.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde ait SÇKM ve pH'a ilişkin bulgular Çizelge 4'te verilmiştir. İlk yıl en yüksek SÇKM %15.41 ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük SÇKM sırasıyla %13.61 ile İAÜ uygulaması ve %14.01 ile KNT'den alınmıştır. İkinci yıl en yüksek SÇKM %17.71 ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük SÇKM %13.00 ile KNT'den alınmış, İAÜ uygulaması ise %14.86 ile arada farklı bir grubu oluşturmuştur. İlk yıl en yüksek pH 3.96 ile BAÜ uygulamasından, en düşük pH sırasıyla 3.68 ile İAÜ ve 3.76 ile KNT'den elde edilmiştir. İkinci yıl en yüksek pH 4.11 ile İAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük pH sırasıyla 3.97 ile BAÜ uygulaması ve 4.01 ile KNT'den alınmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 5. Yalova İncisi üzüm çeşidinde olgunluğa ait özellikler  
Table 5. Features of maturity in Yalova İncisi grape variety

Uygulamalar	Asitlik (%)			Olgunluk indisi (%SÇKM %asitlik <sup>-1</sup> )		
	1. yıl	2. yıl	Ort.	1. yıl	2. yıl	Ort.
KNT*	0.644 b**	0.527 b	0.585 c	22.16 a	24.99 b	23.58 b
BAÜ	0.705 a	0.588 b	0.647 b	21.89 a	32.33 a	27.11 a
İAÜ	0.739 a	0.995 a	0.867 a	18.51 b	15.06 c	16.79 c
LSD	0.054	0.102	0.053	2.103	5.914	2.842

\*KNT: Normal ürün, BAÜ: Birinci ana ürün, İAÜ: İkinci ana ürün. \*\*: 0.05 düzeyinde önemli.

Yalova İncisi üzüm çeşidine ait asitlik ve olgunluk indisine ilişkin bulgular Çizelge 5'te verilmiştir. İlk yıl en yüksek asitlik sırasıyla %0.739 ile İAÜ ve %0.705 ile BAÜ uygulamalarından elde edilirken, KNT'de %0.644 ile en düşük asitlik belirlenmiştir. İkinci yıl en yüksek asitlik %0.995 ile İAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük asitlik sırasıyla %0.527 ile KNT ve %0.588 ile BAÜ uygulamasından alınmıştır. İlk yıl en yüksek olgunluk indisi sırasıyla 22.16 ile KNT ve 21.89 ile BAÜ uygulamasından elde edilirken, en düşük olgunluk indisi 18.51 ile İAÜ uygulamasında saptanmıştır. İkinci yıl en yüksek olgunluk indisi 32.33 ile BAÜ uygulamasından, en düşük olgunluk indisi 15.06 ile İAÜ uygulamasından elde edilmiş, 24.99 ile KNT arada farklı bir grubu meydana getirmiştir (Çizelge 5).

Harput ve Dardeniz (2020)'in Cardinal üzüm çeşidinde yürütmüş oldukları bir çalışmada, ikinci ana ürün uygulamasına ait olgunluk indisinin özellikle ikinci yıl ve ortalama değerlerde daha düşük bulunduğu yönündeki literatür bulguları, elde edilen araştırma bulgularıyla benzerlik taşımaktadır.

Çanakkale şartlarında Yalova İncisi üzüm çeşidinden ikinci ana ürün elde edilebileceğine yönelik bu araştırma sonuçları, daha önce uluslararası alanda farklı üzüm çeşitleriyle yürütülmüş olan araştırmaların (Nikov, 1964; Phad, 1982; Lin ve ark., 1985; Tangolar ve ark., 1995; Morinaga, 2001, Harput ve Dardeniz, 2020) sonuçlarıyla örtüşmekte ve bulgularını desteklemektedir.

### Sonuç ve Öneriler

'ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Çiftçiliği Bitkisel Üretim ve Araştırma Birimi' 'Sofralık Üzüm Çeşitleri Araştırma ve Uygulama Bağı'nda yetiştirilen Yalova İncisi üzüm çeşidi üzerinde yürütülen bu araştırma sonucunda, Çanakkale ilinin ekolojik koşullarında temmuz ayından itibaren, soğuklanma ihtiyacına gerek duyulmaksızın kış gözlerinin uyanmasının mümkün olabileceği tespit edilmiştir. Erkeni sofralık üzüm çeşitlerinde BAÜ uygulamasının ardından 2-3 göz üzerinden yapraklı olarak kısa budamayı takiben meydana gelen yazlık sürgünlerden İAÜ elde edebileceği ve bu ürünün de hasat olgunluğuna erişebileceği ortaya konulmuştur. Araştırmanın yürütüldüğü ilk yıl İAÜ uygulamasından elde edilen ortalama üzüm verimi KNT'ün %55-60'ını oluştururken, ikinci yıl omca gelişimlerinin zayıflaması ve kış gözlerinin primer tomurcuk verimliliğinin de azalmasıyla bu oranın %10 seviyelerine kadar gerilediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, İAÜ uygulamasının BAÜ'deki doğuş ve verimin düşük olarak gerçekleştiği yıla mahsus olarak omcalara iyi bakım yapılması koşuluyla sadece bir yıl için tatbik edilmesi önerilmektedir. Ayrıca bundan sonra yapılacak benzer araştırmalarda, ekonomik bir analizin de gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

**Not:** Bu araştırmanın yürütülmesi esnasında yardımcı olan Ziraat Mühendisleri Burcu Ülgen ve Emre Gökçe ile Fikret Umut Dardeniz'e teşekkürlerimizi sunarız.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Araştırmanın arazi ve laboratuvar kısmında Alper Dardeniz, verilerin hesaplanması, istatistiki analizi ile değerlendirilmesi kısmında Esra Şahin, makalenin yazımı ve literatür katkısı kısmında ise bütün yazarlar eşit oranda katkı sağlamışlardır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

**Kaynaklar**

- Anonim, 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İli İklim Verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=CANAKKALE>, (18.05.2023).
- Anonymous, 2023. Grape cultivation in India production area, climate, harvesting and fruit handling. <http://www.yourarticlelibrary.com/fruits/grape-cultivation-in-india-production-area-climate-harvesting-and-fruit-handling/24690/>, (18.05.2023).
- Clingeffer, P.R., 2000. Mechanization of wine and raisin production in Australian vineyards. In: Proceedings of the ASEV 50<sup>th</sup> Anniversary Annual Meeting, Seattle Washington, USA. Ed J.M. Rantz (American Society for Enology and Viticulture: Davis, Calif.). 165–169.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., 1998. Genel Bağcılık. Sunfidan A.S. Mesleki Kitaplar Serisi: 1. 253 s. Ankara.
- Çelik, S., 2011. Bağcılık (Ampeloloji). Cilt I, 3. Baskı. Namık Kemal Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. 428 s. Tekirdağ.
- Dardeniz, A., 2001. Asma Fidancılığında Bazı Üzüm Çeşidi ve Anaçlarda Farklı Ürün ve Sürgün Yükünün Üzüm ve Çubuk Verimi ile Kalitesine Etkileri Üzerine Araştırmalar (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 167 s. Bornova-İzmir.
- Dardeniz, A., 2014. Effects of cluster tipping on yield and quality of Uslu and Cardinal table grape cultivars. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. 2 (1): 21–26.
- Dardeniz, A., Kısmalı, İ., 2002. Amasya ve Cardinal üzüm çeşitlerinde farklı ürün yüklerinin üzüm ve çubuk verimi ile kalitesine etkileri üzerine araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 39 (1): 9–16.
- Dardeniz, A., Yıldırım, I., Gökbayrak, Z., Akçal, A., 2008. Influence of shoot topping on yield and quality of *Vitis vinifera* L. African Journal of Biotechnology. 7 (20): 3625–3628.
- Dry, P.R., 2000. Canopy management for fruitfulness. Austr. J. Grape and Wine Research. 6: 109–115.
- Harput, N., Dardeniz, A., 2020. Cardinal üzüm çeşidinde aynı vejetasyon dönemi içerisinde çift ana ürün alma olanaklarının araştırılması. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 8 (2): 359–366.
- Holzapfe, B., Rogiers, S., 2002. Ripening grapes to specification: identifying manageable factors determining grape composition and quality through carbohydrate sink–source relationships. Final Report to Grape and Wine Research & Development Corporation.
- Kısmalı, İ., Dardeniz, A., 2002. Cardinal ve Amasya üzüm çeşitlerinde iki farklı yeşil budama uygulamasının gelişme, üzüm verimi ve kalitesine etkileri üzerinde araştırmalar. V. Ulusal Bağcılık Sempozyumu. 221–227. 5–9 Ekim, Nevşehir.
- Lin, C.H., Lin, J.H., Chang, L.R., Lin, H.S., 1985. The regulation of the golden Muscat grape production season in Taiwan. Amer. J. Enol. Vitic. 36 (2): 114–117.
- Morinaga, K., 2001. Grape production in japan. Grape production in the Asia–Pacific Region. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. FAO Corporate Document Repository.
- Nikov, M., 1964. Spouting of winter buds in vines in the year of their formulation. Gradinarska Lozarska Nauka (Sofia). 1 (7): 65–76.
- Phad, V.S., 1982. Studies on double cropping in Gulabi, Bhokri and Cheema Sahebi varieties of grape (*Vitis vinifera* L.). M. Sc. thesis. Marathwada Agricultural University, Parbhani/India.
- Sezen, E., Dardeniz, A., 2015. Farklı kış budama dönemleri ve yaz budaması uygulamalarının Yalova İncisi üzüm çeşidinin verim ve kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. 3 (1): 15–27.
- Tangolar, S., Ergenoğlu, F., Gök, S., 1995. Adana’da yetiştirilen bazı erkenci sofralık üzüm çeşitlerinden aynı vejetasyon dönemi içerisinde ikinci esas ürün elde etme olanakları. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Türkiye. Cilt II: 1004–1008.
- TÜİK, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>, (03.05.2023).
- Türker, L., Dardeniz, A., 2014. Sofralık üzüm çeşitlerinde farklı düzeylerdeki koltuk alma uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerindeki etkileri. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. 2 (2): 73–82.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

## Araştırma Makalesi

# İklim Değişikliğinin Pamuk Yetiştiriciliğine Etkisinin Modellenmesi

Huzur Deveci<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ  
\*Sorumlu yazar: huzurdeveci@nku.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.03.2024

Kabul Tarihi: 19.06.2024

### Öz

Günümüzde iklim değişikliği göz ardı edilemeyen bir durumdur. Pamuk, Türkiye’de yetiştirilen önemli bir endüstri bitkisidir. Dolayısı ile iklim değişikliğinden tarım sektöründe önemli bir yer tutan pamuğun nasıl etkileceğini belirleyebilmek, gelecekte yetiştirilme alanlarının nasıl değişeceğini doğru bir şekilde tahmin edebilmek çok önemlidir. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan pamuk bitkisinin coğrafi dağılımının gelecekte nasıl değişeceğini, bitki uygunluk modeli kullanarak tahmin etmektir. Bu amaçla, Türkiye’de referans (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları doğrultusunda DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak pamukta iklimsel uygunluk tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak, referans dönemde uygun olmayan alanların %93.2 iken HADGEM2\_ES model RCP4.5’te %84.6’ya ve RCP8.5’te %80.7’ye gerileyeceği, uygun alanların ise referans dönemde %6.8 iken HADGEM2\_ES model RCP4.5’te %15.4’e ve RCP8.5’te %19.3’e yükseleceği tahmin edilmiştir. Referans dönem ile gelecek dönemler karşılaştırıldığında Türkiye’de olası iklim değişikliğinden pamuk yetiştirilen alanların olumlu etkileeneceği, bu olumlu etkilenişin 2050’lerde HADGEM2\_ES model RCP4.5 senaryosuna göre RCP8.5 senaryosunda daha fazla olacağı öngörülmüştür. Karar vericilerin ve üreticilerin planlamalarını yaparken bu tahminler doğrultusunda hazırlık yapmaları önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Gossypium hirsutum* L., Ecocrop, HADGEM2\_ES, DIVA-GIS, Uygunluk.

## Modeling the Impact of Climate Change on Cotton Cultivation

### Abstract

Today, climate change is a psignificant situation that cannot be ignored. Cotton is an important industrial plant grown in Türkiye. Therefore, it is very important to be able to determine how cotton, which has an important place in the agricultural sector, will be affected by climate change and to accurately predict how its cultivation areas will change in the future. The aim of this study is to predict how climate change will alter change the geographical distribution of cotton cultivated in Türkiye in the future by using a plant suitability model. For this purpose, the climatic suitability of cotton was estimated by using the Ecocrop module in the DIVA-GIS program in line with the results of HADGEM2\_ES model RCP4.5 and RCP8.5 scenario results for the reference (1950-2000) and future period (2050-2059) in Türkiye. As a result, it was estimated that unsuitable areas will decrease from 93.2% in the reference period to 84.6% in HADGEM2\_ES model RCP4.5 and 80.7% in RCP8.5, while suitable areas will increase from 6.8% in the reference period to 15.4% in HADGEM2\_ES model RCP4.5 and 19.3% in RCP8.5. As we compare the reference period and future periods, it is anticipated that cotton cultivated areas will be positively affected by the possible climate change in Türkiye and this positive effect will be more in the HADGEM2\_ES model RCP8.5 scenario compared to RCP4.5 scenario in 2050s. It is recommended that decision makers and producers should make preparations in line with these predictions while making their planning.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., Ecocrop, HADGEM2\_ES, DIVA-GIS, Suitability.

### Giriş

Türkiye, Doğu Akdeniz Havzasında yer alması nedeniyle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin belirgin bir şekilde hissedileceği ve etkilenme riski yüksek olan ülkelerden birisidir. Sanayi devrimiyle birlikte, arazi kullanımındaki değişiklikler, özellikle fosil yakıtların aşırı kullanımı, endüstrileşme ve ormansızlaşma gibi insan etkileri ile 19. yüzyılın ortalarından beri Dünya tarihinde

ilk kez, iklimdeki doğal değişebilirlikle beraber insan faaliyetlerinin de etkili olduğu bir dönem başlamıştır. Bu dönemde, yükselen deniz seviyeleri, yükselen sıcaklıklar, geri çekilen buzullar, afetlerin sıklığı ve şiddetinde artış ayrıca daha fazla sıcak hava dalgasıyla birlikte iklim değişikliğinin birçok etkisi hissedilir hale gelmiştir. Bu etkilerin ileride yoğunlaşması ve daha da fazla oluşması beklenmektedir (SYGM, 2020).

Türkiye’de gerçekleştirilen “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında, RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin başlangıç ve sınır koşullarını oluşturan HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 yer sistem modelleri 30 yıllık referans dönem (1971-2000) için ve gelecek 2100 yılına kadar 10 yıllık dönem bazında tüm Türkiye için değerlendirilmiştir. Bu projenin sonuç raporuna göre 2100 yılında Türkiye’de sıcaklık artışı RCP4.5 senaryosuna göre 3.4°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise 5.9°C’ye kadar çıkabileceği tahmin edilmiştir. Yüzyıl boyunca sıcaklıkların Türkiye’nin güney enlemlerinden başlayarak kuzeye doğru artacağı öngörülmektedir. Yağış tahminleri değerlendirildiğinde ise dönemsel ve mevsimsel farklılıklar olmakla birlikte 2100 yılına kadar RCP4.5 senaryosuna göre -53.7-41.4 mm arasında, RCP8.5 senaryosunda ise -62.5-19.7 mm arasında yağış değişimleri olacağı tahmin edilmiştir (SYGM, 2016). Bunlar olası sonuçlardır. Gerçekleşen durumlar ele alındığında ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün son iklim değerlendirmesi raporuna göre 2023 yılı Türkiye ortalama sıcaklığı 15.1°C ile 1991-2020 ortalaması olan 13.9°C’nin 1.2°C üzerinde gerçekleşmiştir. Türkiye ortalama sıcaklıklarında 2007 yılından bu yana (2011 yılı hariç) pozitif sıcaklık farkları mevcuttur. 2023 yılı 15.1°C ile en sıcak üçüncü yıl olmuştur. 2023 yılı alansal ortalama yağışı 641.5 mm ile uzun yıllar ortalaması (1991-2020 dönemi) olan 573.4 mm’nin yaklaşık %12 üzerinde gerçekleşmiştir (MGM, 2023a). Avrupa ve Asya’nın kavgasında yer alan Türkiye, farklı coğrafyası ve iklim yapısı nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine karşı oldukça hassas ve savunmasızdır (Kurnaz, 2023). Sonuç olarak Türkiye iklim değişikliği sürecinden son yıllarda oldukça etkilenmektedir ve etkilenmeye de devam edeceği öngörülmektedir.

İklim değişikliğinin sağlık, ulaşım, ticaret, vb. sektörlerle etkilerinin yanı sıra en ciddi etkilerinin görüldüğü sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir (Dudu ve Çakmak, 2017; Gürkan ve ark., 2017; Hayaloğlu, 2018; Bozoğlu ve ark., 2019; Dellal, 2021; Karahasan ve Pınar, 2023; Kurnaz, 2023). Dolayısıyla tarım sektöründe değişen iklim koşullarına uyumun sağlanması gerekmektedir.

Pamuk lifi öncelikle tekstil ve giyim sanayi için bir hammadde olmakla birlikte enerji, hayvan yemi ve yağ alanlarında da kullanılan önemli bir endüstri bitkisidir. Türkiye’nin de aralarında bulunduğu yedi ülkede, küresel ölçekte seksene yakın ülkede üretilen pamuğun %80’inden fazlası üretilmektedir. Türkiye’nin üretim, istihdam ve ihracatında çok önemli bir yere sahip olan, sanayileşmesinin ve küresel pazar varlığının önemli bir parçası olan hazır giyim ve tekstil sektörünün gelişmesine paralel olarak pamuğa olan talep her geçen gün artmaktadır. Pamuğun üretimini artırabilmek Türkiye açısından çok önemlidir (Özüdoğru, 2021).

Mayıs 2022’de Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığının yayınladığı pamuk bültenine göre Türkiye’de 2021 yılında 4.3 milyon dekar alanda 2.25 milyon ton kütlü pamuk üretimi karşılığı 832.500 ton lif pamuk üretimi gerçekleşmiştir. 2021 yılında Türkiye’de üretilen pamuğun %87’sini Adana (%5), İzmir (%7), Hatay (%9), Aydın (%12), Diyarbakır (%14) ve Şanlıurfa (%40) karşılamaktadır (Anonim, 2023). Türkiye 2021/22 üretim döneminde, dünyada pamuk ekim alanında on birinci, birim alandan elde edilen lif pamuk veriminde beşinci, pamuk üretim miktarında yedinci; pamuk tüketiminde ve pamuk ithalatında da dördüncü sırada yer almaktadır (TEPGE, 2023). Dolayısı ile pamuk Türkiye için yetiştiriciliği büyük önem taşıyan bir bitkidir.

Dünyada ve Türkiye’de çeşitli bitkilerde iklim değişikliğine karşı yetiştiricilik için uygunluğun belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Dünyada pamuk (Lane ve Jarvis, 2021; Zagaria ve ark., 2023) ve diğer bitkiler için (Makinano-Santillan ve Santillan, 2015; Hummel ve ark., 2018; Remesh ve ark., 2019; Hunter ve Crespo, 2019; Egbebiyi ve ark., 2019; Taba-Morales ve ark., 2020; Egbebiyi ve ark., 2020; Ezekannagha ve Crespo, 2020; Manners ve ark., 2021; Mumo ve ark., 2021; Gardner ve ark., 2021; Möller ve ark., 2021; Mulinde ve ark., 2022) iklimsel olarak uygun ya da uygun olmayan alanlar belirlenmiştir. Türkiye’de ise kanola, buğday, mısır, dallı darı, pamuk, aspir, biyoenerji bitkileri, ıspanak ve Trakya Bölgesi’nde buğday, ayçiçek ve kanolada iklimsel uygunluk haritaları oluşturulmuştur (Aydın ve Sarptaş, 2018; Aydın-Kandemir ve Sarptaş, 2023; Deveci, 2023; Şen ve ark., 2024). Türkiye’de iklimsel uygunluk tahmini ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır.



Dolayısıyla iklim değişikliğine karşı hassasiyeti azaltabilmek için bu çalışmaların özellikle stratejik bitkilerle, çeşitli modeller ile denemeler yapılarak desteklenmesi ve çoğaltılması gerekmektedir. Araştırmada ilk kez DIVA-GIS'e entegre edilen Ecocrop Model Türkiye'de kullanılarak pamuk bitkisinin uygunluğu iki farklı senaryo sonuçlarına göre belirlenmiştir. İklim değişikliğiyle birlikte, öngörülemez durumlar ortaya çıktığında, tarım ve tekstil sektöründe önemli bir yere sahip olan pamukta ekim alanlarının doğru bir biçimde tahmin edilebilmesi, üreticilere ve bu konuda çalışanlara planlamalarını yaparken yol gösterici olacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye'de referans dönem (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) için HADGEM2\_ES (Hadley Centre Global Environmental Model, version 2 Earth System) model ile RCP4.5 ve RCP8.5 (RCP: Representative Concentration Pathway) senaryo sonuçları doğrultusunda pamuk için DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak iklimsel uygunluk tahmini yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bitki yetiştiriciliği için en önemli etken olan sıcaklık ve yağış değişiminin pamuk yetiştiriciliğine etkisi ortaya konmuştur.

### Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı: Yaklaşık 780.000 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümüne sahip olan Türkiye 26°-45° doğu boylamları ile 36°-42° kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin yüzey alanının %97'si Asya Kıtasında (Anadolu), geri kalanı ise Avrupa kıtasındadır (Trakya). Türkiye'nin doğusunda Gürcistan, Azerbaycan-Nahçıvan, İran ve Ermenistan batısında Bulgaristan ve Yunanistan, güneyinde Irak ile Suriye yer alır (DSİ, 2023). Araştırma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2022 yılı verilerine göre toplam tarım alanı 38.501 bin hektardır ve tarım alanlarının %42.9'unu (16.529 bin hektar) ekilen alanlar oluşturmaktadır (TUİK, 2023).



Şekil 1. Araştırma alanı  
Figure 1. Research area

Araştırma Alanının İklimi: Türkiye yarı kurak bir iklime sahiptir. Türkiye'de kıyılar boyunca yüksek sıradağlar uzanır. Türkiye'de yağış, sıcaklık ve rüzgârlar bölgesel ve zamansal olarak farklılık göstermektedir (DSİ, 2023). 1970-2023 yılları arasında Türkiye'nin ortalama sıcaklığı 13.3°C (MGM, 2023b), maksimum sıcaklık ortalaması 19.2°C (MGM, 2023d), minimum sıcaklık ortalaması 7.9°C (MGM, 2023e), yıllık toplam yağış ortalaması 619.0 mm (MGM, 2023c) ve ortalama bağıl nem %63.5'tir (MGM, 2023f).

Bitki Uygunluk Modeli (Ecocrop): Ecocrop, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiş bitkilerin belirli bir ortam için uygunluğunu belirlemek için kullanılan bir veri tabanıdır. Bu veri tabanında 2.568 tane bitkinin ayrıntılı verilerine ulaşmak mümkündür (FAO, 2023). Ecocrop verileri DIVA-GIS'e entegre edilmiştir. DIVAGIS'in içinde ise 1.710 bitki mevcuttur. DIVAGIS'e entegre edilen Ecocrop modelde girdiler minimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmin), maksimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmax), bitkinin öldüğü sıcaklık (KT<sub>mp</sub>), bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (T<sub>min</sub>), optimum maksimum sıcaklık (TOP<sub>max</sub>), optimum minimum sıcaklık (TOP<sub>mn</sub>), bitkinin büyümeyi durdurduğu maksimum sıcaklık (T<sub>max</sub>), minimum yağış miktarı (R<sub>min</sub>), maksimum yağış miktarı (R<sub>mx</sub>), optimum minimum yağış miktarı (ROP<sub>mn</sub>), optimum maksimum yağış miktarı (ROP<sub>mx</sub>) verileridir. Model çıktı olarak ise uygunluk haritalarını vermektedir. Pamuğa ait veriler Ecocrop'tan elde edilerek Çizelge 1'de gösterilmiştir. Ecocrop model bu verileri kullanarak yani sadece sıcaklık ve yağış değişimini dikkate alarak 0 ile 100 arasında uygunluk indeksi hesaplayıp, iklimsel uygunluk haritaları oluşturmaktadır. Bu haritaları oluştururken uygunluk indeksi 0 uygun olmayan, %1-20 çok marjinal, %21-40 marjinal, %41-60 uygun, %61-80 çok uygun, %81-100 mükemmel olarak sınıflandırmaktadır.

Çizelge 1. Pamuk için iklim ve büyüme dönemi verileri (FAO, 2023)

Table 1. Climate and plant growth period data for cotton (FAO, 2023)

İklim ve büyüme dönemi verileri	Birim	Pamuk
Minimum büyüme sezonu uzunluğu	gün	150
Maksimum büyüme sezonu uzunluğu	gün	200
Bitkinin öldüğü sıcaklık	°C	0
Minimum sıcaklık	°C	15
Optimum minimum sıcaklık	°C	22
Optimum maksimum sıcaklık	°C	36
Maksimum sıcaklık	°C	42
Minimum yağış	mm	450
Optimum minimum yağış	mm	750
Optimum maksimum yağış	mm	1.200
Maksimum yağış	mm	1.500

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.): Pamuk, neredeyse her türlü toprakta yetişebilen bir bitkidir. Toprağın alüvyal olması yüksek kalite ve verim açısından önemlidir. Pamuk tarımı için derin, kumlu-killi, su tutma yeteneği yüksek, geçirgenliği, işlenmesi ve sulanması kolay topraklar ideal topraklardır. Sıcaklık, yağış, gün ışığı ve oransal nem pamuk tarımında en önemli iklim faktörleridir. Yaz ayları sıcaklığının 25°C, yıllık ortalama sıcaklığın ise 19°C olması idealdir. Sıcaklık tarak oluşmasından önce 20°C, çiçeklenme döneminde 25°C, kozaların gelişme döneminde ise 30-32°C olmalıdır. Hasat döneminde kozaların iyi açılabilmesi için sıcaklığın 15°C ye kadar azalması gerekmektedir. Genetik saflığı yüksek tohum kullanımı yüksek kaliteli ürün ve yüksek verim alabilmek için çok önemlidir (Gencer, 2023).

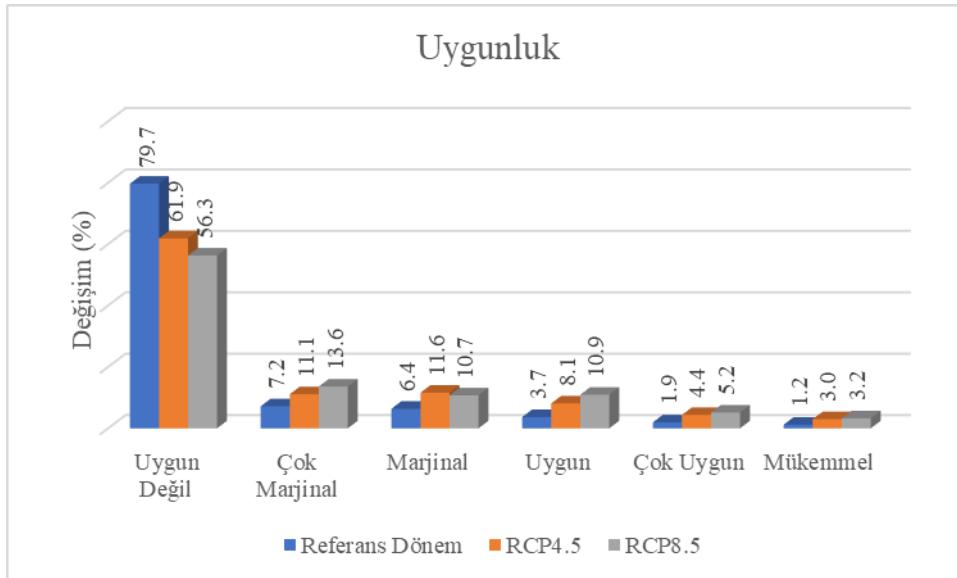
Referans ve Gelecek Dönem İklim Verileri: Bu çalışmada kullanılan referans dönem iklim verileri WorldClim veri tabanından elde edilmiş olan ve DIVA-GIS tarafından iklim dosyasına dönüştürülmüş verilerdir. Bu veriler yağış (mm), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve maksimum sıcaklık (°C) verilerini kapsamaktadır ve DIVA-GIS sitesinden elde edilerek kullanılmıştır (DIVAGIS, 2023). Çalışmada kullanılan gelecek 2050'leri kapsayan iklim verileri ise CCAFS (Climatic Change, Agriculture, and Food Security) sitesinden elde edilen HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını kapsayan minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verileridir (CCAFS, 2023).

Yöntem: İklim değişikliğinin etkisi ile Türkiye'de pamuk yetiştirilen alanların referans dönemde (1950-2000) ve gelecek dönemde (2050-2059) nasıl değişeceğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada DIVA-GIS sitesinde iklim dosyasına dönüştürülmüş olan referans verileri (1950-2000) ile pamuk için referans dönem iklimsel uygunluk haritaları DIVA-GIS 7.5 (Hijmans ve ark., 2012) programı içindeki Ecocrop modülü kullanılarak oluşturulmuştur. Sonrasında ise CCAFS

sitesinden elde edilen HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını gelecek dönem (1950-2000) iklim verileri ile DIVA-GIS için iklim dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dosya ile pamuk için uygunluk analizi DIVA-GIS 7.5 programı içindeki Ecocrop modülü kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen referans ve gelecek dönem iklimsel uygunluk haritaları QGIS (Quantum GIS) version 3.28.3. programına aktarılarak bu haritalar üzerinde analiz ve harita çıktısı düzenleme işlemleri gerçekleştirilmiştir (QGIS, 2023).

### Bulgular ve Tartışma

İklim değişikliğinin Türkiye’de pamuk yetiştirilen alanlara etkisini belirlemek için referans dönem (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) HadGEM2\_ES iklim modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları kullanılarak elde edilen iklimsel uygunluk değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Pamuk için referans dönem ve gelecek dönem iklim değişikliği sonuçları değerlendirildiğinde mevcut duruma göre pamuk yetiştiriciliği için uygun olmayan alanların her iki senaryoda da azalacağı, çok marjinal, marjinal, uygun, çok uygun ve mükemmel alanların ise her iki senaryoda da artacağı tahmin edilmiştir (Şekil 2). Türkiye’de pamuk yetiştiriciliği için uygun olmayan alanlar referans dönem için % 79.7 oranında iken HADGEM2\_ES model RCP4.5’te % 61.9’a, RCP8.5’te % 56.3’e düşeceği model tarafından tahmin edilmiştir. Çok marjinal alanların referans dönem için % 7.2 iken RCP4.5’te % 11.1’e, RCP8.5’te % 13.6’ya, marjinal alanların referans dönem için % 6.4 iken RCP4.5’te % 11.6’ya, RCP8.5’te % 10.7’ye, uygun alanların referans dönem için % 3.7’den RCP4.5’te % 8.1’e, RCP8.5’te % 10.9’a, çok uygun alanların referans dönem için % 1.9’dan RCP4.5’te % 4.4’e, RCP8.5’te % 5.2’ye, mükemmel alanların ise referans dönem için % 1.2 iken RCP4.5’te % 3.0’a, RCP8.5’te % 3.2’ye kadar yükseleceği tahmin edilmiştir.



Şekil 2. Pamuk için referans dönem (1950-2000), gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve HADGEM2\_ES model RCP8.5 için iklimsel uygunluk değişimi

Figure 2. Shift in climatic suitability for cotton reference period (1950-2000), future period (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5 and HADGEM2\_ES model RCP8.5

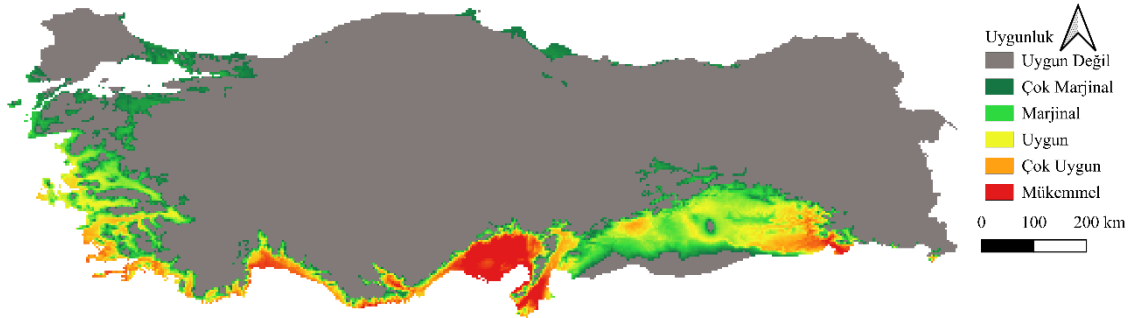
İklim değişikliğinin pamuk yetiştiriciliğine etkisi değerlendirilirken Çizelge 2’de uygun alanlar (uygun+çok uygun+mükemmel) ve uygun olmayan alanlar (uygun değil+çok marjinal+marjinal) kendi içinde gruplandırılmıştır. Buna göre referans dönemde uygun olmayan alanlar %93.2 iken HADGEM2\_ES model RCP4.5’te %84.6’ya ve RCP8.5’te %80.7’ye gerilemiştir. Uygun alanlar ise referans dönemde %6.8 iken HADGEM2\_ES model RCP4.5’te %15.4’e ve RCP8.5’te %19.3’e yükselmiştir. HadGEM2\_ES iklim modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise 2050’lerde RCP4.5’e göre RCP8.5 senaryosunda pamuk yetiştiriciliğinde uygun alanların daha da artacağı yani olumlu bir etkilenmenin söz konusu olacağı öngörülmektedir (Şekil 2, Çizelge 2). Aynı olumlu etkilenme referans dönem ile gelecek dönemler RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında da görülmektedir.

Çizelge 2. Pamuk için referans dönem (1950-2000), gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve HADGEM2\_ES model RCP8.5 için alanların karşılaştırılması  
Table 2. Comparison of areas for cotton reference period (1950-2000), future period (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5 and HADGEM2\_ES model RCP8.5

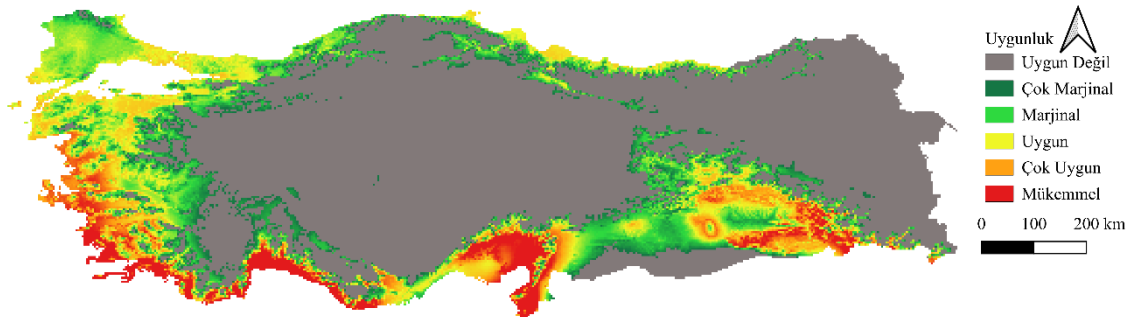
Alanlar	Referans Dönem (1950-2000)	Gelecek Dönem (2050-2059) RCP4.5	Gelecek Dönem (2050-2059) RCP8.5
Uygun Olmayan Alanlar (%) (Uygun Değil+Çok Marjinal+Marjinal)	93.2	84.6	80.7
Uygun Alanlar (%) (Uygun+Çok Uygun+Mükemmel)	6.8	15.4	19.3

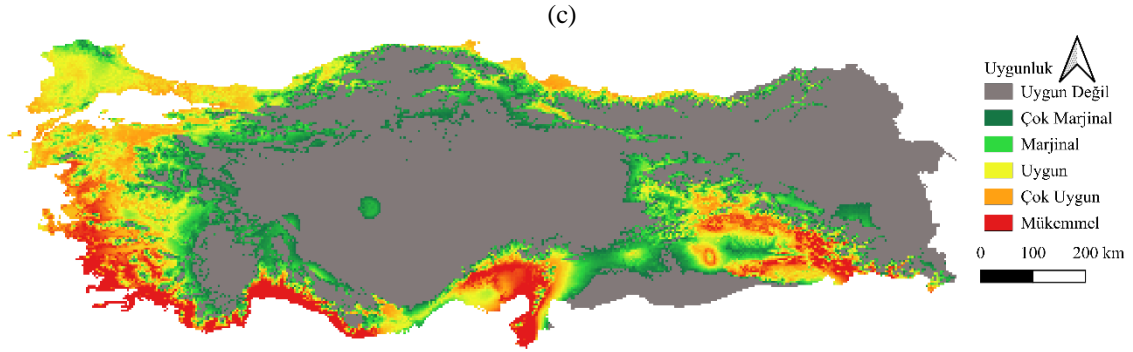
Türkiye için pamukta referans dönem (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) iklimsel uygunluk haritaları değerlendirildiğinde, Şekil 3 (a)'da referans dönem için Çukurova Bölgesi uygunluk değerlendirilmesinde mükemmel olarak sınıflandırılmıştır. HADGEM2\_ES model RCP4.5'te ise pamuk yetiştiriciliğinin bu bölgeyle birlikte kıyı Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde de genişleyerek daha fazla yapılabileceği kırmızı ile gösterilen mükemmel alanların oluşabileceği göze çarpmaktadır (Şekil 3b). Aynı zamanda da Adana ve Mersin illerinin kesişiminde referans dönemde mükemmel derecede pamuk yetiştiriciliği yapılabilecek alanların 2050'lerde her iki senaryoda da çok uygun, uygun hatta marjinal alana dönüşebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3b, Şekil 3c). Ayrıca referans dönemde Marmara Bölgesi'nde uygun olmayan alanların; marjinal, uygun, çok uygun alanlara dönüşebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3). Karadeniz Bölgesi'nde ise referans dönem için genelde uygun değil ve az miktarda çok marjinal alanlar mevcutken, RCP4.5 senaryosunda Orta Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinde ince bir şerit halinde uygun alanlar oluşabileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3a, Şekil 3b). Güneydoğu Anadolu'da ise bir kısım alanların referans döneme göre RCP4.5 senaryosunda daha uygun hale genişleyerek dönüşebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3b). HADGEM2\_ES model RCP8.5'te ise hem referans döneme hem de HADGEM2\_ES model RCP4.5'e göre aynı alanlarda bir miktar genişlemeyle birlikte, iklimsel uygunluk sınıflaması bakımından Akdeniz, kıyı Ege, Trakya, Marmara, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha uyguna giden bir artışın söz konusu olduğu görülmektedir (Şekil 3c).

(a)



(b)





Şekil 3. Pamuk için iklimsel uygunluk haritaları (a) Referans dönem (1950-2000), (b) Gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5, (c) Gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP8.5

Figure 3. Climatic suitability maps for cotton (a) Reference period (1950-2000), (b) Future period (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP4.5, (c) Future period (2050-2059) HADGEM2\_ES model RCP8.5

Türkiye’de esas olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi olmak üzere üç bölgede pamuk tarımı yapılmaktadır (Çopur, 2018). Fakat bu çalışmaya göre gelecek yıllarda bu bölgelere ilave olarak Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesinin kıyı kesimlerinin de eklenebileceği tahmin edilmiştir. Ünay ve Başal (2005) olası iklimsel değişikliklerinin bitkiler üzerindeki etkilerinin bilinmesinin önemli olduğunu ve pamuğun da içerisinde yer aldığı C3 bitkilerinin olası iklim değişikliklerinden daha fazla etkileneceğini belirtmişlerdir. Bu çalışma da pamuğun iklim değişikliğinden etkileneceğini göstermektedir.

Aydın ve Sarptaş (2018)’de TerrSet ortamında, Climate Change Adaptation Modeller (CCAM)’in alt modeli olan Crop Climatic Suitability Modeling (CCSM) uygulanarak pamuk için iklimsel uygunluk haritalarını günümüz ve 2070 yılı gelecek projeksiyonu için üretmişlerdir. Aydın ve Sarptaş (2018) yaptıkları çalışmada pamuk yetiştirilen alanların 2070 yılında sıcaklık artışına bağlı olarak genişleyeceğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise DIVA-GIS’e entegre edilen Ecocrop model ile referans dönem ve gelecek 2050’ler için HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları doğrultusunda iklimsel uygunluk haritaları üretilmiştir. Yapılan bu çalışmada da, 2050’lerde HADGEM2\_ES model hem RCP4.5’te hem de RCP8.5’te pamuk yetiştirilen alanların artış göstereceği tahmin edilmiştir. Bu iki çalışma birbirini doğrular niteliktedir. Ayrıca Aydın ve Sarptaş (2018)’in çalışmasında referans döneme göre en uygun yetiştiricilik alanlarına sahip bölgeler İçel, Adana ve Hatay iken; günümüze göre yetiştiriciliği orta uygunlukta olan Kıyı Ege, Siirt, Batman illerinin yetiştiriciliğinin de en uygun hale geleceğini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada da hem referans dönem için en uygun kısım Çukurova iken gelecekte Şekil 3 (b) ve Şekil 3 (c)’de görünen haritalarda kıyı Ege ve Akdeniz’de aynı zamanda da Güneydoğu Anadolu’da kırmızı renkle görünen mükemmel olarak sınıflandırılan alanların oluşacağı tahmin edilmiştir. Yine Aydın ve Sarptaş (2018) pamuk bitkisinde, referans dönem için yetiştiriciliğe uygun olmayan Marmara Bölgesi’nin 2070 yılında orta uygunluğa ulaşacağını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da HADGEM2\_ES model RCP4.5’te ve RCP8.5’te Şekil 3 (b) ve Şekil 3 (c)’de gösterilen haritalarda aynı durum söz konusudur. İki çalışma karşılaştırıldığında kullanılan modeller farklı olsa da benzer sonuçların gözlemlendiği görülmüştür.

Deveci (2023)’te yaptığı çalışmada yıllık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık ve yıllık minimum, maksimum ve ortalama yağış verilerini tüm Türkiye için analiz etmiştir. Buna göre ortalama sıcaklık verileri referans yıllarda (1950-2000) 10.8°C iken 2050’lerde HADGEM2\_ES model RCP4.5 senaryosunda 13.9°C olacağı, HADGEM2\_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 14.8°C olacağı tahmin edilmiştir. 2050’lerde HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında sırası ile 3.1°C ve 4.0°C, sıcaklıkların artacağı tahmin edilmiştir. Dolayısı ile araştırma alanında 2050’lerde sıcaklığın artması söz konusudur. Ünay ve Başal (2005) sıcaklığın ve fotoperiyodizmin gelişmekte olan bitkilerin çiçeklenmelerini etkileyen iki önemli çevre faktörü olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca dünyada kültürü yapılan pamuk türlerinin fotoperiyota duyarlı olmadığını ancak sıcaklığın pamuk gelişimi üzerine etkisinin oldukça yüksek olduğunu söylemişlerdir. Afzal ve ark. (2016) Pakistan’ın Pencap kentinde yaptıkları çalışmada pamuk yetiştiriciliğinde birinci ve ikinci aşamada sıcaklığın artması pamuk mahsulünün üretimini olumsuz yönde etkilerken, üçüncü aşamada olumlu etki yaptığını belirlemişlerdir. Dolayısı ile sıcaklıkların artmasıyla birlikte pamuk yetiştirilen alanların

olumlu değişime uğraması bu çalışmada doğal olarak değerlendirilmiştir. Lane ve Jarvis (2007) iklim değişikliği ile çok çeşitli ürünlerin yetiştirilmesinde uygun alanlarda kaymalar olacağını belirlemişlerdir. Bir dizi ürün için uygun alanların azalması açısından en olumsuz etkilenecek bölgeler, başa çıkma kapasitesi en az olan Sahra altı Afrika ve Karayipler iken Avrupa ve Kuzey Amerika'da ekime uygun alanlarda artış görüleceği ve bu bölgelerin iklim değişikliğinin etkilerini yönetme konusunda en yüksek kapasiteye sahip bölgeler olacağını belirtmişlerdir. Sonuç olarak bu çalışmada dünyada pamuk ekili alanların uygunluklarının HADCM3 modelde % 11.17 ve CCCMA modelde % 14.31 artacağı tahminlenmiştir. Bu çalışmada pamuk yetiştirilen alanların olumlu değişeceği göz önünde bulundurulduğunda ve pamuk ekim alanlarının artarak genişleyeceği Avrupa tarafına doğru kayacağı tahmin edildiğinden çalışmalar birbirini doğrular niteliktedir. Akdeniz Havzası'nda yapılan başka bir çalışmada ise uygunluğun azalması ve/veya sıcak stres günlerinde ve ardışık maksimum kurak günlerde en olumsuz etkilerin pamuk, ayçiçek, zeytin ve buğdayda görüleceği belirtilmiştir (Zagaria ve ark., 2023). Bu durum bu çalışma ile her ne kadar zıt sonuçlar barındırmaktaysa da bu durumu şu şekilde açıklamak mümkündür. Akdeniz havzasında zaten yüksek olan sıcaklıklar iklim değişikliği ile daha da artacağından yani pamuğun sıcaklık isteğinin üzerine çıkacağından pamuk yetiştirilen alanların olumsuz etkileneceği tahminlenmektedir. Oysa Akdeniz Havzasına göre daha düşük sıcaklıkta olan bölgelerde ise sıcaklıkların artması ile bu bölge koşullarına ulaşılarak Türkiye'nin kuzeyine kayma gerçekleşmekte, uygun alanlar genişlemekte ve olumlu etkilenmektedir.

Deveci (2023)'te aynı çalışmada yıllık ortalama yağış verileri referans yılların (1950-2000) ortalaması 594 mm iken 2050'lerde HADGEM2\_ES model RCP4.5 senaryosunda 560 mm olacağı, HADGEM2\_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 573 mm olacağı tahmin edilmiştir. 2050'lerde HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında sırası ile 34 mm ve 21 mm yağışların azalacağı tahmin edilmiştir. Dolayısı ile araştırma alanında 2050'lerde toplam yağışların çok büyük değişiklik göstermeyeceği söylenebilir. Gürkan ve ark. (2017) sulamanın pamuk tarımında olmazsa olmaz unsur olduğunu, kuraklık ve su kıtlığının verimi olumsuz etkilediğini dolayısıyla iklim değişikliğiyle birlikte sık sık görülen kuraklığın pamuğu olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Pamuk bitkisi yazlık bir bitki olmasından dolayı bitki su ihtiyaçlarının neredeyse tamamı sulama suları ile karşılanmaktadır. Pamuk bitkisinin verim, verim bileşenleri ve lif kalitesinde olumsuz sonuçların yaşanmaması için sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanması ancak su sıkıntısının yaşanması durumunda en fazla %25 su kısıntısı yapılabilmektedir (Tuylu ve Akın, 2023). Pamuk mahsulünün her üç aşamasında da yağışın etkisi üretimi olumlu yönde etkilemektedir (Afzal ve ark., 2016). Diarra ve ark. (2017) iklim değişikliğinin Burkina Faso'daki pamuk üretimi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Gelecekteki iklim değişikliğinin pamuk verimi üzerindeki potansiyel etkisine ilişkin çalışmanın sonuçlarına göre, küresel sıcaklıktaki daha fazla artışın pamuk veriminin zaten en yüksek değerlere ulaştığı bu bölgede önemli ölçüde azaltacağını belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar Türkiye de Çukurova Bölgesinde sıcaklığın artması ile oluşabilecek iklimsel uygunluğun azalması tahminini destekler niteliktedir. Çünkü bu bölgede referans dönemde kırmızı ile gösterilen mükemmel alanlar HADGEM2\_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçlarına göre gelecek dönemlerde turuncu olarak gösterilen çok uygun ve sarı ile gösterilen uygun alanlara hatta yeşil ile gösterilen marjinal alanlara dönüşmektedir (Şekil 3b, Şekil 3c). Diarra ve ark. (2017), yağışlarda gelecekte meydana gelecek değişikliklerin pamuk üretimini etkileyeceğini ancak sıcaklığın etkileriyle karşılaştırıldığında yağışların etkilerinin nispeten daha az olacağını vurgulamışlardır. Dolayısıyla bu çalışmada da yağışlarda çok fazla bir değişiklik gözlenmeyeceği tahmin edildiğinden sıcaklık etkisinin daha etkin olduğu düşünülmüştür.

İklim değişikliğinin etkilerinin kısa sürede yok edilmesi ya da geri döndürülmesi mümkün değildir. Türkiye de olası iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır. Diğer OECD (Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü) ülkeleriyle karşılaştırıldığında Türkiye, iklim riski zarar görebilirlik boyutlarının 10'undan 9'unda yüksek duyarlılığa sahiptir (World Bank Group, 2022). İklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış rejimi değişiklikleriyle birlikte pamuk yetiştiriciliğine etkisi değerlendirildiğinde bu değişikliklere uyum sağlanması büyük önem arz etmektedir. İstenilen bitki grubunun yetiştiriciliği değişen iklim koşullarına toleranslı bitki ıslahına ve bazı kültürel işlemlerin değiştirilmesine bağlıdır. Yüksek ve düşük sıcaklık stresine ve kuraklığa toleranslı genotiplerin ıslahı hem klasik ıslah çalışmalarında hem de biyoteknolojik çalışmalarda yerini almış ve son yıllarda artan oranda bir ivme kazanmıştır (Ünay ve Başal, 2005). İklim değişikliğinin pamuk üretimi üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmeli, iklim değişikliğinin etkilerini

hafifletmek ve bunlara uyum sağlamak için kuraklığa dayanıklı çeşitler yerine sıcağa dayanıklı çeşitlerin de geliştirilmesine ağırlık vermelidir (Diarra ve ark. 2017).

İklim değişikliğinin pamuk yetiştiriciliğine etkisi bölgesel olarak değerlendirildiğinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi olmak üzere üç bölgede yapılabilen pamuk yetiştiriciliğinin 2050'lerde bu bölgelere ilave olarak Marmara Bölgesi'nin tamamı ve Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimlerinin de eklenebileceği öngörülmüştür. Ayrıca referans dönem iklimsel uygunluk haritalarında mükemmel olarak sınıflandırılan ve yoğun olarak Adana ve Mersin'de yetiştiriciliği yapılan pamuğun 2050'lerde Adana ve Mersin'in kesişimindeki bölgede RCP4.5'te çok uygun, uygun olarak sınıflandırılmışken RCP8.5'te bunlara ek olarak marjinal alanlara dönüşeceği pamuk yetiştiriciliği için uygunluğun azalacağı belirlenmiştir. Sonuç olarak, referans dönem ile gelecek dönemler HadGEM2\_ES iklim modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında Türkiye'de olası iklim değişikliğinden pamuk yetiştirilen alanların olumlu etkileneceği, bu olumlu etkilenişin 2050'lerde RCP4.5'e göre RCP8.5 senaryosunda daha fazla olacağı öngörülmüştür.

### **Sonuç ve Öneriler**

Türkiye'de tarımsal üretimde önemli bir yer tutan pamuğun iklim değişikliği karşısında yetiştirme alanlarının nasıl değişeceği tahmin edilerek bir değerlendirme yapılmıştır. Bunun için pamukta referans (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) HadGEM2\_ES iklim modelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında sadece sıcaklık ve yağış değişiklikleri dikkate alınarak iklimsel uygunluk tahmin edilmiştir. Sonuç olarak 2050'li yıllarda iklim değişikliğinden Türkiye'de pamuk yetiştirilen alanların referans döneme göre gelecekte her iki senaryoda da olumlu etkileneceği ve genişleyerek artacağı tahmin edilmiştir. Dolayısı ile uygunluk haritaları dikkate alınarak, daha önce pamuk yetiştiriciliği yapılmayan fakat gelecekte iklimsel olarak pamuk yetiştiriciliği yapılması olası bölgelerde üreticilerin bilgilendirilmesi, devlet tarafından desteklenmesi ve üretilmeye teşvik edilmesinin yerinde bir politika olabileceği düşünülmektedir. Ortalama sıcaklık artışı sebebiyle gelecekte daha kuzey enlemlere kayacak olan pamuk yetiştiriciliğinde bu bölgelerde yetiştiricilik bakımından iklimsel olarak uygunluk oluşsa da toprak özelliklerinin veya arazi topografyasının pamuğun yetiştiriciliğine uygunluğunun şimdiden araştırılması önerilmektedir. Gelecekte verim düşüşü ve pamuk yetiştirilen alanlarda azalmanın meydana geleceği Çukurova Bölgesinde su stresinin oluşmaması için çeşitlerin sıcağa ve kuraklığa dayanıklılığının artırılması, sulama koşullarının da araştırılması gerekmektedir. Pamuk Türkiye'de ve dünyada üretimi yapılan önemli bir endüstri bitkisidir. Dünyada ve Türkiye'de önemli yer tutan bu ve buna benzer bitkilerin gelecekteki yetiştirilme alanlarının tahmininin yapılıp değerlendirilmesi, üreticilerin yönlendirilmesi ve planlamaların yapılması bakımından çok önemlidir. Bu doğrultuda çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında gelecekte önemi ve Türkiye'de uygunluğu giderek artacak olan pamuk bitkisinin, olası sıcaklık ve yağış koşullarına uyum sağlayabilmesi, çeşitlerin gelecekteki iklim şartlarına daha dayanıklı hale gelebilmesi için bu yönde ıslah çalışmalarının yapılması ve bu özelliklerin günümüz çeşitlerine aktarılması gerekmektedir. Kendi kendine yeten ülke olmanın pandemi ve savaş zamanlarında öneminin çok daha iyi anlaşıldığı günümüzde, gelecekte her tarımsal üründe olduğu gibi pamukta da verimin düşmesi ve ekilebilir alanların azalmasının yaşanmaması için çalışma ve planlamaların yapılması doğru bir strateji olacaktır.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder (Makale tek yazarlıdır).

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Kaynaklar**

Afzal, M., Ahmed, T., Ahmed, G., 2016. Empirical assessment of climate change on major agricultural crops of Punjab, Pakistan. MPRA Paper No. 70958, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/70958/>, (Erişim tarihi: 11.07.2023).

- Anonim, 2023. Ürün Masalları Pamuk Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCItenler/MAYIS%202022/Pamuk%20%20May%C4%B1s%20B%C3%BCIteni.pdf>, (Erişim tarihi: 11.07.2023).
- Aydın, F., Sarptaş, H., 2018. İklim değişikliğinin bitki yetiştiriciliğine etkisi: model bitkiler ile Türkiye durumu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 24(3): 512-521.
- Aydın-Kandemir, F., Sarptaş, H., 2023. Geographic information systems-based land suitability assessment for switchgrass cultivation in marginal lands: a case study for İzmir-Türkiye. Clean Technologies and Environmental Policy. 25(3): 781-797.
- Bozoğlu, M., Başer, U., Alhas Eroğlu, N., Kılıç Topuz, B., 2019. Impacts of climate change on Turkish agriculture. Journal of International Environmental Application and Science. 14 (3): 97-103.
- CCAFS, 2023. GCM Downscaled Data Portal. Climate change agriculture and food security. <https://www.ccafs-climate.org/>. (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- Çopur, O., 2018. GAP Projesinin Türkiye pamuk üretimine etkisi: son on yıldaki değişimler. ADYUTAYAM Dergisi. 6(1): 11-18.
- Dellal, İ., 2021. İklim Krizi ve Tarım-Gıda Sektörü. 3. Uluslararası Tarım ve Gıda Etiği Kongresi, 5-6 Kasım, Çevrimiçi.
- Deveci, H., 2023. Estimation of the impact of climate change on spinach cultivation areas in Türkiye. Sustainability. 15: 15395.
- DIVAGIS, 2023. DIVA-GIS. <https://www.diva-gis.org/climate>, (Erişim tarihi: 18.05.2023).
- Diarra, A., Barbier, B., Yacouba, H., 2017. Impact of climate change on cotton production in Burkina Faso. African Journal of Agricultural Research. 12(7): 494-501.
- DSİ, 2023. Devlet Su İşleri. Toprak Su kaynakları. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>. (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- Dudu, H., Çakmak, E.H., 2017. Climate change and agriculture: an integrated approach to evaluate economy-wide effects for Turkey. Climate and Development. 10(3): 275-288.
- Egbebiyi, T.S., Lennard, C., Crespo, O., Mukwenha, P., Lawal, S., Quagraine, K., 2019. Assessing future spatio-temporal changes in crop suitability and planting season over West Africa: using the concept of crop-climate departure. Climate. 7(9): 102,
- Egbebiyi, T.S., Crespo, O., Lennard, C., Zaroug, M., Nikulin, G., Harris, I., Price, J., Forstehäusler, N., Warren, R., 2020. Investigating the potential impact of 1.5, 2 and 3° C global warming levels on crop suitability and planting season over West Africa. PeerJ. 8: e8851, 1-34.
- Ezekannagha, E., Crespo, O., 2020. Suitability evaluation of underutilized crops under future climate change using ecocrop model: a case of Bambara Groundnut in Nigeria. Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings. 36(1): 53.
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop>. (Erişim tarihi: 06.02.2023).
- Gardner, A.S., Gaston, K.J., Maclean, I.M., 2021. Accounting for inter-annual variability alters long-term estimates of climate suitability. Journal of Biogeography. 48(8): 1960-1971.
- Gencer, O., 2023. Pamuk Yetiştiriciliği. [https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel\\_uretim\\_ve\\_bitki\\_sagligi\\_sube\\_mudurlugu/endustri\\_bitkileri\\_yetistiriciligi\\_ve\\_mucadelesi/Pamuk%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.doc](https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/endustri_bitkileri_yetistiriciligi_ve_mucadelesi/Pamuk%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.doc), (Erişim tarihi: 10.07.2023).
- Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, H., 2017. İklim değişikliği nedeniyle artan kuraklığın ayçiçeği ve pamuk verimi üzerine etkileri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi. 20: 216-221.
- Hayaloğlu, P., 2018. İklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 9(25): 51-62.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Mathur, P., 2012. DIVA GIS Version 7.5. <http://www.diva-gis.org/>. (Erişim tarihi: 11.12.2022).
- Hummel, M., Hallahan, B.F., Brychkova, G., Ramirez-Villegas, J., Guwela, V., Chataika, B., Curley, E., McKeown P.C., Morrison, L., Talsma, E.F., Beebe, S., Jarvis, A., Chirwa, R., Spillane, C., 2018. Reduction in nutritional quality and growing area suitability of common bean under climate change induced drought stress in Africa. Scientific Reports. 8(1): 16187.
- Hunter, R., Crespo, O., 2019. Large scale crop suitability assessment under future climate using the Ecocrop model: the case of six provinces in Angola's Planalto Region. In: Rosenstock, T., Nowak, A., Girvetz, E. (eds) The Climate-Smart Agriculture Papers: Investigating the Business of a Productive, Resilient and Low Emission Future, 39-48.
- Karahasan, B.C., Pınar, M., 2023. Climate change and spatial agricultural development in Turkey. Review of Development Economics. 27(3): 1699-1720.
- Kurnaz, M.L., 2023. İklim değişikliği ve uyum süreçlerinde Türkiye. Resilience. 7(1): 199-208.
- Lane, A., Jarvis, A., 2007. Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation. Journal published by ICRISAT. 4(1): 1-12. <http://oar.icrisat.org/>.



- Makinano-Santillan, M., Santillan, J.R., 2015. GIS-based ecocrop modelling to assess potential climate change effects on Sago palm suitability distribution. 36th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2015), 24-28 October, Quezon City, Philippines.
- Manners, R., Vandamme, E., Adewopo, J., Thornton, P., Friedmann, M., Carpentier, S., Ezui, K.S., Thiele, G., 2021. Suitability of root, tuber, and banana crops in Central Africa can be favoured under future climates. *Agricultural Systems*. 193: 103246.
- MGM, 2023a. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2023 Yılı İklim Değerlendirmesi Raporu. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2023-iklim-raporu.pdf>. (Erişim tarihi: 26.02.2024).
- MGM, 2023b. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama sıcaklık. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-ortalama-sicaklik.pdf>. (Erişim tarihi: 04.04.2023).
- MGM, 2023c. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye yıllık ortalama toplam yağış. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-yagis.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- MGM, 2023d. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama maksimum sıcaklık. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-maks-sicaklik-ortalaması.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- MGM, 2023e. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama minimum sıcaklık. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-min-sicaklik-ortalaması.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- MGM, 2023f. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama nem. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-ortalama-nem.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- Møller, A.B., Mulder, V.L., Heuvelink, G.B., Jacobsen, N.M., Greve, M.H., 2021. Can we use machine learning for agricultural land suitability assessment? *Agronomy*. 11(4): 703.
- Mulinde, C., Majaliwa, J.M., Twinomuhangi, R., Mfitumukiza, D., Waiswa, D., Tumwine, F., Kato, E., Asimwe, J., Nakyagaba, W.N., Mukasa, D., 2022. Projected climate in coffee-based farming systems: implications for crop suitability in Uganda. *Regional Environmental Change*. 22(3): 83.
- Mumo, L., Yu, J., Ojara, M., Lukorito, C., Kerandi, N., 2021. Assessing changes in climate suitability and yields of maize and sorghum crops over Kenya in the twenty-first century. *Theoretical and Applied Climatology*. 146: 381-394.
- Özudoğru, T., 2021. Dünya ve Türkiye’de pamuk üretim ekonomisi. *Tekstil ve Mühendis*. 28(122): 149-161.
- Şen, A.S., Deveci, H., Konukçu, F., 2024. Modelling the adaptation of some cultural plants produced in Thrace Region to climate change. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. 21(2): 501-516.
- QGIS, 2023. Quantum GIS. <https://qgis.org/tr/site/>. (Erişim tarihi: 11.01.2023).
- Remesh, K.R., Byju, G., Soman, S., Raju, S., Ravi, V., 2019. Future changes in mean temperature and total precipitation and climate suitability of yam (*Dioscorea* spp.) in major yam-growing environments in India. *Current Horticulture*. 7(1): 28-42.
- SYGM, 2016. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu. [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20u%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim\\_NihaiRapor.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20u%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim_NihaiRapor.pdf). (Erişim tarihi: 12.02.2023).
- SYGM, 2020. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. İklim Değişikliği ve Uyum. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20değişikliğinin%20su%20kaynaklarına%20etkisi/iklimkitap2020.pdf>. (Erişim tarihi: 11.03.2023).
- Taba-Morales, G., Hyman, G., Mejía, J.R., Castro-Llanos, F., Beebe, S., Rubyogo, J.C., Katungi, E., Buruchara, R., 2020. Improving African bean productivity in a changing global environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 25: 1013-1029.
- TEPGE, 2023. Durum ve Tahmin PAMUK 2023. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/2023%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/Pamuk%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202023-380%20TEPGE.pdf>. (Erişim tarihi: 26.02.2024).
- TUİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. Tarım ve orman alanları. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. (Erişim tarihi: 01.03.2024).
- Tuylu, G.İ., Akın, S., 2023. Farklı sulama suyu seviyelerinin pamuk bitkisinin verim, verim bileşenleri ve lif kalite parametreleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*. 12(1): 91-98.
- Ünay, A., Başal, H., 2005. İklim değişiklikleri ve pamuk. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2(1): 11-16.
- World Bank Group, 2022. Türkiye Country Climate and Development Report; CCDR Series, World Bank: Washington, DC, USA. <https://www.csgb.gov.tr/media/92451/turkiye-ccdr-full-report.pdf>. (Erişim tarihi: 01.03.2024).

Zagaria, C., Schulp, C.J., Malek, Ž., Verburg, P.H., 2023. Potential for land and water management adaptations in Mediterranean croplands under climate change. *Agricultural Systems*. 205: 103586.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

## Odun Çeliklerinin Mikroskopik İnceleme ve Görüntülenmesinde Farklı Boyama Tekniklerinin Kullanımı Üzerine Araştırmalar

Hakan Engin<sup>1\*</sup> 

Fatih Cem Kuzucu<sup>1</sup> 

Zeliha Gökbayrak<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 17100/Çanakkale.

\* Sorumlu yazar: hakanengin@comu.edu.tr

### Öz

Farklı boya maddeleri çeşitli hücre tipleri ve bileşenleriyle tepkimeye girerek kendilerine özgü renk özelliklerini ortaya çıkarırlar. Asma kesitlerinde doğal renk farklılıkları birbirine oldukça yakındır. Bundan dolayı asmalarda kök oluşumunun ve dal dokularında yüzey ve iç özellikleri göstermek için konsantrasyonu arttırmanın en iyi yolu boyamadır. Bu nedenle asma çeliklerinden kök teşekkülünde hücre ve doku düzeyleri üzerine ayırt edici bilgilerin sağlanması ve doğru tanımlamaların ortaya konulabilmesi amacıyla, bu çalışma kapsamında farklı boyama maddeleri ve bunların karışımları incelenmiştir. Çalışma kapsamında asma kesitlerine yapılan boyama uygulamaları Toluidine blue O, Aniline blue, Safranin O, Bromophenol blue, Methyl green, Basic fuchsin, Giemsa stain, Fast green FCF ve Carmin'dir. Bu uygulamalardan Toluidine blue O, Safranin O, Bromophenol blue, Fast green FCF ve Aniline blue boyamaları hücre ve doku düzeyleri üzerine etkili sonuçlar ortaya koymuştur. Ayrıca incelenen çift boyama yöntemlerinden Safranin O + Bromophenol blue ve Bromophenol blue + Fast green FCF'den başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Her iki çift boyama yönteminin de asmalarda gövde ve kök kesitlerinin mikroskop altında incelenmesinde kullanılmasının uygun olduğu ve gelecekte yapılacak çalışmalarda kullanımının tavsiye edilebileceği kanaatine varılmıştır. Ayrıca boyanan kesitlerin yüzeyindeki renklemelerin ve keskinliğin mikroskop altında görüntüleme ve fotoğraflamasının iyileştirilmesi için tarafımızdan 'halka ışık' yöntemi geliştirilmiştir. Halka ışık, numunenin tamamı üzerine beyaz ışık, sarı ışık ve her iki ışık yoğunluğunu farklı oranlarda kullanarak aydınlatma olanağı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kesit, asma, boyama, doku, gövde, kök

### Research on the Use of Different Staining Techniques in Microscopic Examination and Imaging of Wood Cuttings

#### Abstract

Different stains react with various cell types and cell constituents and reveal their unique color properties. Natural color differences in grapevine sections are very close to each other. Therefore, staining is the best way to increase the contrast of grapevine root formation and cane tissues to show surface and internal features. For this purpose, different stains and their different mixtures were studied in order to provide a clear definition by providing distinctive information on cell and tissue levels in grapevine cuttings. Stains applied to grapevine sections are Toluidine blue O, Aniline blue, Safranin O, Bromophenol blue, Methyl green, Basic fuchsin, Giemsa stain, Fast green FCF and Carmin. Among these applications, Toluidine blue O, Safranin O, Bromophenol blue, Fast green FCF and Aniline blue stains showed effective results on cell and tissue levels. In addition, successful results were obtained from the double staining methods used in Safranin O + Bromophenol blue and Bromophenol blue + Fast green FCF. Both double staining methods are recommended for examining grapevine cane and root sections under a microscope. Ring light has been developed by us to improve the coloration and sharpness on the surface of the stained sections under the microscope and their photography. The ring light offers the opportunity to illuminate the entire sample by using white light, yellow light and both light intensities in different proportions.

**Keywords:** Sections, grapevine, stains, tissue, stem, root

## Giriş

Anatomik ve morfolojik çalışmalar, organizmaların biyolojilerinin belirlenmesinde ve bunların oluşum mekanizmaları hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Günümüzde farklı bitki türlerinde gövde dokularının mikroskobik ve anatomik özelliklerini incelemek için geliştirilmiş birçok teknik kullanılmaktadır. Geliştirilen tekniklerin bazılarının geçmişi çok eski tarihlere dayanmaktadır (Gartner ve Heinrich, 2010). Bitki kök ve gövdelerinin hücrel ve dokusal şekillenmesine ilişkin bilgilerimizi geliştiren ve hücrel ve biyokimyasal süreçlere yeni bir bakış açısı sağlayan teknikler halen geliştirilmeye devam etmektedir (Engin ve Gökbayrak, 2023). Boyama yöntemlerine ait teknikler önceleri ahşap malzemeleri korumak için kullanılmıştır. Sonrasında araştırmacılar bu teknikleri bitki anatomisi hakkında bilgi sahibi olmak için kullanmaya başlamışlardır. Boyama tekniği, 1877 yılında Ehrlich tarafından safraninin kullanılmasıyla başlamış ve bitki dokularının tanımlanmasında boyama yöntemlerinin kullanılabilmesi ifade edilmiştir (Smith, 1915; Bracegirdle, 1986).

Boyama mekanizmaları ve yöntemleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Berlyn ve Miksche, 1976; Horobin, 1982; Gahan, 1984; Schweingruber, 1990; Ruzin, 1999; Horobin ve Kiernan, 2002). Bitkilerin kök ve gövde dokularının çoğunluğunda doğal renk farklılıkları çok azdır. Bundan dolayı bu tip dokuların yüzey ve iç özelliklerini göstermek için çok az konsantrasyon mevcuttur. Bu şekilde bir numunenin az konsantrasyonunu arttırmanın en iyi yolu boyamadır. Ayrıca bitki türüne ve incelenecek dokulara uygun boyama yöntemlerinin seçimi ile hücre ve doku düzeyleri üzerine ayırt edici bilgiler sağlayarak net bir tanımlama ortaya konulabilir. Araştırmacıların çalışılan materyale ait uygun boyama tekniğini uygulamadan önce mekanizmasını net bir şekilde anlaması gerekir. Ayrıca örnekler hazırlanırken kullanılan alet ve kimyasal maddeler, sert odun dokusunun yumuşatılması ve sabitlemesi için kullanılan yöntemler, ince kesitlerde temizleme ve kurutma boyama sonucunu etkileyebilir (Arık ve Altındışli, 2020).

Günümüzde mikroskop altında örneklerin incelenmesini sağlayan yöntemlere ek olarak yeni yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü dokular arasındaki doğal renk farklılıklarının çok az olduğu sert ve odunsu yapıdaki kök ve dal dokularında daha kolay ve doğru incelemeler yapılmasına olanak sağlayan yeni ve etkili boyama tekniklerinin geliştirilmesi bu dokular hakkındaki mevcut literatürün geliştirilmesine katkı sunacaktır. Farklı boya maddeleri değişik hücre tipleri ve bileşenleriyle tepkimeye girerek kendilerine özgü renkleri ortaya çıkarır. Hücreler içindeki farklı bileşenleri vurgulamak için farklı boyama yöntemleri kullanılmalıdır (Engin ve Gökbayrak, 2023). Ayrıca hücre duvarlarını ve bileşenlerini vurgulamak amacıyla dokular yarı saydam hale getirilebilir ve mikroskobik düzeyde görüntülemeyi bozan pigmentlerin ve fenolik bileşiklerin hücrelerden uzaklaştırılması sağlanabilmektedir. Bu amaçla, özellikleri birbirlerinden farklı ve ticari olarak temin edilebilen boyama maddeleri örneğin Toluidine blue O (Merck), Safranin O (Sigma-Aldrich) gibi kimyasallar ve reaktifler kullanılmaktadır.

Bu araştırmada, asma çeliklerinde kök oluşumunun morfolojik ve anatomik bir yaklaşımla incelenmesine yönelik yapılacak çalışmalarda kullanılacak boyama ve görüntüleme yöntemleri geliştirilmeye çalışılmış ve bu yöntemler arasındaki farklılıklar sunulmuştur.

## Materyal ve Yöntem

### Boyama İşlemi Uygulanacak Kesitlerin Hazırlanması

Boyama uygulamalarına geçmeden önce numune alımı, yıkama ve temizleme, sabitleme ve saklama, yumuşatma ve kesit alma işlemleri yapılmıştır. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal 5BB (*Vitis berlandieri x Vitis riparia*) asma anacıdır. Bu anaca ait bir yaşlı dal örnekleri (4-5 cm uzunluğunda ve yaklaşık 1 cm çapında) kış dinlenme döneminde alınarak polietilen poşetler içerisinde +2°C'deki soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Daha sonra dikim için hazırlanan çelikler köklendirme ortamına (2:1 torf:perlit) alınmıştır. Çeliklerde kökler oluşuktan sonra (8 hafta) bazal kısımları 3-6 cm uzunluğunda kesilerek numuneler hazırlanmıştır.

Temizleme ve yıkama işlemi incelenecek materyalin doku tipi ve boyutları göz önüne alınarak yapılmıştır. Yıkama işleminde musluk suyu kullanılmıştır. Örnekler yıkandıktan sonra içerisinde saf su bulunan cam kaplar içerisinde temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Sabitleme ve saklama işleminde örneklerin doku yapısını ve hücrelerini bozulmadan en iyi koruyacak kimyasal madde karışımının kullanılması önemlidir. Bu amaçla genellikle farklı iki sabitleme ve saklama yöntemi kullanılmaktadır (Engin ve Gökbayrak, 2023). Birincisi, FAA (Formaldehit,

Alkol ve Asetik asit)'dir. İkincisi, Kopenhag karışımıdır (Etanol, Saf su, Gliserol). Asma numuneleri içerisinde FAA (Formalin %10, etanol %50 ve glasiyel asetik asit %5) bulunan kahverengi şişelerde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Yumuşatma, incelenen numuneler göz önüne alındığında önem taşımaktadır. Aşırı yumuşatılmış veya yeterince yumuşatılmamış örneklerden iyi kesitler elde etmek zordur. Asma örneklerinde çalı ve ağaç türlerinde etkinliği kanıtlanmış ana yumuşatma olarak da bilinen kaynatma yöntemi kullanılmıştır (Schubert ve ark., 1999).

Kesit alma, başarılı mikroskopik incelemeler için büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, klasik sürgülü yarı otomatik mikrotom Reichert Jung (Almanya) kullanılmıştır. Alınan kesitlerin kalınlığı ortalama 80-190 µm'dir. Bu şekilde ince kesitler elde edebilmek için çok keskin bıçaklar kullanılmış ve bu bıçaklar sık sık değiştirilmiştir. Mikrotom bıçağı ayarlandıktan sonra örneklerin yüzeyine %98 Etanol damlatılmış ve ıslak sulu boya fırçası yardımıyla örnek üzerindeki fazlalıklar alınarak bıçak kaydırılmıştır. Bu işlem, bıçağın temas noktasının ıslanmasını ve kesilen kısmın bükülmesini engellemek amacıyla her numunede uygulanmıştır.

Boyama işlemine geçilmeden kesitler %98 etanol içeren petri kaplarına alınmıştır. Alınan kesitler mikroskop altında incelenerek mikrotom bıçağının kesici ucundan gelebilecek iz ve çatlaklara karşı kontrol edilmiş ve bu tip örnekler boyama testine alınmamıştır.

### Boyama

Kesitlerin boyanmasında genellikle üç farklı uygulama şekli kullanılmaktadır. Birincisi, boyama solüsyonlarının doğrudan kesit üzerine damlatılmasıdır. Hazırlanan boya solüsyonlarıyla doldurulmuş pipetler kullanılır. İkincisi, petri kabında hazırlanan çözeltiye batırılır. Üçüncüsü, kesitler bir çözeltiden diğerine aktarılır (Engin ve Gökbayrak, 2023).

### Boyama Maddeleri

Araştırmada kullanılan bazı malzeme ve ticari olarak temin edilebilen boyama maddelerinin listesi Çizelge 1'de verilmiştir. İncelenecek numunenin yapısına göre boyama solüsyonları (Şekil 1), ihtiyaç duyulan miktar ve şişe boyutları gibi faktörler değişkenlik göstermektedir. Tüm çözeltiler etiketlendikten sonra bozulma göstermeyecekleri ortamlarda saklanmıştır.

Çizelge 1. Ticari olarak temin edilebilen boyama maddeleri ve hazırlanmasında kullanılan bazı kimyasal ve malzemeler.

Table 1. Commercially available stains and some chemicals and materials used in their preparation.

Boyama Maddeleri			
Kullanılan Boyalar	Üretici Firma	Hazırlama Solüsyonu	Malzemeler
Toluidine blue O	Merck	Saf su	Kronometre (boyama süresi için)
Aniline blue	Sigma-Aldrich	Saf su	Filtre kâğıdı (fazla boya için)
Safranin O	Sigma-Aldrich	Etil alkol	Lam ve lameller (farklı boyutlarda)
Bromophenol blue	Carlo-Erba	Saf su	Eldivenler
Methyl green	Sigma-Aldrich	Saf su	Farklı boyutlarda devetüyü fırçalar
Basic fuchsin	Sigma-Aldrich	Etil alkol	Şişeler ve petri kapları
Giemsa stain	Sigma	Etil alkol	Hassas terazi
Fast green FCF	Sigma-Aldrich	Saf su	Erlen ve beherler
Carmin	Merck	Saf su	Kilitli kaplar

### Boyama İşlemi

Kesit boyamalarında farklı araştırmacıların uyguladıkları çeşitli yöntemler vardır (Lancelle ve ark., 1986; Fields ve ark., 1997; Anderson ve Bancroft, 2002; Bond ve ark., 2008; Hackle, 2015; Hackle ve ark., 2015). Çalışmamızda kesitlerinin boyanmasında asma örneklerinin yapılarına göre tarafımızdan geliştirilen yöntemler kullanılmıştır.

### Toluidine blue O (TOB) Boyama

TBO, hücrelerin farklı kimyasal bileşenlerine farklı tepki veren ve çok renkli bir örnekle sonuçlanan katyonik, polikromatik bir boyadır. TBO, pektik asit gibi karboksilatlı polisakkaritlerle reaksiyona girerek morumsu, lignin ve tanenler gibi polifenolik maddelerle yeşilimsi mavi veya parlak mavi ve nükleik asitlerle morumsu veya yeşilimsi mavi renk verir (Fields ve ark., 1997). Bu çalışmada Toluidine blue O doğrudan kesitlere 3 dakika boyunca uygulanmıştır. Sonrasında filtre kâğıdı kullanarak fazla boya uzaklaştırılmış ve ardından kesitlerin yüzeyi saf suyla yıkanmıştır. Bu işlem kesitlerin kenarlarında fazla boya kalmayınca kadar (2-3 kez) tekrarlanmıştır. Son olarak kesitlerin üzerine bir damla saf su eklenmesiyle kesitler mikroskop altında incelemeye hazır hale getirilmiştir.

#### **Aniline blue (AB) Boyama**

Aniline blue (AB), diphenylamine blue, China blue ya da soluble blue olarak da isimlendirilir. Su mavisi bir renk oluşturur. Uygulandıktan sonra sarı-yeşil bir renk görünen, suda çözünür bir boyadır (Anderson ve Bancroft, 2002). Jewell (1958) tarafından çamlardaki pas mantarlarını ayırt etmek için kullanılmıştır. AB boyasının uygulanması için petri kabında % 0.5'lik çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiye kesitler 5-10 dakika batırılmıştır. Filtre kâğıdı kullanarak fazla boyası çıkarılan kesitlerin yüzeyi saf suyla yıkanarak mikroskop altında incelenmiştir.

#### **Safranin O (SO) Boyama**

Safranin O anatomik incelemelerde kullanılan klasik bir boya olup suda veya alkolde çözünerek kırmızı renk oluşturur. Bu boya odunlaşmış hücreleri ve yapıları boyamak için rutin olarak kullanılmaktadır (Bond ve ark., 2008). Çalışmamızda SO boya sulu çözeltisi kullanılmadan önce kalıntıları gidermek için 2 kez filtrelenmiştir. SO etkili bir boya olduğu için kesitlerdeki fazla boya etil alkol kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Uygulamamızda %1'lik SO kullanılmıştır (%1'lik SO çözeltisi, 100 mL saf su içinde 0.7 g SO ve 100 mL %90'lik etilalkol içinde 1 g SO).

#### **Bromophenol blue (BB) Boyama**

Bromophenol blue farklı ortamlarda sarıdan mora değişen bir boyama maddesi olmakla birlikte, aynı zamanda endüstriyel boya olarak da kullanılmaktadır. Selüloza bağlanma eğilimi olan regresif bir boyadır ve suda veya alkolde çözünür (Camarero ve ark., 2010). Çalışmamızda BB boyası doğrudan kesitlere 5 dakika boyunca uygulanmış ve daha sonrasında filtre kâğıdı kullanılarak fazla boya uzaklaştırılmıştır. Bu aşamadan sonra kesitlerin yüzeyi saf suyla 2 kez yıkanmış ve kesitlerin üzerine bir damla saf su eklenerek mikroskop altında incelemeye hazır hale getirilmiştir.

#### **Methyl green (MG) Boyama**

Methyl green (MG), nükleik asitlere bağlanan bazik bir boyadır. MG, DNA'yı boyar ancak özel bir DNA boyası değildir. Tüm hücrelerde tek başına kullanıldığında hemen hemen her şeyi, özellikle de pektoselülozik duvarı boyamaktadır (Anderson ve Bancroft, 2002). Çalışmada MG boya uygulaması için petri kabında % 0.2'lik çözelti hazırlanmış ve kesitler hazırlanan bu çözeltiye 10 dakika batırılmıştır. Filtre kâğıdı kullanarak fazla boyası uzaklaştırılan kesitlerin yüzeyi saf suyla yıkanarak mikroskop altında incelenmiştir.

#### **Basic fuchsin (BF) Boyama**

Basic fuchsin (BF), rosaniline, magenta II, pararosaniline ve fuchsine den oluşan floresan bir boyadır (Selvakumar ve ark., 2002). BF boyamanın aside dirençli basillerin tespiti için kullanılması onaylanmış olduğu ve Ziehl Neelsen boyama yönteminde yaygın olarak kullanıldığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda BF solüsyonu, 50 ml etil alkol (%95) içinde 0.5 g BF olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiye kesitler 10 dakika batırıldıktan sonra fazla boyası uzaklaştırılan kesitlerin yüzeyi saf suyla yıkanarak mikroskop altında incelenmiştir.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan boyama maddeleri a) Toluidine blue O, b) Aniline blue, c) Safranin O, d) Bromophenol blue, e)Methyl green, f) Basic fuchsin, g) Giemsa stain, h) Fast green FCF, i) Carmin.  
Figure 1. Staining substances used in the research a) Toluidine blue O, b) Aniline blue, c) Safranin O, d) Bromophenol blue, e)Methyl green, f) Basic fuchsin, g) Giemsa stain, h) Fast green FCF, i) Carmin.

#### **Giemsa stain (GS) Boyama**

Giemsa stain (GS) methylene blue, eosin ve azure karışımıdır. GS genellikle ticari olarak temin edilebilen Giemsa tozundan hazırlanır ve alkolde çözünür (Osipov ve Andreyan, 2014). Çalışmamızda GS solüsyonu, 100 ml etil alkol (%90) içinde 0.8 g GS olarak hazırlanmıştır.

#### **Fast green FCF (FG) Boyama**

Fast green FCF, yaygın olarak kullanılan karşıt bir boyadır. Su ve alkolde çözünür. Progresif bir boya olan FG boyamada, kesit istenen yoğunluğa ulaşana kadar boyanana boyama solüsyonuna batırılır. FG ile boyama yaparken, kesitler fazla solüsyona maruz bırakıldığında eşit olmayan boyamaya neden olabilir (Rauter ve Zufa, 1972). Bu çalışmada kesitler FG solüsyonuna batırılarak hazırlanmıştır. İki kez filtrelenmiş FG solüsyonu (100 ml %90 alkol hacminde 0.5 g toz FG) kullanılmıştır.

#### **Carmin (C) Boyama**

Carmin, cochineal böceğinden elde edildiğinde ‘cochineal’ olarak da adlandırılır. Kırmızı özlü alüminyum bileşenlerinden elde edilen parlak kırmızı renkte bir boyadır (Dapson, 2007). Araştırmamızda doğal kırmızı ve özel kod adı C.I. 75470 olan seri %1'lik çözeltisi kullanılmıştır.

#### **Safranin O (SO) ve Bromophenol blue (BB) Boyama**

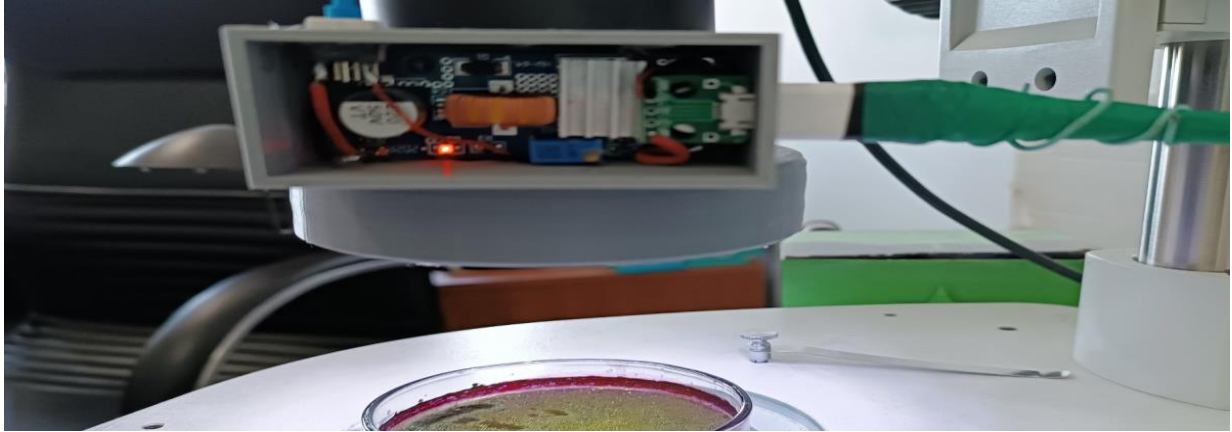
Saf su ile üç kez yıkanan kesitler %96 etanolde 1/1 oranında 10 dakika bekletildikten sonra 1g/L SO solüsyonunda 20 dakika bekletilmiş ve ardından fazlalıkları uzaklaştırmak için 3 kez saf suda durulama işlemi yapılmıştır. %0.75'lik BB çözeltisine (%10 gliserol ve %10 asetik asit içeren) 25 dakika daldırılmıştır. Filtre kâğıdı kullanarak fazla boyası çıkarılan kesitler tekrar saf suda üç kez durulanmıştır. Kesitlerin üzerine bir damla saf su eklenerek mikroskop altında incelemeye hazır hale getirilmiştir.

### Bromophenol blue (BB) ve Fast green FCF (FG) Boyama

İki kez saf su ile yıkanan kesitler %50 etanolde 5 dakika bekletildikten sonra %0.75'lik BB (%10 gliserol ve %10 asetik asit içeren) solüsyonunda 10 dakika bekletilmiş ve sonrasında fazla boyayı uzaklaştırmak için saf suda üç kez durulanmıştır. İkinci boyama için ise bu kesitler 10 dakika FG solüsyona (%100 alkol içeren 50 ml'de 0.5 g FG) daldırılmıştır. Oda sıcaklığında kurutulan numuneler üzerine bir damla saf su eklenerek mikroskop altında incele yapılmıştır.

### Görüntüleme ve Fotoğraflama

Boyanan kesitlerin görüntülenmesinde ve fotoğraflanmasında LC20-Bundle LCmicro yazılım programı (Olympus Corp., Japonya) kullanılmıştır. Boyama uygulaması yapılan kesitlerin incelenmesi Olympus SZX7 (Olympus Corp., Japan) stereomikroskop ve Olympus CX-41 (Olympus Corp., Japan) ışık mikroskobu altında yapılmıştır. Her iki mikroskoba da bağlanabilir özelliğe sahip dijital mikroskop kamerası (Olympus LC20) ile kesitlerin görüntülenmesi ve fotoğraflarının bilgisayara aktarılması sağlanmıştır. Kesitlerin fotoğrafları bilgisayara aktarıldıktan sonra, görüntülerin istenen özellikleri keskin bir şekilde gösterdiğinden emin olmak için dijital dosyalar anlık kontrol edilmiştir. İstenilen özellikte olmayanların yeniden fotoğrafları çekilmiştir. Stereomikroskop altında görüntüleme ve fotoğraflama doğrudan petri kapları içerisinde yapılmıştır. İncelenen örneklerin yüzey özelliklerinin daha belirgin bir şekilde fotoğraflanmasını sağlamak için bazı kesitler kısmen saf suya batırılmıştır. Daha ince ve küçük kesitler stereomikroskoptan daha iyi bir çözümüleme gücüne sahip olduğundan ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Kesitlerin incelenmesinde uygun ışıklandırma sağlanmasının yanı sıra gölgeleme yaratarak istenilen yapılar ön plana çıkarılabilmektedir. Bundan dolayı kesitlerin görüntülenmesinde ve fotoğraflamasında numunenin tamamı üzerinde eşit bir aydınlatma sağlanması önemlidir. Bu amaçla tarafımızdan stereomikroskoba monte edilebilen 'halka ışık' geliştirilmiştir (Şekil 2).



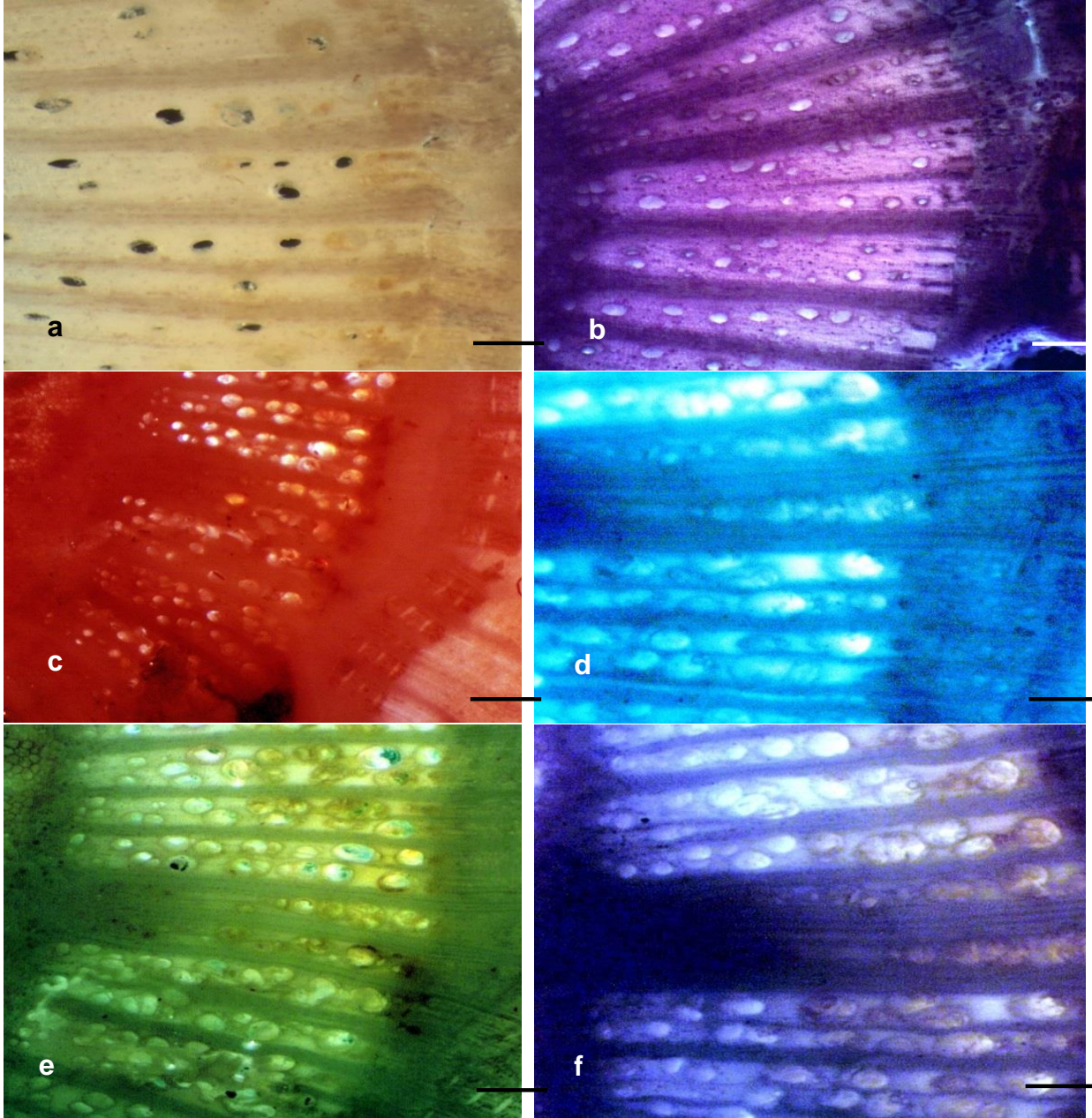
Şekil 2. Tarafımızdan geliştirilen, mikroskop altında sarı ve beyaz ışık aydınlatma sağlayan halka ışık modeli.  
Figure 2. The ring light model developed by us, providing yellow and white light illumination under the microscope.

Halka ışık, boyanan kesitlerin stereomikroskop kullanarak görüntüleme ve fotoğraflamasında numunenin tamamı üzerinde eşit bir aydınlatma olanağı sunmaktadır. Bunun yanı sıra, beyaz ışık, sarı ışık ve her iki ışık yoğunluğunu farklı oranlarda kullanarak numunelerin aydınlatılması sağlanmaktadır.

### Bulgular ve Tartışma

Asma dal dokularında ve dal üzerinde şekillenen köklerde doğal renk farklılıkları çok azdır (Şekil 3a). Bundan dolayı asmalarda kök oluşumunun ve dal dokularının yüzey ve iç özellikleri göstermek için konsantrasyonunu arttırmanın en iyi yolu boyamadır. Bu amaçla asma çeliklerinden kök oluşumunda hücre ve doku düzeyleri üzerine ayırt edici bilgiler sağlayarak net bir tanımlama ortaya koyabilmek için farklı boyama maddeleri ve bunların kullanıldığı farklı karışımlar üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada Toluidine blue O (TOB), Safranin O (SO), Bromophenol blue (BB), Fast green FCF (FG) ve Aniline blue (AB) boyamaları kesitlerde hücre ve doku düzeyleri üzerine etkili sonuçlar ortaya koymuştur (Şekil 3 b,c,d e,f).



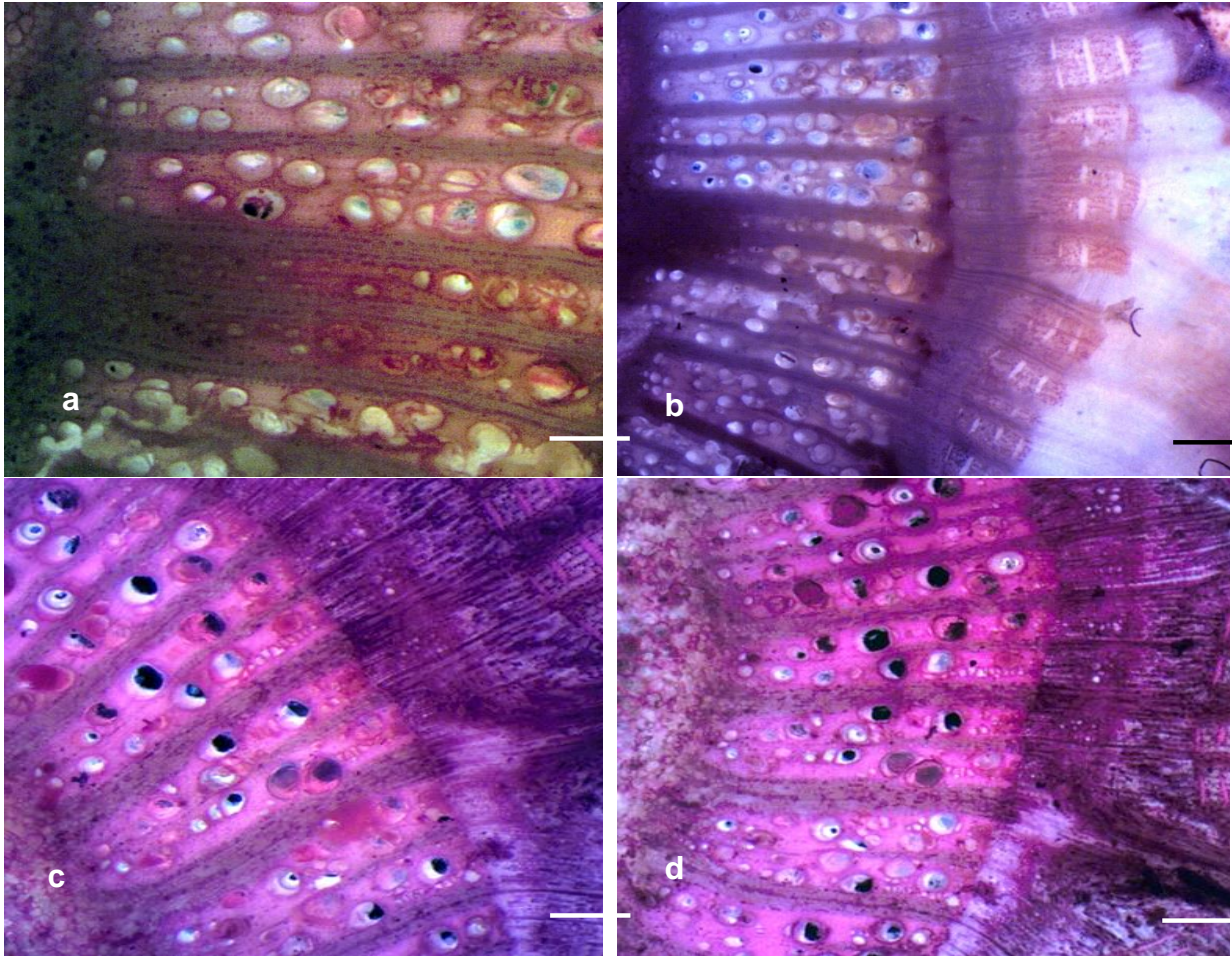


Şekil 3. Asma çeliklerinden alınan kesitlerde kök oluşumunun hücre ve doku düzeyleri doğal ve boyanmamış (a) ve boyama uygulaması yapılan Toluidine blue O (b), Safranin O (c), Bromophenol blue (d), Fast green FCF (e) ve Aniline blue (f) Ölçek çubuğu=300µm.

Figure 3. Cell and tissue levels of root formation in sections taken from grapevine cuttings, natural and unstained (a) and stained Toluidine blue O (b), Safranin O (c), Bromophenol blue (d), Fast green FCF (e) and Aniline blue (f) Scale bar=300µm.

TOB incelenen numunelerde (çapı 5mm küçük) en iyi sonucu veren boyama yöntemlerinden biri olarak belirlenmiştir (Şekil 4 a,b). Dokuların farklı bileşenlerine tepki vermekte ve kesitlerde renk farklılıkları oluşturmaktadır (Foglia ve ark., 2022). TOB'un lignin ve tanenler gibi polifenolik maddelerle yeşilimsi parlak mavi, nükleik asitlerle morumsu yeşilimsi mavi ve pektik asit gibi karboksilatlı polisakaritlerle reaksiyona girerek morumsu bir renk oluşturduğu bilinmektedir (Fields ve ark., 1997). Dolayısıyla asma kesitlerinde TOB boyamada ortaya çıkan renkler hücrelerin yapısı ve duvarları hakkında da bilgi verebilmektedir. Odunlaşmış dal kesitlerinde ikincil duvarlara sahip hücreler genellikle mavi görünüm almıştır. Öz bölgesindeki hücreler, yeşilimsi mora boyanmıştır. Daha ince kesitlerde kırmızımsı mor daha belirgindir.

SO su ve alkolde kolaylıkla çözülebilme ve oluşturduğu kırmızı renk ile dal anatomilerinin incelenmesinde odunlaşmış yapıları boyamada kullanılmaktadır (Galigher ve Kozloff, 1971; Ruzin, 1999; Fabien ve ark., 2020). SO incelenen kesitler üzerinde etkili bir kırmızı renk oluşturmuştur. SO solüsyonunda bekleme süresi uzadığında bu etki daha da artmıştır. SO boyamada kesitlerden fazla boyanın çıkarılması gereklidir. Aksi durumda çok yoğun kırmızı renk dokuları ayırt etmeyi zorlaştırmaktadır. Bu amaçla SO boyama yapılan kesitler mikroskop altında incelenmeden önce alkolle durulanmalıdır. Aşırı SO boyamasını engellemek için kesitlerin çözeltide bekleme süreleri azaltılabilir. Kesitlere uygulanan SO (%1'lik SO çözeltisi, 100 ml saf su içinde 0.7 g SO ve 100 ml %90'lik etilalkol içinde 1 g SO) içerisinde %1'lik SO çözeltisi etkili ve çift boyamalarda da kolaylıkla kullanılabilir özelliktedir. Fakat tekrarlanan uygulamalarda mutlaka filtrelenmelidir. Aksi durumda çökelti oluşturmaktadır. İncelenen asma kesitlerinde SO tek başına kullanılması durumunda etkili sonuçlar vermemiştir (Şekil 3c). SO ile karşıt bir boya (BB) kullanılmasının, asma kesitlerinin dokuları arasında ayırım yapmayı sağladığı saptanmıştır (Şekil 5). Çalışmamızın bu sonucu, BB boyamanın kullanılması gereken karşıt boyalar arasında bulunabileceğini göstermiştir.

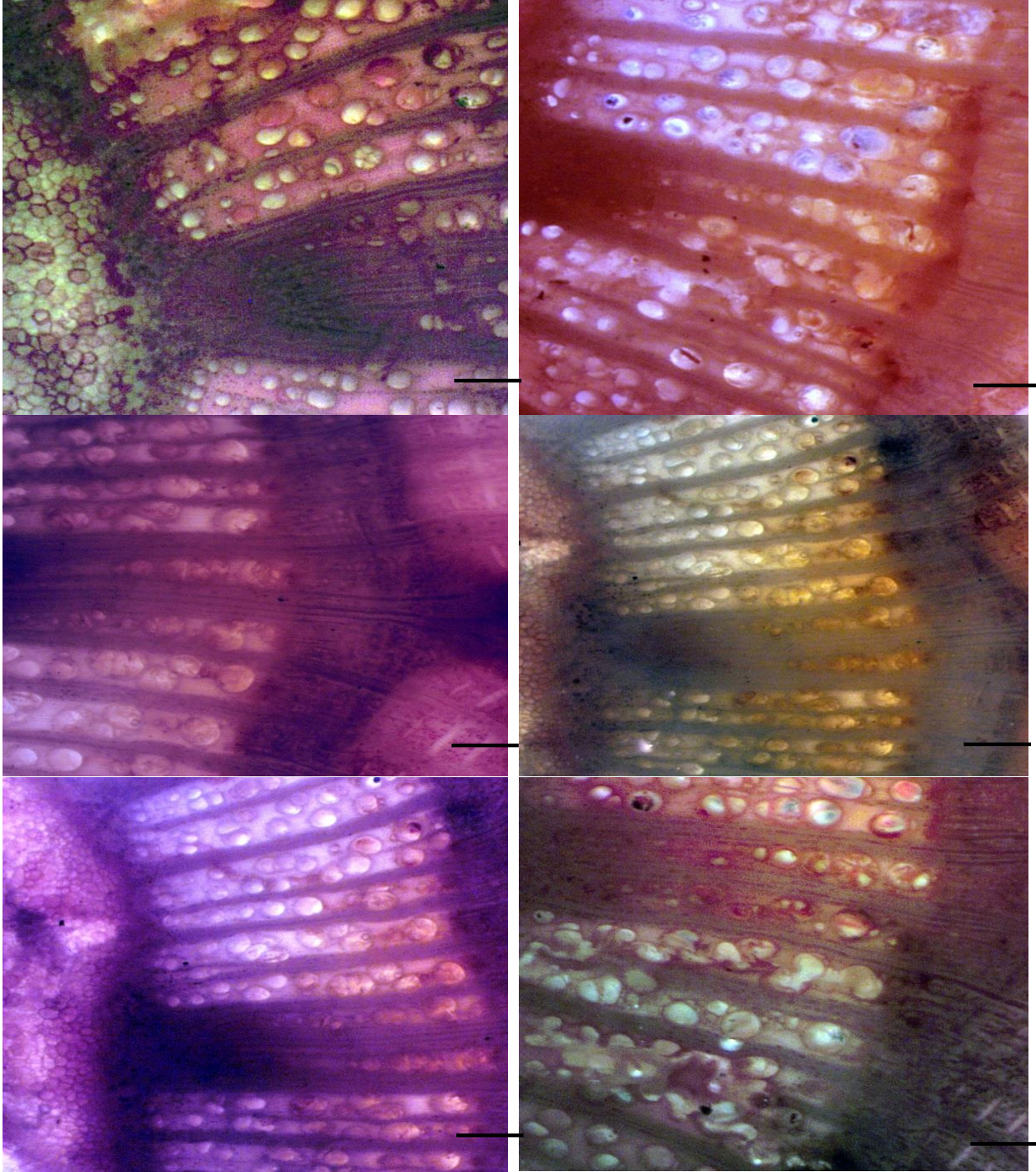


Şekil 4. Asma kesitlerinde kök oluşumunun hücre ve doku düzeyleri. a,b) Toluidine blue, c,d) Safranin O ve Bromophenol blue Ölçek çubuğu=300µm.

Figure 4. Cell and tissue levels of root formation in grapevine sections. a,b) Toluidine blue, c,d) Safranin O and Bromophenol blue Scale bar=300µm.

Karşıt boyalar üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, Astra Blue ve Fast green FCF (FG)'nin en sık kullanılan karşıt boyalar olduğu görülmektedir (Micco ve Aronne, 2007). Karşıt boyalar ile ilgili olarak (Schwarze, 2007), SO ile boyamanın selülozun mevcut olup olmadığına bakılmaksızın lignini boyarken, AB ile boyamanın yalnızca lignin yokluğunda selülozu boyadığını ifade etmiştir. BB, selüloza afinitesi olan etkili bir boya olarak dikkat çekmiştir. Çalışmamızda SO ile karşıt bir boya olarak asma çeliklerindeki kök oluşumunun erken aşamalarını tanımlamada başarı ile

kullanılabileceği belirlenmiştir. SO, lignini boyarken, BB, yalnızca selülozu boyamış ve böylelikle dokular arasındaki ayırım ortaya konulabilmiştir (Şekil 5).



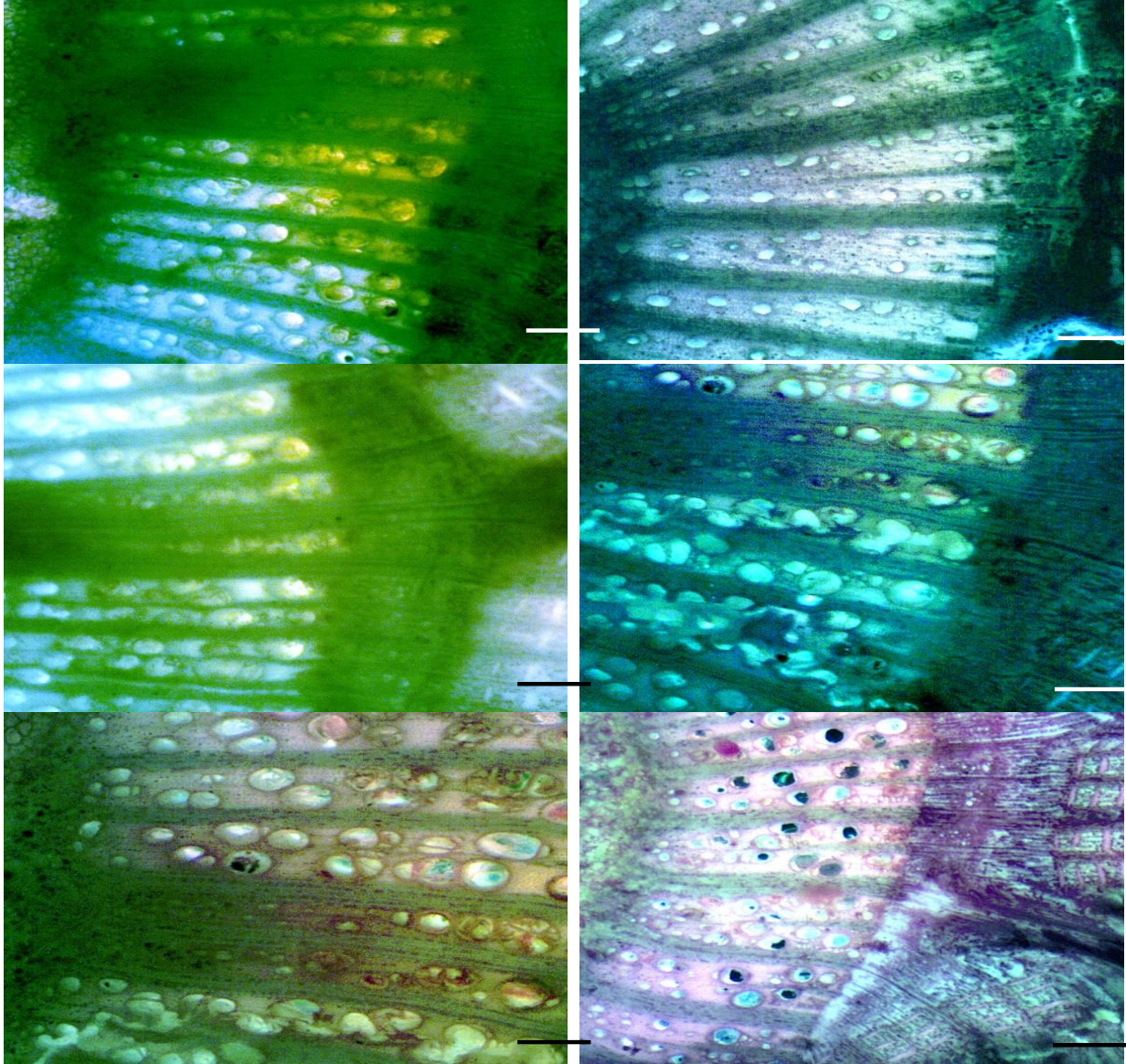
Şekil 5. Asma kesitlerinde kök oluşumunun hücre ve doku düzeylerine ait görseller. Safranin O ve Bromophenol blue çift boyama Ölçek çubuğu=300µm.

Figure 5. Images of cell and tissue levels of root formation in grapevine sections. Safranin O and Bromophenol blue double staining Scale bar=300µm.

Çift boyama tekniği kavak (*Populus tremuloides* Michx.) ağaçlarının damarlarındaki hücre duvarı odunlaşmasını ortaya koymak için kullanılmıştır (Sutton ve Tardif, 2005). Odunsu yapıya sahip numunelerle yapılan çalışmalar çözeltide su (Srebotnik ve Messner, 1994) kullanılmasının dokuları yumuşattığını, alkol (Vazquez ve Meyer, 2002; Çalı ve Candan, 2011) kullanılmasının ise dokuları sertleştirdiğini göstermektedir. Çalışmamızda yer alan boyamalarda dokulardaki farklılıkları görselleştirmek için sulu ve alkollü çözeltilerde kullanılmıştır. Çift boyama tekniği uygulamalarında

kullanılan boya maddelerinden biri alkol, diğeri suda çözülmesi durumunda dokuların sertlik veya yumuşaklık durumları değişkenlik göstereceğinden kesit yüzeyindeki boyamalar etkilenebilir. Asma kesitlerinde uyguladığımız Safranin O ve Bromophenol blue çift boyama tekniğinde, odunlaşmış duvarların kırmızı renkte olması ve selüloz açısından zengin katmanın mavi renkte olmasıyla dokular net bir şekilde gözlemlenebilmiştir (Şekil 4 c,d).

FG karşıt bir boya olarak kullanıldığında iyi sonuçların alındığı diğeri bir boyadır (Şekil 6). Çalışmamız FG'nin tek başına kullanılmasının aksine çift boyamalarda kullanılması durumunda daha etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Asma kesitlerinde kök oluşumunun hücre ve doku düzeylerine ait görseller. Bromophenol blue ve Fast green FCF çift boyama Ölçek çubuğu=300µm.

Figure 6. Images of cell and tissue levels of root formation in grapevine sections. Bromophenol blue and Fast green FCF double staining Scale bar=300µm.

FG boyamada kesitlerin istenen yoğunluğa kadar boyama solüsyonuna daldırılması damlatmaya göre daha etkili olmuştur. Bu nedenle genellikle seyreltik bir solüsyona batırılarak zayıf bir FG çözeltisi (%1) tavsiye edilmektedir (Wegner ve ark., 2014).

Çift boyama uygulamamızda %0.75'lik BB (%10 gliserol ve %10 asetik asit) solüsyonu kullanılmıştır. BB çözeltisi gibi karşı boya hazırlanmasında veya uygulanmasında küçük farklılıklar bulunmaktadır (Schweingruber ve ark., 2006). Ayrıca kesitler üzerine AB çözeltisinin damlatılmasından sonra 60°C'de 10 saniye ısıtılması önerilmektedir (Chaffey, 2002). Çift boyama

işlemleri zor ve uzun zaman almaktadır. Bu işlemleri kolaylaştırmak için, hem SO ve BB hem de BB ve FG çözeltilerinin eşit oranda birleştirilerek 3-5 dakikalık bir boyama süresi ile kesitlerin eş zamanlı boyanması önerilmektedir. Bazı araştırmacılar bu yaklaşımı benimseyerek örneğin, %1 SO ile %1 AB çözeltilerini eşit oranda karıştırılarak 10 dakikalık boyama süresine sahip bir SO ve AB karışımı (40 mg SO ve 150 mg AB, 100 ml saf su ile 2 ml asetik asit) önermişlerdir (Werf ve ark., 2007). AB ile eş zamanlı boyama da kullanılan SO'nun yerine Basacryl Brillant Rot BG (10 mg Basacryl-Brillant-Rot BG (C.I.16), kullanılabileceği ve bunun SO'nun aksine çökelti oluşturmadığı da bildirilmektedir (Rapp ve Behrmann, 1998).

FG boyamalar kesit yüzeylerinden sızarak eşit olmayan boyamalara neden olmuştur. Hem alkol ile hazırlanan hem de su ile hazırlanan FG boyama solüsyonları asma kesitlerin çift boyama işlemlerinde kullanılabilir bulunmuştur. Özellikle daha kalın ve odunlaşmış asma çeliklerden alınan kesitlere uygulanan FG solüsyonlarında dokular net şekilde ayırt edilebilmektedir (Şekil 6). Araştırmamızda MG, BF, GS ve C boyama solüsyonların kullanılması durumunda kesitlerin yüzeylerinde çok yoğun renk oluşumlarının meydana geldiği görülmüştür. Fazla boyamadan kaynaklandığını düşündüğümüz bu durum, incelenen kesitlerde dokuların ayırt edilememesine yol açmıştır. Bundan dolayı çalışmamızda yer alan boya maddelerinin daha düşük oranlarda veya karşıt boya olarak kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. AB asma kesitlerinde kullanılabilecek boyamalardan bir diğeridir. Özellikle keskin tonlardaki boyamalarla öne çıkmaktadır. İlk kullanımının ağaç mantarlarının belirlenmesinde olduğu ifade edilmektedir (Jewell, 1958). Kutscha ve Gray (1972) Köknar (*Abies balsamea* (L.) Mill.) kesitlerindeki dokularının şekillenmesiyle ilgili bir çalışmada ondan fazla boyama solüsyonunun test edildiğini ve AB kullanılarak çok iyi sonuçlar alındığını ifade etmişlerdir.

Farklı boyama maddelerini kullanarak yapılan araştırmalarda hücre duvarlarını ve lifleri başarılı bir şekilde boyamak için %1 SO ve AB içeren çift boyamaların kullanılması tavsiye edilmektedir (Schweingruber, 1990; Ruzin, 1999; Horobin ve Kiernan, 2002). Araştırmamızda kullanılan her iki çift boyama yönteminden de başarılı sonuçlar alınmıştır. Her iki çift boyama yönteminin de asma gövde ve kök kesitlerinin mikroskop altında incelenmesinde kullanılması tavsiye edilir. Gartner ve Schweingruber (2013) SO ve FG'in dal yapısının tanımlanmasında oldukça tatmin edici olduğunu ve hücre yapılarının görselleştirilmesinde AB kullanımını önermiştir. Ayrıca hücre yapılarını, yoğunlaşmalarını ve hücre duvarlarını keskin bir şekilde boyamak için AB, SO ve BP'nin birlikte kullanımları başka bir ifade ile üçlü boyamalar üzerine yeni çalışmalar yapılmalıdır. Farklı boyalar kullanarak farklı renklerde boyanan kesitlerin yüzeyindeki renklenmelerin ve keskinliğin mikroskop altında daha iyi görüntülemek ve fotoğraflamak için tarafımızdan 'halka ışık' geliştirilmiştir. Halka ışık, numunenin tamamı üzerine beyaz ışık, sarı ışık ve her iki ışık yoğunluğunu farklı oranlarda kullanarak kesit yüzeylerinde istenilen aydınlatma olanağı sunmaktadır.

### Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak boyama uygulamalarından Toluidine blue O, Safranin O, Bromophenol blue, Fast green FCF ve Aniline blue hücre ve doku düzeyleri üzerine etkili sonuçlar vermiştir. Araştırmamızda kullanılan çift boyama yöntemlerinden de Safranin O + Bromophenol blue ve Bromophenol blue + Fast green FCF dokuların belirgin bir şekilde boyanmasında oldukça etkili olmuştur. Bundan dolayı her iki çift boyama yöntemi de asma dal çeliklerinden adventif kök oluşumunun mikroskop altında incelenmesinde kullanılması önerilmektedir.

Bu çalışmanın bir diğer önemli özelliği ise, ilk defa 'halka ışık' yönteminin uygulanmış olmasıdır. Tarafımızdan geliştirilen 'halka ışık' tekniği boyanan kesitlerin yüzeyindeki renklenmeleri ve keskinliği artırarak numunelerin mikroskop altında görüntüleme ve fotoğraflamasında başarıyı artırmıştır. Halka ışık tekniği, numunenin tamamı üzerine beyaz ışık, sarı ışık ve her iki ışık yoğunluğunu farklı oranlarda kullanarak aydınlatma olanağı sunmaktadır. Dolayısıyla gelecekteki çalışmalarda sadece asmada değil diğer bitki türlerinin kesitlerinde doku ve hücrelerin daha iyi bir şekilde görüntülenmesinde oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Anderson, G., Bancroft, J., 2002. Tissue processing and microtomy. In: Bancroft J, Gamble M. Theory and practice of histological techniques. Churchill Livingstone, London, pp 85–107.
- Arık, C., Altındışlı, A., 2020. The effects of fixation and staining methods in histological investigation on the grafted cuttings of grapevine. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University. 38 (1): 65-72.
- Berlyn, G.P., Miksche, J.P., 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. Iowa State University Press, Ames.
- Bond, J., Donaldson, L., Hill, S., Hitchcock, K., 2008. Safranin fluorescent staining of wood cell walls. Biotech. Histochem. 83: 161-171.
- Bracegirdle, B., 1986. A history of microtechnique: the evolution of the microtome and the development of tissue preparation. History of microscopy series. Science Heritage Ltd, Lincolnwood.
- Camarero, J.J., Olano, J.M., Parras, A., 2010. Plastic bimodal xylogenesis in conifers from continental Mediterranean climates. New Phytol. 185:471–480.
- Chaffey, N.J., 2002. Wood formation in trees: cell and molecular biology techniques. Taylor-Francis, New York.
- Çalı, Ö. İ., Candan, F., 2011. Bitki Anatomisi Uygulamaları Kitabı, Nobel Yayınları, 112 s., Ankara
- Dapson, R. W., 2007. The history, chemistry and modes of action of carmine and related dyes. Biological Stain Commission Biotechnic & Histochemistry. 82(45): 173187.
- Engin, H., Gökbayrak, Z., 2023. Microscopic analyzes on stem samples. New frontiers in agriculture, forest and water issues. 27: 533-549.
- Fabien, B., Coentrin, S., Laure, T., Sophie, B., Godfrey, N. 2020. A rapid and quantitative safranin-based fluorescent microscopy method to evaluate cell wall lignification. The Plant Journal. John Wiley & Sons Ltd.
- Fields, S.D., Strout, G.W., Russell, S.D., 1997. Spray-freezing freeze substitution (SFFS) of cell suspensions for improved preservation of ultrastructure. Micro Res Tech. 38: 315–328.
- Foglia, R., Landi, L., Romanazzi, G. 2022. Analyses of xylem vessel size on grapevine cultivars and relationship with incidence of esca disease, a threat to grape quality. Appl. Sci. 12: 1177.
- Gahan, P.B., 1984. Plant histochemistry and cytochemistry-an introduction. Academic Press, London.
- Galigher, A.E., Kozloff, E.N., 1971. Essentials of practical microtechnique. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Gartner, H., Heinrich, I., 2010. Anatomie des cernes chez les plantes ligneuses en regions temperees et tropicales. In: Payette S, Filion L La Dendrochronologie: Principes, methodes et applications. Presses de Universite Laval, Quebec, 33–60.
- Gartner, H., Schweingruber, F.H., 2013. Microscopic preparation techniques for plant stem analysis. Kessel Publishing House, Germany.
- Hacke, U., 2015. Functional and ecological xylem anatomy. Springer International Publishing Switzerland. 133(15783):2-5.
- Hacke, U.G., Venturas, M.D., MacKinnon, E.D., Jacobsen, A.L., Sperry J.S., Pratt, R.B., 2015. The standard centrifuge method accurately measures vulnerability curves of long-vesselled olive stems. New Phytol. 205:116–127.
- Horobin, R.W., 1982. Histochemistry. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Horobin, R.W., Kiernan, J.A., 2002. Conn's biological stains. BIOS Scientific, Oxford.
- Jewell, F.F., 1958. Stain technique for rapid diagnosis of rust in southern pines. For Sci. 4:42–44.
- Kutscha, N.P., Gray, J.R., 1972. The suitability of certain stains for studying lignification in balsam fir *Abies balsamea* (L.) Mill. Tech Bull 72. Life Sciences and Agriculture Experimental Station, University of Maine.
- Lancelle, S.A., Callahan, D.A., Hepler, P.K., 1986. A method for rapid freeze fixation of plant cells. Protoplasma. 131:153–165.
- Micco, V., Aronne, G., 2007. Combined histochemistry and autofluorescence for identifying lignin distribution in cell walls. Biotech Histochem. 82:209–216.
- Osipov, A., Andreyan, O., 2014. DNA comet Giemsa staining for conventional bright-field microscopy. International Journal of Molecular Sciences 15(4): 6086-6095.
- Rapp, A.O., Behrmann, K., 1998. Preparation of wood for microscopic analysis after decay testing. Holz als Roh und Werkstoff. 56:277–278.
- Rauter, R.W., Zufa, L., 1972. A rapid technique for the determination of *Cronartium ribicola mycelium* in white pine bark tissues. In: Biology of rust resistance in forest trees. Proc of a NATO-IUFRO Advanced Study Institute, USDA Forest Service, (Miscellaneous Publ No 1221), Washington DC, 387–392.
- Ruzin, S.E., 1999. Plant microtechnique and microscopy. Oxford University Press, New York.

- Schubert, A., Lovisolo, C., Peterlunger, E., 1999. Shoot orientation affects vessel size, shoot hydraulic conductivity and shoot growth rate in *Vitis vinifera* L. *Plant Cell Environ.* 22:197–204.
- Schwarze, F.W., 2007. Wood decay under the microscope. *Fungal Biol Rev.* 21:133–170.
- Schweingruber, F.H., 1990. Microscopic wood anatomy. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf.
- Schweingruber, F.H., Börner, A., Schulze, E.D., 2006. Atlas of woody plant stems: evolution, structure, and environmental modifications. Springer, Berlin.
- Selvakumar, N., Ander, A., 2002. Inefficiency of 0.3% carbol fuchsin in ziehl-neelsen staining for detecting acid-fast bacilli. *Journal of clinical microbiology* 40(8): 3041-3043.
- Smith, G.M., 1915. The development of botanical microtechnique. *Trans Am Microsc Soc.* 34:71–129
- Srebotnik, E., Messner, K., 1994. A simple method that uses differential staining and light microscopy to assess the selectivity of wood delignification by white rot fungi. *Appl Environ Microbiol.* 60:1383–1386.
- Sutton, A., Tardif, J., 2005. Distribution and anatomical characteristics of white rings in *Populus tremuloides*. *IAWA J.* 26:221–238.
- Vazquez-Cooz I., Meyer, R.W., 2002. A differential staining method to identify lignified and unlignified tissues. *Biothech Histochem.* 77:277–282.
- Wegner, L., Sass-Klaassen, U., Eilmann, B., 2014. Micro-core processing a time and cost efficient protocol. Wageningen University.
- Werf, G.W., Sass-Klaassen, U., Mohren, G.M.J., 2007. The impact of the summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on a dry site in the Netherlands. *Dendrochronologia.* 25:103–112.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

## Geçici Şeftali Çeşitlerinin Depolanmasında 1-MCP ve Dinamik Kontrollü Atmosfer Koşullarının Kullanımı

Kenan Kaynaş<sup>1\*</sup>  Hatice Nihan Çiftçi<sup>1</sup>  Cemre Aktürk<sup>2</sup>  Hulusi Kıyı<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020, Çanakkale

<sup>2</sup>Anadolu Etap Penkon Gıda A.Ş. Gönen / Balıkesir

\*Sorumlu yazar: k\_kaynas@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 04.08.2023

Kabul Tarihi: 20.03.2024

### Öz

Taze meyve ve sebzelerin depolanmasında en yeni teknoloji olan Dinamik Kontrollü Atmosferde (DKA) muhafaza modeli, elmalarda ticari uygulamaya olanak bulmasına karşılık diğer türlerde halen araştırılma aşamasındadır. Bu çalışma kapsamında çok geçici ve uzun süre depolanan bazı şeftali çeşitlerinin en az kayıpla ve depolama sürelerini uzatmak amacıyla 1-Methylcyclopropane (1-MCP) uygulaması ile DKA koşullarında depolama ve sadece DKA koşullarında depolamanın etkileri araştırılmıştır. Çalışmada-bitkisel materyal olarak Anadolu Etap Penkon Gıda A.Ş.'nin Çanakkale Kumkale beldesinde tesis edilmiş olan bahçelerinden temin edilen çok geçici ANET 30, ANET 33 ve ANET 55 şeftali çeşitlerine ait meyveler kullanılmıştır. Hasattan sonra meyvelere gaz izolasyonlu kontrollü atmosfer odalarında 24 saat süreyle 625 ppb dozunda 1-MCP uygulaması yapıldıktan sonra, kademeli olarak sıcaklığı 1°C düşürülen DKA koşullarında 60 gün süreyle depolama yapılmıştır. DKA çalışmalarında, Balıkesir ili Gönen İlçesinde bulunan ticari kontrollü atmosfer depolarında chlorophyll fluorescence sensörleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortam CO<sub>2</sub> oranı ise ürünlerin solunumu sonucu ortama verilen CO<sub>2</sub> sayesinde sabit (%3) tutulmuştur. Ancak çalışmada meyvelerde oluşabilecek risk nedeniyle ortam O<sub>2</sub> oranı minimum %1 seviyesinde sabitlenmiştir. Çalışmada meyveler 60 gün süreyle depolanmış ve başlangıca göre depolama sonunda meyve eti sertliği (MES), suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit (TEA), şeker içerikleri ve kabuk rengindeki değişimler saptanmıştır. Genel olarak şeker içerikleri ve SÇKM miktarı bakımından DKA konularının NA konusuna göre daha düşük değerlerde kaldığı belirlenmiştir. İlaveten fenolik madde miktarı Anet 30 ve Anet 55 çeşitlerinde NA depolamada daha yüksek seyretmiştir. Bu özelliklerdeki değişimler dikkate alındığında şeftali çeşitlerinin DKA koşullarında (%1 O<sub>2</sub> + %3 CO<sub>2</sub>) önemli bir kalite kaybı olmadan 60 gün depolanabileceği tespit edilmiştir. Projede en uzun depolama süresi 60 gün olarak hedeflenmesine karşılık gözlemler bu meyvelerin DKA koşullarında 75-80 güne kadar depolanabileceği yönündedir.

**Anahtar Kelimeler:** ANET 30-33-55 Şeftali Çeşitleri, 1-Metilsiklopropan, Dinamik Kontrollü Atmosfer, Depolama, Kalite.

## The Effects of 1-MCP Use of Dynamically Controlled Atmospheric Conditions in the Storage of Late Peach Varieties

### Abstract

Although the Dynamic Controlled Atmosphere (DCA) storage model, the newest technology in the storage of fresh fruits and vegetables, has found commercial application in apples, it is still under research in other species. Within the scope of this study, the effects of 1-Methylcyclopropane (1-MCP) application and storage under DCA conditions and storage only under DCA conditions were investigated in order to minimize losses and extend the storage period of some peach varieties stored very late and for a long time. As plant material in the study, the fruits of the very late ANET 30, ANET 33 and ANET 55 peach varieties obtained from the orchards of Anadolu Etap Penkon Gıda A.Ş. located in Çanakkale Kumkale were used. After harvest, 1-MCP was applied to the fruits at a dose of 625 ppb for 24 hours in gas-insulated controlled atmosphere rooms, and then stored for 60 days under DKA conditions, where the temperature was gradually lowered by 1°C. DCA studies were carried out using chlorophyll fluorescence sensors in commercial controlled atmosphere warehouses located in Gönen District of Balıkesir province. The ambient CO<sub>2</sub> ratio was kept constant (3%)



thanks to the CO<sub>2</sub> released into the environment as a result of respiration of the products. However, in the study, the ambient O<sub>2</sub> rate was fixed at a minimum level of 1% due to the risk that may occur in fruits. Fruits were stored for 60 days and at the end of storage, fruit firmness, water soluble dry matter, titratable acid, sugar contents and changes in skin color were determined. In general, it was determined that DCA subjects remained at lower values than NA subjects in terms of sugar content and water soluble dry matter amount. Additionally, the amount of phenolic substances was higher in Anet 30 and Anet 55 varieties during NA storage. Considering the changes in these characteristics, it has been determined that peach varieties can be stored for 60 days under DCA conditions (1% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub>) without any significant quality loss. Although the longest storage period is targeted as 60 days in the project, the observations are that these fruits can be stored up to 75-80 days under DCA.

**Keywords:** ANET 30-33-55 Peach Varieties, 1-Methylcyclopropane, Dynamic Controlled Atmosphere, Storage, Quality.

## Giriş

Günümüzde soğutma, üstün mühendislik teknolojileriyle desteklenerek büyük bir endüstriye dönüşmüştür. Bugün meyve ve sebzelerin muhafazası yalnızca soğukta bekletme yöntemi olarak kalmamıştır. Son yıllarda geliştirilen ve kullanımı yaygınlaşan kontrollü atmosferli depo sistemleri ürünlerin solunumlarını kontrol altına alarak bekleme sürelerinin sınırlarını zorlamaktadır.

Şeftali (*Prunus persica* L.), ılıman iklime sahip alanlarda yetiştirilen ve tüketiciler tarafından sevilen ve aranan bir meyve türüdür. Dünya 25 milyon ton olan şeftali ve nektarin üretiminde, ülkemiz 856.500 ton üretimiyle 5. sırada bulunmaktadır. Çanakkale ise bu meyvelerin yetiştiriciliğinde ilk sırayı 126 489 ton şeftali ve 36 654 ton nektarin üretimi ile almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Türkiye'nin sahip olduğu çeşitli iklim koşulları sayesinde çok erkenci ve çok geçici çeşitler dahil olmak üzere pazarda beş ay boyunca şeftali taze meyve olarak tüketime sunulabilmektedir. Türkiye'de günümüze kadar şeftali ihracatının yeterince gelişmesine engel olan faktörler geçici, pazar isteklerine uygun, şeftali çeşitlerinin yetiştirilmemesi ve şeftali meyvesinin kısa olan depolama süresi ve raf ömrüdür. Çalışmamızda materyal olarak seçilen geçici şeftali çeşitlerinin özellikle dış pazarda ilgi görmesi nedeniyle daha uzun süre boyunca pazara sunmak ve depolayarak raf ömürlerini uzatmak ülke ekonomisi açısından önem taşımaktadır.

Şeftali 0 °C sıcaklık, %90 oransal nem olan uygun depolama koşullarında dahi en fazla 3-4 hafta muhafaza edilebilen, fizyolojik bozulmaları hızlı gerçekleşen ve mantar etmenine bağlı çürümelere oldukça hassas olan bir meyve türüdür. Depolama süresince şeftalide %12-28 oranı arasında kayıplar meydana gelmekte olup bu kayıplar özellikle ağırlık kayıpları, yünlüleşme, meyve eti kahverengileşmesi, üşüme zararı gibi fizyolojik bozulmalar ile kahverengi çürüklük, (*Sclerotinia fructicola*), monilia çürüklüğü (*Monilinia fructicola*) ve rizopus çürüklüğü (*Rhizopus stolonifer*) gibi mantarsal faktörler kökenlidir. Su kaybı ile birleşen bahsi geçen bozulmalar önemli boyutlarda ticari kayıplara sebep olmaktadır (Crisosto, 2002; Neves ve ark., 2013; Kesmen ve Kaynaş, 2018).

Türkiye'de toplam 7 milyon m<sup>3</sup> kapasiteli 1896 adet soğukta muhafaza tesisi olmasına karşılık bunların çok az bir kısmı yeni teknolojilerle donanımlıdır. Son yıllarda yabancı ve yerli kuruluşlar tarafından kurulan tesislerde bulunan yeni teknolojiler maalesef uygulama şekli konusunda bilgi eksikliği nedeniyle aktif kullanılmamakta, sınırlı olarak sadece elma muhafaza edilmeye çalışılmaktadır (Türk, 2018).

Taze meyve ve sebzelerde derim sonrası kayıpları azaltmak için günümüzde değişik depolama teknikleri ve hasat sonrası uygulamalar geliştirilmiştir. Normal soğuk depolarda muhafaza yanında, değişik özelliklere sahip modifiye atmosfer (MA) torbaların kullanımı ve kontrollü atmosferde (KA), ultra düşük oksijende (ULO), dinamik kontrollü atmosferde (DKA) depolama en yaygın kullanılan teknolojilerdir (Zanella ve ark., 2005; Watkins, 2008).

Dinamik Kontrollü Atmosfer (DKA) sistemi patentli bir teknoloji olup, ticari olarak pazarlanması İtalyan Isolcell firmasına aittir. DKA; statik kontrollü atmosferli muhafazadan farklı olarak oda içi atmosfer değerlerinin anlık olarak ölçülebildiği ve depolanan ürünün isteğine göre yine bu oda atmosfer değerlerin anlık olarak değiştirilebildiği dinamik bir sistemdir. Bu sistemde; içine 6 adet meyve konulabilen ve içinde bir ışık kaynağı ile klorofil flüoresans sensörleri bulunan özel kaplar kullanılmaktadır. DKA sisteminin konsepti depoda atmosfer bileşimindeki oksijen düzeyinin meyvenin tolerans gösterebileceği en alt seviyeye kadar indirilmesidir. Bu durum anaerobik kompanse noktası (ACP) olarak da tanımlanmaktadır (DeEll ve ark.,1995). Gelişmiş ülkelerin kullandığı DKA koşullarında depolama, elma, armut, avokado gibi meyvelerde başarılı sonuçlar vermiş ve uygulamaya

geçmiştir (Burdon ve ark., 2010). Şeftali çeşitleri için dünyada dinamik kontrollü atmosfer koşullarında depolama konusunda az sayıda çalışma yapılmıştır. Ferrer-Mairal ve ark. (2012), geçici ve et şeftali çeşitlerinden Jesca ve Evaisa meyvelerinin KA koşullarında 45 güne kadar depolandığını açıklamışlardır. Diğer yandan Cano-Salazar ve ark. (2013), Big Top, Early Rich, Venus ve Sweet Dream nektarin çeşitlerinde KA koşullarında (%2 O<sub>2</sub> + %5 CO<sub>2</sub>) aroma ve diğer kalite öğelerinin kaybının en az olduğunu saptamışlardır. Truque ve ark. (2012) Miraflores şeftali çeşidinde KA'da depolama ile fungal çürümelerin tamamen önlendiğini, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 10 kPa değerinin üzerine çıkartıldığı zaman aroma kaybının görüldüğünü açıklamışlardır. Şeftali ve nektarinlerin KA koşullarında araştırma çalışmaları bulunmasına karşılık DKA koşullarında depolanması ve raf ömrü konusunda Türkiye'de yapılmış çalışma yoktur.

Diğer yandan şeftali – nektarin muhafazasında farklı gaz geçirgenlik özelliklerine sahip torbalar kullanılarak MA koşullarında muhafaza çalışmaları yapılmıştır.

Taze meyve ve sebze ürünlerinin başarı ile muhafazasında etilenin kontrolü önemli etkenlerinden biridir. Olgunlaşma hormonu olarak bilinen hormon hücreler tarafından sentezlenmekte ve ürünü hızla olgunlaşmaya ve yaşlanmaya götürmektedir. Günümüze kadar olan süreçte etilen sentezinin yavaşlatılması veya durdurulması ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bunların arasında depo atmosferinden etilenin temizlenmesi, etilen emici kimyasalların kullanımı gibi seçeneklerin yanında son zamanlarda 1-MCP'nin kullanımı sebzelerde ve özellikle klimakterik gösteren meyvelerde ticari olarak çok yaygınlaşmıştır. 1-MCP hücre zarında bulunan etilen reseptörlerine yerleşerek etilen sentezini düşürecek şekilde etki eden ve muhafaza alanında büyük gelişme sağlanmasına olanak tanıyan bir materyaldir (Watkins ve ark., 2000; Blankenship ve Dole, 2003). 1-MCP ile ilgili olarak tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de çok fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak diğer meyve türlerine kıyasla şeftali için uygulanma ihtimaline dair araştırma sayısı azdır.

Çalışmamızda şeftali depolanmasında depolama süresini uzatmak ve en az kalite kaybı ile öngörülenden daha uzun süre depolama yapmak amacıyla; meyvelerin DKA sisteminin teknel ve 1-MCP ile birlikte kullanımının potansiyeli araştırılmıştır. Bu kapsamda farklı amaçlara yönelik ekonomik ticari uygulama kombinasyonları ortaya konulabilecektir.

### Materyal ve Yöntem

Çalışmada bitkisel materyal olarak ANET 30, ANET 55 ve ANET 33 şeftali çeşitlerine ait meyveler kullanılmıştır. Meyveler, sertlik, meyve kabuk rengi ve suda eriyebilir kuru madde değerleri izlenerek (Ertan ve ark.1984). ANET 33 ve ANET 55 çeşitleri 27.09.2021 tarihinde, ANET 30 çeşidinde ait meyveler 14.10.2021 tarihinde hasat edildikten sonra Anadolu Etap Penkon Gıda Gönen ilçesinde bulunan tesislerine götürülmüş ve 8-10°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra aynı sıcaklıkta gaz izolasyonlu kontrollü atmosfer odalarında 625 ppb dozunda 1-MCP ile muamele edilmiştir. 1-MCP uygulanan ve uygulama yapılmayan meyveler 5 günlük süreç içerisinde kademeli olarak oda sıcaklığı düşürülerek 1-2°C sıcaklıkta DKA koşullarında depolama yapılmıştır. Soğuk oda, DKA moduna alındıktan sonra depo atmosferi O<sub>2</sub> oranı azot jeneratörü sayesinde %3 seviyelerine çekilmiş bu arada solunum sonucu CO<sub>2</sub> gerekli yüksek seviyeye geldikten sonra O<sub>2</sub> oranının düşmesi ve meyveyi strese sokarak anerobik kompanse noktasında pik almaya zorlanmıştır. Ancak, O<sub>2</sub> oranı azot jeneratörü yardımıyla %1'e kadar düşürülse de oda tamamen dolu olmadığı için anerobik kompanse noktası piki görülmemiştir. Bunun sonucunda DKA koşullarında oda O<sub>2</sub> oranı %1-2 arasında, ortam CO<sub>2</sub> oranı ise ürünlerin solunumu sonucu ortama verilen CO<sub>2</sub> sayesinde sabit (%3) tutulmuştur.

Hasattan sonra 1-MCP uygulanan meyveler ile 1-MCP uygulanmamış meyveler oda içi atmosfer değerlerinin anlık olarak ölçülebildiği ve depolanan ürünün isteğine atmosfer değerlerin anlık olarak değiştirilebildiği, klorofil flüoresans sensörleri (Flourescence Interactive Response Monitor) bulunan özel kaplar içinde 60 gün süreyle depolanmışlardır. Kullanılan DKA sisteminde depo atmosferinde gaz oranlarının sabit tutulabilmesi amacına tesisin kapısının açılmaması ve çalışmanın 1000 ton kapasiteli ticari odada yapılması nedeniyle depolama süresince belirli zaman aralıklarında meyvelerde kalite kontrolü ve ağırlık kaybı takibi yapılmamıştır. Depolamada kullanılan 1-MCP için ön çalışma sonucu seçilen 625 ppb dozu seçilmiştir. Depolama süresince ilk 5 gün sonra 0°C sıcaklık, %90-95 oransal nem, %1 O<sub>2</sub> ve %3 CO<sub>2</sub> koşulları termostat, higrostat, gaz analizatörleri ile anlık olarak ölçülmüş ve gerektiğinde müdahale edilmiştir.

Çalışmada kalite değerlendirmesinde el tipi sertlik ölçüm cihazı (Effegi 48011) ile doğrudan (kg) olarak meyve eti sertliği (MES), refraktometre ile (%) suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), elektrometrik titrasyon yöntemi ile şeftalide etkin organik asit olan malik asit cinsinden titre edilebilir asit miktarı ( $g.100g^{-1}$ ), (Cemeroğlu, 1992), UV-VIS spektrofotometresi yardımıyla şeker içerikleri ( $g.100g^{-1}$ ) (Ross, 1959) belirlenmiştir. Meyve kabuk rengindeki değişimler Minolta Kolorimetresi (CR 300, Minolta, Japonya) ile CIE  $L^* a^* b^*$  cinsinden ölçülerek Hue açısı ( $h^\circ$ ), kroma ( $C^*$ ) ve  $L^*$  değerleri belirlenmiştir (McGuire, 1992). Meyvelerin toplam fenolik madde içeriği FolinCiocalteu metoduna göre mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) mg/100 ml cinsinden verilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965).

### İstatistik Analizler

Çalışmada sadece başlangıç ve 60 gün depolama sonunda alınan değerlerde incelenen kalite özelliklerinin uygulamalara göre değişimini ortaya koymak için; elde edilen bulgular Temel Bileşen Analizine tabi tutularak değerlendirilmiştir (Abdi ve Williams, 2010). Temel Bileşen Analizine (TBA) ait grafikler şekil olarak ve rakamlar çizelge halinde sunulmuştur. Temel Bileşen Analizi Minitab 17 istatistik paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Depolama süresince belirli zaman aralıklarına ait değerler alınmadığı için varyans analizinden ziyade TBA tercih edilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda yer alan meyvelerde olgunlaşma, yaşlanma belirtisi olarak kabul edilen meyve kabuk renk değerlerinde çok büyük bir değişim görülmemiştir. Başlangıçta yeşil sarı olan kabuk ve et rengi kısmen açılım göstermiş, meyve TEA, SÇKM ve MES değerlerinde beklenen değişimler kontrol meyvelerine göre önemli derecede düşük oranda gerçekleşmiştir. DKA odasında depo tamamen doldurulamadığı bu nedenle depo oransal nem değeri istenen %90-95 düzeyinde tutulamaması nedeniyle tüm çeşitlere ait meyvelerde su kaybı olduğu için sertlik ölçümlerinde meyvelerin elastiki özellik kazanmasından dolayı bazı MES değerleri yüksek bulunmuştur.

DKA koşullarında yapılan depolama şeklinde meyvelerde yapılan gözlemlerde 60 gün sonra ANET 33 ve ANET 55 çeşitlerinde kısmen meyve eti kararması görülürken, ANET 30 çeşidinde herhangi bir fizyolojik bozulma görülmemiştir. 1-MCP uygulanarak ve uygulanmadan doğrudan DKA koşullarında muhafaza edilen meyvelerde mantari etmenlerden ileri gelen kahverengi çürüklük (*Brown rot*), (*Sclerotinia fructicola*), monilia çürüklüğü (*Monilinia fructicola*) ve rizopus çürüklüğü (*Rhizopus stolonifer*) hiç görülmemiştir. Depolamada çok düşük  $O_2$  ve yüksek  $CO_2$  değerleri bu etmenleri tamamen etkisiz duruma getirmiştir. Daha önceki araştırmalarda ürünün bulunmuş olduğu ortamdaki  $O_2$  miktarı azaldıkça çürüme miktarında da azalmalar olduğu belirtilmiş ve en az çürümenin oksijensiz ortamda sağlandığına değinilmiştir (El-Grooni ve Sommer, 1981). Çalışmamızda da sağlanan düşük oksijen koşulları üründe meydana gelebilecek kararmaları Anet 30 çeşidi için bozulmaları ise tüm çeşitler için önlemiştir. Bununla beraber oksijen oranı %1 'in altına düşen koşullarda ürünlerde oksijensiz solunum başlamakta bu nedenle lipit peroksidasyonu, vitamin ve aminoasit bozulması ile etanol ve asetadehit birikimi görülmekte sonuç olarak meyvelerde tat ve aromanın bozulmasına neden olmaktadır (Thompson, 2010). Bu duruma istinaden oksijen seviyesinin %1 'in altına inmesi önlenmiştir.

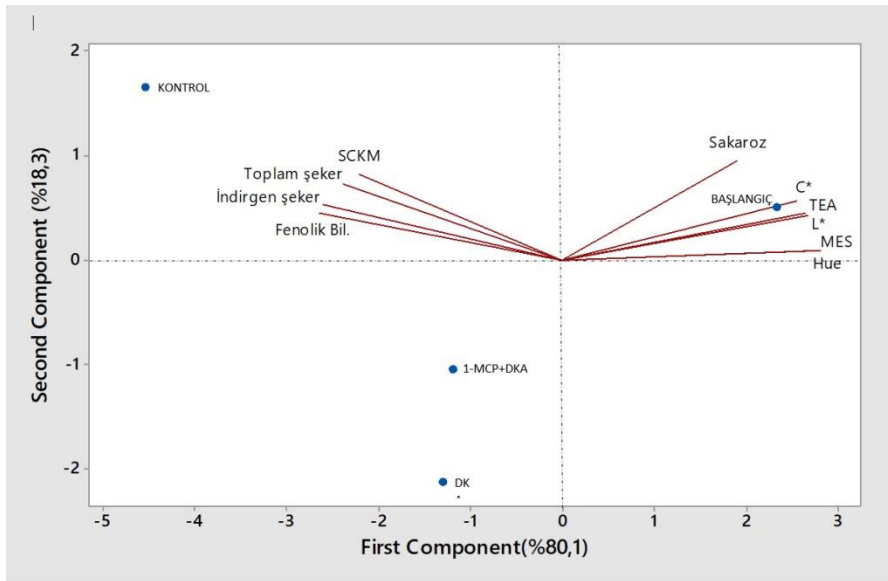
ANET 30 şeftali çeşidi meyvelerinin Normal Atmosfer (NA), Dinamik Kontrollu Atmosfer (DKA) ve 1-MCP uygulaması yapılarak DKA koşullarında 60 gün depolanması sonucu bazı kalite özelliklerindeki değişimler Çizelge 1 'de sunulmuştur.

ANET 30 şeftali çeşidinin muhafaza çalışmasında yapılan TBA analiz sonucuna göre ilk iki temel bileşen varyasyonun %98,40'ını açıklamaktadır (Şekil 1). TB1 ile yüksek korelasyon gösteren indirgen şeker ve fenolik bileşik değişkenleri arasında negatif korelasyon bulunmuşken, meyve eti sertliği (MES), titre edilebilir asitlik (TEA), renk parlaklığı ( $L^*$ ), Hue açı değeri ( $h^\circ$ ), kroma ( $C^*$ ) değişkenleri arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır. TB2 ile yüksek korelasyon gösteren toplam şeker, sakaroz ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) değişkenleri arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır (Çizelge 2). Başlangıç konusu üzerine MES, TEA,  $L^*$ ,  $h^\circ$ ,  $C^*$  ve sakaroz değişkenleri pozitif yönde etkili iken, SÇKM, toplam şeker, indirgen şeker ve fenolik bileşikler negatif yönde etkilidir. Kontrol konusunda ise SÇKM, toplam şeker, indirgen şeker ve fenolik bileşikler pozitif yönde etkili, MES, TEA,  $L^*$ ,  $h^\circ$ ,  $C^*$  ve sakaroz değişkenleri negatif yönde etki etmiştir.

Table 1. Changes in some quality characteristics after 60 days of storage of ANET 30 peach variety fruits under different conditions

Çizelge 1. ANET 30 şeftali çeşidi meyvelerinin farklı koşullarda 60 gün depolanması sonucunda bazı kalite özelliklerindeki değişimler

Kalite Özellikleri	Depolama Süresi	Depolama Koşulları		
		NA	1-MCP + DKA	DKA
MES (kg)	Başlangıç	4,48	4,48	4,48
	60 gün	3,54	3,86	3,96
SÇKM (%)	Başlangıç	11,80	11,80	11,80
	60 gün	13,37	11,80	11,78
TEA (g. 100 g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	1,02	1,02	1,02
	60 gün	0,25	0,32	0,34
Kabuk rengi L*	Başlangıç	64,73	64,73	64,73
	60 gün	51,41	53,80	53,02
Kabuk rengi (h°)	Başlangıç	92,58	92,58	92,58
	60 gün	86,41	90,11	92,58
Kabuk rengi (C*)	Başlangıç	55,52	55,52	55,52
	60 gün	26,17	26,56	25,41
Fenolik bileşikler (mg. 100 ml <sup>-1</sup> GAE)	Başlangıç	102,86	102,86	102,86
	60 gün	296,71	181,55	133,06
İndirgen şeker (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	2,63	2,63	2,63
	60 gün	4,85	3,12	3,05
Sakaroz (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	3,05	3,05	3,05
	60 gün	2,89	2,87	2,68
Toplam şeker (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	5,84	5,84	5,84
	60 gün	7,89	6,21	5,86



Şekil 1. ANET 30 şeftali çeşidine ait meyvelerin bazı kalite özelliklerindeki değişimin temel bileşen analizinde dağılımı

Figure 1. Distribution of changes in some quality characteristics of fruits of ANET 30 peach variety in principal component analysis

Başlangıçta renk değerleri ve TEA ile sakaroz miktarı yüksek iken depolama sürecinde SÇKM, toplam şeker, fenolik bileşikler ve indirgen şeker değişkenleri Kontrol, 1-MCP+DKA ve DKA konularını artan değerler ile etkilemekle beraber bu etki kontrol konusunda olduğu kadar yüksek bir etki değildir. Bununla birlikte kontrol konusu (NA)'nın şekerler ve fenolik bileşikler bakımından diğer konulara oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu ve diğer konulara oranla meyve kalitesini

korumada zayıf kaldığı görülmektedir. Bu durum şekerler ve fenolik bileşikler bakımından DKA koşullarının meyve kalitesini korumada etkili olduğuna işaret etmektedir. 1-MCP+DKA ve DKA konularını karşılaştırdığımızda ise SÇKM, toplam şeker, fenolik bileşikler ve indirgen şeker değişkenleri 1-MCP+DKA daha fazla etkilemiştir. Anet 30 şeftali çeşidi için uygulamalar arasında DKA koşullarında depolamanın meyve kalitesinin korunması ve uzun süre depolama için en uygun yöntem olduğu ifade edilebilir.

Table 2. Principal component matrix of some quality characteristics of ANET 30 peach variety fruits  
Çizelge 2. ANET 30 şeftali çeşidi meyvelerine ait bazı kalite özelliklerinin temel bileşen matrisi

Kalite Özellikleri	TB 1	TB 2	TB 3
MES	0,350	0,053	-0,280
SCKM	-0,276	0,451	-0,348
TEA	0,330	0,250	-0,293
L*	0,334	0,236	-0,143
h°	0,347	0,048	0,444
C*	0,319	0,309	-0,245
Fenolik Bileşikler	-0,329	0,250	0,323
İndirgen Şeker	-0,324	0,289	-0,160
Sakaroz	0,238	0,522	0,554
Toplam Şeker	-0,298	0,398	0,023

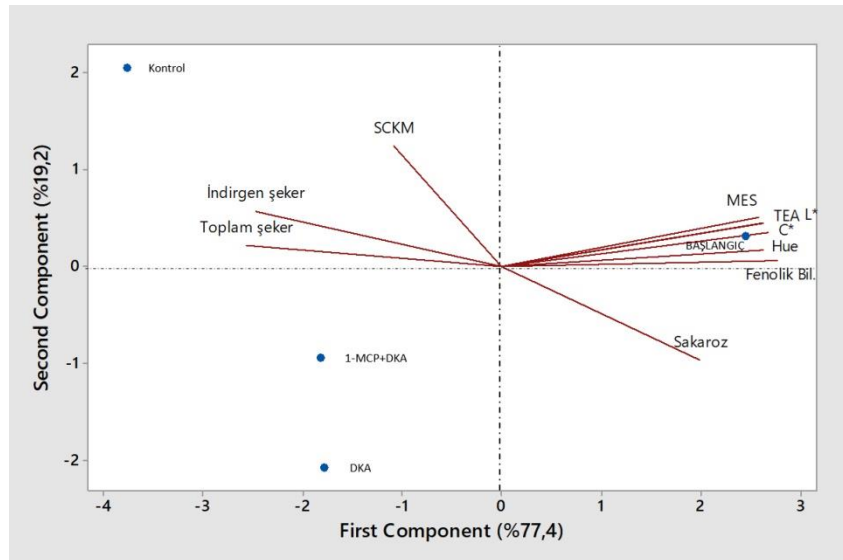
ANET 33 şeftali çeşidi meyvelerinin NA, DKA ve 1-MCP uygulaması yapılarak DKA koşullarında 60 gün depolanması sonucu bazı kalite özelliklerindeki değişimler Çizelge 3'de sunulmuştur.

ANET 33 çeşidinde yapılan muhafaza çalışmasına ait temel bileşen analizi(TBA) sonuçlarına göre ilk iki temel bileşen toplam varyasyonun %96,60'ını açıklamaktadır (Şekil 2). Çizelge 4'de verilen temel bileşen matrisi incelendiğinde ilk temel bileşen (TB1) ve MES, TEA, L\*, h°, C\*, fenolik bileşik, indirgen şeker ve toplam şeker değişkenleri arasında yüksek korelasyon bulunmuştur. Bu değişkenlerden indirgen şeker ve toplam şeker ile TB1 arasında negatif korelasyon bulunmuştur. Diğer altı değişken ise TB1 ile pozitif korelasyon göstermektedir. İkinci temel bileşen (TB2), SÇKM ve sakaroz bileşenleri ile açıklanmakta olup sakaroz negatif, SÇKM ise TB2 ile pozitif korelasyon göstermektedir. Başlangıç konusu TB1 ile ifade edilen değişkenlerle güçlü şekilde açıklanmaktadır. Ancak başlangıç konusu üzerinde indirgen şeker ve toplam şeker negatif yönde etkilidir. Kontrol konusunun üzerinde ise indirgen şeker, SÇKM ve toplam şeker pozitif yönde etkiliyken, diğer değişkenler negatif yönde etkilidir. İndirgen ve toplam şeker 1-MCP+DKA ve DKA konusu üzerinde kontrol konusundan daha az etkilidir. Ayrıca DKA konusu üzerinde sakaroz pozitif yönde etkiliyken, SÇKM negatif yönde etkilidir.

Table 3. Changes in some quality characteristics after 60 days of storage of ANET 33 peach variety fruits under different conditions

Çizelge 3. ANET 33 şeftali çeşidi meyvelerinin farklı koşullarda 60 gün depolanması sonucunda bazı kalite özelliklerindeki değişimler

Kalite Özellikleri	Depolama Süresi	Depolama Koşulları		
		NA	1-MCP + DKA	DKA
MES (kg)	Başlangıç	4,56	4,56	4,56
	60 gün	4,09	4,08	3,95
SÇKM (%)	Başlangıç	11,40	11,40	11,40
	60 gün	12,70	11,50	10,60
TEA (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	0,95	0,95	0,95
	60 gün	0,50	0,41	0,45
Kabuk rengi L*	Başlangıç	64,38	64,38	64,38
	60 gün	52,18	51,60	50,24
Kabuk rengi (h°)	Başlangıç	90,42	90,42	90,42
	60 gün	83,90	82,90	85,85
Kabuk rengi (C*)	Başlangıç	57,48	57,48	57,48
	60 gün	27,40	26,25	27,41
Fenolik bileşikler (mg. 100 ml <sup>-1</sup> GAE)	Başlangıç	217,31	217,31	217,31
	60 gün	53,51	111,44	90,70
İndirgen şeker (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	1,65	1,65	1,65
	60 gün	6,29	2,74	3,24
Sakaroz (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	3,71	3,71	3,71
	60 gün	1,92	3,25	3,85
Toplam şeker (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	5,55	5,55	5,55
	60 gün	8,31	6,24	7,35



Şekil 2. ANET 33 şeftali çeşidine ait meyvelerin bazı kalite özelliklerindeki değişimin temel bileşen analizinde dağılımı

Figure 2. Distribution of changes in some quality characteristics of fruits of ANET 33 peach variety in principal component analysis

Diğer bir değişle Anet 33 çeşidi Anet 30' benzer sonuçlar göstermekle birlikte fenolik bileşikler bakımından farklı bir sonuç elde edilmiş ve NA koşullarında en düşük değere ulaşılmıştır. Muhafaza uygulaması ile ulaşılmaya çalışılan özellikler ürünün yaşlanmasını ifade eden şeker bileşenlerinin pozitif yönde değişiminin olmamasıdır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde 1-MCP+DKA ve DKA uygulamaları olumlu kabul edilebilir.

Table 4. Principal component matrix of some quality characteristics of ANET 33 peach variety fruits  
Çizelge 4. ANET 33 şeftali çeşidi meyvelerine ait bazı kalite özelliklerinin temel bileşen matrisi

Kalite Özellikleri	TB 1	TB 2	TB 3
MES	0,333	0,267	0,089
SCKM	-0,139	0,650	0,331
TEA	0,337	0,233	-0,223
L*	0,340	0,233	-0,035
h°	0,340	0,091	-0,519
C*	0,346	0,184	-0,149
Fenolik Bileşikler	0,358	0,034	0,141
İndirgen Şeker	-0,318	0,300	-0,352
Sakaroz	0,258	-0,500	-0,135
Toplam Şeker	-0,330	0,116	-0,615

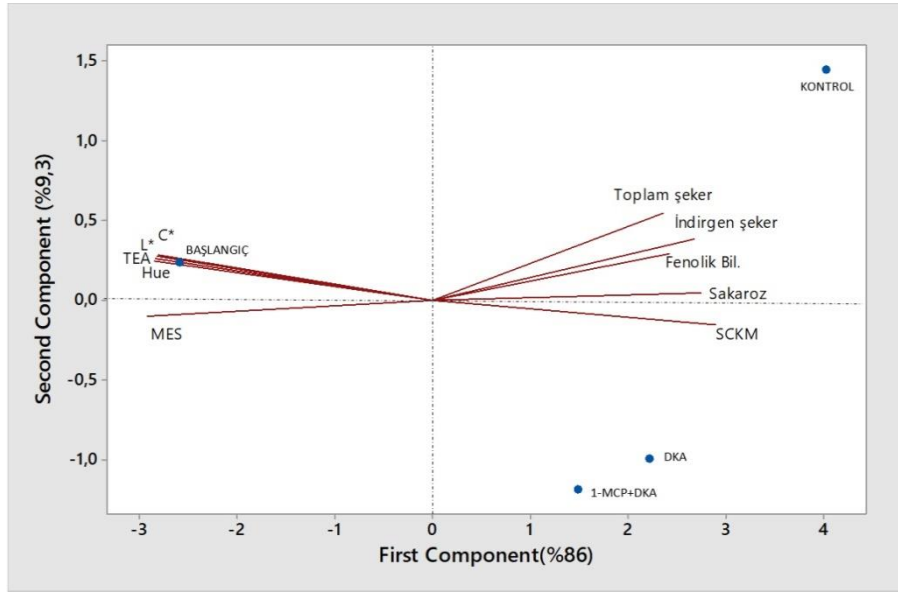
ANET 55 şeftali çeşidi meyvelerinin Normal Atmosfer (NA), Dinamik Kontrollü Atmosfer (DKA) ve 1-MCP uygulaması yapılarak DKA koşullarında 60 gün depolanması sonucu bazı kalite özelliklerindeki değişimler Çizelge 5’de sunulmuştur.

ANET 55 çeşidi muhafaza çalışmasında gerçekleştirilen TBA sonucuna göre ilk iki temel bileşenin açıkladığı toplam varyasyon oranı %95,90 dır (Şekil 3). TB1 ile yüksek korelasyon gösteren değişkenlerden SÇKM ve sakaroz pozitif korelasyon gösterirken, MES, TEA, L\*, h°, C\* ise negatif korelasyon göstermiştir. TB2 ile yüksek korelasyon gösteren indirgen şeker, toplam şeker ve fenolik bileşenler pozitif korelasyon göstermiştir. Başlangıç konusu üzerinde MES, TEA, L\*, h°, C\* değişkenleri pozitif yönde etkilidir. Diğer değişkenler ise negatif yönde etkilidir. Kontrol konusu üzerinde ise toplam şeker, indirgen şeker, sakaroz, SÇKM değişkenleri ve fenolik bileşenler pozitif etkili diğer bileşenler ise negatif etkilidir.

Table 5. Changes in some quality characteristics after 60 days of storage of ANET 55 peach variety fruits under different conditions

Çizelge 5. ANET 55 şeftali çeşidi meyvelerinin farklı koşullarda 60 gün depolanması sonucunda bazı kalite özelliklerindeki değişimler

Kalite Özellikleri	Depolama Süresi	Depolama Koşulları		
		NA	1-MCP + DKA	DKA
MES (kg)	Başlangıç	5,86	5,86	5,86
	60 gün	3,66	4,57	4,64
SÇKM (%)	Başlangıç	10,17	10,17	10,17
	60 gün	13,00	12,50	12,57
TEA (g.100g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	1,30	1,30	1,30
	60 gün	0,33	0,34	0,32
Kabuk rengi L*	Başlangıç	61,44	61,44	61,44
	60 gün	51,95	52,52	50,74
Kabuk rengi (h°)	Başlangıç	92,12	92,12	92,12
	60 gün	84,45	85,19	83,92
Kabuk rengi (C*)	Başlangıç	56,38	56,38	56,38
	60 gün	28,12	27,52	26,32
Fenolik bileşikler (mg.100ml <sup>-1</sup> GAE)	Başlangıç	97,62	97,62	97,62
	60 gün	123,61	113,59	100,00
İndirgen şeker (g.100 g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	2,36	2,36	2,36
	60 gün	4,77	2,85	3,43
Sakaroz (g.100 g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	3,12	3,12	3,12
	60 gün	4,56	3,58	4,51
Toplam şeker (g.100 g <sup>-1</sup> )	Başlangıç	5,64	5,64	5,64
	60 gün	9,57	5,65	6,98



Şekil 3. ANET 55 şeftali çeşidine ait meyvelerin bazı kalite özelliklerindeki değişimin temel bileşen analizinde dağılımı

Figure 3. Distribution of changes in some quality characteristics of fruits of ANET 55 peach variety in principal component analysis

Anet 55 çeşidinde ise kontrol üzerinde pozitif etkili olan bileşenler yani fenolik bileşikler ve şekerler diğer iki uygulamayı da etkilemiş olmakla birlikte kontrole göre daha az etkiye sahiptir. Bu durum 1-MCP+DKA ve DKA konularının muhafazada daha başarılı olduğunu, bu iki konu arasında ise 1-MCP+DKA konusunun daha olumlu sonuçlar verdiği göstermektedir (Çizelge 6).

Table 6. Principal component matrix of some quality characteristics of ANET 55 peach variety fruits  
Çizelge 6. ANET 55 şeftali çeşidi meyvelerine ait bazı kalite özelliklerinin temel bileşen matrisi

Kalite Özellikleri	TB 1	TB 2	TB 3
MES	-0,336	-0,105	-0,171
SCKM	0,335	-0,160	0,082
TEA	-0,326	0,284	-0,074
L*	-0,325	0,298	0,075
h°	-0,328	0,268	0,057
C*	-0,324	0,310	-0,052
Fenolik Bileşikler	0,280	0,320	0,747
İndirgen Şeker	0,309	0,417	-0,150
Sakaroz	0,318	0,051	-0,546
Toplam Şeker	0,274	0,590	-0,262

Çeşitli araştırmacılar tarafından 1-MCP'nin şeftali muhafazasına etkisi üzerine yapılan çalışmalarda 1-MCP uygulamalarının meyve eti sertliğini daha iyi koruduğu ve yumuşamayı geciktirdiği (Liu ve ark., 2015; Kluge ve Jacomina, 2002), SÇKM'de daha yavaş ve kademeli artış sağlamakla birlikte etkilerinin çeşide bağlı değişkenlik gösterdiği (Kaynaş ve ark., 2022; Liu ve ark., 2005; Fan ve ark., 2002), TEA miktarının olgunlaşmaya bağlı azaldığı ancak 1-MCP etkisi ile bu azalışın daha yavaş gerçekleştiği (Liu ve ark., 2005; Fan ve ark., 2002), renk özellikleri değerlendirildiğinde kabuk rengini kontrol konusuna kıyasla 1-MCP uygulamalarının daha iyi koruduğu (Şen ve Türk, 2008; Kluge ve Jacomina, 2002), 1-MCP uygulamalarıyla fenolik maddelerin birikiminin geciktiği ve yavaşladığı (Liu ve ark., 2015), muhafaza süresince meydana gelen şeker miktarı artışının kısmen yavaşlatıldığı (Kaynaş ve ark., 2022) belirtilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarında önceki çalışmalara benzer niteliktedir. Özellikle Anet 55 çeşidinde 1 MCP+DKA kombinasyonunun daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.



Dinamik kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza çalışmaları yoğun olarak elmalarda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde genel olarak DKA koşullarının ve 1-MCP uygulamalarının meyve eti sertliği bakımından diğer yöntemlere göre daha yüksek değerlere sahip olduğu (Moran ve McManus, 2005; Bessemans ve ark., 2016), DKA koşullarında muhafaza edilen meyvelerde renk değerlerinin diğer yöntemlere kıyasla daha iyi koruduğu (Bessemans ve ark., 2016), normal atmosfer muhafazasına göre DKA şartlarında muhafazanın titre edilebilir asitlik kaybında azalma sağladığı ayrıca DKA şartlarında depolanan meyvelerin daha dengeli bir SÇKM/TEA oranına sahip olduğu (Mditshwa ve ark., 2017) sonuçlarına varılmıştır. Çalışmamızın sonuçları DKA etkileri yönünden daha önceki bilgilere benzer olmakla birlikte şeftali muhafazasında mevcut kısa süreli muhafaza sorununa DKA şartlarında muhafaza yönteminin yardımcı olabileceği yönündedir.

### Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak; taze meyve ve sebze muhafazasında dinamik kontrollü atmosferde depolama bugün ulaşılan en üstün teknolojidir. Çalışmamızda şeftali meyvelerinde önemli kalite özelliklerindeki değişimler dikkate alındığında; her 3 şeftali çeşidinin de DKA koşullarında (%1 O<sub>2</sub> + %3 CO<sub>2</sub>) önemli bir kalite kaybı olmadan 60 gün depolanabileceği tespit edilmiştir. Çalışmada en uzun depolama süresi 60 gün olarak hedeflenmesine karşılık depolama sonrasında yapılan gözlemler bu meyvelerin DKA koşullarında 75-80 güne kadar depolanabilme potansiyelinin olduğu görülmüştür.

Diğer yandan şeftali çeşitlerinin hepsi çok olumlu sonuç vermesine rağmen, tüm kalite özelliklerindeki değişimler dikkate alındığında ANET 30 çeşidinin diğer çeşitlere göre daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Abdi, H., Williams, L.J., 2010. Principal component analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. 2 (4): 433-452.
- Bessemans, N., Verboven, P., Verlinden, B., Nicolaï, B., 2016. A novel type of dynamic controlled atmosphere storage based on the respiratory quotient (RQ-DCA). Postharvest Biology and Technology. 115: 91–102.
- Blankenship, S.M., Dole, J.M., 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. Postharvest Biology and Technology. 28: 1-25.
- Burdon, J., Lallu, N., Haynes, G., Pidakala, P., Billing, D., McDermott, K., 2010. Dyanmic controlled atmosphere storage of new zealand grown “hass” avocado fruit. ActaHort. 876: 47-54.
- Cano-Salazar, J., Lopez, M.L., Echeverria, G., 2013. Relationship between the instrumental and sensory characteristic of four peach and nectarine cultivars stored under air and ca atmospheres. Postharvest Biol. Technol. 75: 58-67.
- Cemeroğlu, B., 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metodları. Biltav Üniversite Kitapları Serisi: 02. 2. Ankara.
- Crisosto, C.H., 2002. How do we increase peach consumption. Acta Hort. 592: 601-605.
- DeEll, J.R., Prange, R.K., Murr, D.P., 1995. Chlorophyll fluorescence as a potential indicator of controlled atmosphere disorders in ‘marshall’ msintosh apples. HortScience. 30: 1084-108.
- El-Grooni, M. A., Sommer, N. F., 1981. Effect of modelling atmospheres on postharves of fruit and vegetables. Hort. Rev. 3: 412-461.
- Ertan, Ü., Özelkök, S., Kaynaş, K., Demirören, S., 1984. Marmara Bölgesinin Muhtelif Yörelerinde Yetiştirilen Bazı Standart Şeftali Çeşitlerinin Hasat Sonrası Fizyolojisi Üzerinde Araştırmalar. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Proje ve Uygulama Gn. Müd. Sonuç Raporu. Yalova.
- Fan, X., Argenta, L., Mattheis, J. P., 2002. Interactive effects of 1-MCP and temperature on ‘elberta’ peach quality. Hortscience. 37 (1): 134-138.
- Ferrer-Mairal, A., Remon, S., Peiro, J.M., Oria, R., 2012. Effects of intermittent conditioning on the color and enzymatic activity of peaches during controlled atmosphere storage. J. Food Bio-chem. 36: 129-138.

- Kaynaş, K., Alkın, G., Çiftci, H.N., Kıyı, H., Aktürk, C., Yaman, Ş., 2022. Anet 30 şeftali çeşidinin depolanmasında 1- metilsiklopropan ve modifiye atmosfer paketlemenin kalite özelliklerine etkileri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 10 (1): 99 -107.
- Kesmen, N., Kaynaş, K., 2018. Bayramiç beyazı nektarin çeşidinde farklı uygulamaların depolama ve pazarlama kalitesine etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 4 (2): 46-58.
- Kluge, R.A., Jacomina. A.P., 2002. Shelf life of peaches treated with 1-MCP. Scientia –Agricola. 59: 69-72.
- Liu, H., Cao, J., Jiang, W., 2015. Changes in phenolics and antioxidant property of peach fruit during ripening and responses to 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology. 108 (2015): 111–118.
- Liu, H., Jiang, W., Zhou, L., Wang, B., Luo, Y., 2005. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance. International Journal of Food Science and Technology. 40: 1–7.
- Lopez, J.F., Martos, M.V., 2018. Application of essential oils in food systems. Foods. Introduction to the Special Issue. Multidisciplinary Dig. Pub. Ins. 7: 56.
- McGuire, R. G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience. 27 (12): 1254-1255.
- Mditshwa, A., Fawole, O. A., Vries, F., van der Merwe, K., Crouch, E., Opara, U. L., 2017. Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in Granny Smith apples for long distance supply chains. Postharvest Biology and Technology. 127: 27–34.
- Moran, R. E., McManus, P., 2005. Firmness retention and prevention of coreline browning and senescence in ‘Macoun’ apples with 1-methylcyclopropene. Hortscience. 40 (1): 161–163.
- Neves, L.C., Campos, A.J., Prill, M.A.S., Roberto, S.R., 2013. woolliness and leatheriness in late peach cultivars submitted to both delayed storage and to cold storage. Acta Scientiarum. 35 (3): 363-369.
- Ross, A.F., 1959. Dinitrophenol Methot For Reducing Sugar, In Potato Processing. Ed. W.F. Tulburt and O. Smith.S.P. Tavi Publishing co.: 469-470. Westport, Connecticut.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Amer. J.of Enology and Viticulture. 16 (3): 144-158.
- Şen, F., Türk, E. F., 2008. Bahçe ürünlerde 1-metilsiklopropan (1-MCP) kullanımı. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 45 (3): 221-228.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, İl Müdürlüğü, Çanakkale İli Brifing Raporu. <http://www.fao.org>, (Eylül, 2021).
- Thompson, A. K., 2010. Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. Cab International, 2nd Ed.: 1-10. Wellingford Oxon, UK.
- Truque, E., Aguayo, E., Artes-Hernandez, F., Gomez, P., Artes, F., 2012. Controlled atmosphere for the export of miraflores peaches. Acta Hortic. 962: 585-590.
- Türk, R., 2018. Soğuk muhafazanın tarihsel gelişimi, önemi ve genel durumu. Bahçe. 1 (45): 1-6.
- Watkins, C.B., 2008. Dynamic controlled atmosphere storage – a new technology for the new york storage industry. New York Fruit Quarterly. 16 (1): 23-26.
- Watkins, C.B., Nock, J.F., Whitaker, B.D., 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. Postharvest Biology and Technology. 19: 17-32.
- Zanella, A., Cazzanelli, P., Panarese, A., Coser, M., Cecchinell, M., Rossi, O., 2005. Fruit fluorescence response to low-oxygen stress: modern storage technologies compared to 1- MCP treatment of apple. Acta Hortic. 682: 1535– 1542.
- Ziedan, E.H., Farrag, E.S., 2008. Fumigation of peach fruits with essential oils to control postharvest decay. Research J. Agriculture and Biological Sciences. 4 (5): 512-519.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License

Araştırma Makalesi

## Farklı Tahıl- Baklagil Karışım Oranlarının Yem Verim ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları Açısından Değerlendirilmesi

Ayşe Genç Lermi<sup>1\*</sup>



Gülcan Yıldırım<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi Bartın Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü. 74100 Bartın.

\*Sorumlu yazar: [agenclermi@bartin.edu.tr](mailto:agenclermi@bartin.edu.tr)

Geliş Tarihi: 18.05.2023

Kabul Tarihi: 21.11.2023

### Öz

Tek yıllık baklagil yem bitkileri sürdürülebilir tarım uygulamalarında tarım sistemleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Araştırmada ile Yulaf (*Avena sativa* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.), Macar fiği (*Vicia pannonica* L.) bitkilerinin yalın, 40:60 ve 60:40 karışım oranlarında kuru ot verimi, baklagil, buğdaygil ve yabancı ot oranları, ham protein oranı ve ham protein verim değerleri belirlenmiştir. Ekim ve hasat karışım oranının değişimi bakımından uygulamalar içerisinde yulafın dahil olduğu 60:40 karışım uygulamasında fiğlerin baskın hale geldiği belirlenmiştir. Yaygın fiğin dahil olduğu yulaf ve arpa karışımlarında yabancı ot gelişiminin önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir. Kuru madde verimi ve ham protein verimi bakımından en yüksek değerler yulaf yaygın fiğ karışım uygulamalarından elde edilmiştir. Bartın ili ve benzer ekolojiler için kuru madde verimi, ham protein verimi ve yabancı ot gelişiminin baskılanması göz önüne alındığında 40:60 oranında yulaf: yaygın fiğ karışım oranı önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tahıl, Baklagil, Karışım Oranı, Yem Verimi, Yabancı Ot Oranı

## Evaluation of the Effects of Different Cereal-Legume Mixture Ratios on Forage Yield and Quality in Terms of Sustainable Agriculture Practices

### Abstract

Annual legume forage crops hold a significant place in sustainable agricultural practices. This research determined the dry forage yield, legume, cereal, and weed ratios, crude protein content, and crude protein yield values for oats (*Avena sativa* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.), common vetch (*Vicia sativa* L.), and Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz) in pure stands, and 40:60 and 60:40 mixture ratios. It was found that in the 60:40 mixture ratio involving oats, the vetches became dominant when considering the change in sowing and harvest mixture ratios. The presence of common vetch in oat and barley mixture applications significantly reduced weed growth. The highest values in terms of dry matter yield and crude protein yield were obtained from oat and common vetch mixture applications. Considering dry matter yield, crude protein yield, and suppression of weed development, a 40:60 oat to common vetch mixture ratio is recommended for Bartın province and similar ecologies.

**Key words:** Cereal, Legume, Mixture Ratio, Forage Yield, Weed Ratio.

### Giriş

Sürdürülebilir tarım kendi kendine yeten, düşük girdili ve verimli tarım sistemleri her zaman birçok çiftçinin, araştırmacının ilgi odağı olmuştur (Altieri ve ark., 1983). Hatalı uygulamalar, bitkisel üretimin en değerli doğal kaynağı olan toprağın verimliliğini zamanla azalmaktadır. Toprak verimliliğindeki azalma bitkisel üretimde kullanılan girdi miktarını da doğru orantılı olarak artırmaktadır. Bilinçsiz girdi kullanımı üretim maliyetini artırırken aynı zamanda toprak ekolojisini de olumsuz yönde etkilemektedir (Genç Lermi ve Palta, 2018). Toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve buna bağlı olarak bitkisel üretimde verimin artması için sürdürülebilir tarım uygulamalarının artması gerekmektedir. Baklagillerin toprak özellikleri üzerine olumlu etkileri sebebiyle bu bitkilerin ekim nöbetine veya karışım içerisine alınması, sürdürülebilir tarımın uygulanabilirliğinde önemli rol

oynamaktadır (Genç Lermi, 2018; Tufan ve ark., 2023). Baklagil yem bitkileri yetiştiriciliği, tarla ekosistemine yaptığı olumlu katkılarına rağmen hak ettiği değeri görememektedir.

Ot amaçlı yetiştirilen tahıllar bilinç ve bilgi yetersizliğinden dolayı daha çok yalın ekim şeklinde yapılmaktadır. Karışık ekim, suni merada, yem bitkileri yetiştiriciliğinde; arkadaş bitkisi, destek bitkisi, alt bitkisi ve örtü bitkisi olarak uygulanmaktadır. Karışım ekim uygulamaları ile birim alan yem verim ve kalitesinde artış sağlanabilmektedir (Acar ve ark, 2006; Yıldırım ve Özasan Parlak, 2016; Göçmen ve Parlak, 2017). Ekilebilir arazilerde baklagil ve buğdaygil karışımlarının, toprak verimliliğinin korunmasında (Kavut ve Geren, 2017), erozyon, yabancı ot, hastalık ve zararlıların olumsuz etkilerinin azaltılmasında (Roberts ve ark., 1989; Musa ve ark., 2010) önemli bir rol oynamaktadır (Aydın ve Uzun, 2002; Acar ve ark., 2006). Bu sayede karışık ekim yöntemi iklim ve çevre koşullardan meydana gelebilecek olumsuz faktörleri minimize etmektedir (Lithourgidis ve ark., 2011). Fiğlerin tahıllarla karışık ekime girmeleri ve kısa süreli ekim nöbetine uygun olmaları en önemli avantajlarıdır (Özyazıcı, 2022). Ayrıca fiğlerin tahıllarla karışık ekim şeklinde halinde yetiştirilmesi, tahılların dik habituslu olmaları nedeniyle yatmanın azalması, çürüme ve yaprak kayıplarının hafiflemesi ve hasatın kolaylaşması açısından önemli bir avantaj yaratmaktadır (Aydın ve Uzun, 2002; Acar ve ark., 2006).

Hayvan beslenmesinde önemli bir yer tutan kaba yem ihtiyacının çok büyük bir bölümü yıllardan beri süregelen hatalı kullanım nedeni ile yem verimini büyük ölçüde kaybetmiş olan çayır-meralardan ve besleme değeri çok düşük tahıl sap ve samanından karşılanmaktadır (Açıkgöz ve ark. 2005). Besleme değeri düşük, selüloz içeriği yüksek yemlerin hayvanların beslenme fizyolojisine uygun olmaması hayvansal ürünlerde verim azalmasına neden olmaktadır. Hayvanlarımız besleme değeri ve enerji içeriği yetersiz olan yemlerle (sap, saman, kavuz vb.) beslendiğinde bu açığın kapatılması amacıyla daha fazla kesif yem kullanılmakta böylece hayvansal üretim maliyeti artmaktadır (Alçıçek ve ark. 2010). Sap, saman gibi bitki artıkları besleyiciliği ve sindirilebilirliği düşük, tokluk veren bir dolgu maddesi olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca kaliteli kaba yem özelliği taşımayan bu yemler selüloz oranı yüksek, enerji değeri, ham protein oranı ve sindirilebilir organik madde içeriği düşüktür (Jeroch ve ark., 1993).

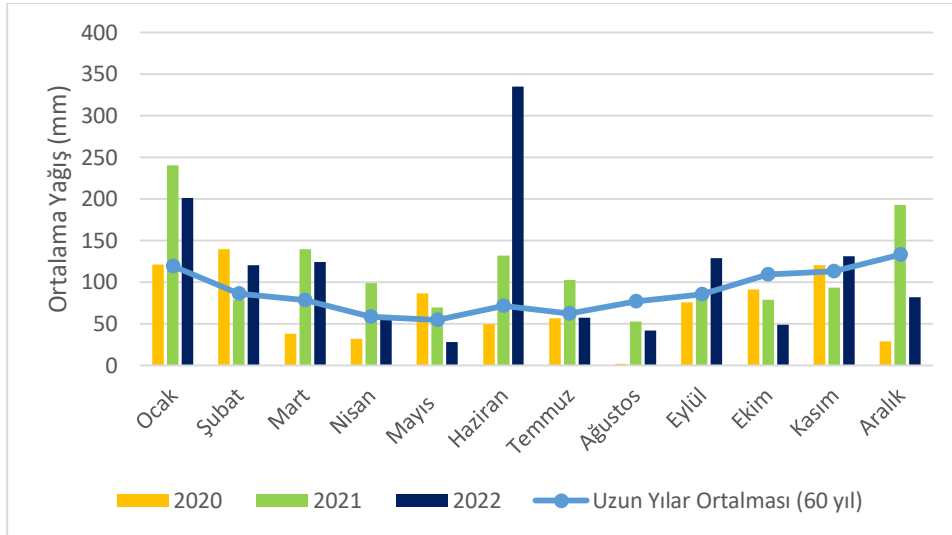
Bartın ilinde hayvan beslemede, yem verimi düşük çayır ve mera alanları, sekonder mera alanları, yonca, yulaf ve hasıl veya silajlık mısır yetiştirilmektedir. İlimizde ot amaçlı olarak tahıllardan en fazla, iklim özellikleri ve alışkanlıklara bağlı olarak yulaf bitkisi yetiştirilmektedir. Üreticilerin karışık ekim yönteminin avantajları konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmaması, alternatif yem bitkilerinin bilinmemesi bu ekim yönteminin uygulanma oranını doğrudan etkilemektedir.

Araştırmada kaliteli kaba yem açığını kapatmada önemli bir yere sahip olan tahıl- baklagil karışık ekiminde farklı tahıl ve fiğ türlerinin karışım oranlarının yem verim ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bartın ve benzer ekolojilerde en uygun tahıl-baklagil karışımı ve oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Araştırma Türkiye'nin okyanusal iklim bölgesine sahip Bartın ilinde yürütülmüştür. Bartın ili deniz seviyesinden yüksekliği 33 mm'dir. Bartın ili uzun yıllar yıllık ortalama yağış 886.8 mm, ilk ekim yılı 239.9, 2021 yılı 1227.5, 2022 yılı 1186.7 mm'dir (Anonymous, 2022). Vejetasyon döneminde 2021 yılı aylık ortalama yağış verileri haziran ayı hariç 2022 yılı ve uzun yıllar ortalamasından yüksek olmuştur. Vejetasyon dönemi boyunca aylık ortalama sıcaklık uzun yıllar, 2021 yılı ve 2022 yılı sırasıyla 11.4 °C, 12.81 °C ve 12.32 °C. Aylık ortalama nispi nem uzun yıllar, 2021 yılı ve 2022 yılı sırasıyla %79.32, %81.46, %81.34. (Şekil 1). Araştırmanın yürütüldüğü her iki yılın aylık sıcaklık ve nispi nem ortalaması uzun yıllar ortalamasına göre yüksek olmuştur.

Deneme alanının 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerine fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Araştırma alanının toprak yapısı killi (%61 kil, %21.06 silt, %17.64 kum), nötr Ph (7.14), kireç içeriği (%11.72), Kalsiyum (9708 ppm), potasyum (114.1 kg da-1) içeriği yüksek, organik madde (%0.96), P2O5 (4.93 kg da-1) ve Nitrojen (%0.09) içeriği düşüktür.



Şekil 1. Bartın iline ait uzun yıllar, 2020, 2021 and 2022 yılına ait aylık ortalama yağış miktarı.

Figure 1. Long-term, 2020, 2021, and 2022 monthly average precipitation amounts for the province of Bartın.

Araştırma Bartın ili Ağdacı köyünde yer alan deneme alanında tesadüf blokları deneme deseninde üç tekerrürlü olarak 2020-2021 yılı ve 2021-2022 yılı yetiştirme periyodunda yürütülmüştür. Araştırmada karışıma alınan türler, Macar fiği (*Vicia pannonica*), yaygın fiğ (*Vicia sativa*), yulaf (*Avena sativa*) ve arpa (*Hordeum vulgare*) olarak belirlenmiştir. Denemede materyal olarak, Macar fiği “Anadolu Pembesi” çeşidi, yaygın fiğ “Zemheri” çeşidi, yulaf “Diriliş” çeşidi, arpa “Martı” çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada karışıma alınan Yulaf, arpa, yaygın fiğ ve macar fiği, yalın ve 60:40, 40:60 oranlarında karışık ekim şeklinde ekilmiştir. Deneme dekara atılacak tohum miktarı ve karışım oranları, macar fiği ve adi fiğ 10 kg da<sup>-1</sup> hesabıyla, yulaf ve arpa ise 20 kg da<sup>-1</sup> hesabıyla belirlenmiştir. Ekim 5 Kasım 2021 tarihinde 20 cm sıra aralığında 3.6 m x 1.4 m uzunluğunda parseller olacak şekilde toplam 36 parsele yapılmıştır.

Hasat, 25 Mayıs 2021 ve 30 Mayıs 2022 tarihinde baklagillerin alt baklalarının olduğu dönemde yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesi yapılmamıştır. Hasat edilen örnekler yabancı ot, baklagil ve buğdaygil olarak ayrı ayrı tartılarak yabancı otların karışım oranını etkileme düzeyi belirlenmiştir. Kuru madde verimini belirlemek amacıyla, her bir parselden 500 g bitki örneği alınmış ve alınan örnekler kese kâğıdına konularak 70 °C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur (Martin et al., 1990). Yeşil ot ağırlıklarına göre dekara yeşil ot verimi, kuru madde ağırlıklarına göre kuru madde verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen kuru madde ağırlıklarına göre karışımdaki botanik kompozisyon oranları belirlenmiştir. Fırında kurutulan örnekler değirmeninde 1 mm’lik elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Öğütülmüş numunelerde proteini oranı (%) Öğütülmüş numunelerde proteini oranı (%) belirlenirken Kjeldahl metoduna göre azot analizi yapılmış (Kacar ve İnal, 2008), elde edilen değerler 6.25 katsayısıyla çarpılmıştır. Ham protein oranı belirlenen parsellerin kuru ot verimlerinin çarpımı sonucu ham protein verimleri belirlenmiştir (Cevheri ve Avcıoğlu, 1998). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kuru madde de bulunan ham protein oranı ile ham protein verimi hesaplanmıştır. Karışım etkinliğini belirlemek amacıyla Alan eşdeğerlik oranları (AEO) hesaplanmıştır (Serin ve ark., 1998, Albayrak, 2003; Karadağ ve Büyükburç, 2004).

$$AEO = \frac{\text{Karışık Ekimdeki A Bitkisinin Verimi}}{\text{Yalın Ekimdeki A Bitkisinin Verimi}} + \frac{\text{Karışık Ekimdeki B Bitkisinin Verimi}}{\text{Yalın Ekimdeki B Bitkisinin Verimi}} \quad (1)$$

$$\text{Yalın Ekimdeki A Bitkisinin Verimi} \quad \text{Yalın Ekimdeki B Bitkisinin Verimi}$$

AEO>1 ise karışık ekim verimi yalın ekim veriminden yüksektir. AEO=1 ise karışık ekim verimi yalın ekim verimi ile aynıdır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler tesadüf blokları deneme desenine göre tek yönlü ANOVA varyans analizine tabi tutulmuştur (SAS 2002). Ortalamalar arasındaki farklılık  $P \leq 0,05$  önem seviyesine göre AÖF çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Botanik kompozisyon istatistik analizine yalın ekim uygulamaları dahil edilmiş olup en yüksek baklagil ve buğdaygil oranı bu uygulamalardan elde edilmiştir (Çizelge 1). Yalın ve karışık ekim uygulamalarında baklagil, baklagil ve yabancı ot oranlarına ait elde edilen değerlerin arasında istatistiki olarak % 1 önem düzeyinde farklılık olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1.). İncelenen özellikler bakımından yıllar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 1. Tahıl baklagil karışım oranlarında baklagil, tahıl ve yabancı ot oranlarına (%) ait ortalamalar  
Table1. The average percentages of legume, cereal and weed rates in cereal-legume mixture ratios.

Uygulamalar	Karışım oranı	Buğdaygil Oranı	Baklagil Oranı	Yabancı Ot Oranı
Yulaf	100	93.30a**	0.0g	6.69e
Arpa	100	78.11b	0.0g	21.88b
Yaygın Fiğ	100	0.00f	94.85a**	5.14e
Macar Fiği	100	0.00f	68.55b	31.44a**
Yulaf:Yaygın Fiğ	40:60	30.56e	62.19c	7.24de
Yulaf:Yaygın Fiğ	60:40	28.92e	63.63cb	7.44de
Yulaf:Macar Fiğ	40:60	42.83d	50.04d	7.11e
Yulaf:Macar Fiğ	60:40	23.11e	59.07c	17.82bc
Arpa:Yaygın Fiğ	40:60	44.77d	49.24d	5.98e
Arpa:Yaygın Fiğ	60:40	65.77c	28.94f	5.28e
Arpa:Macar Fiğ	40:60	43.58d	42.70e	13.71cd
Arpa:Macar Fiğ	60:40	60.61c	30.78f	8.72de
Ortalama		42.63	45.83	11.54
AÖF		8.846	6.133	6.591
YılxKO ö.d*	1. Yıl	41.18	47.00	11.82
	2. Yıl	44.07	44.66	11.25

Her bir özelliğe aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ( $P > 0.01$ ). AÖF: Asgari önemli fark. KO: Karışım Oranı. \*ö.d.: önemli değil.

Yalın ekim uygulamasında arpa ve macar fiği bitkilerinde yabancı ot oranının yulaf ve yaygın fiğ'e göre oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yulaf karışım oranlarında yabancı ot gelişimi en fazla 60:40 yulaf : macar fiği karışımından olduğu gözlemlenmiştir. Arpa karışımlarında ise en fazla yabancı ot gelişimi 40:60 oranında arpa:macar fiği uygulamasından elde edilmiştir.

Karışım içerisindeki yulaf baklagil oranlarında stabil olmayan değişiklikler olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık yulafın 60:40 karışım oranlarında uygulamasında fiğlerin karışımında baskın hale geldiği belirlenmiştir. Yaygın fiğin macar fiğine göre karışım içerisinde daha baskın olduğu belirlenmiştir.

Tahıl baklagil ikili karışımlarında kuru madde verimi, ham protein verimi ve ham protein oranları bakımından uygulamalar arasında farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Yalın ekimler içerisinde en yüksek kuru madde verimi 1052.34 kg

da<sup>-1</sup> ile yalın fiğ uygulamasından elde edilirken yalın macar fiğinde kuru madde verimi 563.21 kg da<sup>-1</sup> ile en düşük değeri almıştır. Bedir (2010) yürüttüğü araştırmada macar fiğinin yalın ekim verim değerinin karışımda elde edilen verimlerine göre daha düşük elde edildiğini bildirmiştir. Düzcekiç ve ark. (2022) kuru madde verimi bakımından yalın macar fiğinin en düşük değeri aldığını ancak arpa ile karışık ekim kuru madde veriminin arttığını bildirmiştir. Karışımlarda kuru madde verimi 1253.52 kg da<sup>-1</sup> ile 40:60 yulaf: yaygın fiğ uygulamasından elde edilmiştir. Macar fiğinin yer aldığı karışım oranlarına ait kuru madde verim değerlerinin yaygın fiğ dahil olduğu karışımlara göre daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Karışık ekim uygulamaları arasında en düşük kuru madde verimi 60:40 oranında arpa:macar fiği uygulamasından elde edilmiştir. Ay ve Mut (2017), 40:60 oranında arpa:yaygın fiğ karışım uygulamasında 399.2 kg da<sup>-1</sup>, 40:60 yulaf: yaygın fiğ uygulamasından ise 335.6 kg da<sup>-1</sup> kuru ot verimi elde edildiğini bildirmiştir. Caballero ve ark. (1995) yürüttüğü araştırmada karışım uygulamalarında en yüksek kuru madde verimini 433 kg da<sup>-1</sup> ile %60 yaygın fiğ + %40 yulaf karışımından elde etmiştir. Lithourgidis ve ark. (2006) farklı tahıl ve baklagil karışımlarında en yüksek kaba yemin 65:35 yaygın fiğ : yulaf karışımından elde ettiğini bildirmiştir. Tuna ve Orak (2007), yaygın fiğ ve yulaf karışımlarında en yüksek kuru madde verimini 650 kg da<sup>-1</sup> ile % 25 yaygın fiğ + % 75 yulaf uygulamasından elde edildiğini, karışımda fiğ oranı azaldıkça verimin arttığını bildirmiştir. Nadeem ve ark. (2010) farklı tahıl ve yaygın fiğ karışımlarında en yüksek kuru ot verimini 929 kg da<sup>-1</sup> ile 50:50 oranında yaygın fiğ yulaf karışım uygulamasından benzer şekilde Budaklı Çarpıcı ve Tunalı (2012), kuru madde verimini bakımından en yüksek verimi 1627 kg da<sup>-1</sup> ile 50:50 yaygın fiğ yulaf karışımından elde ettiğini bildirmiştir. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlar arasındaki farklılık çeşit ve ekolojik koşullardaki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 2. Tahıl baklagil karışım oranlarında, kuru madde verimi (kg da<sup>-1</sup>), ham protein verimi (kg da<sup>-1</sup>) ve ham protein oranına ait ortalamalar.

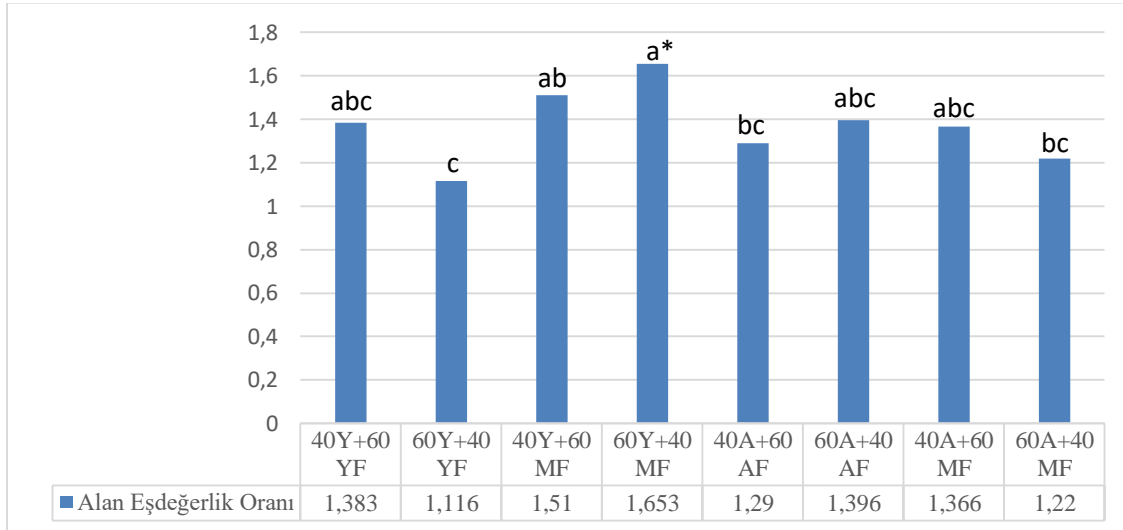
Table 2. Average values for dry matter yield (kg da<sup>-1</sup>), crude protein yield (kg da<sup>-1</sup>), and crude protein content in cereal-legume mixture ratios.

Uygulamalar	Karışım oranı	Kuru Madde Verimi	Ham Protein Oranı	Ham Protein Verimi
Yulaf	100	655.70ef	9.02h	59.08fg
Arpa	100	622.94ef	6.49ı	42.04g
Yaygın Fiğ	100	1052.34b	17.29a**	181.56a
Macar Fiği	100	563.21f	16.49b	93.01de
Yulaf:Yaygın Fiğ	40:60	1253.52a**	15.04c	188.77a
Yulaf:Yaygın Fiğ	60:40	1141.72ab	13.20f	150.84b
Yulaf:Macar Fiğ	40:60	835.03cd	14.60cd	121.73bcd
Yulaf:Macar Fiğ	60:40	845.61cd	13.13f	111.11de
Arpa:Yaygın Fiğ	40:60	986.13bc	14.49d	142.78bc
Arpa:Yaygın Fiğ	60:40	972.33bc	12.19g	118.78cd
Arpa:Macar Fiğ	40:60	763.99de	13.85e	105.83ed
Arpa:Macar Fiğ	60:40	713.74ef	11.94g	85.37ef
<b>Ortalamalar</b>		867.21	13.17	116.74
<b>AÖF</b>		176.37	0.450	29.41
<b>Yıl*KO ö.d**</b>	1. Yıl	884.30	13.02	118.46
	2. Yıl	850.12	13.32	115.01

Her bir özelliğe aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur (P>0.01). AÖF: Asgari önemli fark. KO: Karışım Oranı. \*ö.d.: önemli değil.

Ham protein oranları % 6.49-17.29 arasında değişiklik göstermiştir. Ham protein oranı yalın ekimlerde en yüksek yaygın fiğ bitkisinden elde edilmiştir (Çizelge 2.). Tahıl baklagil karışımlarında ise ham protein oranı en yüksek 40:60 yulaf:yaygın fiğ uygulamasında tespit edilmiştir. Ham protein verimleri uygulamalar arasında 42.04 kg da<sup>-1</sup> ile 181.56 kg da<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek ham protein verimi yalın fiğ ve 40:60 yulaf:yaygın fiğ uygulamalarından elde edilmiştir. Karışımda baklagil oranı arttıkça ham protein verimi de artmıştır. Karışık ekim uygulamalarında en yüksek ham protein verimi 188.77 kg da<sup>-1</sup> ile 40:60 oranında yulaf: yaygın fiğ uygulamasından elde edilmiştir. Buna karşılık en düşük ham protein verimi 85.37 kg da<sup>-1</sup> ile. 60: 40 oranında arpa:macar fiği uygulamasından elde edilmiştir. Karışımda baklagil oranlarının artışına bağlı olarak ham protein verimi de artmıştır. Araştırma sonuçları yapılan çalışmalar ile paralellik göstermektedir (Lithourgidis ve ark.. 2006; Erol ve ark.. 2009; Özel. 2010; Ay ve Mut. 2017; Düzçekiç ve ark. 2022).

Karışım uygulamalarının etkinliğini belirlemek hesaplanan amacıyla alan eş değerlik uygulamalar arasında %5 önem düzeyinde farklılık olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karışım uygulamalarının tümünün yalın ekime göre üstün olduğunu göstermiştir (Şekil 2.).



Şekil 2. Tahıl baklagil karışım oranlarının alan eşdeğerlik oranına ait ortalamalar. \*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ( $P>0.05$ ).

Figure 2. Averages of area equivalence ratios for cereal-legume mixture proportions. \*There is no significant difference between means denoted by the same letter ( $P>0.05$ ).

Alan eş değerlik oranı bakımından en yüksek değerler 60:40 yulaf : macar fiği ve 40:60 yulaf : macar fiği uygulamasından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yalın macar fiği veya yalın yulaf ekimine karışımın daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Önal Aşçı ve Eğritaş (2017) karışıma alınan fiğ ve tahılların kök yapısına göre farklı derinliklerden yararlanabilmesi, farklı gövde yapısına sahip olmaları, besin elementi ihtiyaçlarının farklılık göstermesi, ekolojik koşullara gösterdikleri tepkilerin farklı olması, fiğin baklagil olarak kök bölgesine azot sağlaması gibi nedenlerin karışık ekimin üstünlüğünü artırdığını belirtmiştir. Yapılan birçok araştırma ile karışık ekimin yalın ekime göre daha üstün olduğunu ortaya koyulmuştur (Rakeih ve ark. 2010; Seydedeh ve ark. 2010; Erdoğan ve ark. (2013); Kır ve ark. (2018) Seydoşoğlu ve ark. 2020; Seydoşoğlu 2020).

### Sonuç ve Öneriler

Tarımda sürdürülebilirliğin sağlanmasında baklagil yem bitkileri önemli bir rol oynamaktadır. Araştırma sonuçları tahılların fiğler ile karışım halinde yetiştirildiğinde yalın



ekime göre verim ve kalite bakımından üstün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yabancı otlarla rekabet gücünün bazı karışımlarda yalın ekimlere göre arttığı tespit edilmiştir. Tahıl baklagil karışık ekim şekli gübre ve herbisit kullanımını minimize ederek tarımda karlılığı artırabilecek aynı zamanda sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bartın ili ve benzer ekolojiler için verim ve kalite özellikleri ve yabancı otlarla rekabet açısından 40:60 oranında yulaf : yaygın fiğ karışım oranı önerilmektedir. Bununla birlikte sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması bakımından bölge ekolojisine uygun farklı tahıl ve baklagil bitkileri ile karışık ekim uygulamaları üzerine araştırmalar yürütülmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

**Not:** Bu araştırma 1919B012101571 No'lu TÜBİTAK 2209-A projesinden üretilmiştir.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Kaynaklar**

- Acar, Z., Aşçı Ö., Ayan, İ., Mut, H. ve Başaran, U., 2006. Yem bitkilerinde Karışık Ekim Sistemleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 21(3): 379-386
- Açıkgöz, E., Hatipoğlu, R., Altınok, S., Sancak, C., Tan, A., Uraz, D., 2005. Yem bitkileri üretimi ve sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*. 503-518.
- Albayrak, S., 2003. Ankara ekolojik koşullarında yapay mera kurulması üzerine bir araştırma. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi*.
- Alçıçek, A. Kılıç, A. Ayha., V. ve Özdoğan, M., 2010. Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. *Ziraat Mühendisleri Odası Dergisi*. 10 s.
- Altieri, M.A., Deborah, K.L. and J.R., Davis., 1983. Developing sustainable agroecosystems. *BioScience*. 33: 45-49.
- Anonymous, 2022. Report of Regional Precipitation Distribution in Turkey, Turkish State Meteorological Service.
- Ay, İ., Mut, H. 2017. Yaygın fiğ ile yem bezelyesinin arpa ve yulaf ile karışımlarında uygun karışım oranının belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 5(2): 55-62.
- Aydın, İ. ve Uzun, F. 2002. Çayır Mera Amenajmanı ve Islahı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı*. no:9. 313s.
- Bedir, S. 2010. Karaman İli şartlarında yetiştirilecek macar fiği+arpa karışımında uygun karışım oranının saptanması üzerine bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*. 49s.
- Budaklı Carpici, E., Tunali, M.M., 2012. Effects of mixture rates on forage yield and quality of mixtures of common vetch combined with oat, barley and wheat under a winter intercropping system of southern Marmara Region. *J. of Food, Agric. and Environ.* 10(2): 649-652.
- Caballero, R. Goicoechea, E.L., Hernaiz, P.J. 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crops Research*. 41: 135-140.
- Cevheri, A. C., Avcıoğlu, R., 1998. Bornova Koşullarında 11 Farklı Yonca Çeşidinin Verim ve Diğer Bazı Verim Özellikleri Üzerinde Araştırmalar (yüksek lisans tezi). EÜ. Fen Bilimleri Enst.. Bornova. İzmir.
- Çakmakçı, S. ve Çeçen S., 1999. Antalya İlinde Bazı Tek Yıllık Baklagil Yem Bitkilerinin Ekim Nöbetine Girebilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 23: 119-123.
- Düzçekiç, Y., Özaktan, H., Okumuş, O., Uzun, S. 2022. Kayseri Ekolojik Koşullarında Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.)+ Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Karışık Ekim Sisteminde Uygun Karışım Oranlarının Belirlenmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*. 5(2):50-55.
- Erdoğan, İ., Altınok, S., Genç, A., 2013. Farklı sıralara ekilen mısır ve soya bitkisinde ekim oranlarının bazı bitkisel özellikler ve yem verimine etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*. 6(1): 6-10.
- Erol, A., Kaplan, M., Kızılsimşek, M., 2009. Oats (*Avena sativa*) – common vetch (*Vicia sativa*) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture. *Tropical Grasslands*. 43(3): 191-96.
- Genc Lermi, A., Palta, Ş. 2018. Importance of Legume Forage Crops in Sustainable Agriculture. *Innovation and global Issues Congress IV. Congress Book 1022-1030. November 22-24. Antalya*.
- Genc Lermi, A. 2018. Effects of mixture ratios on forage yield and quality of legume–triticale intercropping

- systems without fertilizer in oceanic climate zone. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(8):5540-5547.
- Göçmen, N. ve Özaslan Parlak, A., 2017. Yem bezelyesi ile arpa, yulaf ve tritikale karışım oranlarının belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 5(1): 119-124.
- Jeroch, H., Flachowsky, G., Weissbach, F. (1993). *Futtermittelkunde*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*; Nobel Yayınları: Ankara. 1241.
- Karadağ, Y., Büyükburç, U. 2004. Forage qualities, forage yields and seed yields of some legume-triticale mixtures under rainfed conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 54(3): 140-148.
- Kavut, Y. T., Geren. H. 2017. Farklı hasat zamanlarının ve karışım oranlarının İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.)+ baklagil yembitkisi karışımlarının verim ve bazı silaj kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 54(2): 115-124.
- Kır, H., Karadağ, Y., Yavuz, T., 2018. The factors affecting yield and quality of hungarian vetch+cereal mixtures in arid environmental conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(12A) :9049-9059
- Lithourgidis, A.S. Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Reseach*. 99(2-3): 106-113.
- Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content and competition in pea-cereal intercropping systems. *Eur. Journal Agron*. 34: 287-294.
- Musa, M., Leitch, M.H., Iqbal, M., Sahi, F.U.H., 2010. Spatial arrangement affects growth characteristics of barley-pea intercrops. *International J. A. Biol*. 12: 685-690.
- Nadeem, M., Ansar, M., Anwar, A., Hussain, A., Khan, S., 2010. Performance of winter cereal-legumes fodder mixtures and their pure stand at different growth stages under rainfed conditions of Pothowar. *J.Agric. Res*. 48(2): 181-192.
- Martin, R.C.; Harvey, H.D.; Smith, D.L., 2014. Intercropping corn and soybean for silage in a cool temperate region; yield, protein and economic effects. *Field Crops Research*. 23: 295-310.
- Önal, Ö. ve Eğritaş, Ö., 2017. Yaygın fiğ-tahıl karışımlarında ot verimi, bazı kalite özellikleri ve rekabetin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*. 23(2). 242-252.
- Özel, A. 2010. Arpa (*Hordeum vulgare* L.) + macar fiği (*Vicia pannonica* Cratz.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) + adi fiğ (*Vicia sativa* L.) karışık ekimlerinde uygun karışım oranlarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*. 52s.
- Özyazıcı, M. A., 2022. Yeşil gübreleme ve yeşil gübreleme amacıyla kullanılan bitkiler. In: M.A. Özyazıcı ve S. Açıkbay (Editörler), *Yeşil Gübreleme*, Iksad yayın evi, Ankara, Türkiye, s. 3-50.
- Rakeih, N., Kayyal, H., Larbi, A., Habib, N., 2010. Forage Yield and Competition Indices of Triticale and Barley Mixed Intercropping with Common Vetch and Grasspea in the Mediterranean Region. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. 6 (2):194-207
- Roberts, C.A., Moore, K.I. and Johnson, K.D., 1989. Forage quality and yield of wheat-vetch at different stages of maturity and vetch seeding rates. *Agronomy Journal*. 81(1): 57-60.
- Serin, Y.,Gökkuş. A., Tan, M., Koç, A, Çomaklı, B., 1998. Suni çayır tesisinde kullanılabilecek uygun yem bitkileri ve karışımlarının belirlenmesi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. 22 : 13-20.
- Seydedeh Habibi, D., Kashani, A., Paknejad, F., Jafary, H., Al-Ahmadi, M. AjJ., Tookaloo, M.R., Lamei, J., 2010. Evaluation of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in pure and mixed cropping with barley (*Hordeum vulgare* L.) to determine the best combination of legume and cereal for forage production. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 5 (2): 169-176.
- Seydoşoğlu, S., 2020. Farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinin yem bezelyesi ile arpa karışımlarının ot verim performansına etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 10(3). 2136-2142.
- Seydoşoğlu, S., Gelir, G., Çam, B. A. 2020. Yem bezelyesi ve tritikale karışımlarında karışım oranları ile biçim dönemlerinin ot verimine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 17(1): 9-13.
- Sipahioğlu, O., Mut, H., Gülümser, E., Doğrusöz, M. Ç., Başaran, U., 2022. Yem bezelyesi tarımında arpanın arkadaş bitki olarak kullanılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 6(2): 202-210.
- Tufan, Y., Kurt, A. N., Özkurt, M., 2023. Sürdürülebilir Tarım Açısından Yem Bitkilerinin Önemi. 2nd International Conference on Recent Academic Studies. October 19-20, Konya, Turkey, 325-330p
- Tuna, C., Orak, A., 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) / aat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *J. of Agric. and Biol. Sci*. 2(2): 14-19.
- Turhan, Ş., 2005. Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 11(1) : 13-24.
- Yıldırım S., Özaslan-Parlak, A., 2016. Triticale ile bezelye, bakla ve fiğ karışım oranlarının belirlenerek yem verimi ve kalitesine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 4 (1): 77-83



Research Article

**Determination Size Distribution of Shredded Vineyard Pruning Residues According to Variety**

Nurgül Öngören<sup>1</sup> 

Abdullah Sessiz<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Department of Agricultural Machines and Technologies, Faculty of Agriculture, University of Dicle Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Department of Agricultural Machines and Technologies, Faculty of Agriculture, University of Dicle Diyarbakır, Türkiye

\*Corresponding author: [asesiz@dicle.edu.tr](mailto:asesiz@dicle.edu.tr)

Received Date: 01.02.2024

Accepted Date: 16.04.2024

**Abstract**

In this study, it was aimed to determine the particle size distribution of vineyard pruning residues shredded with a shredding machine according to grape variety. Pruning residues of three grape varieties, respectively, Boğazkere, Öküzgözü and Şire were used for the experiments. A wood chipper machine powered by a 15 HP (11.20 kW) thermal engine was used for shredding experiments. Trials were conducted at three different engine speeds (1500 min<sup>-1</sup>, 2000 min<sup>-1</sup>, 2500 min<sup>-1</sup>). There are 3 shredding blades on the machine's chopper unit. The blades are driven by a gasoline engine with the belt and pulley system. The study was carried out at three different blade rotation speed. Particle size distribution was determined for each rotation speed and grape variety. Sieves with diameters of 12.5-50.0 mm were used to calculate the particle size distribution. According to the results, an inverse relationship was obtained between the blade rotation speed and the size length of the shredded branches for all varieties. The ratio of the size and length of the chopped/chopped residues passing through the sieves varied according to the blade speeds. Also, significant differences were found between varieties (p<0.01). The best shredding was obtained in Boğazkere variety at all blade rotation speeds. As the speed of the chopper blades increased, better chopping occurred. In other words, as the number of revolutions increased, the particle size decreased. The best particle size distribution for all varieties was obtained at a blade rotation speed of 2500 min<sup>-1</sup>. As a result, it was concluded that it would be beneficial to operate at as high speeds as possible in order to obtain small branch pieces of the desired size.

**Keywords:** Shredder, vineyard pruning shoots, particle size reduction, particle size distribution

**Bağ Budama Artıklarının Parçacık Boyut Dağılımının Çeşide Göre Belirlenmesi**

**Öz**

Bu çalışmada, bir dal parçalama makinasıyla parçalanmış bağ budama artıklarının üzüm çeşidine göre parçacık boyut dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler için Boğazkere, Öküzgözü ve Şire olmak üzere üç üzüm çeşidinin budama artıkları kullanılmıştır. Parçalama deneyleri için 15 HP (11.2 kW) gücündeki termik motorla çalışan bir dal parçalama makinası kullanılmıştır. Denemeler üç farklı motor devrinde (1500 min<sup>-1</sup>, 2000 min<sup>-1</sup>, 2500 min<sup>-1</sup>) yürütülmüştür. Makinanın kıyıcı ünitesinin üzerinde 3 adet parçalayıcı bıçak bulunmaktadır. Parçalayıcı ünite, kayış-kasnak yardımıyla hareketini motor milinden almaktadır. Çalışma, üç farklı bıçak dönü hızında (1500 min<sup>-1</sup>, 2000 min<sup>-1</sup>, 2500 min<sup>-1</sup>) yürütülmüş olup her devir sayısı ve üzüm çeşidi için parçacık boyut dağılımı belirlenmiştir. Parçacık boyutu dağılımını hesaplamak için 12.5-50.0 mm çaplara sahip elekler kullanılmıştır. Sonuçlara göre, tüm çeşitler için bıçak dönü hızı ile parçacık boyut uzunluğu arasında ters bir ilişki elde edilmiştir. Eleklerden geçen kıyılmış artıkların boyut uzunluklarının oranı, bıçak devirlerine göre farklılık göstermiştir. Çeşitler arasındaki fark da önemli olmuştur (p<0.01). En iyi parçalama, tüm bıçak dönü hızları için Boğazkere çeşidinde elde edilmiştir. Kıyıcı bıçakların hızı arttıkça daha iyi parçalama meydana gelmiştir. Yani, devir sayısı arttıkça parçacık boyutu küçülmüştür. Tüm çeşitler için en iyi parçacık boyut dağılımı ise 2500 min<sup>-1</sup> bıçak devir hızında elde edilmiştir. Sonuç olarak, istenilen büyüklükte küçük dal parçalarının elde edebilmek için mümkün olduğunca yüksek devirlerde çalışmanın yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Öğütücü, bağ budama sürgünleri, parçacık boyutundaki küçülme, parça boyut dağılımı

## Introduction

Vineyard and horticulture cultivation are carried out intensively in the world and in Türkiye. Türkiye is sixth largest grape producer of worldwide with an estimated production of 4 million tons in 550,000 ha production area in 2017. It is the biggest exporter of raisin grapes. Each year over 200.000 tons golden coloured raisins is exported all over the world. The grape export is 170.000 tons valued at 133 million \$ (Anonymous., 2019). Also grape is a valuable product that is consumed as both table and wine and grape juice. Table grapes have been included in the human diet since ancient times. The global production of table grapes reached 22.7 million tons in 2017 (Anastasiou et al., 2018). Grapes are the most widely grown commercial fruit crop in the world, and also one of the most popular fruit crops for horticultural production. Grape growers constantly search the ways in order to maximize their profits all over the world (Özdemir et al., 2017). Even though grape has always been a valuable, pruning and harvesting processes in vineyards are still mainly performed by manually. After annual cultivation operations in viticulture, a huge amount of pruning residues occur and are left in the vineyard. Pruning residues that remain in the vineyards creates major problems such as environmental pollution and the formation and proliferation of diseases and pests. For such types of problems, an effective solution is required. Especially pruning residue and other vegetal residues generated during the cultivation of vineyard and garden products should be recycled and brought back into production through successful residue management (Recchia et al., 2009; Spinelli et al., 2012). One of the methods of utilizing agricultural waste is, and perhaps the most important one, to reduce the size of the pruning residues by shredding them with a chopping machine and mixing the shredded branches into the soil and using them as organic fertilizer (Sessiz et al., 2021; Öngören and Sessiz., 2023). Additionally, residue can be utilized in different ways, such as renewable energy, compost, paper industry, board and chip use (Çolakoğlu, 2018). In addition to high cost of chemical fertilizers, unconscious use of chemical fertilizers adversely affects human, animal and environmental health. Therefore, recycling the pruning residue obtained from vineyards and orchards to the soil and using it for fertilizer purposes provides great benefits in terms of both successful cost management and environmentally friendly agricultural production (Hande and Padole, 2015; Pari., at al., 2015; Supto et al., 2020). Agricultural residues generated after pruning, harvesting and cultivation in vineyards and orchards are generally kept in the vinyards. For a more effective residue management, mechanization tools and mechanical equipment should be used during and after pruning operation (Marti et al., 2012; Öngören and Sessiz., 2022).

Beside like this research, various studies were carried out on this subject. Çanakçı et al. (2018) developed a self-propelled shredding machine prototype that can be used to break down the wastes generated in horticultural activities and return them to the soil as organic matter. Similar studies were conducted by Dereli (2009), Şeflek et al. (2006), Recchia et al. (2009), Spinelli et al (2010), Adamchuk et al. (2016). Pavankumar et al. (2018) designed and manufactured a portable organic waste chopping machine that shreds grape vine and fruit tree pruning wastes in order to demonstrate the importance of organic fertilization. As a result of the experiments of the study, it was stated that the vineyard rods were broken down well with the machine manufactured and these wastes could be converted into organic fertilizers and that the fragmented wastes could be used as biogas and feed as well as meeting the fertilizer needs of the farmer. Margaritis et al. (2020) stated that solid biomass fuels derived from agricultural wastes and other waste types are in excess for sustainable energy production. They stated that vine pruning wastes are an important fuel source as well as being used as fertilizer. Spinelli et al. (2014) developed and tested a new baling system designed to recover pruning wastes from vineyards inaccessible to conventional tractors as an alternative to on-site burning of pruning wastes from mountain vineyards. Çanakçı et al. (2019) stated that grinding is a critical process in recycling pruning wastes in different ways and choosing the right blades in the machines used for this purpose will contribute positively to obtaining suitable particles and reducing operating costs. Pekitkan et al. (2022) determined shredding energy values at different moisture levels for 7 different plant species (Juniperus Drupacea, Pyracantha Coccinea, Shrub, Pine, Oleaster, Peach and Oleander). They argued that obtained results in the study can be used in the design of a machine to be developed for the effective and efficient shredding of the pruning residues of the tested varieties.

One of the parameters affecting the quality of pruning residue is the size distribution of particles. Pruning residue is one of the important plant residues and branch shredding and chopping machines are used to evaluate these residues. The aim of the study was to determine of size

distribution of vineyard pruning residues chopped by a shredding machine according to variety. For this purpose, a branch shredding machine, which is powered by a thermal engine to shred vineyard pruning residue, was tested stationary for different types.

### Material and Method

Vine branches of Boğazkere (wine), Öküzgözü (wine), and Şire (edible) (*Vitis vinifera* L.) grape cultivars were used as plant material in the study (Figure 1a). Pruning branches were obtained from the vineyards of the grape producers in Diyarbakır province. The pruned branches were turned into bundles in the vineyard. Then, it was transported to Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering for tests and it is stored under a closed porch two months until experiment. For shredding experiments, a 15 HP wood chipper machine powered by a gasoline engine with 3 shredding blades was used (Figure 1b, c).



Figure 1. Pruning branches and shredding machine and chopper blade

In order to evaluate the performance of the branch shredding machine, experiments were carried out by pre-setting the engine speed and shredder blade speed on the machine to  $1500 \text{ min}^{-1}$ ,  $2000 \text{ min}^{-1}$  and  $2500 \text{ min}^{-1}$ . Settings were made with the throttle. The amount of material (feeding rate) fed for each trial (kg/h) was determined by keeping time to be homogeneous. Depending on these parameters, particle size characteristics were determined for each type. DT-2236 measuring device (revolution tachometer) was used to determine the blade revolution numbers.

The sieving method was used to calculate the particle size distribution of the shredded residues after the fragmentation of the vineyard pruning branches. Specially made sieves with hole diameters of 50, 40, 30, 20 and 12.5 mm were used for this study (Figure 2). The pruning residues of Şire, Öküzgözü and Boğazkere cultivars are divided into three repetitions according to three different cycle numbers. After weighing the pruning residues with a scale, sieving was carried out from the sieve with the largest hole diameter to the smallest, lasting 15-20 seconds. After sieving, the branches remaining on the sieves were weighed again and the values were recorded. The amount of residue passing through each sieve was calculated over the total sieved amount and converted into % ratios (Şeflek et al., 2006; Demir, 2007; Dereli, 2009; Sessiz et al., 2021; Öngören and Sessiz, 2022).



Figure 2. Sieves in different hole diameters used in the study and sieving

Dikomsan type balance with a capacity of 15 kilograms (kg) was used in the sieving method used to calculate the product amount and particle size distribution used for each rotation speed number and cultivar during the study. Precise weighing processes required to determine the moisture content of the product were made with a 0.1 precision VIBRA brand electronic balance. NUVE FN 500 brand

drying oven was used to determine the moisture content. BMI brand digital caliper was used to determine the diameters of the vine branches to be used in the measurement of cutting resistance.

In order to determine the moisture content of the branches during shredding, five samples were taken from each cultivar and weighed with precision scales and kept in a drying oven at 105 °C for 24 hours. At the end of this period, the samples were weighed again. Moisture contents of pruning branches were measured as 38.10% for Boğazkere cultivar, 38.80% for Öküzgözü cultivar and 38.30% for Şire cultivar. The branch diameter of the varieties used in the experiments increased downwards, and the average diameter values were changed between 3.20-8.30 mm. Branch lengths were changed average between 65-110 cm.

For statistical comparison between data, JMP, 13. Version, package program was used. Trials were planned according to random plot design using analysis of variance (ANOVA). Comparisons were made according to the LSD test and 5% and 1% significance.

### Results and Discussion

The distribution of particle sizes formed by the pruning residues of the cultivars used in the experiments at different revolutions of the engine are given in Figure 3 for Boğazkere, Figure 4 for Öküzgözü, and Figure 5 for Şire. When all cultivars were evaluated together, it was observed that there were differences between them in terms of particle sizes. There were differences in all cultivars according to the sieve diameter depending on the number of revolutions. The best fragmentation occurred in Şire cultivar. However, the proportion of particle sizes sieved through a sieve with a diameter of 12.5 mm was around 1% in all cultivars.

As can be seen in Figure 3. the ratio of the size lengths of the shredded pruning residues sieved through the sieves of different hole diameters for Boğazkere cultivar differed according to the blade rotation speed. There was an inverse relationship between the number of revolutions and the branch shred size. For example, while the ratio of dimension lengths of 50 mm and above particles at 1500 min<sup>-1</sup> constitutes 41% of the total, the length size distribution ratio of the particles decreased to 28% at 2000 min<sup>-1</sup>, and this ratio decreased to 21% at the blade rotation speed at 2500 min<sup>-1</sup>. Considering the smallest particle size ratios, it will be seen how important the number of revolutions is. For example, while the ratio of particle size distribution with 12.5-20 mm dimensions at 1500 min<sup>-1</sup> was 25%, this ratio increased to 28% at 2000 min<sup>-1</sup> and to 38% at 2500 min<sup>-1</sup>. As can be seen from the figures formed from the data obtained, the particle size decreased as the number of revolutions increased. In other words, as the speed of the chopping blades increased, better chopping occurred. A similar situation occurred in all varieties. This situation shows that the effect of the speed of the shredder blades revolution on the branches shred is important, rather than the variety. Similar results were found by Sessiz et al. (2021).

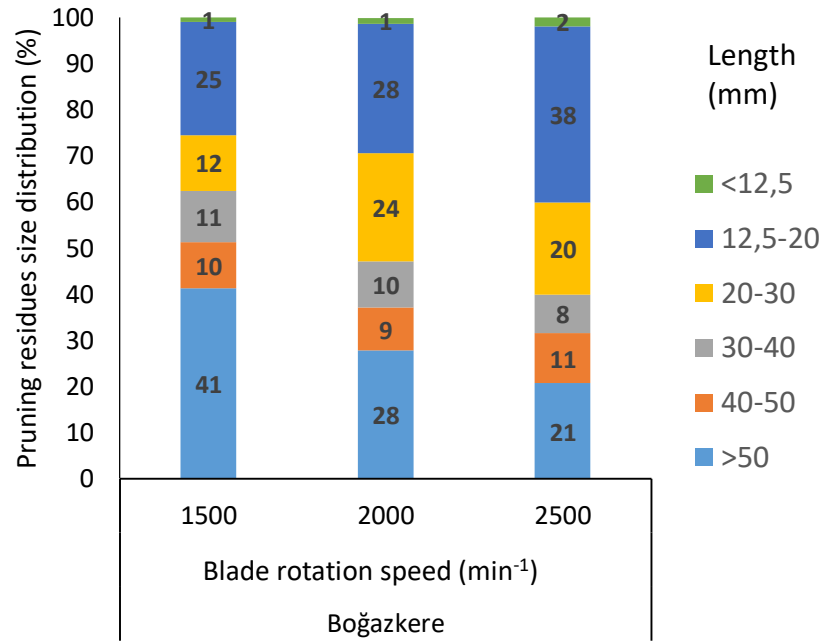


Figure 3. Size distribution of pruning residues belonging to Boğazkere variety

Figure 4 shows the size distribution ratios of the fragmented pruning residues of Öküzgözü cultivar. As can be seen from the figure, as the number of revolutions increased in Öküzgözü, the size of the shredded pruning residues decreased. Thus, when the values are examined; While the rate of particles of 50 mm and above at 1500 min<sup>-1</sup> was 57%, the length ratio of particles in the range of 12.5-20 mm was obtained as 19 at 2000 min<sup>-1</sup>, the length ratio of particles of 50 mm and above was 41%, and the length ratio of particles in the range of 12.5-20 mm was 24%. At the highest speed of 2500 min<sup>-1</sup>, the particle sizes were further reduced, and this ratio was 35% for 50 mm and more fragmented residues and 31% for the size-length ratio of the residues in the range of 12.5-20 mm. As can be seen from these values, when the number of revolutions is increased, the branches are better broken down, so the residues obtained at high revolutions are smaller. Therefore, while the proportion of large particles is higher at 1500 min<sup>-1</sup>, the proportions of small particles have decreased. The opposite situation occurred at 2500 min<sup>-1</sup>. In this revolution, the proportion of large particles is lower and the proportion of small particles is higher.

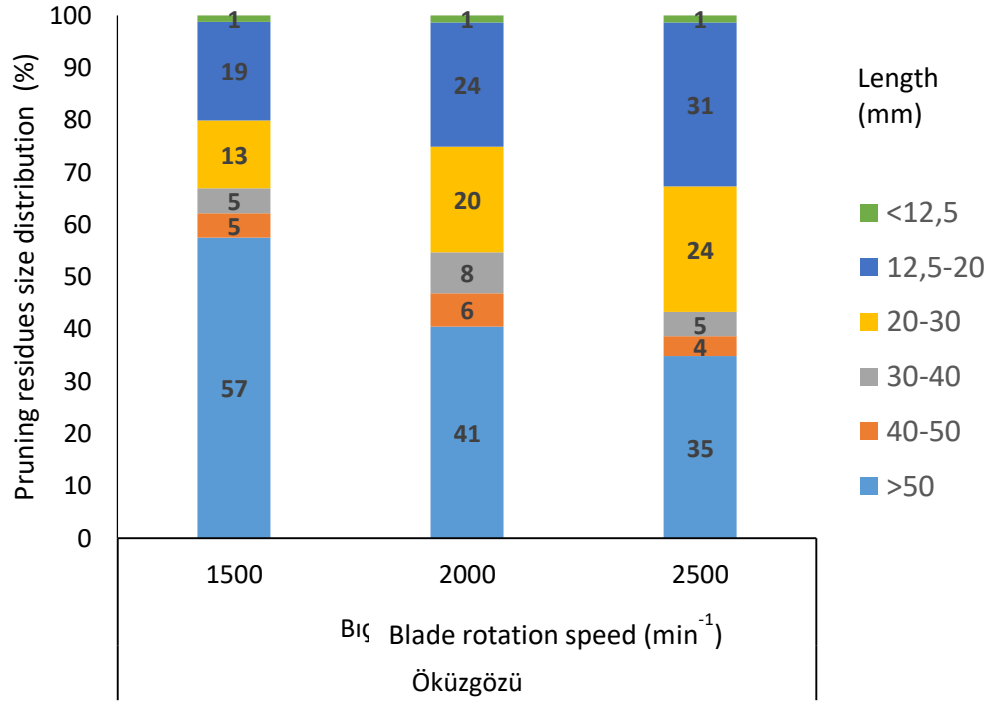


Figure 4. Size distribution of pruning residues belonging to Öküzgözü cultivar

When the size distributions of the particles belonging to the Şire cultivar are examined (Figure 5), the lengths of the branches shredding in the Şire cultivar, as well as in Boğazkere and Öküzgözü cultivars, showed a significant increase and decrease according to the number of revolutions. Compared to the other cultivars, the particle sizes decreased more at high revolutions. For example, the size distribution of vineyard pruning residues; At 1500 min<sup>-1</sup>, the particle length ratio of 50 mm and above is 59%, between 40-50 mm 10%, between 30-40 mm 9%, between 20-30 mm 13%, 12.5-20 mm 8% and 12.5 mm was below 1%. If it is at 2000 min<sup>-1</sup>; The length ratio of 50 mm and above particles was 40%, between 40-50 mm 7%, 30-40 mm 7%, 20-30 mm 20%, 12.5-20 mm 26% and below 12.5 mm 1%. At the highest speed of 2500 min<sup>-1</sup>, the particle length ratio of 50 mm and above is 19%, between 40-50 mm 9%, between 30-40 mm 10%, between 20-30 mm 19%, between 12.5-20 mm. The length ratio of particles below 42% and 12.5 mm was measured as 2%. When all these values are examined together, it is seen that the pruning branches of the Şire cultivar are quite well shred by the shredder blades. While the proportion of the longest particles decreased by 40% from low to high speed, the proportion of the shortest particles increased by 34%.



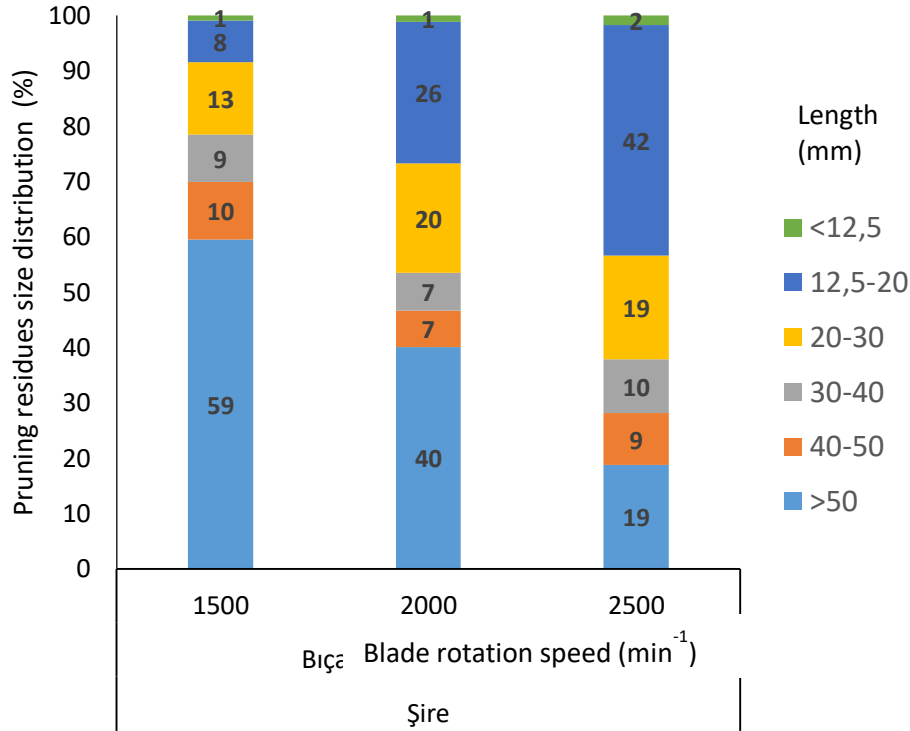


Figure 5. Size distribution of pruning residues belonging to Şire cultivar

When other studies on the subject are examined; Dereli (2009), Aygun and Çakır (2014) states that the particle size values obtained as a result of the shredding of the vineyard shoots in the shredding machines are in the range of 0-100 mm, while Sucipto et al. (2020) stated that the chopping machine they designed and manufactured could cut organic residues in sizes ranging from 1 to 50 mm. The differences between these values are due to the differences in the structural features of the machines, the material used and the working parameters.

### Conclusion and Recommendations

There were an inverse relationship between revolutions and the branch shredding size for all cultivars. The ratio of the size lengths of the shredded pruning residues passing through the sieves differed according to revolutions. The difference between cultivars has also been significant. The best shredding was obtained in Boğazkere cultivar at all revolution. The better shredding occurred as the speed of the chopper blades increased. The size distribution has the best results at 2500 min<sup>-1</sup>. Therefore, it was concluded that it would be more beneficial to work at high revolutions as possible, as well as to increase the number of blades in order to obtain a better performance and small branch pieces of the desired size. When the particle size distributions of the pruning waste produced in different periods by the varieties used in the experiments were examined, there were differences in particle sizes in all varieties. Likewise, there were differences in all varieties according to the sieve diameter depending on the number of revolutions. As the number of revolutions increased, particle sizes decreased.

As a result, it has been seen that a machine used in horticulture, which is produced to shred and grind branches in our country, can be used to shred vineyard pruning residue by making some changes in accordance with the structure of the vineyard sticks, and the shredded residue can be left on the soil surface, making the residue more useful. Pruning wastes that are not evaluated with this study will be shredded and the wastes will be evaluated as organic residue. If pruning branches are used as organic waste, the use of chemical fertilizers will also decrease. It will contribute to the sustainability of both the product and the soil. A healthier product will be obtained for the consumer. This will also increase the market value of the product. The farmer will earn better income. Additionally, the production of pruning waste shredding machines and their use by farmers will become widespread.

This may lead to the opening of a new production area. Mechanical methods to be applied as a result of sharing these methods with relevant people will contribute to both agricultural and scientific literature.

### Acknowledgment

We thank Dicle University Rectorate and DUBAP coordinator for their support. This article was produced from a Master's Thesis prepared by Nurgül ÖNGÖREN.

### Researchers' Contribution Rate Declaration Summary

The authors declare that they have contributed equally to the article. The authors of the article declare that they do not have any conflict of interest.

### References

- Adamchuk, V., Bulgakov, V., Skorikov, N., Yezekyan, T., Olt, J., 2016. Developing a new design of wood chopper for grape vine and fruit tree pruning and the results of field testing. *Agronomy Research*. 14(5): 1519-1529
- Anastasiou, E., A. Balafoutis, N. Darra, V. Psiroukis, A. Biniari, G. Xanthopoulos, S. Fountas, 2018. Satellite and proximal sensing to estimate the yield and quality of table grapes. *Agriculture*. 8(94): 2018
- Anonymous, 2016. Turkish Statistical Institute Agriculture Databases. <http://www.turkstat.gov.tr/PreTabloArama.do?metod=search&araType=vt> , (10.02.2024)
- Aygun I, Çakır E., 2014. Development and determination of the field performance of stalk choppers equipped with different blade configurations, *Bulgarian journal of Agriculture, Journal Indexed in ESCI, International*. 20(2014): 1273-1276.
- Çanakçı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Ünal, İ., Çakır, M., Yiğit, M., Özdemir, E., 2018. Kendi yürür bir budama artığı parçalama makinası işletme giderlerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 14 (2): 127-134.
- Çanakçı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Ağsaran, B., Kabaş, Ö., Yiğit, M., 2019. The effect of different blades on the performance values of a pruning chopper used to improve soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 25 (5): 1052–1059.
- Çolakoğlu, B., 2018. Tarımsal atıkların alternatif kullanım alanları konusunda üretici eğilimleri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
- Demir, O. 2007. Anız Parçalama Makinasının Performans Değerlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Tarım Makinaları A.B.D., Konya.55 ss.
- Dereli, İ., 2009. Bağ çubuklarını parçalama makinalarında kullanılan farklı bıçak tiplerinin parçalama performansına etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Hande, A., Padole, V., 2015. Design and fabrication of portable organic residue chopping machine to obtain compost. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. 2(3): 2349-6010.
- Marti, BV., Gonzalez, EF., Ferre, A., Cremades, JE., 2012. Mechanized methods for harvesting residual biomass from Mediterranean fruit tree cultivations. *Sci. Agric*. 69(3):180-188.
- Margaritis, N., Grammelis, P., Karampinis, E., Kanaveli, I-P., 2020. Impact of torrefaction on vine pruning's fuel characteristics. *J. Energy Eng*, 146(3): 04020006.
- Özdemir, A. Sessiz, R. Esgici, 2017. Some maturity properties of Okuzgozu (*Vitis Vinifera* L. CV.) grape berries," *Fresenius Environmental Bulletin*. 10(28): 6261-6265.
- Öngören, N., Sessiz, A., 2022. Bağ ve bahçe atıklarının değerlendirilmesinde kullanılan mekanik yöntemler. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*. 18(2): 2022: 58-67.
- Öngören, N., Sessiz, A., 2023. Determination of fuel and power requirement of a branch shredder for different vineyard pruning residues. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 7 (4): 847-85
- Pari, L., Assirelli, A., Acampora, A., Giudice, A., Santangelo, E., 2015. A new prototype for increasing the particle size of chopped *Arundo donax* (L.). *Biomass and Bioenergy*. 74: 288-295.
- Pavankumar, SB., Sachin, KR., Shankar, R., Thagaraja, B., Madhusudhan, T., 2018. Design and fabrication of organic waste shredding machine. *International Journal of Engineering Science Invention, ISSN(online): 2319-6734 ISSN(print): 2319-6726*. Retrieved from <https://www.ijesi.org/> , (10.06.2024).
- Pekitkan, G., Çanakçı, M., R. Esgici., Sessiz, A., 2022. Parçalama makinelerinin tasarımında kullanılmak üzere farklı budama artıklarının bazı kesme özelliklerinin belirlenmesi. *JOTAF/ Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. 19(2): DOI: 10.33462/jotaf.1012001
- Recchia, L., Daou, M., Rimediotti, M., Cini, E., Vieri, M., 2009. New shredding machine for recycling pruning residuals. *Biomass and Bioenergy*. 33: 149–154.

- Şeflek, Y., Çarman, K. ve Özbek, O., 2006. Budama atıklarının parçalanmasında kullanılan makinanın performans değerlerinin irdelenmesi. Ege Üniversitesi Basımevi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 2(3): 219-224, İzmir.
- Sessiz, A., A.K.Elicin, Esgici,R., Pekitkan, Turgut, MM., Öngören, N.,2021. Bir dal öğütme makinasının parçalama performansının bağ budama atıkları için değerlendirilmesi. Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Üzerine Güncel Araştırmalar. Akademisyen Kitabevi ISBN 978-625-8037-52-4, DOI 10.37609/akya.919.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Nati, C., 2010. Harvesting vineyard pruning residues for energy use. Biosystems Engineering. (105): 316-322.
- Spinelli, R., Nati, C., Pari, L., Mescalchin, E., Magagnotti, N., 2012. Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. Applied Energy. 89: 374-379.
- Spinelli, R., Lombardini, C., Pari, L., Sadauskiene, L., 2014. An alternative to field burning of pruning residues in mountain vineyards. Ecological Engineering. 70: 212-216.
- Sucipto, A., Kurnia, A., Halim, A., Irawan, A.P., 2020. Design and fabrication of multipurpose organic chopper machine. Materials Science and Engineering. 725, 012021.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

## *Trichogramma pintoï* Voegelé'nin Parazitlenme Etkinliğinin Farklı Besinlerde Üretilen *Ephestia kuehniella* Zeller Yumurtaları Üzerinde Belirlenmesi

Ali Özpınar<sup>1\*</sup>  Besime Gür<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 17100 Çanakkale  
\*Sorumlu yazar: aozpınar@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 28.02.2024

Kabul Tarihi: 26.04.2024

### Öz

*Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nin kitle üretiminde kullanılan buğday unu+buğday kepeğine (1:1), farklı miktarda tatlı mısır unu ve balık unu karıştırılarak 5 farklı larva besini elde edilmiştir. Bu besinlerinde gelişen 2. dölle ait 1500'er adet *E. kuehniella* yumurtası 1000 g'lık besinler üzerinde kültüre alınmıştır. Test edilen 5 larva besininden gelişen erginlerin bıraktıkları 3. dölle ait *E. kuehniella* yumurtalarında *Trichogramma pintoï* Voegelé (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'nin performansı incelenmiştir. Buğday unu+buğday kepeğiyle 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu larva besinlerinde kültüre alınan 1500'er adet yumurtadan sırasıyla; 1475 ile 1441, 1470, 1457, 1500 ve 1445 ergin gelişmiş ve ergin uçuşu boyunca toplam 3.869 ile 2.599, 3.346, 3.914, 3.608 ve 2.812 g yumurta bırakılmıştır. En fazla ergin sayısı ve yumurta miktarı sırasıyla 4 ve 3 nolu besinde gerçekleşmiştir. *T. pintoï* erginleri, buğday unu + buğday kepeği ile 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu larva besinlerinden elde edilen *E. kuehniella*'ya ait 113.6 ile 118, 117.20, 123.70, 114.3 ve 115.6 adet yumurtayı parazitlenmiştir. Parazitlenen yumurta sayısı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak, en fazla parazitlenmiş yumurta sayısı, *E. kuehniella* yumurta miktarının da en fazla olduğu 3 nolu besinde gerçekleşmiştir. *T. pintoï* ömrünün ilk gününde parazitlediği yumurta sayısı 2. ve 3. güne göre düşük düzeyde kalmıştır. En fazla yumurta sayısı ergin ömrünün 2. gününde gerçekleşmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Ephestia kuehniella*, *Trichogramma pintoï*, kitle üretimi, larva besinleri

### Determination of the Parasitization Effectiveness of *Trichogramma pintoï* Voegelé on Eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller Produced on Different Foods

#### Abstract

In this research, wheat flour+wheat bran (1:1), which is traditionally used in the production of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), and 5 larval foods developed by adding different amounts of sweet corn flour and fish meal to this food were compared. *E. kuehniella* 1500 eggs obtained from the second generation, which developed from 5 larval food, were cultured on 1000 g food. The parasitism activity of *Trichogramma pintoï* Voegelé (Hymenoptera: Trichogrammatidae) was examined on the 3rd generation of *E. kuehniella* eggs laid by adults developing from wheat flour + wheat bran (1:1) and 5 larvae feed. From 1500 eggs each cultured on larvae feeds 1, 2, 3, 4 and 5 with wheat flour + wheat bran, 1475 and 1441, 1470, 1457, 1500 and 1445 adult flights took place, and a total of 3.869, 2.599, 3.346, 3.914, 3.608 and 2.812 g of eggs were laid during the adult flight, respectively. The highest number of adults and amount of egg were found in food numbers 4 and 3, respectively. *T. pintoï* adults parasitized an average of 113.6, 118, 117.20, 123.70, 114.3 and 115.6 eggs of *E. kuehniella* obtained from wheat flour + wheat bran and larval food numbers of 1, 2, 3, 4 and 5, respectively. The difference between the number of parasitized eggs was not statistically significant. However, the highest number of parasitized eggs occurred in food number 3, where the highest amount of *E. kuehniella* eggs were laid. The eggs parasitized by *T. pintoï* on the first day of his life remained low compared to the 2nd and 3rd days. The highest number of eggs occurred on the 2nd day.

**Keywords:** *Ephestia kuehniella*, *Trichogramma pintoï*, Mass rearing, Larvae diets

## Giriş

Yaklaşık 100 yıldır tarım ve orman alanlarında ekonomik ürün kaybına neden olan Lepidoptera takımındaki zararlılarla biyolojik mücadelede kullanılan *Trichogramma* türleri depo zararlısı Un güvesi (*Ephestia kuehniella* Zeller, (Lepidoptera; Pyralidae) yumurtalarında üretilmektedir. Zararlıyı henüz yumurta döneminde iken parazitleyerek öldüren ve bitkiye zarar vermesini engelleyen *Trichogramma* türleri 20'den fazla kültür bitkisinde en az 30'a yakın zararlı türün mücadelesinde başarıyla kullanılmaktadır (Smith, 1996; Wu ve ark., 2015). Türkiye'de ise farklı kültür bitkilerinde ve konukçularda 8 *Trichogramma* türü tespit edilmiştir (Öztemiz ve ark., 2013). Bu türler ağırlıklı olarak buğday unu ve buğday kepeği kullanılarak *E. kuehniella* yumurtalarında kitle halinde üretilmektedir (Tunca Cosic ve ark., 2016; Özder ve Tayat, 2019; Pehlivan, 2021; Özpınar ve ark., 2023). Kitle üretiminin sürdürülebilirliği konukçu için uygun, ekonomik ve ulaşılabilir larva besininin varlığına bağlıdır. Böceklerin üreme ve gelişmelerini devam ettirmeleri için larva besinleri optimal oranda protein, yağ, karbonhidrat ve mineral maddeler içermelidir (Gonzalez-Teuber ve ark., 2008). Herbivor böcekler, protein ihtiyacını azot içeriği yüksek olan bitkilerle beslenerek karşılamaktadır (Firidin ve ark., 2013). Yağ ihtiyacını ise doğrudan besinlerden sağladıkları gibi, vücutta depoladığı karbonhidrat ve proteinleri sentezleyerek elde edebilirler. Bu nedenle protein böcek besininde önemli bir işleve sahiptir (Jervis ve ark., 2008).

Geleneksel besin üzerinde üretilen *E. kuehniella* yumurta miktarının protein ve karbonhidrat içeriği düşük olan buğday kepeğinde azaldığı (Ayvaz ve Karabörklü, 2008) ve yüksek oranda protein içeren mısır ununda ise yumurta veriminin arttığı bildirilmiştir (Magrini ve ark., 1995). Ancak, besinde protein miktarının yüksek olmasının tek başına yeterli olmadığı, zira *E. kuehniella*'nın yumurta verimi, yağ ve protein oranı yüksek olan fındık unu yerine karbonhidrat oranı yüksek olan mısır ununda arttığı bildirilmiştir (Polat, 2008). Anlaşıldığı üzere, üretimin sürdürülebilirliği ve kalitesinin devamı açısından kullanılan besin içeriklerinin optimal düzeyde olması gerekmektedir.

Diğer taraftan, *E. kuehniella* kitle üretim maliyetinin düşürülmesi amacıyla da pek çok sayıda larva diyeti test edilmiştir (Moghaddassi ve ark., 2019; Kurtuluş ve ark., 2020; Zadeh ve ark., 2020; Türkoğlu ve Özpınar 2021; Pehlivan, 2021; Karayar, 2023; Pashaei ve ark., 2023). Son yıllardan içerdiği yüksek protein miktarı nedeniyle hayvan beslenmesinde önerilen balık unununun (Özek, 2016) farklı oranlarda yer aldığı larva diyetleri *E. kuehniella*'nın üretiminde ele alınmış ve bu amaçla kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır (Türkoğlu ve Özpınar 2021).

Bu çalışmada ise *E. kuehniella*'nın kitle üretiminde %50 oranında buğday unu ve farklı oranlarda buğday kepeği, tatlı mısır unu ile balık unu içeren 5 larva diyeti test edilmiş ve larva diyetlerinde elde edilen konukçu yumurtaları üzerinde *T. pintoi*'nin parazitlenme etkinliği incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Biyolojik materyal

Çalışmanın biyolojik materyalini, kitle üretim konukçusu *E. kuehniella* ve yumurta parazitoiti *T. pintoi*'nin farklı biyolojik dönemleri oluşturmuştur.

### Larva besinleri

*Ephestia kuehniella*'nın üretiminde kullanılan geleneksel besin olan (kontrol) buğday unu (%50)+buğday kepeğine (%50) farklı miktarlarda tatlı mısır unu ve balık unu ilave edilerek geliştirilen larva besinleri ve bu besinlerin kimyasal analizleri Çizelge 1'de verilmiştir.

### *Ephestia kuehniella*'nın üretimi

Üretim, 24 ±1°C sıcaklıkta %60-70 oransal nemde uzun gün (16:8) aydınlatmalı Böcek Üretim Odasında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1'deki kontrol ve larva besinleri Sartorius marka hassas terazide 1000'er g olarak tartılmış ve bulaşmaları önlemek amacıyla 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 6 saat tutulmuştur. Soğumadan sonra 32 ×26 ×10 cm ebatlarındaki plastik küvetlere alınan besinlerin üst yüzeyine 2. döle ait aynı yaştaki 1500'er adet *E. kuehniella*'nın yumurtası ekilmiştir. Kültüre alınan yumurtalardan gelişen larvaların kannibalizm nedeniyle birbirine zarar vermemesi ve pupa olmaları için barınabilecekleri 5'er cm enindeki oluklu kartonlar besinlerin üzerine yerleştirilmiştir. Gelişmeye bırakılan küvetlerdeki yumurtaları dış etkilerden korumak için, bir lastik yardımıyla küvetlerin kenarına sabitlenen amerikan beziyle kapatılmıştır.

Table 1. Diets used in the production of *Ephestia kuehniella* and their chemical analysis values  
Çizelge 1. *Ephestia kuehniella*'nın üretiminde kullanılan besinler ve besinlerin kimyasal analiz değerleri

Besinler	Buğday unu	Buğday kepeği	Tatlı mısır unu	Balık unu	Karbonhidrat (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kuru madde (%)
Kontrol	%50	%50	-	-	53.90	2.30	9.51	89.41
1 nolu	%50	%25	%25	-	57.80	2.10	7.95	89.71
2 nolu	%50	%22.5	%22.5	%5	51.10	2.20	10.17	89.50
3 nolu	%50	%20	%20	%10	39.00	2.70	11.60	89.96
4 nolu	%50	%17.5	%17.5	%15	34.20	3.10	14.52	90.52
5 nolu	%50	%15	%15	%20	25.80	3.10	17.03	90.71

### ***Ephestia kuehniella*'nın bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi**

Larva besinlerine göre kültüre alınan yumurtalardan gelişen *E. kuehniella* erginleri vakumlu pompa ile toplanarak karbondioksit gazı ile bayılmaları sağlandıktan sonra sayılarak her besin için ayrı ayrı yumurtalama kafeslerine aktarılmıştır. Günlük bırakılan yumurtalar, bir fırça yardımıyla kafeslerin yer aldığı kabın tabanına süpürülmüş ve yabancı maddelerden temizlenerek plastik petri kaplarına alınmış ve hassas terazide tartılmıştır. Günlük çıkış yapan erginler bu kafeslere aktarılarak ergin sayısı, ergin uçuş periyodu ve günlük bırakılan yumurta miktarı (g) belirlenmiştir.

*Ephestia kuehniella*'nın uçuş yapan günlük ergin sayısı ile bırakılan yumurta miktarı (g) arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Minitab 17 istatistiksel paket programında Pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

### ***Trichogramma pintoi*'nin parazitlenme etkinliğinin belirlenmesi**

*Trichogramma pintoi*'nin parazitlenme etkinliği 3. döl *E. kuehniella* erginlerinden elde edilen yumurtalar üzerinde 24±1°C sıcaklık, %60-70 orantılı nemde uzun gün aydınlatmalı (16:8 saat) iklim dolabında incelenmiştir. UV cihazı (450 nm) altında 30 dakika tutularak embriyoları öldürülen 50'şer adet *E. kuehniella* yumurtası A4 kağıdından kesilmiş, 1x10 cm ebadındaki kağıtlara %10'luk arap zambakı yardımıyla yapıştırılmıştır. Larva diyetlerine göre cam tüplere (16x1.5 cm) alınan yumurtalar üzerine ve yeni çıkış yapmış 2 erkek ve 1 dişi *T. pintoi* salınmıştır. Erginlerin beslenmesi için tüpün iç çeperine bal sürülmüştür. Cam tüplerin ağzı pamuk ile kapatılmış ve erginlerin yumurtalara yönelmeleri için tüplerin dip kısmı ışığa gelecek şekilde, konumlandırılmıştır (Bulut ve Kılınçer, 1987; Özpinar, 1994). Parazitlenen yumurtalar 24 saat arayla aynı özellikteki yeni bırakılmış yumurtalarla değiştirilmiş ve 3 gün parazitlenme devam etmiştir. Deneme her besin için 10 tekrarlı olarak kurulmuş ve parazitlenen yumurta sayısı, parazitlenme oranı, parazitlenmiş yumurtalarda çıkış yapan ergin sayısı ve ergin çıkış oranı besinlere göre belirlenmiştir.

Araştırmanın sonuçları, her larva besini için SPSS 23 paket programıyla analiz edilmiş, larva besinlerine ait değerler arasındaki farkı tek yönlü ANOVA ve Fisher's LSD çoklu testi ile karşılaştırılmıştır (p<0.05).

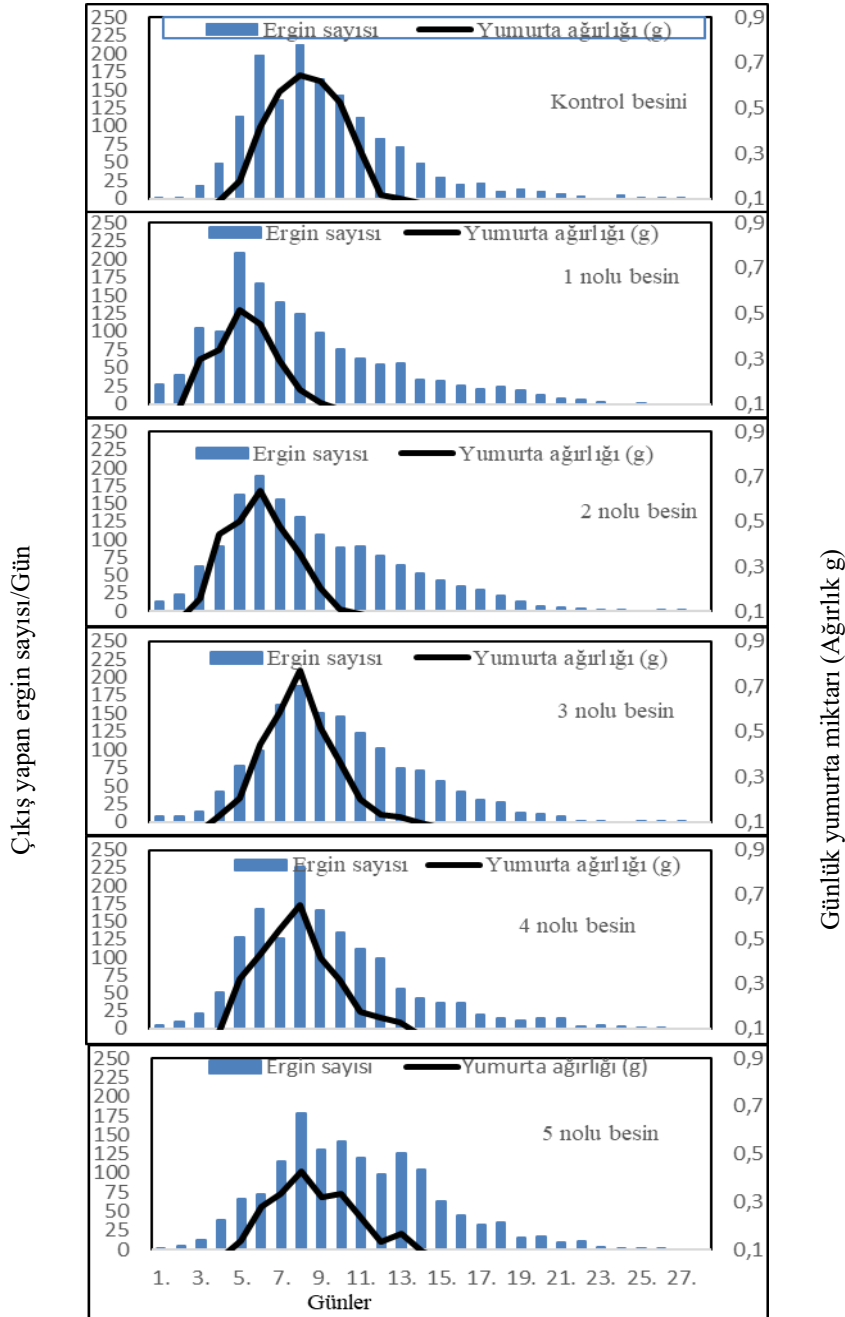
### **Bulgular ve Tartışma**

#### ***Ephestia kuehniella*'nın ergin uçuşu ve günlük bırakılan yumurta miktarı**

Kontrol ve 5 farklı larva besini (1000 g) üzerinde gelişmeye bırakılan 1500 adet *E. kuehniella* yumurtasından elde edilen 3. dölde ait erginlerin günlük uçuşu ve bıraktıkları yumurta miktarı (g) Şekil 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Test edilen farklı larva besinleri üzerinde gelişen *E. kuehniella* ergin uçuş periyodu, tatlı mısır unu oranının (%25) en fazla olduğu 1 nolu besinde 28 gün, 2 ve 3 nolu besinler ile kontrol besininde 27 gün, 4 ve 5 nolu besinlerde ise 26 gün sürmüştür. Besinlerdeki balık unu miktarındaki artış; kontrol ve diğer besinlere göre ergin uçuş periyodunu kısaltmıştır. Kontrol ve test edilen larva besinlerine göre ergin uçuş periyodunda meydana gelen tepe noktalarının gerçekleştiği günler karşılaştırıldığında (Şekil 1 ve Çizelge 2) ergin uçuşu en yüksek sayıya 1 nolu besinde 5. günde, 2 nolu besinde 6. ve diğer besinlerde ise 8. günde ulaşmıştır. Uçuş yapan erginlerin bıraktığı en fazla yumurta miktarı ergin uçuş sayısının en yüksek olduğu tepe noktalarında gerçekleşmiştir. Kontrol besininde en yüksek yumurta miktarı 8. günde olmasına rağmen, besinlerde balık unu miktarındaki

artış, erginlerin yumurt bırakmasında bir gecikmeye sebebiyet vermiş olabileceği kanısını uyandırmıştır. Diğer taraftan, yumurtalama periyodu ile ergin uçuş periyodu bire bir örtüşmemiştir. Yumurta miktarı ergin uçuşunun 15. gününden itibaren azalmıştır. Yumurta miktarındaki bu azalma ovipozisyon periyodundan sonra postovipozisyon dönemindeki ergin varlığına bağlanmıştır. Ancak, ergin uçuşunun ilk 15 gününde kontrol ve 5 larva besininde gelişmesini tamamlayarak uçuş yapan günlük ergin sayısı ile bırakılan günlük yumurta miktarı (g) arasında anlamlı ( $P=0.000$ ), pozitif ve güçlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. Korelasyon katsayısı kontrol besini ile 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu besinlerde sırasıyla 0.940 ile ve 0.930, 0.914, 0.956, 0.923 ve 0.915 olarak bulunmuştur. En yüksek korelasyon 0.956 ile 3 nolu besinde gerçekleşmiş ve bu değeri 0.940 ile kontrol besini izlemiştir.



Şekil 1. Kontrol ve 5 larva besininde kültüre alınan yumurtalardan gelişen *Ephestia kuehniella* ergin sayısı, ergin uçuş periyodu ve bırakılan yumurta miktarı

Figure 1. Number of *Ephestia kuehniella* adults developed from eggs cultured on control and 5 larval food, adult flight period and amount of egg laid

Table 2. Total number of *Ephestia kuehniella* adults hatched from 1500 eggs cultured on control and 5 larvae food, amount of eggs laid during the adult flight period  
Çizelge 2. Kontrol ve 5 larva besininde kültüre alınan 1500 yumurtadan çıkan toplam *Ephestia kuehniella* ergin sayısı, ergin uçuş periyodu bıraktıkları yumurta miktarı

	Kontrol	1 nolu besin	2 nolu besin	3 nolu besin	4 nolu besin	5 nolu besin
Uçuş periyodu (gün)	27	28	27	27	26	26
Ergin uçuş periyodunun tepe noktası (gün)	8.	5.	6.	8.	8.	8.
Tepe noktasındaki ergin sayısı (adet)	212	209	188	188	226	128
Tepe noktasındaki yumurta miktarı (g)	0.645	0.516	0.638	0.771	0.655	0.429
Uçan toplam ergin sayısı (adet)	1475	1441	1470	1457	1500	1445
Toplam yumurta miktarı (g)	3.869	2.599	3.346	3.914	3.608	2.812

Diğer taraftan, en yüksek ergin sayısı 1500 adet ile 4 nolu larva besininde ve en az ergin ise 1441 adet ile %25 buğday kepeği ve %25 oranında en fazla tatlı mısır ununun yer aldığı 1 nolu besinde gerçekleşmiştir. Aynı zamanda 2.599 g ile en düşük yumurta miktarı da 1 nolu besinde elde edilmiştir. En yüksek yumurta miktarı ise 3.914 g ile 3 nolu besinde gelişen *E. kuehniella* erginleri tarafından bırakılmış ve bunu 3.869 g ile kontrol besini takip etmiştir (Çizelge 2). Görüldüğü üzere yumurta miktarı ergin uçuşunun en yüksek olduğu 4 nolu besin yerine daha düşük sayıda ergin uçuşunun gerçekleştiği 3 nolu besinde gerçekleşmiştir. Karışımda %10 balık unu içeren 3 nolu besinde en yüksek yumurta sayısı elde edilmiş olmasına rağmen, besinlerde balık unu miktarındaki artışa karşın, 4 ve 5 nolu besinlerde yumurta miktarı gittikçe azalmıştır. Hatta 4 ve 5 nolu besindeki yumurta miktarı kontrol besinin gerisinde kalmıştır.

Besinlerde protein oranının yüksek olmasının tek başına yeterli olmadığı; nitekim Polat (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, en düşük *E. kuehniella* yumurta miktarını, mısır unu ve buğday ununa göre daha yüksek oranda protein içeren fındık ununda tespit ederek teyit edilmiştir. Zira karışımda balık ununun yüksek olduğu 4 ve 5 nolu besinlerde elde edilen 3.608 g ve 2.812 g yumurta miktarı kontrol besininde elde edilen 3.869 g yumurta miktarının gerisinde kalmıştır. Diğer taraftan Zadeh ve ark., (2020) buğday ve arpa ununa göre mısır ununun uygun bir *E. kuehniella* besini olmadığını, buna karşın; Pehlivan (2021) mısır ununun yüksek oranda yer aldığı diyetlerin buğday ununa göre daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde; Pashaei ve ark., (2023) buğday unu, pirinç unu, arpa unu ve mısır ununu inceledikleri çalışmada, en yüksek yumurta sayısının mısır unu üzerinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere besinlerin yumurta verimi üzerine etkisi farklı araştırmalarda değişiklik göstermiştir.

Kitle üretim konukçusunun seçiminde önemli parametrelerden birisi olan konukçunun bıraktığı yumurta sayısı; %39.00 karbonhidrat, %2.70 oranında yağ, %11.60 protein ve %89.96 oranında kurumada bulunan 1457 adet ergin bireyin uçuş yaptığı 3 nolu besinde gerçekleşmiştir. 4 nolu besinde yüksek sayıda ergin uçuşuna rağmen, yumurta sayısının düşük olması popülasyondaki erkek birey sayısının yüksek olması ihtimaline bağlanmıştır. Bu bağlamda yumurta miktarıyla uçuş yapan ergin sayısı arasındaki ilişkiyi değerlendirmede popülasyondaki erkek ve dişi oranının da dikkate alınması gereği ortaya çıkmıştır.

#### ***Trichogramma pintoi*'nin parazitleme etkinliği**

Kontrol ve 5 farklı larva besininde gelişen *E. kuehniella* yumurtalarının *T. pintoi* tarafından parazitleme etkinliğine ilişkin bazı biyolojik özellikler Çizelge 3'de verilmiştir. Test edilen larva besinlerinde gelişen 3. döle ait 150 adet *E. kuehniella* yumurtası *T. pintoi* dişileri tarafından ilk 3 günde sırasıyla, ortalama 113.60, 118.00, 117.20, 123.70, 114.30 ve 115.60 adet olarak parazitlemiştir.



Table 3. Parasitism effectiveness of eggs belonging to the 3rd generation of *Ephestia kuehniella* mass reared on the larval diets by *Trichogramma pintoi* (Mean±Standard Error)  
Çizelge 3. Farklı larva diyetlerinde yetiştirilen *Ephestia kuehniella* 'nın 3. dölüne ait yumurtaların *Trichogramma pintoi* tarafından parazitlenme etkinliği (Ortalama±Standart Hata)

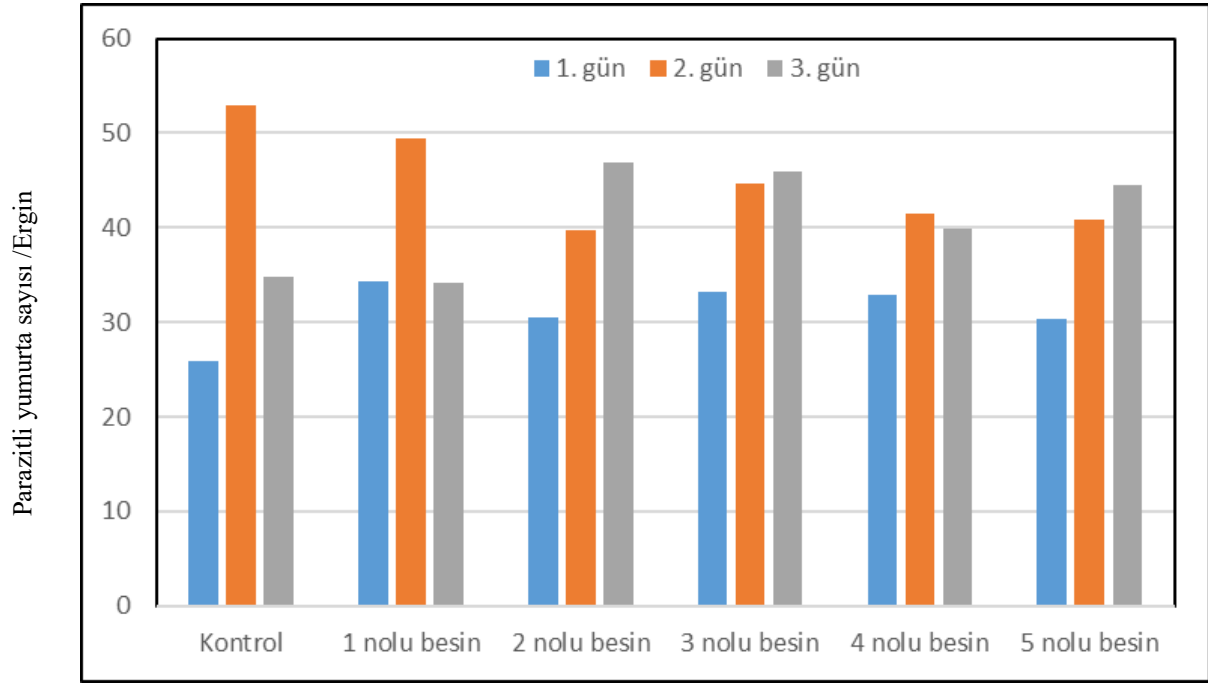
	Kontrol	1 nolu besin	2 nolu besin	3 nolu besin	4 nolu besin	5 nolu besin	P değeri
Parazitli yumurta sayısı	113.60±3.54a	118.00±3.88a	117.20±3.01a	123.70±5.51a	114.30±3.80a	115.60±2.84a	0.491
Parazitlenme oranı	75.73±2.36 a	78.67±2.59a	78.13±2.01a	82.47±3.67a	76.20±2.53a	77.07±1.90a	0.491
Çıkan ergin sayısı	103.90±4.45a	102.30±2.84a	104.30±2.91a	109.70±4.39a	100.10±3.18a	104.60±3.50a	0.566
Ergin çıkış oranı	91.22±1.80a	86.94±1.53a	89.08±1.77a	89.00±1.69a	87.68±1.11a	90.36±1.31a	0.394

Not: Aynı satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p<0.05)

Parazitlenen yumurta sayısı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak, larva besinlerinden elde edilen *E. kuehniella* yumurtaları kontrol besinine göre daha fazla sayıda parazitlenmiştir. En yüksek parazitli yumurta sayısı aynı zamanda üzerinde en fazla *E. kuehniella* yumurtasının elde edildiği 3 nolu besinde 123.70 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda içeriğinde %39 karbonhidrat, %2.7 yağ, %11.60 protein ve %89.96 kuru maddeye sahip olan 3 nolu besin öne çıkmıştır. Parazitlenen yumurta sayısı ile diyetlerdeki balık unu miktarı arasında doğrusal bir ilişki kurulamamıştır. İşgören (2021) *T. pintoi*'nin buğday unu, buğday kepeği ve mısır kırmacı üzerinde üretilen 120.65 adet *E. kuehniella* yumurtasının parazitlendiğini bildirmiştir. Bu çalışmanın içeriği ile, bu çalışmada, test edilen 1 nolu besin içerikleri benzer olup, elde edilen sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Ancak, Özpınar ve ark., (2023) incelenen larva diyetleri üzerinde 150 adet *E. kuehniella*'nın yumurtasının *T. evanescens* tarafından parazitlenme oranını, kontrol besininde %25.13 (37.69 adet) ve içeriğinde %7.5 ile %15 oranında balık unu bulunan larva diyetlerinde ise %21.40-%21.20 oranında gerçekleştiğini bildirmişler. Benzer içerekteki larva besinlerinde, birbirinden oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Zira farklı larva diyetlerinin *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarının *T. chilonis* tarafından parazitlenme oranında bir değişiklik yaratmadığı bildirilmiştir (Nathan ve ark., (2006). Bunun yanında kaliteli diyetlerde üretilen *E. kuehniella*'nın büyük yumurtalarının *T. brassicae* tarafından tercih edilmesi, besinin kalitesiyle ilişkilendirmiştir (Moghaddassi ve ark., 2019). Besinin kalitesindeki iyileşme parazitoitin etkinliğini arttırdığı saonucuna varılmıştır (Farahani ve ark., (2016). Böylece, *Trichogramma* türlerinin parazitlenme performansı üzerinde kitle üretim konukçusunun uygun besinler üzerinde üretilmesi ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Diğer taraftan *T. pintoi*'nin parazitlenme etkinliğini belirlemede esas alınan diğer parametrelerden biri olan, ergin çıkış oranı en az parazitli yumurta sayısına sahip kontrol besininde en yüksek oranda gerçekleşmiştir. Parazitli yumurtalardan en düşük ergin çıkış oranı içeriğinde %15 oranında balık unu içeren 4 nolu besinde görülmüştür. Özpınar ve ark., (2023) benzer içerikte larva diyetlerinin test edildiği çalışmada *T. evanescens*'in en yüksek çıkış oranının kontrolde ve en düşük oranın ise içeriğinde %12.5 oranında balık unu bulunan diyetlerde gerçekleşmiştir. Her iki çalışmada ergin çıkış oranının söz konusu besinlerde benzer olması bu yönüyle dikkat çekmiştir.

Test edilen larva besinlerinde gelişen ve *T. pintoi* ergin ömrünün ilk 3 gününde parazitlenen *E. kuehniella* yumurta sayısı Şekil 2'de verilmiştir. Kontrol ve 5 larva besininde ilk günde parazitlenen yumurta sayısı 2. ve 3. güne göre geride kalmış ve toplamda 187.1 adet yumurta parazitlenmiştir. En fazla parazitli yumurta sayısı 269.1 adet ile 2 günde gerçekleşmiştir. Ergin ömrünün 3. gününde ise toplam 246.2 yumurta parazitlenmiştir. Ancak, tüm besinlerde parazitlenen yumurta sayısının günlere dağılımı benzer olmayıp, kontrol ile 1 nolu besinde 2. günde parazitlenen yumurta sayısı 1. ve 3. günden parazitlenen yumurta sayısından oldukça fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 2. *Trichogramma pintoii* tarafından parazitlenmiş farklı besinlere ait *Ephestia kuehniella* yumurta sayısı  
Figure 2. Number of *Ephestia kuehniella* eggs from different foods parasitized by *Trichogramma pintoii*

Besinlerin karışımında balık unu oranı arttıkça kısmen de olsa 3. günde parazitlenen yumurta sayısı artmıştır. Bu durum bilinenin aksine olup, Bayat ve Ashouri, (2022)'nin yaptığı çalışmada *T. brassicae*'nin en fazla *E. kuehniella* yumurtasını ömrünün ilk gününde parazitlediği ve ömrün sonuna doğru parazitlenen yumurta sayısının azaldığı bildirilmiştir. Özder ve Tayat (2019), *T. pintoii* ergin ömrünün ilk gününde 159.89 adet *E. kuehniella* yumurtası parazitlenmiş iken 7. gün de bu sayı 27.30 adete düşmüştür. Pehlivan (2021) yaptığı çalışmada 1. ve 2. döle ait *T. evanescens* dişilerinin ilk günde parazitlediği konukçu yumurta sayısının 2. günden daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Özpınar (1999), *T. ostrinia* ve *T. evanescens*'in ömrü boyunca parazitlediği *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarının sırasıyla %30 ve %45'ni ilk günde parazitlendiğini tespit etmiştir. Görüldüğü üzere genel olarak *Trichogramma* türlerinin ömrünün ilk günlerinde daha fazla yumurta bıraktığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ancak, bu çalışmada kontrol besini de dahil olmak üzere, test edilen diğer besinlerde de erginlerin 2. günde daha fazla yumurta parazitledikleri belirlenmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, *E. kuehniella* larva besinlerine ilave edilen balık unu karışımdaki protein miktarını artırmıştır. İçeriğinde protein oranı %11.60 olan 3 nolu besinde en fazla *E. kuehniella* yumurtası elde edilmiştir. Aynı zamanda bu besinde elde edilen yumurtalar *T. pintoii* tarafından da yüksek sayıda parazitlenmiştir. Ancak, protein miktarındaki artışa rağmen, 4 ve 5 nolu besinlerde *E. kuehniella* yumurta sayısında bir artış gerçekleşmemiş, bağlantılı olarak besinlerde artan balık unu miktarı parazitlenen yumurta sayısında bir artış sağlamadığı görülmüştür.

Bunun yanında *E. kuehniella* larva besinlerindeki protein oranını arttıran balık unu, gerek konukçu üretiminde ve gerekse konukçu yumurtalarını parazitlemeye *T. pintoii* üzerinde olumsuz bir etki de yaratmamıştır. Diğer taraftan, kitle üretim konukçusunun verimliliğini ölçmede kullanılan kriterlerden biri olan günlük uçuş yapan ergin sayısı ile bırakılan yumurta miktarı arasında kontrol ve 5 larva besini arasında güçlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. Ergin uçuşunun en yüksek olduğu dönemde en fazla yumurta miktarı elde edilmiştir.

Sonuç olarak *E. kuehniella* kitle üretiminde kullanılan larva besinlerine hangi oranlarda balık unun katılacağı ayrıntılı çalışmalarla ortaya konulmalıdır. Bu amaçla kullanılmak üzere balık işletmelerindeki atıkların geri dönüşüm yoluyla ekonomiye kazandırılma potansiyelinin mevcut olduğu görülmüştür.

**Teşekkür:** Bu çalışma Besime Gür'ün yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını yazarlar beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını makale yazarları beyan eder.

#### Kaynaklar

- Ayvaz, A., Karabörklü, S., 2008. Effect of cold storage and different diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Pest Sciences. 81(1): 57–62.
- Bayat, E., Ashouri A., 2022. Age-specific oviposition behaviour of *Trichogramma brassicae* on *Ephestia kuehniella* under laboratory conditions. Journal of Entomological Society of İran. 42 (1): 55-65.
- Bulut, H., Kılınçer, N., 1987. Yumurta parazitoidi *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'in un güvesi (*Ephestia kuehniella* Zell.) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarında üretimi ve konukçu-parazit ilişkileri. Türkiye I. Entomoloji Kongresi, Bildiriler Kitabı, s. 563-572, 13- 16 Ekim, İzmir.
- Farahani, H. K., Ashouri, A., Zibae, A., Abroon, P., Alford, L., 2016. The effect of host nutritional quality on multiple components of *Trichogramma brassicae* fitness. Bulletin of Entomological Research. 106 (5): 633–641.
- Firidin, B., Yanar, O., Yılmaz, Y., 2023. Herbivor böceklerin besin dengeleme mekanizmaları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 6 (2): 103-105.
- Gonzalez-Teuber M., Segovia R., Gianoli, E., 2008. Effects of maternal diet and host quality on oviposition patterns and offspring performance in a seed beetle (Coleoptera: Bruchidae)". Naturwissenschaften. 95 (7): 609-615.
- İşgören, 2021. *Ephestia kuehniella* Zell., *Cadra (Ephestia) cautella* Walk. ve *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) ile yumurta parazitoidi *Trichogramma pinto* Voegelé ( Hymenoptera: Trichogrammatidae) arasındaki bazı biyolojik ilişkiler üzerine araştırma. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 59 s.
- Jervis, M., Ellers, J., Harvey, J., 2008. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. Annual Review of Entomology. (53): 361-385.
- Karayar, Ş., 2023. Değirmen güvesi, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın bazı glutensiz unlarda popülasyon parametrelerinin karşılaştırılması. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 55 s.
- Kurtuluş, A., Pehlivan, S., Achiri, T. D., Atakan, E., 2020. Influence of different diets on some biological parameters of the Mediterranean flour moth. *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 85(1):1-6.
- Magrini, E. A., Parra, J. R. P., Haddad, M. L., Botelho, P. S. M., 1995. Comparison of artificial diets and different varieties of maize, for rearing *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae). Scientia Agricola. 52(1): 60–64.
- Moghaddassi, Y., Ashouri, A., Bandani, A.R., Leppla, L.C., Shirk, P.D., 2019. Effect of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) larval diet on egg quality and parasitism by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Journal of Insect Science. 19(4): 1-7.
- Nathan, S. S., Kalaivani, K., Mankin, R. W., Murugan, K., 2006. Effects of millet wheat. Rice and sorghum diets on development of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Galleriidae) and its suitability as a host for *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Environmental Entomology, 35(3): 784–788.
- Özder, N., Tayat, E., 2019. Parazitoit yaşının *Trichogramma pinto* Voegelé (Hymenoptera: Trichogrammatidae) performansı üzerine etkisi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 7 (1):169-174.
- Özek, K., 2016. Böcek kökenli protein kaynaklarının yem değeri ve kanatlıların beslenmesinde kullanılabilirlik olanakları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Doğa Bilimleri Dergisi. 19 (3): 272-278.
- Özpinar, A., 1994. *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera:Trichogrammatidae)'in iki farklı konukçudaki yaşam çizelgesi. Türkiye Entomoloji Dergisi. 18 (2): 83-88.
- Özpinar, A., 1999. *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae)'in yumurtaları üzerinde *Trichogramma* tür ve ekotiplerinin laboratuvar koşullarında karşılaştırılması. Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi 19-30, 26-29 Ocak 1999. Adana.
- Özpinar, A., Türkoğlu, A., Şahin, A. K., 2023. *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) tarafından parazitlenen *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtaları üzerinde larva diyetlerinin etkisi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 10 (3):320-328.

- Öztemiz, S., Sümer Ercan, F., Tunçbilek, A. Ş., 2013. Türkiye’de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) türleri, konukçuları ve sistematikteki son gelişmeler. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 29 (3): 240-246
- Pashaei, S., Razmjou, J., Rafiee Dastjerdi, H., Ebadollahi, A., Naseri, B., 2023. Effect of various cereal hosts on population growth traits of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Agriculture. 45(4): 1-17.
- Pehlivan, S., 2021. Role of host diet on the fitness of the egg parasitoid species, *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 31(10):1-8.
- Polat, P., 2008. Larval dönemde üç farklı doğal besinle beslenen *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae)’da ergin ömür uzunluğu, verim ve eşey oranı .Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 26 s.
- Smith, S. M., 1996. Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes and potential of their use. Annual Review of Entomology. 41: 375- 406.
- Tunca Cosic H., Uğur A., Özkan C., Durlu M., Moran H. H., 2016. Effects of low temperature on the immature stage of *Trichogramma pintoii* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on different host eggs. Fresenius Environmental Bulletin. 25 (11):4724-4731.
- Türkoğlu, A. Özpınar, A., 2021. *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) ’nın yumurta üretiminde farklı besinlerin karşılaştırılması. Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences. 7(4):570-581.
- Wu, L. H., Hoffmann, A. A, Thomson, L. J., 2015. *Trichogramma* parasitoids for control of lepidopteran borers in Taiwan: species, life-history traits and Wolbachia infections. Journal Applied Entomology. 140 (5): 353–363.
- Zadeh, V. M., Pourabad, R. F., Ashouri, S., Hosseini, N., 2020. Impact of four diets on pupal and larval total protein and digestive  $\alpha$ -amylase activity in *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal Crop Protection. 9 (4): 615-624.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

## Bazı Sorgum Sudanotu Melezi Çeşitlerinin Farklı Biçim Uygulamalarındaki Agronomik Özellikleri ile Otunun Enerji Değerlerindeki Değişimlerin İncelenmesi

Münir Sadi Özsüer<sup>1</sup>  Fırat Alatürk<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 17100, Çanakkale, Türkiye

\*Sorumlu yazar: alaturkf@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.07.2023

Kabul Tarihi: 01.08.2023

### Öz

Bu çalışma sorgum sudanotu melezi (SSM) çeşitlerinde (Nutri Honey ve Nutrima) farklı hasat uygulamalarına bağlı olarak toprak üstü ve toprak altı biomass üretimi ile yaprak ve sapların enerji içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 2020-2021 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma alanında yürütülmüştür. Bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulan çalışmada ana parselleri çeşitler (Nutri Honey ve Nutrima), alt parselleri ise biçim yükseklikleri (bitki boyu 30, 60, 90, 120, 150 cm olduğunda ve fizyolojik olum döneminde hasat) oluşturmuştur. Araştırmada yeşil ot verimi, yaprak ve sap oranları, kök miktarı, yaprak ve sap kısımlarına ait Toplam Sindirilebilir Besin Madde (TSBM), Metabolik Enerji (ME) ve Sindirilebilir Enerji (SE) değerleri incelenmiştir. Nutri Honey çeşidinin toplam yeşil ot üretimi (7323.0 kg da<sup>-1</sup>) Nutrima'ya (7019.3 kg da<sup>-1</sup>) göre daha yüksek olmuştur. Toplam yeşil ot verimleri biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak artmıştır. Bitkide büyümeye bağlı olarak yaprak oranları düşerken, sap oranlarında artışlar olmuştur. Bitkilerde boy uzaması ile kök üretimi arasında olumlu ilişki olduğu ve boy uzunluğu arttıkça üretilen kök miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Yaprakların sindirilebilirliği ve enerji değerleri sap kısımlarına göre daha yüksek bulunmuştur.

Yapılan çalışmanın sonunda benzer ekolojilerde kaba yem kaynağı olarak her iki sorgum sudanotu melezi çeşitlerinin yetiştirilmesi ve 150 cm bitki boyuna ulaştıktan sonra hasat edilerek yetiştirme döneminde iki kere verim alınması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** sorgum sudanotu melezi, yeşil ot verimi, kök üretimi, net enerji, sap oranı, sindirilebilir enerji.

### Investigation of the Variations in the Agronomic Characteristics of Certain Sorghum Sudangrass Hybrid Cultivars and the Energy Values of Forage in Terms of Different Harvesting Practices

#### Abstract

This study was carried out in the research area of Çanakkale Onsekiz Mart University Faculty of Agriculture between the years 2020-2021 in order to determine the above- and belowground biomass production along with the energy contents of leaves and stalk in sorghum sudangrass hybrid (SSH) cultivars depending on different harvesting practices. The experiment has been established according to the randomized complete block design using 4 replications, where the main plots contained the cultivars of SSH namely, Nutri Honey and Nutrima, while the sub-plots represented the different harvesting heights (30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm and the physiological maturity stage). Fresh forage yield, leaf and stalk ratios along with the number of root, TSBM, ME and SE values of leaf and stalk were examined during this study. The total fresh forage production of Nutri Honey (7323.0 kg/da) was higher than that of the Nutrima (7019.3 kg/da). Total fresh forage yield increased with the increase in crop height during the harvesting period. Leaf ratio decreased depending on the growth in sorghum crop, there was an increase in the stalk ratios of SSH cultivars. It has been determined that there was a positive relationship between the growth of crop height and root production. The digestibility and energy values of the leaves were found to be higher than the stem parts.

Consequently, it has been recommended to cultivate both of the sorghum sudangrass hybrid (SSH) cultivars as the forage source under similar ecological conditions, and harvest the crop when reach at the height of 150 cm for obtaining double amount of yield during the cultivation period of sorghum.

**Keywords:** sorghum sudangrass hybrid, fresh hay yield, root biomass, net energy, ratio of stalk, digestible energy.

## Giriş

Sorgum selüloz, biyoyakıt, insan ve hayvan besleme gibi birçok alanda kullanılabilirdiği için dünyanın birçok yerinde en çok yetiştiriciliği yapılan beş bitkiden bir tanesidir. Bunun yanında gelişmiş kök sistemine sahip olduğu için kurak ve tuzlu koşullara dayanımı oldukça yüksektir (Tari ve ark., 2013). Sorgumun çevre şartlarına adaptasyonu ve bımass verimi diğer C4 bitkilerine nazaran daha yüksektir (Li ve ark., 2010). Sorgum sudanotu melezi (SSM) [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] çok az bakım işlemleri ile çok fazla bımass elde edilebilen bitki olarak bilinmektedir (Pedersen, 1996; Reddy ve ark., 2005). Sorgum su ve besin elementlerini (N-P-K) mısıra ve diğer tahıllara göre daha etkili kullanmaktadır (Bean ve ark., 2002; Yosef ve ark., 2009; Kaplan ve ark., 2019).

Türkiye’de geniş alanlarda yem bitkileri yetiştiriciliği ile artan kaba yem ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Diğer yandan kısıtlı kaynakların daha etkin kullanılması ve kaliteli kaba yemin daha ucuza elde edilmesi zorunluluğunda bulunmaktadır. Sorgum sudanotu melezi (SSM) çeşitleri hızlı büyüme ve biçildikten sonra yeniden gelişme yetenekleriyle, hayvan beslemede önemli rol oynamaktadır. Yeşil ot, kuru ot, silaj ve paket ot (haylaj) olarak değerlendirildiği gibi, otlatma amacıyla da kullanılmaktadır (Undersander, 2003; Avcıoğlu ve ark., 2009).

SSM çeşitleri son yıllarda artan bir şekilde yeşil ot, kuru ot, silaj ve otlatma amacıyla kullanılmaktadır (Genç ve Baytekin, 2015). Genellikle 45-60 cm boylandığında hasat edilmesi veya otlatılması tavsiye edilmektedir (Undersander, 2003; Uzun ve Çiğdem, 2005). Bununla birlikte, otlatılarak değerlendirildiğinde yeniden gelişen genç sürgünleri otlayan hayvanlarda şişme ve bazen HCN kaynaklı zehirlenme sorunları ortaya çıkabilmektedir. SSM tarla ziraatı içerisinde hem yazlık ana ürün hem de ikinci ürün tarımında öncelikli olarak kullanılmaktadır. Küçük ve orta büyüklükteki aile işletmelerinde yaz boyunca yeşil ot ihtiyacının karşılanmasında kullanılan bu çeşitler, son yıllarda ticari olarak kaba yem üretimi amacıyla da yetiştirilmektedir. Yazlık ana ürün yetiştirme şartlarında 4-5 biçimle, ikinci ürün yetiştirme şartlarında ise 2-3 biçimle dekara 10-15 ton arasında yeşil ot verebilmektedir (İptaş ve ark., 2001; Salman ve Budak, 2015). Kullanım amacına bağlı olarak hasat zamanlarının belirlenmesine yönelik araştırmalar, özellikle otlatma yönetimine temel teşkil edecek çalışmalar son derece kısıtlıdır.

Bu araştırmada farklı sorgum sudanotu melezi çeşitlerinin farklı yükseklikte boya ulaştıktan sonra yapılan hasatlarda topraküstü ve toprakaltı canlı kütle miktarı ile yaprak ve sapların enerji içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırmada materyal olarak iki adet sorgum sudanotu melezi çeşidi kullanılmıştır (Çizelge 1). SSM çeşitleri ülkemizde yetiştirilen tescilli çeşitlerdendir.

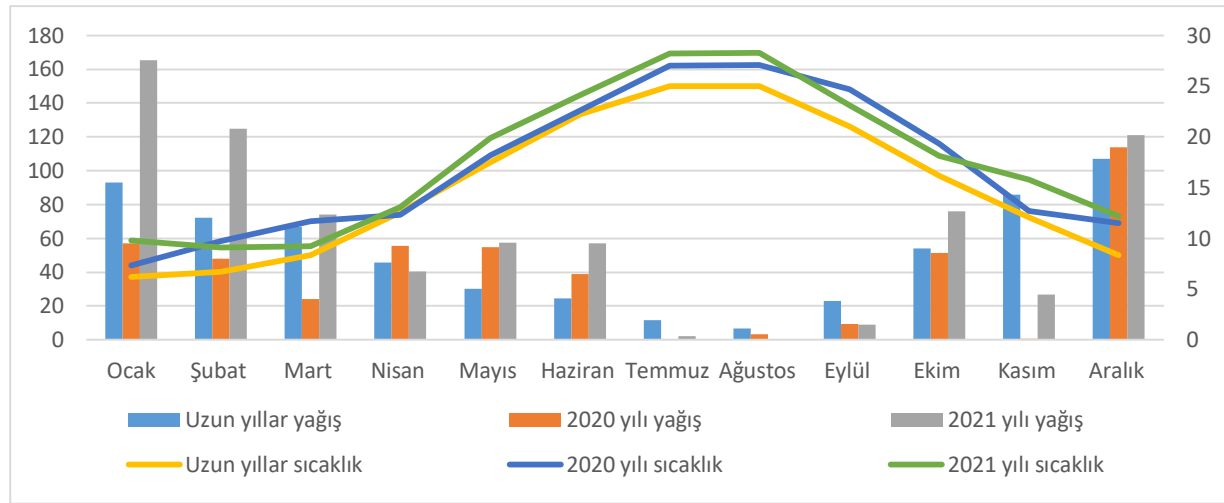
Table 1. Sorghum sudangrass hybrid cultivars and their properties used in the experiment  
Çizelge 1. Araştırmada kullanılan sorgum sudanotu çeşitleri ve özellikleri

Tür	Çeşitler	İslahçı Kuruluş	Üretim Amacı	Olgunlaşma
Sorghum sudanotu melezi	Nutri Honey	Alfa Tohum	Ot ve otlatma	Orta erkenci
Sorghum sudanotu melezi	Nutrima	Royal Agrolife	Yeşil ot, silaj, otlatma	Geçci

### İklim ve Toprak Özellikleri

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Çanakkale ilinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 15,1 °C olarak verilmiştir. Deneme yıllarının ortalama sıcaklıkları 2020 yılında 17,0 °C ve 2021 yılında 17,6 °C olmak üzere uzun yıllar ortalamasının üzerinde yer almıştır. Denemenin yürütüldüğü 6 aylık dönemdeki (Mayıs başı-Ekim sonu) uzun yıllar ait toplam yağış miktarları 149,9 mm’dir.

Araştırmanın ilk yılında bu dönemlerde düşen yağış miktarı 157,5 mm iken, ikinci yılda ise 201,2 mm yağış düşmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü dönemlerde düşen toplam yağış miktarları uzun yılların üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çanakkale'nin deneme yılları ile uzun yıllara ait iklim verileri

Figure 1. Data regarding to climate of the years in which the experiment was established in Çanakkale.

Deneme alanın toprakları killi-tınlı bünyeye sahip olup, toprak reaksiyonu açısından nötr karakterdedir. Topraklar orta kireçli, organik madde bakımından orta, fosfor içeriği orta ve potasyum bakımından noksan olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Table 2. Soil properties of the research area

Çizelge 2. Deneme alanına ait toprak özellikleri

	İşba (%)	pH	E.C. (mS/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
<b>Örnek 1</b>	70	7.50	0.85	8.65	1.89	2.95	80.36
	Killi-tınlı	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
<b>Örnek 2</b>	65	7.35	0.88	7.69	1.95	2.45	75.69
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
<b>Örnek 3</b>	68	7.31	0.95	9.16	1.78	3.10	86.35
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
<b>Ortalama</b>	67.7	7.39	89.3	8.50	1.87	2.83	80.80
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az

### Denemenin Kurulması ve Uygulanması

Tohum ekimleri araştırmanın ilk yılında (2020) 16 Mayıs, ikinci yılında ise (2021) 5 Mayıs tarihlerinde yapılmıştır. Ekim öncesinde tav sulaması yapılmış, sonrasında derin bir şekilde pullukla sürülmüştür. Daha sonra kültivatör ve diskaro çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır. Derin sürümden önce dekara 10'ar kg azot, fosfor ve potasyum gelecek şekilde kompoze gübre (15-15-15) uygulanmıştır. Çıkıştan hemen sonra üst gübre olarak dekara 5 kg azot olacak şekilde amonyum sülfat verilmiştir (Avcıoğlu ve ark., 2009). Gübreleme öncesinde parsellerden toprak örnekleri alınıp analizleri yapılmıştır. Damla sulama yöntemi ile sulanan bitkilerde, sulamaya ekimden önce tav sulaması ile başlanmıştır. Sulama sıklığı hava sıcaklığı ve yağış durumuna göre ayarlanmıştır. Fakat genelde temmuz ve ağustos aylarında yaklaşık 7 gün ara ile sulama yapılmıştır. Deneme sürecinde çıkan yabancı otlar sıra üzerinde el ile yolunarak ve sıra arasında ise çapalanarak temizlenmiştir.

Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parselleri çeşitler, alt parselleri biçim yükseklikleri oluşturmuştur. Sıra arası 35 cm sıra üzeri ise 8 cm olacak şekilde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Orak ve Kavdır, 1994; Baytekin ve Şilbir, 1996; Baytekin ve ark., 1996; Kızıl ve Tansı, 1997; Mahmood ve Honermeier, 2012). Parseller 5 m uzunluğunda ve 6 sıra olacak şekilde tanzim edilmiştir. Parseller arasında boşluk bırakılmamış, bloklar arasında 1 m mesafe bırakılmıştır. Bitkiler planlanan biçim yüksekliklerine ulaştığında, orak ve biçim makinası ile 15 cm anız kalacak şekilde biçilmiştir. Bitki örnekleme dönemlerinde parsel başlarından

50'şer cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak atılmıştır. Parseller arasında boşluk bırakılmadığı için kenar sıralar da hasada dahil edilmiştir. Köklü bitki örneği için her parselin sağ tarafındaki 2 sıra kullanılmıştır. Dolayısıyla ot örnekleri için biçim 4 sırada gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan hasat alanı (4 m sıra boyu x 4 sıra x 0,35 m sıra arası) 5,6 m<sup>2</sup> olmuştur. Arazide biçilen ot örnekleri yaş ağırlıkları alınmak üzere hemen el kantarı ile tartılmıştır. Daha sonra bu yaş bitkilerden 1 kg'ın üzerinde olacak şekilde örnekler alınıp kese kağıtlarına konulmuş ve laboratuvara getirilmiştir. Örnekler laboratuvarında sap ve yapraklarına ayrılmıştır. Araştırmada yeşil ot verimleri Lang (2001)'e, bitki başına kök üretimlerinin belirlenmesi Hu ve ark. (2018)'e, toplam sindirilebilir besin madde oranı (TSBM), metabolik enerji (ME) ve net enerji (NE) değerleri ise NRC (2001)'e göre yapılmıştır.

### İstatistik Analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin analizleri "Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Tekniğine"ne göre yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Verilerin istatistik analizlerinde SAS ve JMP 13 (SW) istatistik paket programları (SAS Institute, 1999) kullanılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Yeşil ot verimi

Araştırmanın tüm yıllarında Nutri Honey çeşidi daha fazla toprak üstü biomass üretmiştir. Biçim yüksekliklerinin artışı ile daha çok yeşil ot üretilmiştir. Bu artış biçim sayıları da dikkate alındığında en yüksek noktaya 150 cm'de ulaşmıştır. Buna göre 30 cm'den 150 cm'ye kadar olan biçim yüksekliklerinde ortalama yeşil ot verimleri ilk yıl 6602.5 kg da<sup>-1</sup>'den 8720.5 kg da<sup>-1</sup>'a, ikinci yıl 6200.5 kg da<sup>-1</sup>'den 9088.5 kg da<sup>-1</sup>'a, iki yıllık ortalama ise 6401.5 kg da<sup>-1</sup>'den 8904.5 kg da<sup>-1</sup>'a yükselmiştir.

Table 3. 2020, 2021 and two-year total fresh forage yields of SSH cultivars (kg da<sup>-1</sup>)

Çizelge 3. SSM çeşitlerinin 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık toplam yeşil ot verimleri (kg da<sup>-1</sup>)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrimea	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	6706.9 f	6498.0 g	6602.5 E
60 cm	7120.8 e	7706.3 c	7413.5 C
90 cm	7326.2 d	6732.9 f	7029.6 D
120 cm	8324.4 b	7016.0 e	7670.2 B
150 cm	8331.2 b	9109.8 a	8720.5 A
Fiz. olum	5720.4 h	5228.6 ı	5474.5 F
<b>Ortalama</b>	<b>7255.0 A</b>	<b>7048.7 B</b>	<b>7151.9</b>
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:**</b>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	6354.5 g	6046.5 h	6200.5 E
60 cm	7418.4 d	7158.4 e	7288.4 C
90 cm	6739.5 f	6478.2 g	6608.9 D
120 cm	9344.4 a	7867.7 c	8606.0 B
150 cm	9132.6 b	9044.3 b	9088.5 A
Fiz. olum	5357.0 ı	5345.3 ı	5351.1 F
<b>Ortalama</b>	<b>7391.1 A</b>	<b>6990.1 B</b>	<b>7190.6</b>
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:**</b>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	6602.5 f	6200.5 g	6401.5 E
60 cm	7413.5 d	7288.4 d	7351.0 C
90 cm	7029.6 e	6608.9 f	6819.2 D
120 cm	7670.2 c	8606.0 b	8138.1 B
150 cm	8720.5 b	9088.5 a	8904.5 A
Fiz. olum	5474.5 h	5351.1 h	5412.8 F
<b>Ortalama</b>	<b>7323.0 A</b>	<b>7019.3 B</b>	-
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:**, PY:<sup>öd</sup></b>			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).



Çeşitler ile biçim yükseklikleri birlikte ele alındığında, en yüksek yeşil ot verimleri denemenin ilk yılında 9109.8 kg da<sup>-1</sup> ile Nutrima çeşidinin 150 cm'lik parsellerinde, ikinci yıl 9344.4 kg da<sup>-1</sup> ile Nutri Honey çeşidinin 120 cm'lik parsellerinde, iki yıllık ortalamalara göre ise 9088.5 kg da<sup>-1</sup> ile Nutrima çeşidinin 150 cm'lik parsellerinde tespit edilmiştir. En düşük verimler ise araştırmanın tüm yıllarında fizyolojik olum döneminde hasat edilen parsellerde gerçekleşmiştir. Araştırmanın ilk yılına ait yeşil ot verimleri (7151.9 kg da<sup>-1</sup>) ikinci yıla (7190.6 kg da<sup>-1</sup>) nazaran daha yüksek olmuştur (Çizelge 3).

Bitkiler önce yavaş, sonra hızlı, gelişmenin sonuna doğru ise yeniden yavaş büyürler (Altın ve ark., 2011). Vejetatif büyüme generatif döneme kadar sürekli artış halindedir. Generatif dönem ile birlikte fotosentez ürünleri vejetatif dokular (kök, dal, yaprak) yerine, generatif organlara taşınmaktadır (Altın ve ark., 2011). Bu da gelişmenin bu aşamasında ot verimindeki artışı sınırlandırmaktadır (Larcher, 1995, Chattha ve ark., 2017). Bu sebeple denemede 30 cm biçim yüksekliğinden itibaren fizyolojik oluma kadar yapılan biçimlerde ot verimleri düzenli ve sürekli olarak artmıştır. Ülkemizde sorgum ile yürütülen denemelerde değişik verim değerleri elde edilmiştir. Örneğin, Aydınoğlu ve Çakmakçı (2018) ortalama yeşil ot verimini 4600-8188 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirtmiştir. Bingöl'de 13 farklı sorgum çeşidi ile yapılan çalışmada çeşitlerin ortalama yeşil ot verimleri 7323.4 kg da<sup>-1</sup> olarak raporlanmıştır (Özmen, 2017). Farklı bölgelerde yapılan diğer çalışmalarda ise ortalama yeşil ot verimleri Şanlıurfa'da 10.000-11.000 kg da<sup>-1</sup> (Tansı ve ark., 1991), Aydın'da ortalama 6730 kg da<sup>-1</sup> (Sürmen ve Kara, 2022), 4650-6260 kg da<sup>-1</sup> (Çelik ve Türk., 2021) arasında değerler tespit edilmiştir.

Çeşitler farklı genetik yapıya sahip olduklarından, belirli bir yetiştirme ortamında çevre faktörlerine karşı farklı tepkiler verebilecekleri için ot üretimlerinin de farklı olması beklenen bir durumdur. Nitekim bu çalışmada da çeşitler arasında bu farklılık ortaya çıkmıştır.

### Yaprak ve Sap Oranları

Table 4. 2020, 2021 and two-year average ratios of leaf of SSH cultivars (%)

Çizelge 4. SSM çeşitlerinin 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	62.34	63.78	63.06 <b>A</b>
60 cm	55.82	53.22	54.52 <b>B</b>
90 cm	47.61	48.13	47.87 <b>C</b>
120 cm	35.40	35.71	35.55 <b>D</b>
150 cm	21.36	29.19	25.27 <b>E</b>
Fizyolojik olum	15.19	11.44	13.31 <b>F</b>
<b>Ortalama</b>	39.62	40.25	<b>39.93</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	64.09	65.37	64.73 <b>A</b>
60 cm	56.76	56.14	56.45 <b>B</b>
90 cm	42.21	41.10	41.65 <b>C</b>
120 cm	35.68	34.70	35.19 <b>D</b>
150 cm	26.77	27.49	27.13 <b>D</b>
Fizyolojik olum	9.17	8.42	8.79 <b>E</b>
<b>Ortalama</b>	39.11	38.87	<b>38.96</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	63.21	64.58	63.89 <b>A</b>
60 cm	56.29	54.68	55.49 <b>B</b>
90 cm	44.91	44.62	44.76 <b>C</b>
120 cm	35.54	35.21	35.37 <b>D</b>
150 cm	24.06	28.34	26.20 <b>E</b>
Fizyolojik olum	12.18	9.93	11.05 <b>F</b>
<b>Ortalama</b>	39.37	39.56	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup> , PY: <sup>öd</sup>			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Araştırmada bitkilerde büyümeye bağlı olarak yaprak oranları azalmıştır. Biçim yüksekliklerinin artışı ile bitkilerin ortalama yaprak oranları ilk yıl %63.06'dan %13.31'e, ikinci yıl %64.73'den %8.79'a ve iki yılın ortalamasında ise %63.89'dan %11.05'e düşmüştür. Çeşitlerin yaprak oranlarında araştırmanın tüm yıllarında Nutri Honey çeşidinde %39.11-39.62, Nutrima çeşidinde ise %38.87-40.25 arasında değerlere sahip olmuştur. Yıllara göre yaprak oranları %38.96-39.93 aralığında değerlere sahip olmuştur (Çizelge 4).

Yaprak oranlarındaki değişimin aksine, sap oranları bitkilerde büyümeye bağlı olarak artış göstermiştir. Araştırmanın ilk yılında sap oranları biçim yüksekliklerinin artışı ile %36.56'dan %64.54'e, ikinci yılda %34.86'dan %73.40'a ve iki yılın ortalamasında %35.73'den %61.23'e yükselmiştir (Çizelge 5).

Table 5. 2020, 2021 and two-year average ratios of stalk of SSH cultivars (%)

Çizelge 5. SSM çeşitlerinin 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	37.42	35.77	36.56 <b>D</b>
60 cm	43.60	45.99	44.80 <b>C</b>
90 cm	51.30	50.69	50.99 <b>B</b>
120 cm	61.26	63.13	62.19 <b>A</b>
150 cm	65.51	63.56	64.54 <b>A</b>
Fizyolojik olum	50.74	66.50	58.62 <b>AB</b>
<b>Ortalama</b>	51.64	54.27	52.96
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	35.61	34.12	34.86 <b>D</b>
60 cm	42.63	42.96	42.79 <b>C</b>
90 cm	56.64	57.67	57.15 <b>B</b>
120 cm	59.48	59.54	59.51 <b>B</b>
150 cm	58.47	57.37	57.92 <b>B</b>
Fizyolojik olum	73.52	73.27	73.40 <b>A</b>
<b>Ortalama</b>	54.39	54.16	54.27
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	36.51	34.95	35.73 <b>D</b>
60 cm	43.11	44.47	43.79 <b>C</b>
90 cm	53.97	54.18	54.07 <b>B</b>
120 cm	60.37	61.33	60.85 <b>A</b>
150 cm	61.99	60.47	61.23 <b>A</b>
Fizyolojik olum	62.13	69.88	66.01 <b>A</b>
<b>Ortalama</b>	53.01	54.21	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup> , PY: <sup>öd</sup>			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Sorgum sudanotu çeşitlerinin yaprak oranları bitki boyunun artışına bağlı olarak düşerken, sap oranları ise artış göstermiştir. Bitkide gelişimin ilerlemesine bağlı olarak saplarda meydana gelen uzama ve generatif dokuların oluşumu nedeniyle bitkinin yaprak oranı azalırken sap oranı artış göstermiştir. Çanakkale'de Buğday ile ilgili yapılan araştırmada başak/salkım oluşturma döneminden süt olum dönemine doğru ilerledikçe yaprak/sap oranında düzenli düşüş görüldüğü tespit edilmiştir (Kılınç, 2022). Yapılan bir diğer çalışmada Taş (2010) buğdayın çiçeklenmeden süt olum dönemi biçimlerine kadar yaprak/gövde oranı %0.197'den % 0.146'ya düştüğü saptamıştır (Taş, 2010). Yapılan bir diğer çalışmada 53 adet sorgum hattı ve 4 adet ise farklı sorgum çeşitlerinin ortalama yaprak oranları %60-80 ve sap oranlarının ise %20-40 arasında değiştiği görülmüştür (Erdurmuş ve ark., 2021).

**Kök Miktarı**

Sorgum Sudanotu çeşitlerinde büyümeyle ilgili olarak ortalama kök üretimleri artmıştır. Dolayısıyla en yüksek kök üretimi fizyolojik olumda hasat edilen bitkilerde (ilk yıl 14.43, ikinci yıl 41.17 ve iki yıllık ortalama 15.57 g bitki<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. En düşük kök üretimleri ise 30 cm'de biçilen bitkilerde (ilk yıl 5.30 g bitki<sup>-1</sup>, ikinci yıl 7.50 g bitki<sup>-1</sup> ve yıllar ortalamasında 5.07 g bitki<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda en yüksek kök verimi Nutrima çeşidinde tespit edilmiştir. Denemenin ilk yılında bitki başına ortalama kök miktarı 10.17 g bitki<sup>-1</sup> iken, bu rakam ikinci yılda 10.23 g bitki<sup>-1</sup>'ye yükselmiştir (Çizelge 6).

Table 6. 2020, 2021 and two-year average numbers of root of SSH cultivars (g plant<sup>-1</sup>)Çizelge 6. SSM çeşitlerinin 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama kök miktarları (g bitki<sup>-1</sup>)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
	<b>2020 yılı</b>		
30 cm	4.84 e	5.77 e	5.30 E
60 cm	7.78 d	9.80 c	8.79 D
90 cm	7.14 d	9.82 c	8.48 D
120 cm	11.05 b	11.77 b	11.41 C
150 cm	11.38 b	13.85 a	12.62 B
Fiz. olum	14.41 a	14.45 a	14.43 A
<b>Ortalama</b>	<b>9.43 B</b>	<b>10.91 A</b>	<b>10.17</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:*			
	<b>2021 yılı</b>		
30 cm	4.70	5.00	7.50 D
60 cm	6.33	8.00	10.50 D
90 cm	7.50	10.00	14.67 C
120 cm	10.00	11.66	17.00 C
150 cm	12.33	14.00	20.67 B
Fiz. olum	16.33	17.00	41.17 A
<b>Ortalama</b>	<b>9.53 B</b>	<b>10.94 A</b>	<b>10.23</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
	<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>		
30 cm	4.77 g	5.38 g	5.07 E
60 cm	7.05 f	8.90 e	7.98 D
90 cm	7.32 f	9.91 d	8.61 D
120 cm	10.52 d	11.72 c	11.12 C
150 cm	11.85 c	13.92 b	12.89 B
Fiz. olum	15.37 a	15.72 a	15.55 A
<b>Ortalama</b>	<b>9.48 B</b>	<b>10.92 A</b>	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:*, PY: <sup>öd</sup>			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Kök bitkide su ve besin elementi sağlamanın yanında, bitkinin toprağa tutunması için destek görevi görmektedir. Bunun yanında bitkinin büyümesini ve işleyişini kontrol eden hormonal dengeye katkıda bulunur (Willigen ve Noordwijk, 1987; Toure ve ark., 2018). Toprak üstü aksamın gelişimi toprak altı kök gelişimi ile doğru orantılıdır (Blaha, 2019). Bu sebeple bitkide büyümeyle ilgili olarak kök gelişimi sürekli artış göstermektedir (Brown, 1984). Nitekim yapılan bu çalışmada da bitkilerde büyümeyle ilgili olarak bitki başına kök miktarlarında artışlar olmuştur. Bununla beraber çeşitler farklı miktarlarda kök üretmişlerdir. Bu farklılık çeşitler arasındaki genetik olarak farklılıklarından kaynaklanmaktadır (O'Toole ve Bland, 1987; Gregory, 1994; Kujira ve ark., 1994; Marschner, 1998; Fageria, 2009; Fageria ve Moreira, 2011).

**Toplam Sindirilebilir Besin Madde (TSBM)**

Sorgum sudanotu çeşitlerinin yapraklarına ait TSBM oranları sadece araştırmanın tüm yıllarında çeşitlere ve gelişme dönemlerine, bunun yanında iki yıllık ortalama değerlerde ise yıllara istatistiki olarak önemlilik göstermiştir. Araştırmanın tüm yıllarında bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprakların TSBM içeriklerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Buna göre en yüksek TSBM oranları 30 cm

yükseklığe ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde, en düşük değerler ise fizyolojik oluma ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde belirlenmiştir. Nutri Honey çeşidinin TSBM içeriği araştırmanın tüm yıllarında Nutrima'ya göre daha yüksek olmuştur. Bunun yanında araştırmanın ilk yılındaki TSBM içeriği (%58,504) ikinci yıla (%56,473) göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 7).

Table 7. 2020, 2021 and two-year average ratios of TSBM in the leaves of SSH cultivars (%)

Çizelge 7. SSM çeşitlerinin yapraklarına ait 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama TSBM oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	60.045	58.528	59.286 <b>A</b>
60 cm	58.726	58.866	58.796 <b>AB</b>
90 cm	58.903	57.622	58.262 <b>ABC</b>
120 cm	58.162	57.336	57.749 <b>BC</b>
150 cm	58.120	56.893	57.506 <b>C</b>
Fiz. olum	60.776	58.067	59.421 <b>A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>59.122 A</b>	<b>57.886 B</b>	<b>58.504 A</b>
<b>Önemlilik: PÇ:*, PBY:**, PÇxBY:<sup>öd</sup></b>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	58.072	57.490	57.781 <b>A</b>
60 cm	57.421	56.499	56.960 <b>B</b>
90 cm	57.864	55.691	56.778 <b>BC</b>
120 cm	57.570	55.480	56.525 <b>BC</b>
150 cm	56.325	55.703	56.014 <b>C</b>
Fiz. olum	54.766	54.793	54.780 <b>D</b>
<b>Ortalama</b>	<b>57.003 A</b>	<b>55.943 B</b>	<b>56.473 B</b>
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:<sup>öd</sup></b>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	59.058	58.009	58.534 <b>A</b>
60 cm	58.074	57.682	57.878 <b>B</b>
90 cm	58.384	56.657	57.520 <b>BC</b>
120 cm	57.866	56.408	57.137 <b>C</b>
150 cm	57.222	56.298	56.760 <b>C</b>
Fiz. olum	57.771	56.430	57.101 <b>BC</b>
<b>Ortalama</b>	<b>58.062 A</b>	<b>56.914 B</b>	-
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:<sup>öd</sup>, PY:**</b>			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Sorgum sudanotu çeşitlerinin sap kısımlarının TSBM içerikleri araştırmanın ilk yılında çeşitlere ve gelişme dönemlerine, ikinci yıl sadece gelişme dönemlerine, iki yıllık ortalamalara göre ise yıllara, çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre istatistik olarak önemli değişim göstermiştir. Çalışmanın tüm yıllarında hasattaki bitki boyunun artışına bağlı olarak sap kısımlarının TSBM oranlarında düşüşler olmuştur. En yüksek TSBM oranları 30 cm boydaki bitkilerin saplarında (2020 yılı %56,163, 2021 yılı %55,850 ve 2020-2021 yılı %56,006) belirlenirken, en düşük ise 120, 150 ve fizyolojik olum dönemlerindeki bitkilerde (2020 yılı %52,927-54,164, 2021 yılı %51,412-53,495 ve 2020-2021 yılı %52,788-53,416) tespit edilmiştir. Nutrima çeşidinin sap kısımlarının TSBM içeriği çalışmanın yürütüldüğü tüm yıllarda Nutri Honey çeşidinden daha yüksek olmuştur. Ayrıca çalışmanın ilk yılına ait ortalama TSBM değerleri (%54,447) ikinci yıla nazaran (%53,546) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 8).

Table 8. 2020, 2021 and two-year average ratios of TSBM in the stalks of SSH cultivars (%)

Çizelge 8. SSM çeşitlerinin saplarına ait 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama TSBM oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	55.759	56.566	56.163 <b>A</b>
60 cm	54.315	54.717	54.516 <b>BC</b>
90 cm	54.189	55.306	54.747 <b>B</b>
120 cm	53.785	54.544	54.164 <b>BC</b>
150 cm	52.909	55.419	54.164 <b>BC</b>
Fiz. olum	52.987	52.868	52.927 <b>C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>53.991 B</b>	<b>54.903 A</b>	<b>54.447 A</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:*, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	56.386	55.314	55.850 <b>A</b>
60 cm	54.816	54.855	54.835 <b>B</b>
90 cm	53.146	52.893	53.020 <b>C</b>
120 cm	52.114	53.219	52.667 <b>C</b>
150 cm	51.457	51.368	51.412 <b>D</b>
Fiz. olum	52.810	54.179	53.495 <b>C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>53.455</b>	<b>53.638</b>	<b>53.546 B</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	56.073	55.940	56.006 <b>A</b>
60 cm	54.565	54.786	54.675 <b>B</b>
90 cm	53.667	54.100	53.883 <b>C</b>
120 cm	52.949	53.882	53.416 <b>CD</b>
150 cm	52.183	53.393	52.788 <b>D</b>
Fiz. olum	52.898	55.524	53.211 <b>CD</b>
<b>Ortalama</b>	<b>53.723 B</b>	<b>54.271 A</b>	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup> , PY:**			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

### Metabolik Enerji Değeri

Sorgum sudanotu çeşitlerinin yapraklarına ait metabolik enerji (ME) değerleri araştırmanın tüm yıllarında sadece çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre önemli değişim gösterirken, çeşit\* gelişme dönemi etkileşimlerine göre ise bu değişim önemsiz düzeyde kalmıştır. Ayrıca yaprakların metabolik enerji içeriklerinin yıllara göre değişimleri istatistiki olarak önemli olmamıştır. Sorgum sudanotu çeşitlerinde büyümeye bağlı olarak yapraklarının ME içerikleri düşmüştür. En yüksek ME oranları 30 cm boya ulaştıktan sonra hasat edilen parsellerde tespit edilirken, en düşük değerler ise 120, 150 cm ve fizyolojik olum döneminde hasat edilen bitkilerde belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda Nutri Honey çeşidinin yapraklarına ait ME içerikleri Nutrima çeşidinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun yanında araştırmanın ilk yılına ait ME oranı 2,114 Mcal/Kg KM iken, ikinci yılda bu değer 2,040 Mcal/Kg KM olmuştur (Çizelge 9).

Table 9. 2020, 2021 and two-year average ratios of ME regarding to the leaves of SSH cultivars (Mcal/Kg KM)  
Çizelge 9. SSM çeşitlerinin yapraklarına ait 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama ME oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	2.169	2.115	2.142 <b>A</b>
60 cm	2.122	2.127	2.124 <b>AB</b>
90 cm	2.128	2.082	2.105 <b>ABC</b>
120 cm	2.101	2.072	2.087 <b>BC</b>
150 cm	2.100	2.056	2.078 <b>C</b>
Fiz. olum	2.196	2.098	2.147 <b>A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.136 A</b>	<b>2.091 B</b>	<b>2.114 A</b>
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:<sup>öd</sup></b>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	2.098	2.077	2.088 <b>A</b>
60 cm	2.075	2.041	2.058 <b>B</b>
90 cm	2.091	2.012	2.051 <b>BC</b>
120 cm	2.080	2.005	2.042 <b>BC</b>
150 cm	2.035	2.013	2.024 <b>C</b>
Fiz. olum	1.979	1.980	1.979 <b>D</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.060 A</b>	<b>2.021 B</b>	<b>2.040 B</b>
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:<sup>öd</sup></b>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	2.134	2.096	2.115 <b>A</b>
60 cm	2.098	2.084	2.091 <b>B</b>
90 cm	2.109	2.047	2.078 <b>BC</b>
120 cm	2.091	2.038	2.064 <b>C</b>
150 cm	2.068	2.034	2.051 <b>C</b>
Fiz. olum	2.087	2.039	2.063 <b>BC</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.098 A</b>	<b>2.056 B</b>	-
<b>Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇxBY:<sup>öd</sup>, PY:**</b>			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Sorgum Sudanotu çeşitlerinin sap kısımlarına ait ME içerikleri yapılan varyans değerlendirmesine göre araştırmanın ilk yılında çeşitlere ve gelişme dönemlerine, ikinci yılda sadece gelişme dönemlerine, iki yıllık ortalamalarda ise yıllara, çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre önemli oranda değişim göstermiştir. Nutrima çeşidinin sapsaplarına ait ME içerikleri Nutri Honey çeşidinden daha yüksek bulunmuştur. Buna göre araştırmanın ilk yılında Nutrima'nın ME değeri 1,984 Mcal/Kg KM, iken, ikinci yıl 1,938 Mcal/Kg KM ve iki yıllık ortalama ise 1,961 Mcal/Kg KM olurken, bu değerler Nutri Honey çeşidinde sırasıyla 1,951 Mcal/Kg KM, 1,932 Mcal/Kg KM ve 1,941 Mcal/Kg KM olmuştur. Bitkilerde büyümeye bağlı olarak sapsapların ME içeriklerinde düşüşler gerçekleşmiştir. En yüksek ME içerikleri araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda 30 ve 60 cm'de biçilen bitkilerde olurken, en düşük değerler ise 120 cm, 150 cm ve fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilen bitkilerde tespit edilmiştir (Çizelge 10).

Table 10. 2020, 2021 and two-year average ratios of ME regarding to the stalks of SSH cultivars (Mcal/Kg KM)  
Çizelge 10. SSM çeşitlerinin saplarına ait 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama ME oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrimea	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	2.015	2.044	2.029 <b>A</b>
60 cm	1.963	1.977	1.970 <b>BC</b>
90 cm	1.958	1.998	1.978 <b>B</b>
120 cm	1.943	1.971	1.957 <b>BC</b>
150 cm	1.912	2.002	1.957 <b>BC</b>
Fiz. olum	1.915	1.910	1.912 <b>C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.951 B</b>	<b>1.984 A</b>	<b>1.967 A</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:*, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	2.037	1.999	2.018 <b>A</b>
60 cm	1.981	1.982	1.981 <b>B</b>
90 cm	1.920	1.911	1.916 <b>C</b>
120 cm	1.883	1.923	1.903 <b>C</b>
150 cm	1.859	1.856	1.858 <b>D</b>
Fiz. olum	1.908	1.958	1.933 <b>C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.932</b>	<b>1.938</b>	<b>1.935 B</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	2.026	2.021	2.024 <b>A</b>
60 cm	1.972	1.980	1.976 <b>B</b>
90 cm	1.939	1.955	1.947 <b>C</b>
120 cm	1.913	1.947	1.930 <b>CD</b>
150 cm	1.886	1.929	1.907 <b>D</b>
Fiz. olum	1.911	1.934	1.923 <b>CD</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.941 B</b>	<b>1.961 A</b>	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ:*, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup> , PY:**			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

### Sindirilebilir Enerji Değeri

Sorgum sudanotu çeşitlerinin yapraklarına ait sindirilebilir enerji (SE) değerleri araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda çeşitlere, gelişme dönemlerine ve yıllara göre önemli oranda değişim gösterirken, bu değişim çeşit\* gelişme dönemi etkileşimlerinde önemsiz düzeyde kalmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda Nutri Honey çeşidinin yapraklarına ait SE değerleri Nutrimea çeşidinden daha yüksek olmuştur. Buna göre Nutri Honey çeşidinin SE içerikleri yıllara göre sırasıyla 2,607 Mcal/kg KM, 2,513 Mcal/kg KM ve 2,560 Mcal/kg KM olurken, Nutrimea çeşidinde bu değerler 2,552 Mcal/kg KM, 2,490 Mcal/kg KM ve 2,518 Mcal/kg KM olmuştur. Çalışma boyunca bitkilerde büyümeye bağlı olarak yaprakların SE içeriklerinde düşüşler yaşanmıştır. En yüksek SE değerleri 30 ve 60 cm boya ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde belirlenirken, en düşük değerler ise 120, 150 cm ve fizyolojik olum dönemine ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde tespit edilmiştir. Bununla beraber araştırmanın ilk yılına ait SE değeri (2,579 Mcal/kg KM) ikinci yıla (2,490 Mcal/kg KM) nazaran daha yüksek olmuştur (Çizelge 11).

Table 11. 2020, 2021 and two-year average ratios of DE regarding to the leaves of SSH cultivars (Mcal/Kg KM)  
Çizelge 11. SSM çeşitlerinin yapraklarına ait 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama SE oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	2.647	2.581	2.614 <b>A</b>
60 cm	2.589	2.595	2.592 <b>AB</b>
90 cm	2.597	2.541	2.569 <b>ABC</b>
120 cm	2.564	2.528	2.546 <b>BC</b>
150 cm	2.563	2.509	2.536 <b>C</b>
Fiz. olum	2.680	2.560	2.620 <b>A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.607 A</b>	<b>2.552 B</b>	<b>2.579 A</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	2.560	2.535	2.548 <b>A</b>
60 cm	2.532	2.491	2.511 <b>B</b>
90 cm	2.551	2.455	2.503 <b>BC</b>
120 cm	2.538	2.446	2.492 <b>BC</b>
150 cm	2.483	2.456	2.497 <b>C</b>
Fiz. olum	2.415	2.416	2.415 <b>D</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.513 A</b>	<b>2.467 B</b>	<b>2.490 B</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	2.604	2.558	2.581 <b>A</b>
60 cm	2.561	2.543	2.552 <b>B</b>
90 cm	2.574	2.498	2.536 <b>BC</b>
120 cm	2.551	2.487	2.519 <b>C</b>
150 cm	2.523	2.482	2.503 <b>C</b>
Fiz. olum	2.547	2.488	2.518 <b>BC</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.560 A</b>	<b>2.509 B</b>	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ:**, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup> , PY:**			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Sorgum sudanotu melezi çeşitlerinin sap kısımlarına ait SE değerleri araştırmanın ilk yılında çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre, ikinci yılında sadece gelişme dönemlerine ve iki yıllık ortalamalara göre ise yıllara, çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre istatistiki olarak önemli değişim göstermiştir. Bitki boyunun artışına bağlı olarak sapların SE içeriklerinde düşüşler yaşanmıştır. En yüksek SE oranları 30 cm yüksekliğe ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde belirlenirken, en düşük ise fizyolojik oluma ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde tespit edilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda Nutrima çeşidinin sap kısımlarına ait SE içerikleri Nutri Honey çeşidinden daha yüksek olmuştur. Bununla beraber çalışmanın ilk yılındaki SE içeriği (2,401 Mcal/kg KM) ikinci yıla (2,361 Mcal/kg KM) göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 12).



Table 12. 2020, 2021 and two-year average ratios of DE regarding to the stalks of SSH cultivars (Mcal/Kg KM)  
Çizelge 12. SSM çeşitlerinin saplarına ait 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama SE oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Sorgum Sudanotu Melezi (SSM)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	
<b>2020 yılı</b>			
30 cm	2.458	2.494	2.476 <b>A</b>
60 cm	2.395	2.413	2.404 <b>BC</b>
90 cm	2.389	2.438	2.414 <b>B</b>
120 cm	2.371	2.405	2.388 <b>BC</b>
150 cm	2.333	2.443	2.388 <b>BC</b>
Fiz. olum	2.336	2.331	2.334 <b>C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.381 B</b>	<b>2.421 A</b>	<b>2.401 A</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ:*, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>2021 yılı</b>			
30 cm	2.486	2.439	2.462 <b>A</b>
60 cm	2.417	2.419	2.418 <b>B</b>
90 cm	2.343	2.332	2.338 <b>C</b>
120 cm	2.298	2.346	2.322 <b>C</b>
150 cm	2.269	2.265	2.668 <b>D</b>
Fiz. olum	2.328	2.389	2.359 <b>C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.357</b>	<b>2.365</b>	<b>2.361 B</b>
<b>Önemlilik:</b> PÇ: <sup>öd</sup> , PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup>			
<b>İki yıllık ortalama (2020-2021)</b>			
30 cm	2.472	2.466	2.469 <b>A</b>
60 cm	2.406	2.416	2.411 <b>B</b>
90 cm	2.366	2.385	2.376 <b>C</b>
120 cm	2.335	2.376	2.355 <b>CD</b>
150 cm	2.301	2.354	2.327 <b>D</b>
Fiz. olum	2.332	2.360	2.346 <b>CD</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.369 B</b>	<b>2.393 A</b>	-
<b>Önemlilik:</b> PÇ:*, PBY:**, PÇxBY: <sup>öd</sup> , PY:**			

\* %5, \*\* %1 düzeyinde önemli olduğunu, <sup>öd</sup> ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Bitkilerde olgunlaşmaya paralel olarak yaprak ve sap kısımlarındaki enerji değerlerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Bunun nedeni bitkilerin büyüme başlangıcında fotosentez ile üretilmiş oldukları besin madde içeriklerinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak sindirilebilirlik ve enerji değerleri düşüş göstermektedir (Romero ve ark., 1976). Bir diğer nedeni ise büyüme bağlı olarak yaprak oranlarının düşmesi, sap oranlarının artmasıdır. Nitekim yaprakların besin madde kapsamı sap kısımlarına nazaran daha fazladır. Yaprakların protein, vitamin ve mineral madde içerikleri saplara göre daha yüksek iken, selüloz, hemiselüloz ve lignin içerikleri ise daha düşüktür (Başbağ ve ark., 1999). Bitkilerin fotosentez kapasiteleri genç dönemlerde daha fazla, yaşlı dönemlerde ise daha düşüktür. Çünkü genç dönemlerde yaprak oranları daha yüksek ve yaprakların fotosentez kapasiteleri yüksek olduğu için sap ve köklere nazaran daha fazla azot ve besin madde içeriğine sahiptir (Poorter ve ark., 1990). Yapılan benzer çalışmalarda da biçim devrelerinin ilerlemesine bağlı olarak yaprak ve saplarda ham protein oranlarında düşüşler tespit edilmiştir (Jung ve ark., 1964; Worker ve Marble 1968; Wedin, 1970; Okuyucu, 1980; Kallah ve ark., 1999; Keskin ve ark., 2005; Karataş ve Tansı, 2011). Çeşitlerin yaprak ve sap kısımlarının enerji içeriklerinin önemli değişim göstermesi ise genetik olarak farklı olmalarından kaynaklanmaktadır (Manga ve Acar, 1988; Beadle, 1993; Khan ve ark., 2006; Kering ve ark., 2011; Özyazıcı ve Açıkbay, 2019).

### Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre toplam yeşil ot verimleri bitki boyunun artışına bağlı olarak yükselmiştir. Bitkilerin 30 cm bitki boyuna sahipken toplam yeşil ot üretimleri 6401,5 kg/da iken, bu rakam 150 cm'de 8904,5 kg/da' yükselmiştir. Çeşitlere göre Nutri Honey çeşidinin toplam yeşil ot üretimi (7323,0 kg/da) Nutrima'ya (7019,3 kg/da) göre daha yüksek olmuştur. Bitkide büyümeye bağlı olarak yaprak oranları düşerken, sap oranlarında artışlar olmuştur. Büyüme

başlangıcında yaprak oranları %63,89, sap oranı %35,73 iken, bu rakamlar büyüme sonunda yaprakta %11,05'e düşmüş, sapta %66,01'e yükselmiştir. Bitkilerde olgunlaşmaya paralel olarak toprak altı biomas üretimlerinde artışlar yaşanmıştır. Büyüme başlangıcına göre büyüme sonunda bitkilerin üretmiş olduğu ortalama kök miktarları 5,07 g'dan 15,55 g'a yükselmiştir. Nutrima çeşidinde bitki başına kök üretimi 10,92 g/bitki iken, bu rakam Nutri Honey'de 9,48 g/bitki'ye düşmüştür. Bitkilerde büyümenin ilerlemesi ile yaprak ve sapların enerji içeriklerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Büyüme başlangıcı ile büyüme sonunda yaprakların TSBM oranı %2,44, ME oranı %2,45, SE oranları ise %2,44 azalmıştır. Bu değerler sap kısmında ise TSBM oranında %4,99, ME oranı %4,99 ve SE oranlarında ise %4,98 oranlarında düşüş göstermiştir. Genel olarak yaprakların enerji içerikleri sap kısımlarından daha yüksek bulunmuştur. Yaprakların TSBM içerikleri saplara göre %6,07, ME içerikleri %6,06 ve SE içerikleri %6,07 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çeşitlere göre ise Nutri Honey çeşidinin yapraklarının enerji değerleri Nutrima çeşidinden yüksek olurken, Nutrima çeşidinin sap kısımlarına ait enerji değerleri ise Nutri honey çeşidinden daha yüksek olmuştur.

Yürütlen bu araştırmanın neticesinde otlatma ve kaba yem kaynağı olarak yetiştirilecek bu çeşitlerde ot verimi bakımından Nutri Honey çeşidi ön plana çıkmıştır. Fakat enerji değerleri açısından iki çeşitte benzerlik göstermiştir. Dolayısıyla benzer ekolojilerde kaba yem kaynağı olarak her iki sorgum sudanotu melezi çeşitlerinin yetiştirilmesi ve 150 cm bitki boyuna ulaştıktan ulaştıktan sonra hasat edilerek yetiştirme döneminde iki kere verim alınması önerilmektedir.

#### **Teşekkür**

Bu çalışma "Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)" tarafından desteklenen 120-O-527 No'lu Projeden üretilmiştir. Ayrıca bu araştırma Münir Sadi ÖZSÜER'in Yüksek Lisans Tezinden oluşturulmuştur.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### **Kaynaklar**

- Aighewi, B.A., Ekanayake, I.J., 2004. In-situ chlorophyll fluorescence and related growth of Guinea yam at different ages. *Tropical Sciences*. 44: 201-206.
- Altın, M., Gökkuş, A., Koç, A., 2011. Çayır ve Mera Yönetimi (Cilt I). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 376p.
- Avcıoğlu, R., Geren, H., Kavut, Y.T., 2009. Sorgum sudanotu ve sorgum x sudanotu melezi. *Yembitkileri Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yembitkileri*. Editörler: Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., Karadağ, Y., TKB TÜGEM, İzmir, 680-701.
- Aydinoğlu, B., Çakmakçı, S., 2018. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) bitkisinde biçim devresinin hasıl verimi ve bazı verim öğelerine etkisi. *Turk. J. Agric. Res.* 5(2): 167-175.
- Başbağ, M., Özdemir, Ş., Gül, İ., 1999. Diyarbakır koşullarında farklı sıra arası ve tohum miktarlarının sorgum-sudanotu melezinde yeşil ot verimi ile bazı verim komponentlerine etkisi üzerine bir araştırma. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Adana, Türkiye, Cilt: 3, 289-294.*
- Baytekin, H., Şılbir, Y., 1996. Harran ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen sudanotu ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinde tohumluk miktarının ot verimine etkisi. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yembitkileri Kongresi, 17-19 Haziran 1996, Erzurum, 376-383.*
- Baytekin, H., Tansı, V., Sağlamtimur, T., 1996. Harran Ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj sorgum çeşitlerinde tohumluk miktarının ot verimi ve bazı tarımsal karakterlere etkisi. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yembitkileri Kongresi, 17-19 Haziran 1996, Erzurum, 753-760.*
- Beadle, C.L., 1993. Growth Analysis. In: Hall, D.O., Scurlock, J.M.O., Bolharnordenkampfh, R., Leegood, R.C. and Long, S.P., Eds., *Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual*, Chapman and Hall, London, 36-46.
- Bean, B., Mccollum, T., Pietsch, D., Rowland, M., Porter, B., Vanmeter, R., 2002. Texas Panhandle Forage Sorghum Silage Trial. The Agriculture Program of Texas A&M University System. [http://soilcrop.tamu.edu/publications/pubs/9104\\_65silage.pdf](http://soilcrop.tamu.edu/publications/pubs/9104_65silage.pdf), (12.12.2023).
- Bhagsari, A.S., 1988. Photosynthesis and stomatal conductance of selected root crops as related to leaf age. *Crop Science*. 28: 902-906.
- Blahe, L., 2019. Importance of root-shoot ratio for crops production. *Agron. Agri. Sci.* 2: 12.

- Brown, R.H., 1984. Growth of the green plant. In “Physiological Basis of Crop Growth and Development” (M. B. Tesar, Ed.), pp. 153–174. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, WI.
- Çeçen, S., Öten, M., Erdurmuş, C., 2005. Batı Akdeniz sahil kuşağında sorgum, sudan otu ve mısırın II. ürün olarak değerlendirilmesi. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 18(3): 337-341.
- Çelik, B., Turk, M., 2021. The Determination of forage yield and quality of some silage sorghum cultivars in ecological conditions of Uşak province. Turkish Journal of Range and Forage Science. 2(1): 1-7.
- Chattha, M.U., Iqbal, A., Hassan, M.U., Chattha, M.B., Ishaque, W., Usman, M., Ullah, M.A., 2017. Forage yield and quality of sweet sorghum as influenced by sowing methods and harvesting times. Journal of Basic and Applied Sciences. 13: 301-306.
- Constable, G.A., Rawson, H.M., 1980. Effect of leaf position, expansion and age on photosynthesis, transpiration and water use of cotton. Australian Journal of Plant Physiology. 7: 89-100.
- Erdurmuş, C., Erdal, S., Oten, M., Kiremitci, S., Uzun, B., 2021. Investigation of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes for yield and yield components. Maydica - CREA Journal. 66(2): 1-13.
- Fageria, N.K., 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Fageria, N.K., Moreira, A., 2011. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In Donald L. Sparks, editor: Advances in Agronomy, Vol. 110, Burlington: Academic Press, 2011, pp. 251-331. ISBN: 978-0-12-385531-2.
- Genç, S., Baytekin, H., 2015. Tek yıllık bitkilerle oluşturulan yapay mera tesislerinde uygulanan otlatma sistemlerinin meranın verim özellikleri üzerine etkileri. 11. Tarla Bitkileri Kongresi, 7-10 Eylül 2015, Çanakkale, Poster Bildirileri, Cilt II, 3-7.
- Gregory, P.J., 1994. Root growth and activity. In “Physiology and Determination of Crop Yield” (G. A. Peterson, Ed.), pp. 65–93. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Hgaza, V.K., Diby, L.N., Ake, S., Frossard, E., 2009. Leaf growth and photosynthetic capacity as affected by leaf position, plant nutritional status and growth stage in *Dioscorea alata* L.. Journal of Animal & Plant Sciences. 5(2): 483-493.
- Hu, T., Sørensen, P., Wahlströma, E.M., Chirindab, N., Sharifa, B., Lia X., Olesen, J.E., 2018. Root biomass in cereals, catch crops and weeds can be reliably estimated without considering aboveground biomass. Agriculture, Ecosystems and Environment. 251: 141–148.
- İptaş, S., Brohi, A.R., Aktaş, A., 2001. Sorgum x sudanotu melezinde (*Sorghum vulgare* Pers. x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) azotlu gübreleme ve biçim yüksekliğinin verim ve kaliteye etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi. 7: 69-74.
- Jung, G.A., Lilly, B., Shih, S.C. Reid, R.L., 1964. Studies with sudangrass. Agro. Journal, 56, 533–537.
- Kallah, M.S., Muhammad, I.R., Baba, M., Lawal, R., 1999. The effect of maturity on the composition of hay and silage made from columbus grass (*Sorghum almum*). Tropical Grassland. 33(1): 46–50.
- Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Buyukkilic Beyzi, S., Varol, I.S., Kizilsimsek, M., Kamalak, A., 2019. Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. Agricultural Water Management. 218(218):30-36.
- Kara, E., Sürmen, M., Erdoğan, H., 2019. Katı biyogaz atığı uygulamalarının sorgum ve sorgum x sudanotu melezi bitkilerinde yem verimi ve kalitesi üzerine etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 5(2): 355-361.
- Karataş, Z., Tansı, V., 2011. Çukurova koşullarında II. ürün olarak bazı sorgum x sudan otu melezi çeşitlerinin biçim zamanının hasıl verim ve kalite unsurlarına etkileri üzerine bir araştırma. Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Derg.. 26-3.
- Kering, M.K., Guretzky, J., Funderburg, E., Mosali, J., 2011. Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass. Commun Soil Sci Plant Anal. 42: 1958–1971.
- Keskin, B., Yılmaz, İ.H., Akdeniz, H., 2005. Sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Mtapf.) çeşitlerinde hasat zamanının verim ve verim unsurlarına etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 36(2): 145-150.
- Khan, M.A., Iqbal, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Khan, M.S., Lee, W.S., Lee, H.J., Kim, H.S., 2006. Urea treated corncobs ensiled with or without additives for buffaloes: ruminal characteristics, digestibility and nitrogen metabolism. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19(5): 705-712.
- Kılınç, K., 2022. Farklı Biçim Zamanlarının Yulaf ve Tritikalenin Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 47.
- Kır, H., Şahan, B.D., 2019. Yield and quality feature of some silage sorghum and sorghum-sudangrass hybrid cultivars in ecological conditions of Kırşehir province. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 6(3): 388-395.

- Kızıllı, S., Tansı, V., 1997. Çukurova koşullarında ikinci ürün sezonunda yetiştirilen bazı tane ve silaj sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinde farklı ekim sıklıklarının verim üzerine olan etkileri. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, Samsun, 472-476.
- Küçüksemerci, O., Baytekin, H., 2017. Çanakale koşullarında yetiştirilen şeker sorgumunda ekim sıklığının verim ve kalite özelliklerine etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 4(1): 95-100.
- Kujira, Y., Grove, J.H., Ronzelli, P., 1994. Varietal differences of root systems in winter-wheat seedlings. Jpn. J. Crop Sci. 63: 524-530.
- Lang, B., 2001. Sudan/Sorghum Forage Management. Iowa State Univ. Ext., Fact Sheet BL-50, 6p.
- Larcher, W., 1995. Physiological Plant Ecology. Third Edt. Springer-Verlag, Berlin.
- Li, R., Zhang, H., Zhou, X., Guan, Y., Yao, F., Song, G., ... & Zhang, C., 2010. Genetic diversity in Chinese sorghum landraces revealed by chloroplast simple sequence repeats. Genetic Resources and Crop Evolution. 57: 1-15.
- Lieth, J.H., Pasian, C.C., 1990. A model for net photosynthesis of rose leaves as a function of photosynthetically active radiation, leaf temperature, and leaf age. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(3): 486-491.
- Mahmood, A., Honermeier, B., 2012. Effect of row spacing and cultivar on biomass yield and quality of *Sorghum bicolor* L. Moench. J. Für Kulturpflanzen. 64(7): 250-257.
- Manga, İ., Acar, Z., 1988. Yem Kültürünün Genel İlkeleri. Ders Notları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları No: 37, Samsun.
- Marschner, H., 1998. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Field Crops. Res. 56: 203-207.
- Nayoung, C., Gamgon, K., Wonsang, P., Yonghyun, J., Yoon-ha, K., Chae-In, N., 2020. Additional N application and ecotype affect yield and quality of ratoon harvested sorghum x sudangrass hybrid for temperate regions. Biomass and Bioenergy. 160(2022): 106423.
- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press: Washington, DC.
- O'Toole, J.C., Bland, W.L., 1987. Genotypic variation in crop plant root systems. Adv. Agron. 41: 91-145.
- Okuyucu, F., 1980. Değişik Biçim Zamanı ve Azot Dozlarının Farklı Sorgum Çeşitlerinde Gelişme, Büyüme Hızı ve Verim ile Diğer Bazı Karakterlere Etkileri Üzerine Araştırmalar. E.Ü.Z.F. Çayır Mera ve Yem Bitkileri Kürsüsü, (Doçentlik Tezi), İzmir.
- Orak, A., Kavdır, İ., 1994. Çiftçi koşullarında yetiştirilen silajlık sorgumda (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) farklı tohumluk miktarı ve sıra arası açıklıklarının verim ve verim unsurlarına etkisi. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Derg. 3(1-2): 139-148.
- Özmen, S., 2017. Bingöl Koşullarında Farklı Sorgum Türlerinin Ot Verimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 63s.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaz, S., 2019. Kaba yemlerin fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği ve hayvan beslemedeki önemleri. ISPEC International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development-III, December 20-22, Van, Turkey, s. 553-568.
- Pedersen, J.F., 1996. Annual forages: New approaches for C-4 forages.
- Poorter, H., Remkes, C., Lambers, H., 1990. Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. Plant Physiol. 94: 621-627.
- Reddy, B.V., Ramesh, S., Reddy, P.S., Ramaiah, B., Salimath, M., Kachapur, R., 2005. Sweet sorghum-a potential alternate raw material for bio-ethanol and bio-energy. International Sorghum and Millets Newsletter. 46: 79-86.
- Rodriguez-Montero, W., 1997. Crop Physiology of the Greater Yam (*Dioscorea alata*). Ulrich E. Grauer., Stuttgart.
- Romero, A., Siebert, D.B., Murray, R.M., 1976. A Study on the effect of frequency of urea ingestion on the utilization of low quality roughage by steers. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 16: 308-314.
- Salman, A., Budak, B., 2015. Farklı sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 12(2): 93-100.
- SAS, 1999. SAS V8 Online Manual, Cary, NC.
- Sürmen, M., Kara, E., 2022. Forage yield and quality performances of sorghum genotypes in mediterranean ecological conditions. ADÜ Ziraat Derg. 19(2): 331-339.
- Tansı, V., Ülger, A.C., Sağlantı, T., Baytekin, H., Okant, M., Kılınç, M., 1991. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 1. ve 2. ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum tür ve çeşitlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 39 GAP Yayın No: 66, 44.
- Tari, I., Laskay, G., Takács, Z., Poór, P., 2013. Response of sorghum to abiotic stresses: A review. Journal of agronomy and crop science. 199(4): 264-274.
- Taş, N., 2010. Sulu şartlarda yazlık ve güzlük ekilen fiğ+buğday karışımlarında en uygun karışım oranı ve biçim zamanının belirlenmesi. I. Ot verimi ve verim unsurları. Anadolu J. of AARI. 20(2): 45-58.

- Tosunoğlu, S., 2014. Yozgat şartlarında ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum, sudan otu ve sorgum sudan otu melez çeşitlerinin belirlenmesi. Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 75s.
- Toure, C.F.B., Diallo, A.G., Toure, A.O., Toure, A., 2018. Study of the root system of local and improved sorghum cultivars grown in Mali. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. 7(3): 1-10.
- Undersander, D., 2003. Sorghums, Sudangrasses, and Sorghum-Sudan Hybrids. *Focus on Forage*. 5(5): 2p.
- Uzun, F., Çiğdem, İ., 2005. Yemlik kocardarı ve kocardarı-sudan otu melezleri. *Ondokuz Mayıs Üni. Ziraat Fak. Derg.* 20(2): 66-72.
- Wedin, W.F., 1970. Digestible dry matter, crude protein and dry matter yields of grazing type sorghum, cultivars as affected by harvest frequency. *Agro. Journal*. 62: 359–363.
- Willigen, D., Noordwijk, V., 1987. Roots, Plant production and nutrient use efficiency. Book, Publisher: Landbouw universiteit te Wageningen; 1987.
- Worker, G.F.Jr., Marble, V.L., 1968. Comparison of growth stages of sorghum forage types at yield and chemical composition. *Agronomy Journal*. 60: 669-672.
- Yosef, E., Carmi, A., Nikbachat, M., Zenou, A., Umiel, N., Miron, J., 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. *Animal Feed Science and Technology*. 152(1-2): 1-11.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

***Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales: Lamiaceae) Esansiyel Yağının *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)'a Karşı Fumigant Etkinliği**

Hayriye Didem Sağlam Altıncöy<sup>1\*</sup>  Emine Bilginöglü<sup>2</sup>  Kamuran Altıparmak<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir, Türkiye

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

<sup>3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu yazar: didemsaglam@ahievran.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.01.2024

Kabul Tarihi: 26.04.2024

Öz

İncir, lif, vitamin ve mineraller bakımından oldukça zengin bir meyvedir. *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae) kuru ve yaş incirin önemli zararlılarından biridir. Bu zararlı ile mücadelede özellikle ihracat ürünlerimizde fumigasyon yapılmaktadır. Çok zehirli ve dikkatli kullanılması gereken kimyasal ilaçlardan olan fumigantlara karşı alternatif yöntemler üzerinde çalışılmaktadır. Yapılan bu çalışmada *C. hemipterus* 'a karşı *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales: Lamiaceae) esansiyel yağının fumigant etkinliği belirlenmiştir. Buna göre laboratuvar koşullarında yapılan denemede 5 farklı doz (1, 5, 10, 20 ve 30 µl) denenmiştir. Deneme 27±1°C, %60 nemde inkübatörde tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekrerrü ve 2 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Deneme kurulduktan sonra 24. ve 48. saatlerde ölü ve canlı bireyler sayılarak kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *S. spicigera* esansiyel yağı *C. hemipterus* 'a karşı %70'e varan oranda fumigant etkinlik gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Carpophilus hemipterus*, esansiyel yağ, fumigant etki, *Satureja spicigera*

**Fumigant Activity of *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales: Lamiaceae) Essential Oil against *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)**

**Abstract**

Fig is a fruit that is very rich in fiber, vitamins, and minerals. *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae) is one of the important pests of dried and fresh figs. In the management of this pest, fumigation is applied especially in our export products. Alternative methods are being studied against fumigants, which are highly toxic chemical pesticides that should be used carefully. In this study, the fumigant activity of *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales: Lamiaceae) essential oil against *C. hemipterus* was determined. Accordingly, 5 different doses (1, 5, 10, 20, and 30 µl) were tested under laboratory conditions. The experiment was established in an incubator at 27±1°C, 60% humidity with 5 replicates and 2 replications according to the random plots experimental design. Dead and live individuals were counted and recorded at 24 and 48 hours after the experiment was set up. According to the results obtained, *S. spicigera* essential oil showed fumigant activity up to 70% against *C. hemipterus*.

**Keywords:** *Carpophilus hemipterus*, essential oil, fumigant effect, *Satureja spicigera*

**Giriş**

İncir (*Ficus carica* L.), yüzyıllardır insanlar tarafından bereketin ve bolluğun bir simgesi olarak görülmüştür. Yoğun lif, vitamin ve mineral ihtiva etmesi dolayısıyla zengin bir besin olan incir beslenmemizde önemli bir yere sahiptir (Özatalay, 2014). Tropikal ve subtropikal iklim bölgelerinde yetiştirilen incir ülkemizin Ege Bölgesi başta olmak üzere Akdeniz iklimine sahip alanlarında yetiştirilebilmektedir (İmrak, 2011). Dünyada 2021 yılı verilerine göre 1.348 bin ton incir üretimi yapılmıştır. İncir üretiminde 320 bin ton ile Türkiye ilk sırada yer alırken bunu sırasıyla Mısır (298 bin ton) ve Fas (144 bin ton) izlemiştir (Faostat, 2023). Ülkemizin en çok incir üretilen ili Aydıdır. Bunu

sırasıyla İzmir, Bursa, Mersin ve Muğla illeri izlemektedir. Aydın ve İzmir’de üretilen incirler daha çok kurutmalık ve ihracata yönelik olması bakımından önemlidir. Diğer bölgelerde üretilen incirler ise taze tüketim olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2021). 2022-2023 üretim sezonunda kuru incir ihracatımız 73 bin ton olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2023a). Kuru incir ihracatımızın %70-75’lik oranı Avrupa Birliği ülkelerine olmaktadır (Çobanoğlu ve ark., 2005).

İncir üretiminde, *Rosellinia necatrix* Prill. ve *Phomopsis cinerascens* (Saccardo)Traverso gibi hastalıklar ve *Ceroplastis rusci* (L.), *Tetranychus urticae* Koch, *Panonychus ulmi* (Koch) ve *Carpophilus* spp. gibi zararlılar önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Anonim, 2023b). *Carpophilus* spp. kışı ergin halde doğada veya depo koşullarında geçirmektedir. İlkbaharda kışlaklardan çıkıp çeşitli besinlerle beslenen zararlı, ağustos ayı gibi olgunlaşmakta olan incir meyvesine yumurta bırakmaktadır. Ülkemizde *Carpophilus* spp.’nin 6 türü belirlenmiştir (Anonim, 2023b). Bu türler içerisinde *Carpophilus hemipterus* araziden bulaşabilmekte ve depo alanlarında kurutulan incirde de zarar meydana getirebilmektedir. Bununla birlikte *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp.ve *Penicillium* spp. gibi funguslara vektörlük yapmakta ve aflatoksin oluşumuna neden olması ile ihracatı etkilemesi bakımından önemli bir zararlı olarak karşımıza çıkmaktadır (Anonim, 2023b).

*Carpophilus hemipterus* ile mücadelede arazi koşullarında çürümüş meyvelerin toplanıp imha edilmesi gibi kültürel önemlerin yanında biyoteknik yöntemler içerisinde cezbediciler kullanılarak besin tuzakları asılmaktadır. Polifag bir zararlı olması ve çok döl vermesi bakımından arazi koşullarında kimyasal ilaçlama önerilmemektedir. Depo koşullarında ise fumigant etkili insektisitler ruhsatlandırılmıştır (Anonim, 2023c). Avrupa birliği sürdürülebilir kalkınma amaçlarından “Açlığa Son” amacı kapsamında gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım hedefleri doğrultusunda üretimi arttırıcı ve daha temiz gıdaya ulaşmak amacıyla zararlıların verdiği zararı en aza indirmek için uygulanan kimyasal ilaçlara alternatif yöntemler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler içerisinde son yıllarda biyopestisitler üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle bitkilerin doğal olarak içerdiği alkoloidler, glikozidler, fenoller, terpenoidler, taninler ve saponinlerin insektisit, nematisit, fungusit, herbisit ve akarisit gibi özellikler gösterdiği çalışmalarla ortaya konmuştur (Williams ve Mansingh,1996; Sohrabi ve ark., 2016; Usanmaz Bozhüyük ve ark., 2018). Bu çalışmaların sayısı arttıkça bitkiler üzerinde zarar veren böcekler üzerine ruhsatlandırılmış biyopreparatların da sayısı artmaktadır.

Asteraceae, Lamiaceae, Brassicaceae gibi familyalarında içinde olduğu 235 familyaya ait yaklaşık 2500 kadar bitki türü pestisit özellik göstermektedir (Saxena, 1998). Özellikle Myrtaceae, Lauraceae, Asteraceae ve Lamiaceae familyalarına ait bitkilerin içerdikleri yoğun esansiyel yağlar böcekler üzerine repellent, beslenmeyi durdurucu, gelişimi engelleyici ve fumigant etkinlikler göstermektedir (Singh ve ark., 1989). Lamiaceae familyası içerisinde biberiye, nane, kekik ve adaçayı gibi tıbbi ve aromatik bitkiler bulunmaktadır. Bu bitkilerin pestisit özellik gösterdiği birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Koul ve ark., 2008; Cavalcanti ve ark., 2010). Lamiaceae familyası türlerinden biri de *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales:Lamiaceae)’dır. *S.spicigera*’ın en baskın bileşeni tymol olduğu bunu sırasıyla p-cymene,  $\gamma$ -terpinene ve carvacrol izlediği belirlenmiştir (Sefidkon ve Jamzad, 2004). İçermiş olduğu bu bileşiklerden dolayı pestisit özellik göstermektedir (Koul ve ark., 2008, Cavalcanti ve ark., 2010). Yapılan bu çalışmada *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales:Lamiaceae) esansiyel yağının *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)’a karşı fumigant etkinliği belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Bitki materyali

Çalışmada kullanılan *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. (Lamiales:Lamiaceae) Trabzon ilinden (Enlem: 41.032440- Boylam: 39.329235, Rakım: 400m) 2022 yılında Eylül ayı başında tam çiçeklenme zamanında toplanmıştır. Bitkinin toprak üstü kısmı gölgede kurutulmuştur. Kurutulmuş olan *S. spicigera* denemede kullanılabilece kadar kese kâğıdı içerisinde güneş ve nem almayan serin ortamda saklanmıştır. *S.spicigera* teşhisi Dr. Öğr. Üyesi Emine BİLGİNOĞLU tarafından yapılmıştır.

### Esansiyel Yağın Eldesi

Esansiyel yağ mikrodalga destekli distilasyon yöntemi kullanılarak mikrodalga cihazında (Milestone-NEOS), 2450 MHz’de elde edilmiştir. Mikrodalga destekli hidrodistilasyonda optimum dalga boyu için Ragab ve ark., (2019) çalışmaları referans alınmıştır. Verim %2.0 olarak

belirlenmiştir. Elde edilen esansiyel yağ deney zamanına kadar +4°C’de buzdolabında koyu amber şişe içerisinde bekletilmiştir.

#### *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae) Yetiştirilmesi

Denemede kullanılan *C.hemipterus* erginleri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Laboratuvarında bulunan stok kültürden alınarak Donahays ve Navarro (1989)’a göre hazırlanan besinde (mısır unu, şeker, glikoz, bira mayası, agar agar, su, propionik asit ve methyl-4-hydroxybenzoate) 27°C±5 ve %75±5 nem koşullarında yetiştirilmişlerdir. 1 haftalık ergin böcekler aspiratör ile toplanarak içerisinde besin olan kavanoza aktarılmış ve yumurta bırakması sağlanmıştır. 2 hafta sonra ergin bireyler yetiştirme koşulları içerisinde alınarak yeni erginlerin çıkması sağlanmıştır. Böcek kültürleri 27±1°C, %60 nem ortamında inkübatörde tutulmuştur.

#### Fumigant Etkinliği Denemesi

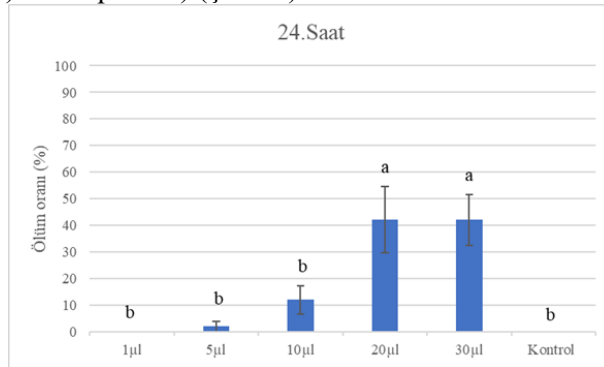
Denemede, petri kapları (9 cm)’nın üst kapağına steril filtre kağıtları (2cm\*2cm) kesilerek yapıştırılmıştır. Yapıştırılan filtre kağıtları üzerine 1, 5, 10, 20 ve 30 µl esansiyel yağ mikropipet yardımı ile verilmiş ve 30 saniye kadar kuruması beklenmiştir. Her petri kabına 5 adet (en fazla 1 haftalık yeni çıkış yapmış ergin) ergin birey konularak kapaklar kapatılmıştır. Önce parafilm ile daha sonra petri sızdırmazlık bandı ile petrilere hava sızıntısı olmaması için sıkıca bantlanmıştır. Kontrol grubuna ise herhangi bir muamele yapılmamış, böcekler konduktan sonra parafilm ile sarılmış ardından da sızdırmazlık bandı ile kapatılmıştır. Deneme 27±1°C, %60 nemde inkübatörde tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekrerr ve 2 tekrarlı olarak kurulmuştur. Deneme kurulduktan sonra 24. ve 48. saatlerde ölü ve canlı bireyler sayılarak kaydedilmiştir.

#### İstatistik Analizler

Deneme sonucunda elde edilen ölüm oranları Abbott (1925)'a göre yüzde olarak hesaplanmıştır. Ölüm oranlarının istatistiki analizi ANOVA Varyans analizine göre Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile SPSS Paket Programı (SPSSv29) kullanılarak hesaplanmıştır. LD<sub>50</sub> ve LD<sub>90</sub> değerleri Polo Paket Programı kullanılarak belirlenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

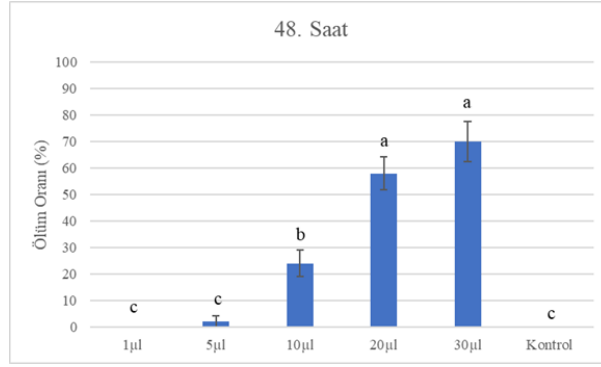
Denemede 5 farklı doz *Carpophilus hemipterus*’a karşı denenmiştir. 24 saat sonunda *Satureja spicigera* bitkisinden elde edilen esansiyel yağın 1 µl’lik dozunda herhangi bir ölüm görülmemiştir. 5 µl uygulanan dozda ölüm görülürken, en yüksek ölüm oranları 20µl (42.00±12.45) ve 30 µl (42.00±9.64) dozlarında tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 10 µl (12.00 ±5.33) ve 5 µl (2.00 ±2.00) dozları takip etmiştir. (F(5,54)= 8.88 p<0.05) (Şekil 1).



Şekil 1. *Satureja spicigera* esansiyel yağının *Carpophilus hemipterus* karşı 24 saat sonraki fumigant etkinliği  
Figure 1. Fumigant activity of *Satureja spicigera* essential oil against *Carpophilus hemipterus* after 24 hours.

48 saat sonunda da *S. spicigera* bitkisinden elde edilen esansiyel yağın 1 µl’lik dozunda herhangi bir ölüm görülmemiştir. Doz arttıkça ölüm oranının da arttığı belirlenmiştir. En yüksek ölüm oranı 30 µl (70.00±7.45)’de tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 20 µl (58.00±6.29) ve 10 µl (24.00 ±4.99) dozları takip etmiştir. Ölüm oranları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (F(5,54)=47.34 p<0.05) (Şekil 2).





Şekil 2. *Satureja spicigera* esansiyel yağının *Carpophilus hemipterus* karşı 48 saat sonraki fumigant etkinliği  
Figure 2. Fumigant activity of *Satureja spicigera* essential oil against *Carpophilus hemipterus* after 248 hours.

*S. spicigera* esansiyel yağının *C. hemipterus*'a karşı etkinliğinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada LD<sub>50</sub> ve LD<sub>90</sub> değerleri de hesaplanmıştır. Buna göre 24 saat sonunda LD<sub>50</sub> değeri 23.03 µl ve LD<sub>90</sub> değeri ise 88.53 µl olarak bulunmuştur. 48 saat sonunda ise LD<sub>50</sub> değeri 18.46 µl, LD<sub>90</sub> ise 48.43 µl olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. *Satureja spicigera* esansiyel yağının *Carpophilus hemipterus* karşı 24 ve 48 saat sonraki fumigant etkinliğinin LD<sub>50</sub> ve LD<sub>90</sub> değerleri

Table 1. LD<sub>50</sub> and LD<sub>90</sub> values of fumigant activity of *Satureja spicigera* essential oil against *Carpophilus hemipterus* after 24 and 48 hours

Zaman	LD <sub>50</sub>	LD <sub>90</sub>	Eğim	χ <sup>2</sup>	df	Heterojenlik
24 Saat	28.03 (21.95-43.02)	88.53 (53.40-280.58)	2.56±0.44	68.55	48	1.43
48 Saat	18.46 (15.85-21.90)	48.43 (37.12-74.52)	3.06±0.41	33.14	48	0.69

*Carpophilus hemipterus*'a karşı bitkisel ekstraktların fumigant etkinliğine yönelik çalışmalar sınırlıdır. Sohrabi ve ark., (2016) *Eucalyptus globulus* Labill., *Salvia mirzayanii* Rech. var. Hormoz., *Ducrosia anethifolia* Boiss., *Thymus vulgaris* L. var. Hormoz. ve *Majorana hortensis* Moench 'dan elde edilen esansiyel yağın *C. hemipterus*'nın son dönem larva ve erginlerine karşı fumigant etkinliğini belirledikleri çalışmada en yüksek konsantrasyonda (50 µl) 72 saat sonunda son dönem larva ve erginlerde %80-100 oranda ölümler belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada da *S. spicigera* esansiyel yağının *C. hemipterus*'a erginlerinde en yüksek ölüm oranı 30 µl dozda 48.saat sonunda %70 olarak belirlenmiştir. Doz ve zaman arttıkça ölüm oranında arttığı tespit edilmiştir. Usanmaz Bozhüyük ve ark., (2018), yapmış oldukları çalışmada *Satureja hortensis* (L.), *Satureja montana* (L.), *S. spicigera* ve *Satureja thymbra* (L.) türlerinin *Hypera postica* (Gyllenhal) erginlerine karşı fumigant etkinliğini belirlemişlerdir. Deneme 24, 48, 72 ve 96 saat sonunda sayılmıştır. En yüksek ölüm 20 µl dozunda *S.hortensis*'te tespit etmişlerdir. *S. spicigera* ve *S. montana* esansiyel yağların diğerlerine göre daha düşük etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Soltani ve ark., (2020) *Eucalyptus maidinii* F.Muell. ve *Eucalyptus cineria* F.Muell. ex Benth.'nın tek başlarına ve birlikte *C. hemipterus* ve *Sitophilus oryzae*'e karşı fumigant etkinliğini belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre *E.maidinii* esansiyel yağının 74.73 µl'lik dozu *C. hemipterus*'da 24 saat sonunda %98'lik ölüme neden olmuştur. Yapılan bu çalışmada da *S. spicigera* esansiyel yağının dozu arttıkça ölüm oranlarında da artışlar gözlenmiştir. En yüksek ölüm oranı 30 µl'lik dozda 48 saat sonunda %70 ile tespit edilmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Kuru ve yaş meyve zararlısı olan *C.hemipterus*'un mücadelesi için özellikle ihracat ürünlerinde yoğun olarak fumigantlar kullanılmaktadır. Yakın zamanda Avrupa Birliği dünya çapında biyoçeşitlilik stratejisi kapsamında kimyasal pestisitlerin kullanımının %50 oranında azaltılması ve en az %25 oranında da organik tarıma geçilmesi için somut hedefler koyarak çalışmalarını başlatmıştır. Uygulanmak istenen bu strateji ile yaşadığımız yerlerde ve tükettiğimiz ürünlerde pestisit kalıntısının olmaması hedeflenmektedir. Burada en önemli sorun kimyasal ilaçlara alternatif mücadele

yöntemlerinin geliştirilmesidir. Bu kapsamda özellikle bitkilerin içermiş olduğu bileşenlerden yararlanarak biyopestisit çalışmalarına ağırlık verilip piyasada ruhsatlı biyopestisit oranının artırılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar biyopestisitlerin zararlıları baskılamada etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu etki oranı zararlı türü ve bitki ekstraktına göre değişiklik göstermektedir. Buna göre biyopreparatların farklı formülasyonlarının bitkisel üretimde zararlı olan bitki koruma etmenlerine karşı denenmeleri önemlidir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde *C.hemipterus*'a karşı biyopreparat çalışmaları sınırlıdır. *Eucalyptus* spp., *Salvia* spp., ve *Thymus* spp. gibi birçok bitki koruma etmenine karşı başarılı sonuçlar veren biyopestisitlerin *C. hemipterus*'un son dönem larva ve erginlerine karşı da % 100'e varan oranda ölüme sebep olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız bu çalışmada da *S.spiciera* bitkisinin esansiyel yağı fumigant etki bakımından ilk kez *C.hemipterus*'a karşı denenmiş ve %70'e varan oranda ölüm tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler yapılacak diğer çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18(2): 265-267.
- Anonim, 2020. AB Yeşil Mutabakatı. Ulusal İhracatçı Birlikleri Ar-Ge Şubesi, <https://uib.org.tr/tr/kbfile/ab-yesil-anlasmasi>. (Erişim Tarihi: 10.11.2022).
- Anonim, 2021. İncir, Haziran 2021 Tarım Ürünleri Piyasa Raporu, TEPGE. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/> (Erişim Tarihi: 02.11.2023).
- Anonim, 2023a. Ege İhracatçı Birlikleri, <https://www.eib.org.tr/> (Erişim Tarihi: 02.11.2023).
- Anonim, 2023b. Meyve Zararlıları Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Meyve%20Zarar%C4%B1lar%C4%B1%20Zirai%20M%C3%BCcadele%20Teknik%20Talimatlar%C4%B1.pdf> (Erişim Tarihi: 02.11.2023).
- Anonim, 2023c. <https://bku.tarimorman.gov.tr/Zararli/Details/222> (Erişim Tarihi: 02.11.2023).
- Cavalcanti, S.C.H., Niculau, E.S, Blank, A.F., Cãmara, C.A.G., Araújo, I.N., Alves, P.B., 2010. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). Bioresour Technol. 101:829–832.
- Çobanoğlu, F., Armağan, G., Kocataş, H., Şahin, B., Ertan, B., Özen, M., 2005. Aydın İlinde İncir Üretiminin Önemi ve Kuru İncir Üretim Faaliyetinin Ekonomik Analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2(2): 35-42.
- Donahaye, E., Navarro, S., 1989. Sensitivity of two dried fruit pests to methyl bromide alone, and in combination with carbon dioxide or under reduced pressure. Trop. Sci. 29: 9–14.
- Faostat, 2023. Food and Agriculture Data. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. (Erişim Tarihi: 02.11.2023).
- İmrak, B., 2011. İncir Yetiştiriciliği. Adana: Çukurova Üniv Ziraat Fakültesi, pp.16.
- Koul, O, Walia, S., Dhaliwal, G.S., 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. Biopest Int. 4:63–84.
- Özatalay, G.Z., 2014. Aydın yöresi halk hekimliğinde incirin kullanımı. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi. 2014(4): 151-154.
- Ragab, T.I., El Gendy, A.N.G., Saleh, I.A., Esawy, M.A., 2019. Chemical composition and evaluation of antimicrobial activity of the *Origanum majorana* essential oil extracted by microwave-assisted extraction, conventional hydro-distillation and steam distillation. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 22(2): 563-573.
- Saxena, R.C., 1998. Green revolutions without blues: botanicals for pest management. In: Dhaliwal GS, Randhawa NS, Arora R, Dhawan AK (eds) Ecological agriculture and sustainable development, vol 2. Indian Ecological Society, Punjab Agricultural University, Ludhiana and Centre for Research in Rural and Industrial Development, Chandigarh, pp 111–127.
- Sefidkon, F., Jamzad, Z., 2004. Essential oil composition of *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss. from Iran. Flavour and Fragrance Journal. 19(6): 571-573.
- Singh, D., Siddiqui, M.S., Sharma, S., 1989. Reproduction retardant and fumigant properties in essential oils against rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. J Econ Entomol. 83(3):727–733.

- Sohrabi, F., Kohanmoo, M.A., Jamali, F., 2016. Fumigant toxicity of five medicinal plant essential oils against the date sap beetle, *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus) and identification of their chemical composition. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*. 39(3): 13-26.
- Soltani, A., Aouadi, G., Yangui, I., Haddadi, S., Gueayed, M.B., Boushah, E., Jemâa, J.M.B., 2020. Fumigant toxicity of two Cineole-rich essential oils and their combinations for the control of *Carpophilus hemipterus* Linnaeus and *Sitophilus oryzae* Linnaeus. *Annales de L'Ingréf*. 21: 85-101.
- Usanmaz Bozhüyük, A. Kesdek, M., Kordali, Ş., Gözüaçık, C., 2018. Bazı *Satureja* L. türlerinden elde edilen uçucu yağların *Hypera postica* (Gyllenhal, 1813) (Coleoptera: Curculionidae) erginleri üzerinde insektisidal etkileri. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*. 5(2): 1-9.
- Williams, L.A.D., Mansingh, A., 1996. The insecticidal and acaricidal actions of compounds from *Azadirachta indica* (A. Juss.) and their use in tropical pest management, *Integrated Pest Management Reviews*. 1: 133-145.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

## Araştırma Makalesi

# Akdeniz Ekolojik Koşulları Altında Mısır Yetiştiriciliği Yapılan Tarım Topraklarının Ekim Öncesi ve Sonrası N, P ve K Elementlerinin Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi

Cihangir Sürme<sup>1</sup>  Orhan Dengiz<sup>1</sup>  Emine Arslan<sup>2\*</sup>  Orhan Kara<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun Türkiye

<sup>2</sup>Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erdemli, Mersin, Türkiye

\*Sorumlu yazar: emine.arslan23trm@gmail.com

Geliş Tarihi: 01.02.2024

Kabul Tarihi: 13.03.2024

## Öz

Günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak oluşturulan toprak veri tabanları ve toprağın değişken parametrelerinin alansal dağılım haritaları ile toprak özelliklerinin değişimi konusunda etkili veri ve bilgi akışı sağlanarak, üreticiyi doğru zaman ve alanda etkili miktarda girdi ile harekete geçirecek ve planlama konusunda yönlendirecek bir karar verme mekanizmasının oluşturulmasına imkan sağlanmaktadır. Bu çalışma, mısır yetiştiriciliği yapılan 61.5 dekar sulu tarım arazisinde ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların temel besin elementlerinden olan toplam azot (N), alınabilir fosfor ( $P_{al}$ ) ve alınabilir potasyum ( $K_{al}$ ) içeriklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaç doğrultusunda, 63 örnekleme noktasından 0-30 cm derinlikten topraklar alınmıştır ve 5 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılarak en iyi dağılımı veren yöntem göre toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$ 'ın alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır. FAO sınıflandırmasına göre toprakların toplam N içeriği, hem ekim öncesi hem de hasat sonrası yeterli düzeyde, ekim öncesi az düzeyde olan  $P_{al}$  içeriği, hasat sonrası yeterli düzeyde bulunmuştur. Ekim öncesi alanın %53.97' sinde yeterli düzeyde, %46.03' ünde fazla düzeyde; hasat sonrası ise alanın %38.10'unda yeterli, %61.90'ında fazla düzeyde toprakların  $K_{al}$  içerdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışma alanında özellikle sürdürülebilir toprak yönetim planlaması yapılabilmesi için söz konusu toprak özelliklerinin değişimi ve bitki istekleri dikkate alınarak etkili ve doğru bir gübreleme programı hazırlanmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Alansal dağılım, enterpolasyon, makro besin elementleri, mısır

## Determination of Spatial Distribution of N, P, K Elements based on Before Sowing and Postharvest of Cultivated Soils under Mediterranean Ecological Condition

### Abstract

It is possible to create a decision-making mechanism that will mobilize the producer with an effective amount of input at the right time and area and guide them in planning by providing effective data and information flow on the change of soil properties with soil databases and spatial distribution maps of variable parameters of the soil, produced based on today's developing technology. This study was carried out to determine the spatial distribution of total nitrogen (N), available phosphorus ( $P_{al}$ ), and available potassium ( $K_{al}$ ) contents which are among essential macro nutrients of the soils before sowing and postharvest in 61.5 decares of irrigated agricultural land where corn is grown. For this purpose, soils were taken from 63 sampling points at 0-30 cm depth, and the spatial distribution maps of total N,  $P_{al}$  and  $K_{al}$  were prepared according to the method that gave the best distribution when 5 different interpolation methods were compared. According to the FAO classification, the total N content of the soils was found to be sufficient both before sowing and postharvest and the  $P_{al}$  content, which was low before sowing, was found to be sufficient postharvest. It was determined that the soils contained sufficient  $K_{al}$  content in 53.97% of the area before sowing and at an excess level in 46.03% of the area, and at an adequate level in 38.10% of the area and at an excess level in 61.90% of the area postharvest. Therefore, an effective and accurate fertilization program should be prepared by taking into account the changes in soil properties and plant requirements in order to make sustainable soil management planning in the study area.

**Keywords:** Spatial distribution, interpolation, macro nutrient elements, corn.

## Giriş

Sürdürülebilir tarımsal üretim yaklaşımında, mevcut doğal kaynaklara zarar vermeden, sınırlı ekilebilir arazilerin öz nitelikleri ile değişken toprak özellikleri dikkate alınarak tarımsal faaliyetlerin planlanması, tarımsal üretimin temelini oluşturan toprağın etkili ve sürdürülebilir kullanılması açısından oldukça önemlidir.

Dünyada artan nüfus ile birlikte besleme ihtiyacının karşılanabilmesi için tarımsal üretimde uygulanan plan ve stratejiler, genellikle yalnızca bitkisel ürünlerin üretim miktarını artırmayı hedeflemektedir (Tuğay, 2012). Bu nedenle, üreticiler tarafından bitkisel üretimi en üst düzeye çıkarmak için toprak ve çevre koşulları dikkate alınmadan tarımsal üretimde yoğun ve kontrolsüz gübre kullanımı söz konusu olabilmektedir. Özellikle bitkisel üretimde yoğun kullanılan ve gübreleme yoluyla eksikliği giderilmeye çalışılan en önemli makro besin elementleri azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K)'dur. Bu besin elementlerinin topraktaki noksanlığı durumunda bitki gelişimi olumsuz etkilenmekle birlikte fazlalığı da bitki ve çevre için olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Turan ve ark., 2010). Ayrıca aşırı gübre kullanımı sonucu, tarım toprakları tahrip olmakta ve verimlilikleri azalmaktadır. Bu durum, yanlış tarım ve su politikalarının uygulandığı, yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Çukurova Bölgesi tarım topraklarında çok fazla görülmektedir (Anonim, 2022).

Türkiye'de coğrafi özellikleri, iklimi, verimli toprakları ve su kaynakları ile tarımsal üretim açısından stratejik öneme sahip Çukurova Bölgesi, verimli delta ovalarında çok çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır (Anonim, 2014). Bu nedenle, Çukurova Bölgesi toprakları yoğun tarımsal faaliyetler nedeniyle baskı altında tutulmaktadır. Özellikle bölgede üreticiler tarafından yapılan aşırı toprak işleme, tek yönlü üretim ve yoğun kimyasal girdi kullanımı, tarım topraklarında büyük kayıplara neden olmaktadır (Anonim, 2022). Bu duruma, bölgede yoğun şekilde tarla ve özellikle mısır tarımının yapıldığı topraklarda sıklıkla rastlanılmaktadır.

Çukurova Bölgesinde mısır yetiştiriciliği, hem bölgede sanayi alt kollarının bulunması hem de sanayi için mısırın önemli bir hammadde olması ve ekonomiye büyük katkısı nedeniyle üreticiler tarafından büyük oranda tercih edilmektedir. Türkiye'de mısır, yem ve mısır nişastası endüstrisi olmak üzere iki sanayi kolunda hammadde olarak kullanılmaktadır. Adana ili, 718 bin ton mısır üretimi ile bölgenin en büyük üreticisi konumundadır. Osmaniye ili 306 bin ton, Mersin ili 92 bin ton, Hatay ili de 73 bin ton ile Adana ilinden sonra bölgenin en büyük mısır üreticileri olan illerdir. Her yıl mısır ekim alanlarının azalmaya başlaması mısırdaki bir arz açığının artmasına neden olmaktadır (TEBGE, 2021). Bu nedenle, sanayide arz açığının kapatılabilmesi için mısır üretim alanlarının ve miktarlarının artırılması son derece önemlidir. Bu durum, diğer tarım ürünlerinde de olduğu gibi mısır yetiştiriciliği açısından üretim potansiyeli yüksek Çukurova Bölgesi topraklarını daha önemli hale getirmektedir. Bu nedenle, bölgede arazi yönetiminde karşılaşılan problemleri aşmak için özellikle yoğun tarımsal faaliyetler (toprak işleme, gübreleme, sulama vb.) nedeniyle insan kaynaklı değişen toprak özelliklerinin belirlenmesi ve izlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Tarımsal üretimde özellikle aşırı ve plansız gübre kullanımı sonucu topraklar daha fazla heterojen bir yapı sergilemektedir. Bu durum, arazinin kullanım şekli ve yoğunluğuna göre toprak özelliklerinin konumsal değişkenliğini büyük oranda etkilemektedir (Trangmar ve ark., 1985). Tarım arazilerinde, benzer ya da aynı tarımsal uygulamalar sonucunda elde edilen ürünlerin, arazinin farklı alanlarında değişiklikler sergilemesinin asıl nedenlerinden biri de kısa mesafelerde olsa dahi toprak özelliklerinin değişkenlik göstermesidir (Robertson ve Freckman, 1995; Mulla ve McBratney, 2000; Jiang ve ark., 2006). Bu nedenle, özellikle toprak özelliklerinin değişkenliği konusunda etkili veriler ile bilgi akışını sağlayarak, üreticiye doğru zaman ve alanda uygun miktarda girdi ile harekete geçirecek ve planlama konularında yönlendirebilecek bir karar verme mekanizmasının oluşturulması; topraktaki besin dengesinin sağlanabilmesi, toprak özelliklerinin düzeltilebilmesi, toprak verimliliği ve tarımsal üretim bakımından oldukça önem arz etmektedir. Özellikle tarımsal üretimde girdi maliyetlerinin büyük kısmını oluşturan gübrelemenin etkinliği, çevre ve insan sağlığını dikkate alarak bitki besleme konusunda kaliteli, ekonomik ve sürdürülebilir yönetim stratejilerinin oluşturulmasına bağlıdır. Bu doğrultuda, özellikle son yıllarda yüksek kazanç, çevre koruma, sürdürülebilirlik, arazideki konumsal değişkenliklerin belirlenmesi, değişken faktörlerin analizi ve iyi bir toprak yönetim planlaması yapılması amacıyla bilgi ve teknolojiye dayalı hassas uygulamalı tarım sistemleri de büyük bir uygulama alanı bulmuştur (Robert ve ark., 1995).

Günümüzde hassas tarım uygulamaları kapsamında gelişen teknolojiye bağlı olarak uzaktan algılama, küresel konum belirleme (GPS), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), değişken oranlı uygulamalar

ve verim izleme sistemlerinin entegre kullanımı ile gübre uygulamalarında alansal kontrol imkanı sağlanabilmekte, tarla farklı verimlilik seviyelerinde sınıflandırılabilen ve alana özel gübre uygulamaları yapılabilmektedir. Tarla içerisinde eksik veya fazla alanlar ayrı ayrı değerlendirilerek değişimin olumlu ve olumsuz olduğu alanlarda ne gibi tedbirler alınabileceği konusunda yardımcı olmaktadır. Özellikle oluşturulan veri tabanları ve toprağın değişken özelliklerinin konumsal dağılımlarının belirlenmesi ve bu özellikler ile ilgili iyi bir değerlendirme yapılması amacıyla CBS ve CBS yazılım sistemlerine entegre edilen jeoistatistik yöntemler ile hazırlanan toprağın verim özelliklerinin alansal değişkenliğine ait dağılım haritaları üretilebilmektedir. Arazide örnekleme noktaları arasındaki mesafeye bağlı ilişkiyi ve toprak özelliklerinin değişkenliğini belirlemek için jeoistatistik yaygın kullanılan bir yöntemdir (Unlu ve ark., 1990; Logsdon ve Jaynes, 1996). CBS ortamında konumsal enterpolasyon yöntemleri kullanılarak ölçülen coğrafi verilerin tüm alana dağıtılması ile alansal dağılım haritaları oluşturulmaktadır (Heuvelink, 2006). Bu oluşturulan haritalar ile tarım arazilerinde toprak koşullarının ve buna bağlı olarak değişen verimliliğinin gözlemlenmesi, doğru gübreleme zaman ve miktarının belirlenmesi açısından faydalı olacaktır. Bu durum üreticiye, karar verme sürecinde kolaylık sunmakla birlikte zaman tasarrufu, üretim girdilerinin ve mevcut kaynakların en uygun ve etkin şekilde kullanılması ve dolayısıyla verimin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi konularında önemli faydalar sağlayacaktır. Arslan ve ark. (2018) tarafından Elazığ İli Baskil İlçesi sınırları içerisinde yer alan Şeyh Hasan Köyü'nde 400.02 hektar alanda yürütülen çalışmada, farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların toplam N, alınabilir fosfor ( $P_{al}$ ) ve alınabilir potasyum ( $K_{al}$ ) içeriklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, 5 farklı enterpolasyon metodu karşılaştırılarak, en iyi dağılımın elde edildiği yöntem belirlenmiş olup toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$ ' in alansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Hazırlanan dağılım haritalarına ve FAO (1990) sınıflamasına göre çalışma alanı topraklarının toplam N ve  $K_{al}$  bakımından yeterli seviyede olduğu tespit edilmiştir.  $P_{al}$ 'ın ise yalnızca çalışma alanının çok az bir bölümünde az düzeyde fakat genel olarak yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, bölgede sürdürülebilir toprak yönetimi için gübre yönetim planlaması yapılmasının gerekliliğine değinilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Çukurova Bölgesinde yoğun tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü ve mısır tarımının yapıldığı tarım arazisinde ekim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere arazi kullanımı ve toprak yönetim sistemlerine bağlı olarak, değişkenlik gösterebilen toprağın bazı verimlilik özelliklerinin mesafeye bağlı ilişki ve değişimlerinin en uygun enterpolasyon yöntemi ile alansal dağılımlarının belirlenmesidir.

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışma; Akdeniz Bölgesi Aşağı Seyhan Havzasının Tarsus Ovası kısmında ve Tarsus ilçesinin yaklaşık 10 km güneydoğusunda bulunan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü yerleşkesi içerisinde yer alan ve 61.5 dekar sulu tarla vasfında olan tarım arazisinde yürütülmüştür (Şekil 1). Arazinin eğimi %0-1 arasında olup düz veya düze yakındır. Çalışma alanında taşlılık, göllenme ve toprak erozyon riski bulunmamaktadır. Çalışma sahası toprakları, akarsuyun getirmiş olduğu alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş olup killi tın bünyeli, hafif alkali, tuzsuz ve fazla kireçlidir ve toprakların organik madde içeriği azdır (Dinç ve ark., 1990; Sönmez ve ark., 2018). Çalışma alanının denizden yüksekliği ortalama 11 m ile 12 m arasında değişmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü arazinin bulunduğu bölge, tipik Akdeniz iklimi etkisi altında bulunmaktadır. Çukurova Bölgesinde Toros Dağlarının yakın eteklerinde bulunan kıyı bölgelerinde kış ayları ılık ve yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Meteoroloji İstasyonundan elde edilen iklimsel verilere göre çalışma alanı bölgesine yıllık toplam 601.9 mm düşmektedir. Yağışların çok büyük bir bölümü yağmur şeklinde olmaktadır. Ortalama yıllık sıcaklık 18°C'dir. Ağustos ayı 27 °C ile en yüksek sıcaklık ortalamasına sahiptir. Ortalama en soğuk ay ise 8.9 °C ile Ocak ayıdır. Nisbi nemin uzun yıllar ortalaması %70.1'dir. Toprak taksonomisine (1999) göre çalışma alanı toprak sıcaklık rejimi Thermic ve nem rejimi ise Xeric olarak belirlenmiştir (Bayramın ve ark., 2011).

Çalışma alanında, yoğun toprak işlemeli tarım yapılmaktadır. Toprak işleme için çok çeşitli toprak işleme alet ve makinaları kullanılmakta olup farklı sürüm dönemlerinde 10-25 cm toprak derinliği arasında yapılmaktadır. Çalışma alanı içerisinde yıllar bazında değişkenlik göstermekle beraber en çok buğday, arpa ve mısır yetiştirilmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü 2022 yılı üretim sezonunda arazide dane mısır üretimi yapılmıştır. Bitkinin tüm yetişme dönemi süresince gübre olarak

bölge koşullarına ve mısır tarımına uygun olarak 20-25/da kg saf azot ve 8-10 kg/da fosfor uygulaması yapılmıştır.

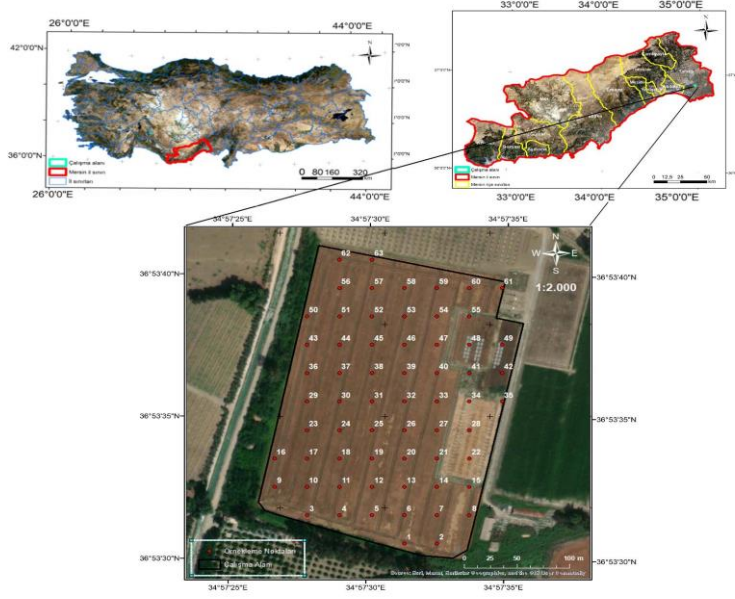


Figure 1. Location map of the study area  
Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası

### Toprak Örnekleri ve Analizler

Çalışma alanı topraklarının toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$  içeriklerinin alansal dağılımının belirlenmesi ve alansal dağılım haritalarının oluşturulabilmesi için enterpolasyon modellerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, mısır tarımı yapılan arazide, 31 m x 31 m grit mesafesine göre toplamda 63 örnekleme noktasından ekim öncesi ve hasat sonrasında yüzey (0-30 cm) bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 2).

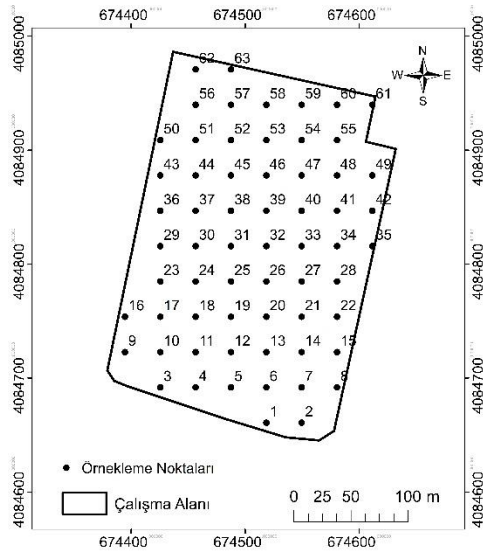


Figure 2. Soil sampling pattern in the study area  
Şekil 2. Çalışma alanındaki toprak örnekleme deseni

Alınan bozulmuş toprak örneklerinin toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$  analizleri yapılmıştır. Mısır bitkisi ekimi öncesi ve hasat sonrası olmak üzere 63 örnekleme noktasından alınan toplam 126 adet toprak örneğinde toplam azot (N) Kjeldahl yöntemine göre (Bremner ve Mulvaney 1982), alınabilir potasyum ( $K_{al}$ ) içerikleri Jackson (1958)'e göre, alınabilir fosfor ( $P_{al}$ ) ise Olsen ve ark. (1954) tarafından

belirlenen yöntemlere göre tespit edilmiştir. Ayrıca, toprakların toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> içeriklerinin yeterlilik düzeylerine ilişkin sınıflama yapabilmek için olarak Çizelge 1’den faydalanılmıştır.

Table 1. Classification of the soils according to threshold values (FAO, 1990)

Çizelge 1. Toprakların eşik değerlerine göre sınıflandırılması (FAO, 1990)

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme
N (%)	< 0.045	Çok az
	0.045-0.09	Az
	0.09 - 0.17	Yeterli
	0.17 - 0.32	Fazla
	> 0.32	Çok fazla
P (mg kg <sup>-1</sup> )	< 2.5	Çok az
	2.5 - 8.0	Az
	8.0 - 25.0	Yeterli
	25.0 - 80.0	Fazla
	> 80.0	Çok fazla
K (mg kg <sup>-1</sup> )	< 50	Çok az
	50-140	Az
	140-370	Yeterli
	370-1000	Fazla
	> 1000	Çok fazla

### Tanımlayıcı İstatistik Yöntemleri

Çalışmada, toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucu elde edilen toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> verilerinin en büyük, en küçük, standart sapma, değişim katsayısı, varyans, ortalama, çarpıklık ve basıklık olmak üzere 8 adet tanımlayıcı parametreleri SPSS programında hesaplanmıştır.

### Enterpolasyon Yöntemleri

Çalışma alanı topraklarının toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> içeriklerinin dağılım haritaları, koordinatlı örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları ve çalışma alanının coğrafi verileri ArcGIS 10.3 programına tanımlandıktan sonra programa entegre edilen enterpolasyon yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. Bu çalışma kapsamında, deterministik yöntemlerden IDW metodunda birinci, ikinci ve üçüncü kuvvet (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon, IDW-1, IDW2, IDW-3), RBF (Radyal Tabanlı Fonksiyon) metodunda Düzeltmiş Spline (Completely Regularized Spline-CRS), İnce Plaka Spline (Thin Plate Spline,-TPS) ve Gergin Spline (Spline With Tension-ST) yöntemleri; stokastik yöntemlerden ise Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) yöntemleri test edilmiştir. Kriging metodlarında Küresel (Spherical), Üssel (Exponential) ve Gaussian modelleri kullanılmıştır. ArcGIS 10.3 “Geostatistical Extension” programı, oluşturulan dağılım haritalarında tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin standardize hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) kriterlerini kullanmaktadır (Çelik ve Dengiz, 2018). Üretilen haritalarda, tahminin ortalama hatası 0’a yakın ve tahminin standardize hata kareler ortalamasının karekökü 1’e ne kadar yakın ise haritanın aynı oranda tahmin doğruluğunun yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Johnston ve ark., 2001).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i - Z)^2}{n}}$$

(1)

Z<sub>i</sub>: tahmin değeri, Z: gerçek değer, n: gözlem sayısı

### Bulgular ve Tartışma

#### Tanımsal İstatistik



Çalışma alanı içerisindeki örnekleme noktalarından, mısır ekimi ve hasat sonrası 0-30 cm toprak derinliğinden alınan toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarına göre toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> verilerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’de tanımlayıcı istatistik verileri değerlendirildiğinde; normallik varsayımı bakımından çarpıklık katsayısına göre toplam N, P<sub>al</sub> verilerinin normal dağılım gösterdiği, K<sub>al</sub> verilerinin ise ekim öncesi normal dağılımdan uzak (log normal) pozitif çarpıklık gösterdiği, hasat sonrası ise normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. K<sub>al</sub>’ın pozitif çarpıklık katsayısı, K<sub>al</sub>’ın çalışma sahasının bazı alanlarında ortalamanın üzerinde aşırı uç değerler aldığını göstermektedir. Toprak özelliklerinin bu uç değerleri, toprak özelliklerinin değişim katsayılarının da farklı olmasına neden olmaktadır. Wilding (1985), toprak verilerinin değişkenlik durumunu, değişkenlik katsayısı %15 den az olanlar için düşük, %15-35 arası olanlar için orta ve %35 den fazla olanlar için ise yüksek olarak sınıflandırmaktadır. Bu sınıflama dikkate alındığında; çalışma alanı topraklarının toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub>’ın değişkenlik katsayılarına bakıldığında, toplam N’ nin orta değişkenlik, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub>’ın ise yüksek değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Çalışma alanı toprakları, zaman içerisinde akarsuların taşıdığı alüvyal depozitler üzerinde oluşmuştur. Alüvyal arazilerde toprakların en önemli özelliği, çok kısa mesafelerde dahi özellikle bazı fiziko kimyasal özelliklerde (kil, silt, kum, organik madde vb.) yüksek değişkenlik göstermesidir (Dengiz, 2010).

Table 2. Descriptive statistical parameters of soil samples in the study area

Çizelge 2. Çalışma alanı toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistik parametreleri

Tanımlayıcı İstatistik	A1 (EKİM ÖNCESİ)			A2 (HASAT SONRASI)		
	N (%)	P <sub>al</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sub>al</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	N (%)	P <sub>al</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sub>al</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )
Ortalama	0.13	5.70	378.51	0.15	17.97	411.75
Standart Sapma	0.20	0.94	44.59	0.02	1.13	76.91
Değişkenlik Katsayısı*	16.12	16.52	11.78	14.58	6.33	18.68
Varyans	0.00	0.89	1988.69	0.00	1.29	5916.12
En Düşük Değer	0.08	2.62	298.47	0.09	14.14	275.94
En Yüksek Değer	0.17	7.20	476.90	0.19	20.03	571.26
Çarpıklık	-0.21	-0.41	0.68	-0.21	-0.08	0.29
Basıklık	-0.68	0.52	-0.26	-0.24	-0.45	-0.64
n (Örnek Sayısı)	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00

\*Değişkenlik katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35=Orta Değişkenlik, > 35=Yüksek Değişkenlik

\*\*Çarpıklık < |± 0.5| = Normal Dağılım, 0.5-1.0 = Veri setine kadar dönüşümü uygulanır. ÇK> 1.0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

Ekim öncesi ve hasat sonrası toprakların toplam azot, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> içerikleri kıyaslandığında, hasat sonrasında ekim öncesine göre toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Ortalama değerler olarak, toplam N %0.13’den 0.15’e, P<sub>al</sub> 5.70 mg kg<sup>-1</sup>’den 17.97 mg kg<sup>-1</sup>’e, K<sub>al</sub> ise 378.51 mg kg<sup>-1</sup>’den 411.75 mg kg<sup>-1</sup>’e yükselmiştir (Çizelge 2). Çalışma alanında, üretim süresince yapılan yoğun tarımsal uygulamaların (toprak işleme, sulama ve gübreleme) ekim öncesi ve hasat sonrası toprakların makro besin element içeriklerinde değişkenliğe neden olduğu ve bunun alansal dağılıma da yansıtıldığı düşünülmektedir.

#### Besin Elementlerinin Konumsal Dağılımları

Toprakların toplam N, P<sub>al</sub> ve K<sub>al</sub> içeriklerinin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon modellerinden en çok kullanılan deterministik yöntemlerden IDW, RBF, stokastik yöntemlerden Ordinary (Doğal) Kriging (OK), Simple (Basit) Kriging (SK), Universal (Evrensel) Kriging (UK) yöntemleri kullanılmıştır ve yöntem sonuçları karşılaştırılmıştır. Doğrulamalarda en düşük hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) değerini veren model en uygun yöntem olarak seçilmiş olup alansal dağılım haritaları üretilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde; mısır bitkisi ekim öncesi topraklarda toplam N için IDW-1, P<sub>al</sub> için SK yönteminde Küresel model ve K<sub>al</sub> için ise OK Gaussian modeli, en düşük RMSE değerine sahip olması nedeniyle alansal dağılımları en az hata ile tahmin edilebilmesinde en uygun modeller olarak belirlenmiştir.

Table 3. RMSE values of interpolation methods of before sowing (A1) soils of the study area

Çizelge 3. Çalışma alanı ekim öncesi (A1) topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

A1	IDW			RBF			Kriging								
	1	2	3	TPS	CRS	ST	OK			SK			UK		
							G	Ü	K	G	Ü	K	G	Ü	K
N (%)	<b>0.02</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P (mg kg <sup>-1</sup> )	0.95	0.96	0.98	1.15	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.93	0.93	<b>0.93</b>	0.97	0.96	0.96
K (mg kg <sup>-1</sup> )	35.9	36.0	36.5	41.7	36.5	36.1	<b>35.7</b>	36.3	36.0	36.5	37.6	36.1	35.7	36.3	36.0
	3	6	2	2	5	6	<b>6</b>	1	7	5	1	3	6	1	7

OK: Doğal, SK: Basit, UK: Evrensel, G: Gaussian, Ü: Üssel, K: Küresel.

Tabloda kalın siyah ve altı çizili olarak yazılan değerler uygun enterpolasyon yöntemi olarak seçilen en küçük hata kareler ortalamasının karekökü değerlerine ait verilerdir.

Hasat sonrası toprak özelliklerinin de değişkenlik göstermesi nedeniyle tahmin modellerinin de değiştiği belirlenmiştir. Hasat sonrası toplam N için RBF yönteminde CRS modeli, P<sub>al</sub> için SK yönteminde Gaussian modeli, K<sub>al</sub> için ise OK yönteminde Gaussian modeli en düşük RMSE değerini vermiştir.

Table 4. RMSE values of interpolation methods of postharvest (A2) soils of the study area

Çizelge 4. Çalışma alanı hasat sonrası (A2) topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

A2	IDW			RBF			Kriging								
	1	2	3	TPS	CRS	ST	OK			SK			UK		
							G	Ü	K	G	Ü	K	G	Ü	K
N (%)	0.02	0.02	0.02	0.02	<b>0.02</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P (mg kg <sup>-1</sup> )	1.11	1.13	1.17	1.42	1.18	1.15	1.10	1.11	1.10	<b>1.09</b>	1.10	1.09	1.10	1.11	1.10
K (mg kg <sup>-1</sup> )	59.6	59.6	60.4	73.1	61.9	60.9	<b>59.1</b>	61.2	60.1	62.3	63.2	61.5	59.1	61.2	60.1
	5	8	5	2	1	1	<b>3</b>	9	5	1	9	4	3	9	5

OK: Doğal, SK: Basit, UK: Evrensel, G: Gaussian, Ü: Üssel, K: Küresel.

Tabloda kalın siyah ve altı çizili olarak yazılan değerler uygun enterpolasyon yöntemi olarak seçilen en küçük hata kareler ortalamasının karekökü değerlerine ait verilerdir.

Çalışma alanında mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrası toprak özelliklerinin değişimine bağlı olarak konumsal olarak da değişkenlik görülmektedir. Toplam N, P<sub>al</sub> içerikleri için en düşük RMSE değerini veren model değişkenlik gösterirken yalnızca K<sub>al</sub> için model değişkenlik göstermemiştir.

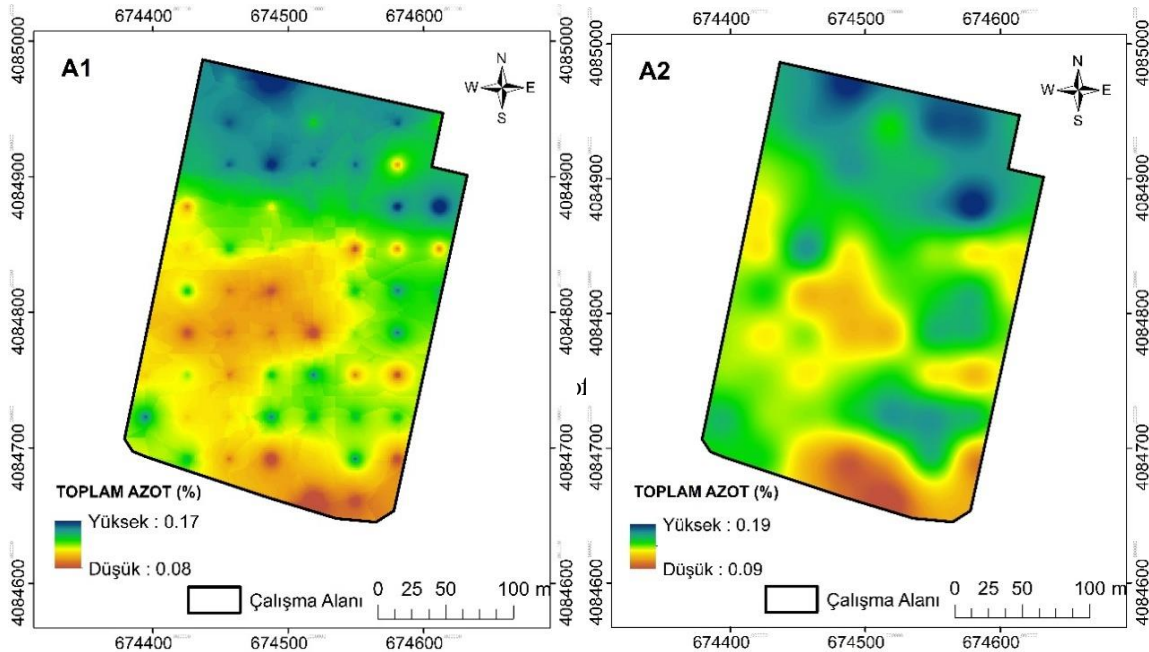
Kravchenko (2003) tarafından toprak özelliklerinin etkili ve doğru şekilde haritalandırılmasının hassas tarım uygulamaları bakımından oldukça önemli olduğu ve haritalanan toprak özelliklerinin örnekleme noktaları arasındaki mesafe, örnekleme sayısı ve enterpolasyon işlemlerinin seçimine göre farklı anlaşılabilmesi belirtilmiştir.

### Toplam Azot Dağılımı

Azot, bitki büyümesi için gerekli olan makro besin elementlerinin başında gelmektedir ve doğadaki azotun ana kaynağı atmosferdir (Bolat ve Kara, 2017). Topraktaki N' nin temel kaynağı ise organik maddedir. Zamanla organik maddenin ayrışması sonucu bitkiler N'den faydalanabilmektedir (Çepel, 1996; Boşgelmez ve ark., 2001). Bu nedenle bir tarım toprağında N, arazi kullanımı ve toprak yönetim sistemlerine göre konumsal olarak değişkenlik göstermektedir.

Yoğun tarımsal faaliyet altında bulunan çalışma alanı toprağının mısır bitkisi ekim öncesi ve sonrasında toplam N miktarı alanda değişkenlik sergilemektedir. Ekim öncesinde çalışma alanında toplam N, 0.08 mg kg<sup>-1</sup> ile 0.17 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında dağılım göstermektedir (Şekil 3). Yalnızca tek bir örnekleme noktasında 0.08 mg kg<sup>-1</sup> değeri almaktadır. Diğer tüm örnekleme noktalarından alınan toprakların toplam N miktarı >0.08 mg kg<sup>-1</sup>'dir ve topraklar toprak azot içerikleri bakımından FAO (1990) sınıflandırmasına göre yeterli sınıf aralığında bulunmaktadır. Alanın güney kısımlarına doğru N düşme, kuzeye doğru gidildikçe yükselme eğilimi sergilemektedir. En yüksek değerlerine çalışma alanının kuzey kesiminde ve özellikle sınırı limon bahçesi olan alanlarda ulaşmaktadır.

Çalışma alanına yakın sınırdaki bulunan limon bahçesi tesisinden kaynaklı yoğun bir azotlu gübreleme söz konusudur. Hasat sonrası ise toplam N,  $0.09 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $0.19 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında alanda dağılım göstermektedir. FAO (1990) sınıflandırmasına göre (Çizelge 1), bu değerler yeterli sınıf aralığındadır. Ekim öncesinde olduğu gibi hasat sonrasında da toplam azot en düşük değerlerine alanın güney kesimlerinde ulaşmaktadır. Ayrıca, çalışma alanının güney sınırında okaliptüs ağaçları bulunmaktadır. Özellikle, okaliptüs ağaçlarının beslenme durumları da göz önünde bulundurularak bu alanlarda toplam N'nin diğer alanlara kıyasla düşük olmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca hasat sonrası toplam N miktarının ekim öncesine kıyasla çok az da olsa yüksek oranlarda dağılım göstermesinin nedeni olarak, bitkisel üretim boyunca yapılan azotlu gübre uygulamaları ve hasat sonrası bitki atıkları gösterilebilir. Bunların yanı sıra, daha önce de belirtildiği gibi çalışma alanı toprağının alüvyal karakterde olması nedeniyle alanda kısa mesafelerde değişkenlik görülmesini mümkün kılmaktadır. Bursa'nın Karacabey ilçesinde yoğun olarak mısır tarımı yapılan 40 adet tarlada toprak verimliliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada, toprakların toplam N içerikleri yönünden %22.5'nin "yeterli" ve %77.5'nin ise "fazla" ve "çok fazla" sınıf içerisinde oldukları belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak; N değişkenliğinin yüksek çıkmasının, üreticilerin azotlu içerikli gübreleri gereğinden fazla kullanmaları nedeniyle olabileceği belirtilmiş olup bölge üreticilerine toprak analiz sonuçlarına göre azotlu gübre kullanmaları konusunda önerilerde bulunulmuştur (Ordu ve Aşık, 2021).



Şekil 3. Çalışma alanında mısır bitkisi ekimi öncesi (A1) ve hasat sonrası (A2) toplam N dağılım haritası

Yine benzer şekilde Soba ve ark., (2015) tarafından Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi amacıyla yapılan çalışmada toprakların toplam N içeriği, hazırlanan konumsal dağılım haritalarına göre değerlendirilmiş olup toplam N'nin çoğunlukla yeterli sınıf aralığında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Çalışmada, sürdürülebilir toprak verimliliği için toprak analizlerine göre dengeli bir gübreleme programı yapılması gerekliliğine değinilmiştir.

#### **Alınabilir Fosfor Dağılımı**

Topraktaki P'nin ana kaynağı apatit mineralidir. Bunun yanı sıra organik madde de yapısında P içerdiği için toprakta organik P bileşikleri de bulunmaktadır (Kantarcı, 2000). Toprakta P; bitki kök gelişimi, olgunlaşma, dölleme, erken tohum oluşumu ve bitkinin hastalık ve zararlılara karşı direnç sağlamasında önemli rol oynamaktadır. P, toprakta sürekli fiksasyona uğradığından bitki için yararlı olma durumu, mevcut doğal koşullara ve toprak yönetim sistemlerine göre oldukça değişkenlik gösterebilmektedir.

Mısır ekimi öncesi çalışma alanında toprakların  $P_{al}$  içeriğinin  $5.29 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $6.11 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında yoğun dağılım gösterdiği ve FAO (1990) sınıflandırmasına göre az düzeyde olduğu

belirlenmiştir (Şekil 4, Çizelge 1). Çalışma alanının orta kısımlarından kuzeye doğru  $P_{al}$  içeriğinin artma eğiliminde olduğu, toplam N'e benzer şekilde güneye doğru ise azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Hasat sonrası ise toprakların  $P_{al}$  içeriği  $17.36 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $18.67 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında yoğun dağılım gösterdiği ve bu değerlerin FAO (1990)'ya göre yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 1). Hasat sonrası fosfor içeriğinin artmasının asıl nedenin taban gübresi uygulamaları olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ekim öncesi ve hasat sonrası toprakların  $P_{al}$  içeriklerinin alansal dağılımı benzerlik göstermektedir. Hasat sonrası toprakların  $P_{al}$  içeriği güneye doğru azalma eğilimi göstermektedir. Bu duruma yine sınırda bulunan okaliptüs ağaçlarının bulunmasının, güneye doğru az da olsa arazinin eğimli olmasının ve arazinin tesviye şeklinin neden olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde Özyazıcı ve ark. (2016) tarafından Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan tarım arazilerinde yapılan çalışmada, çalışma alanının %58.83'ünde P noksanlığı belirlenmiştir. Bu duruma, arazi eğimi ve eğime bağlı olarak toprak derinliklerinin az olması sebebiyle fosforlu gübrelerin toprağın altına verilememesi ve toprağa karıştırılmayan, toprak yüzeyine verilen fosforlu gübrelerin yüzeyden kolay bir şekilde yıkanmasının neden olabileceği bildirilmiştir.

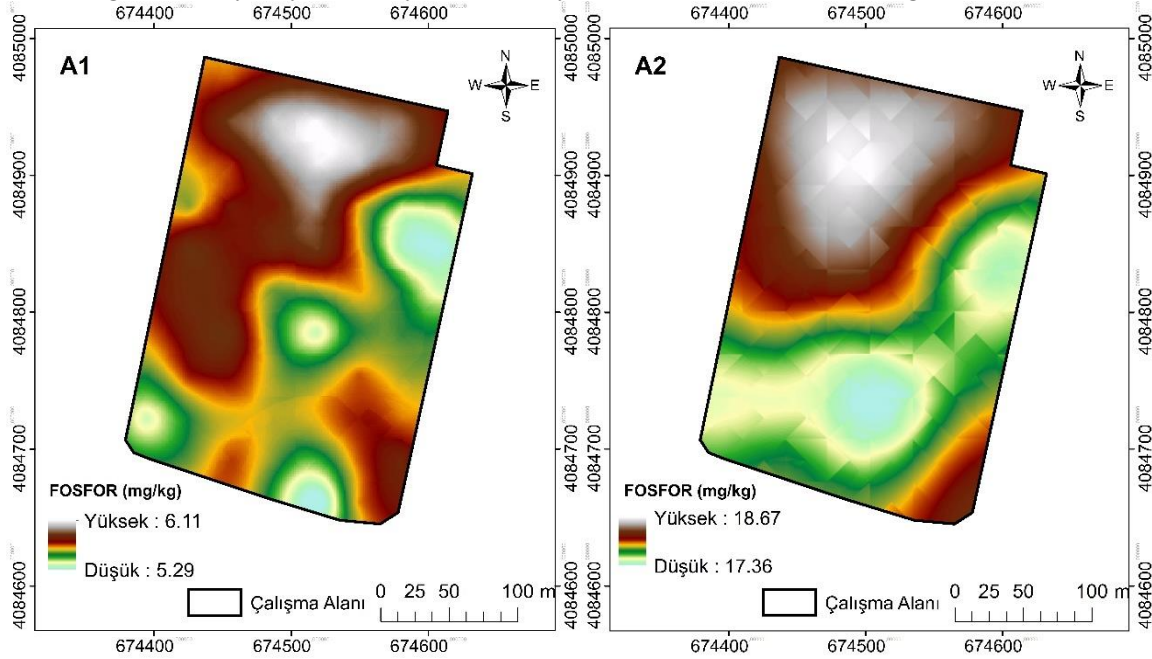


Figure 4. Distribution map of  $P_{al}$  before sowing of corn (A1) and postharvest (A2) in the study area  
Şekil 4. Çalışma alanında mısır bitkisi ekimi öncesi (A1) ve hasat sonrası (A2)  $P_{al}$  dağılım haritası

#### Alnabilir Potasyum Dağılımı

Potasyum, toprakta feldispat (ortoklas ve mikrolin) ve mika (muskovit ve biyotit) gibi K içeren minerallerden oluşan kayaların zamanla dağılarak parçalanması neticesinde oluşmaktadır. Bunun yanı sıra K toprakta ikincil veya kil meralleri olarak da bulunabilmektedir (Kantarıcı, 2000; Kacar ve Katkat, 2010). K, bitkilerde gerçekleşen birçok enzim ve koenzim aktivasyonu, fotosentez, protein ve nişasta oluşumu ve şeker transferleri olaylarında temel rol oynamaktadır. Bitkilerde hastalık, kuraklık ve don olaylarına karşı dayanımı da artırmaktadır (Brady, 1990; McCauley ve ark., 2011). Bitkiler için önemli besin elementlerinden olan K'nin dinamik yapısı toprakta meydana gelen reaksiyonlara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu reaksiyonları en fazla etkileyen unsurlar, arazi kullanım şekli ve toprak yönetim sistemleridir.

Mısır ekimi öncesi çalışma alanında toprakların  $K_{al}$  içeriği,  $331.37 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $447.30 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında yoğun olarak dağılım göstermektedir (Şekil 5, Çizelge 1). Toprakların  $K_{al}$  içeriği bakımından alanın %53.97'si yeterli sınıf aralığında iken, %46.03'ü fazla sınıf aralığında bulunmaktadır.  $K_{al}$  içeriği alanın doğusuna doğru artma, batıya doğru azalma eğilimi sergilemektedir. Hasat sonrası ise toprakların  $K_{al}$  içeriğinin dağılım şekli ekim öncesine paralellik göstermekle birlikte toprakların  $K_{al}$  içeriklerinin  $325.61 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $502.85 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 5, Çizelge 1). Toprakların  $K_{al}$  içeriği, alanın %38.10'unun yeterli, %61.90' nında ise fazla sınıf aralığında dağılım göstermektedir.

Çalışma alanı toprakları killi tın bünyeli olup toprakların  $K_{al}$  içeriklerinin dağılımını ve miktarını belirleyici en önemli faktörün bünyenin alan içerisindeki alüvyal depozit karakterli dağılım değişimi olup özellikle kil tipi ve miktarı olduğu düşünülmektedir. Çünkü mısır üretim sezonu boyunca herhangi bir potasyumlu gübre uygulaması yapılmamıştır. Çelik ve Dengiz (2018), tarafından Gediz Havzasında Akselendi Ovası'nın yer aldığı taban araziler üzerinde bulunan tarım topraklarının  $K_{al}$  içeriklerinin 5.07 ile 435.33  $mg\ kg^{-1}$  arasında değişim gösterdiği, %52.4'ünün çok düşük ve düşük, %20.4'ünün orta, %17.1'sinin iyi, yüksek ve çok yüksek düzeyde  $K_{al}$  içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda; araştırma alanında, toprakların  $K_{al}$  içeriklerinin yetersiz bulunmasının toprakların kaba bünyeli olması dolayısıyla olabileceği bildirilmiştir.

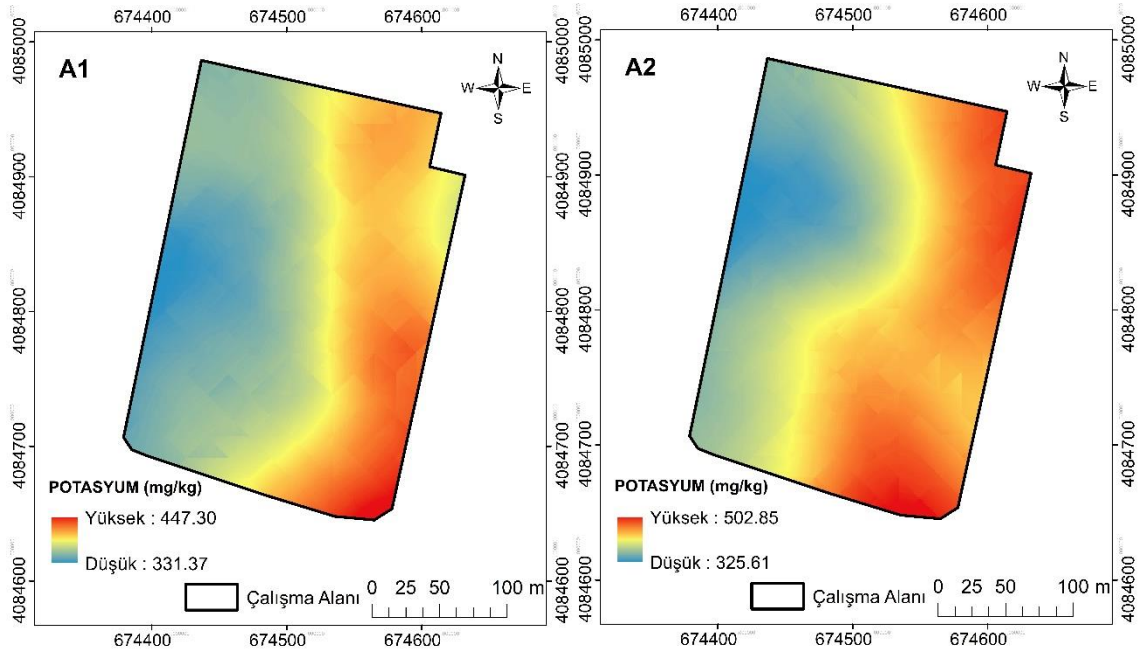


Figure 5. Distribution map of  $K_{al}$  before sowing of corn and postharvest in the study area  
Şekil 5. Çalışma alanında mısır bitkisi ekimi öncesi ve hasat sonrası  $K_{al}$  dağılım haritası

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, mısır tarımı yapılan 61.5 da alanda ekim öncesi ve hasat sonrası 63 farklı örnekleme noktasında yüzey toprak derinliğinden (0-30 cm) alınan toprak örneklerinin, toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$  içeriklerinin mesafeye bağlı olarak ilişki ve değişimlerinin en uygun enterpolasyon yöntemi ile alansal dağılımları belirlenmiştir. Bu amaçla IDW, RBF, SK, UK ve OK enterpolasyon yöntemleri kullanılmış ve karşılaştırılmıştır.

Mısır bitkisi ekim öncesi toprakların toplam N için IDW,  $P_{al}$  için SK,  $K_{al}$  için ise OK yöntemleri, en düşük RMSE değerine sahip olması nedeniyle dağılımların en az hata ile tahmin edilebilmesinde en uygun modeller olarak belirlenmiştir. Hasat sonrasında ise, toplam N için RBF,  $P_{al}$  için SK,  $K_{al}$  için ise OK modeli en düşük RMSE değerini vermiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgular, kısa mesafelerde dahi toprağın toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$  içeriklerinin değiştiğini ortaya koymaktadır. Toprakta toplam N ve  $P_{al}$  içeriklerinde meydana gelen değişimlere mısır bitkisinin tüm yetiştirme süresi boyunca kullanılan gübrelerin neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanında aşırı ve plansız şekilde gübre kullanımı neticesinde ortaya çıkabilecek olumsuz durumların önlenmesi bakımından planlı ve kontrollü gübre uygulamaları oldukça önemlidir. Bu kapsamda, gübreleme programları hazırlanırken arazi öz niteliği, toprak özelliklerinin değişimi ve bitki istekleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Ancak böylelikle aşırı girdi kullanmanın önüne geçilerek çevre ve doğaya zarar vermeden mısır yetiştiriciliğinde verimliliği artırmak mümkün olabilecektir. Çalışma alanında gübreleme programında potasyumlu gübrelere yer verilmediğinden, toprağın  $K_{al}$  içeriğinin değişkenliğini ve alansal dağılımını etkileyen en önemli faktörün toprağın bünyesi olduğu

düşünülmektedir. Bu bakımdan, toprakta  $K_{al}$  değişimi izlenerek, gerekli alanlarda gübreleme programlarına K dahil edilmelidir.

Tarımsal üretim açısından özellikle toprak yönetim sistemlerinden oldukça kolay etkilenen toprak verimlilik özelliklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi ve tanımlanması oldukça önemlidir. Bu açıdan, çalışmanın yürütüldüğü, yoğun tarımsal faaliyetler altında bulunan ve mısır yetiştiriciliği yapılan tarım arazisinde toprakların toplam N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$  içeriklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi için kullanılan enterpolasyon modelleri önemli avantajlar sağlamıştır. Özellikle, oluşturulan alansal dağılım haritaları, izlenebilirlik açısından bu özellikler ile ilgili bilgilere hızlı ve kolay erişim imkanı sunmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular; kullanılan enterpolasyon modellerinin, küçük yüzölçüme sahip tarım arazilerinde dahi toprakların N,  $P_{al}$  ve  $K_{al}$  içeriklerinin alansal dağılım haritalarının oluşturulmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)' ne bağlı Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü' ne ait tarım arazisinde yürütülmüştür. Bu nedenle, TAGEM başta olmak üzere Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' ne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Anonim, 2014. Çukurova Kalkınma Ajansı. 2014-2023 Çukurova Bölge Planı. [https://www.cka.org.tr/uploads/pages\\_v/2014--2023-cukurova-bolge-plani.pdf](https://www.cka.org.tr/uploads/pages_v/2014--2023-cukurova-bolge-plani.pdf). (12.08.2023)
- Anonim, 2022. Çukurova'nın bereketi kaçtı: Toprak kirlendi, su kurudu. Yeşil Gazete, <https://yesilgazete.org/cukurovanin-bereketi-kacti-toprak-kirlendi-su-kurudu/>. (12.04.2023)
- Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M., Atikmen Çiçek, N., 2018. Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. Toprak Su Dergisi. 7(2):28-37.
- Brady, N.C., 1990. The nature and properties of soils (10th edition). Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Bayramın, İ., Kadioğlu, Y.K. Kadioğlu, S., Tunçay, T., Ekincioglu, E.E., Kurt, B.B., 2011. Yer radarı ve ohmmapper jeofizik yöntemlerinin drenaj sistemleri etkinliğinin belirlenmesinde kullanımları, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total. in: Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties. Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R (eds.), 2 nd ed. Agronomy. 9: 595-624.
- Bolat, İ., Kara Ö., Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 19(1): 218-228.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S., Paslı, N., 2001. Ekoloji – II (Toprak), Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara.
- Çelik, P., Dengiz, O., 2018. Akselendi Ovası tarım topraklarının temel özellikleri ve bitki besin durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 5(1): 9-18.
- Dengiz, O., 2010. Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. Tarım Bilimleri Dergisi. 16(3):205-212.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, S., Dericci, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Schlichting, E., 1990. Çukurova Bölgesi toprakları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 26, Adana.
- FAO. 1990. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An international study. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa, Rome.
- Heuvelink, G.B.M., 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. 7<sup>th</sup> International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 5-7 July, Lisbon, Portugal, 32-47.
- Jackson, M.L., 1958. Soil chemical analysis. Prentice Hall, Inc. Engewood Cliffs, New Jersey, USA.

- Jiang, Z., Huete, A. R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., Xiaoyu, Z., 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*. 101: 366–378.
- Johnston, K., Hoef, M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001. Using ArcGIS geostatistical analyst. ESRI, New York, USA.
- Kacar, B., Katkat, V., 2010. Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Kızılay, Ankara.
- Kantarıcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 462, Çantay Basımevi, İstanbul.
- Kravchenko, A.N., 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of American Journal*. 67: 1564-1571.
- Logsdon, S.D., Jaynes, D.B., 1996. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. *Soil Science Society of America Journal*. 60: 703-709.
- McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J., 2011. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. Nutrient management module No. 9. Montana State University Extension Service. Publication, 4449-9, 1–16.
- Mulla, D.J., Mc Bratney, A.B., 2000. Soil spatial variability. In: *Handbook of Soil Science*, Malcom, E. (ed), CRS Press, A-321-A-351.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanable, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939. U.S Government Printing Office, Washington D.C.
- Ordu, D., Aşık, B.B., 2021. Mısır tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/Bursa Örneği). *Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 35(1): 145-161.
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E., 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 31(1): 136-148.
- Robert, P.C., Rust, R.H., Larson, W.E., 1995. Preface. In: *Proceedings of site-specific management for agricultural systems*. Minneapolis, Minnesota, Robert, P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E. (Eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI
- Robertson, G.P., Freckman, D., 1995. The spatial distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. *Ecology*. 76: 1425-1432.
- Soba, M.R., Türkmen F., Taşkın M.B., Akça, O., Öztürk, H.S., 2015. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarını incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*. 4 (1): 7-17.
- Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S., Keçeci, M., 2018. “Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veritabanının oluşturulması”. Proje Sonuç Raporu (TAGEM/TSKAD/11/A13/P03). Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü. Ankara.
- TEBGE. 2021. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Durum tahmin . Mısır. Yayın No: 347.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Wehara, G., 1985. Application of geostatistical to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*. 38: 65-91.
- Tuğay, M.E., 2012. Türk tarımında bitkisel üretimi artırma yolları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 5(1): 01-08.
- Turan, M.A., Katkat, A. V., Özsoy, G. ve Taban, S., 2010. Bursa ili alüvyial tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 24(1): 115-130.
- Unlu, K., Nielsen, D. R., Biggar, J.W., 1990. Statistical parameters characterizing the spatial variability of selected soil hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal*. 54: 1537-1547.
- Wilding, L.P., 1985. Spatial Variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *soil spatial variability*. Nielsen, D.R. and J. Bouma (eds), Pudoc, 166-194, Wageningen, The Netherlands.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

## PlanetScope ve Landsat-8 Uydu Görüntülerinden YOLOv9 Algoritması ile Dairesel Hareketli Sulama Sistemlerinin Tespit Edilmesi

Emre Tunca<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye.

\*Sorumlu yazar: emretunca@duzce.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.03.2024

Kabul Tarihi: 11.07.2024

### Öz

Dünya nüfusundaki hızlı artış, sürdürülebilir tarımsal üretimin önemini ve suyun etkin kullanımını kritik hale getirmektedir. Suyun verimli kullanılması ise basınçlı sulama sistemlerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu sulama sistemleri arasından dairesel hareketli sulama sistemi (DHSS) etkinliği ile öne çıkmaktadır. Söz konusu sistemlerin sayısı ve kullanımı gibi bilgiler su kaynakları yönetimi konusunda oldukça önemlidir. Bu çalışmada DHSS'nin farklı konumsal çözünürlüğe sahip PlanetScope ve Landsat 8 uydu görüntülerinde Sadece Bir Kez Bakarsınız\_v9 (YOLOv9) algoritması kullanılarak tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçla yakın tarihli PlanetScope ve Landsat 8 uydu görüntüleri YOLOv9 algoritması ile eğitilmiş ve modellerin başarısı kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru ile değerlendirilmiştir. Ayrıca modellerin tespit ettiği DHSS sayıları ile manuel sayılan DHSS sayıları ve modellerin eğitim süreleri de karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre PlanetScope ve Landsat 8 uydu görüntülerinde kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru değerleri sırasıyla 0,970, 0,928, 0,945 ve 0,966, 0,851, 0,897 olarak hesaplanmıştır. PlanetScope ve Landsat 8 görüntülerine dayalı olarak oluşturulan modeller, DHSS sayısı tahminlerinde benzerlik göstermiştir; bu oranlar sırasıyla %96,1 ve %93,2 olarak belirlenmiştir. Ancak, modelin eğitim süreleri arasında önemli bir farklılık gözlemlenmiştir. PlanetScope görüntülerinin model eğitim süresi 1,810 saat olarak kaydedilirken, Landsat 8 görüntülerinin model eğitim süresi 1,414 saat olarak tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, YOLOv9 algoritmasının PlanetScope ve Landsat 8 uydu görüntülerinde DHSS'yi benzer başarı oranları ile tespit edilebildiğini ve bu yöntem su kaynaklarının yönetiminde hızlı ve doğru DHSS tespiti ile kaynak kullanımlarının izlenmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, elde edilen bulgular ışığında, geliştirilen metodolojinin su kaynakları üzerine politika yapıcılara ve yöneticilere planlama ve karar verme süreçlerinde değerli bir karar destek aracı olarak hizmet edebileceği ortaya konmuştur. Sonuç olarak, bu yaklaşım sürdürülebilir su yönetimine katkıda bulunan potansiyel bir araç olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** YOLO, Nesne tespiti, PlanetScope, Landsat 8, Dairesel hareketli sulama sistemi.

### Detection of Center Pivot Irrigation Systems in PlanetScope and Landsat-8 Satellite Imagery Using YOLOv9 Algorithm

#### Abstract

The exponential increase in global population have been made the critical to sustainable agricultural production and efficient water use. In this regard, pressurized irrigation systems, particularly center pivot irrigation, have emerged as a preeminent technology. Accurate information about the center pivot status such as quantity and availability are crucial for water resource management. In this study, detection of center pivot irrigation areas is aimed using PlanetScope and Landsat 8 satellite image through You Only Look Once\_v9 (Yolov9) algorithm. The performance of the YOLOv9 model was evaluated using precision, recall and F1 score. Furthermore, a comparative assessment was conducted between the algorithmically determined count of center pivots and that obtained through manual enumeration. Results showed that, precision, recall and F1 score for PlanetScope imagery were 0.970, 0.928 and 0.945, while for Landsat 8 satellite images were 0.966, 0.851 and 0.897. Trained models for images with different resolutions showed similar number of DHSS estimates (96.1% for PlanetScope and 93.2% for Landsat 8), while the training times for the model were measured as 1,810 hours for PlanetScope images and 1,414 hours for Landsat 8 images. According to the study results, YOLOv9



performs comparably across different spatial resolution datasets, demonstrating its potential as a viable tool for the water resources management.

**Keywords:** YOLO, Object detection, Landsat 8, PlanetScope, Center pivot irrigation system.

## Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış, gıda talebinde önemli bir yükselişe neden olmaktadır. Bu artan ihtiyacın karşılanabilmesi için tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde artırılması gerekmektedir. Bu noktada, tarımsal sulama kritik bir rol oynamaktadır (Akyüz ve Cemek). Ancak, su kısıtlı bir kaynak olduğundan, etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de tarım, en fazla su tüketen sektör konumundadır (Karacalar ve İrik, 2024). Bu nedenle, tarımda suyun verimli kullanılmasını sağlamak için basınçlı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir (Özkaya ve Uçar, 2023). Basınçlı sulama sistemleri arasında ise dairesel hareketli sulama sistemleri (DHSS), su kullanım etkinliği ve işgücü tasarrufu sağlaması nedeniyle en etkili yöntemlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerin doğru planlanması ve yönetimi, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Uzaktan algılama teknolojileri, büyük ölçekli tarım alanlarının izlenmesi, analiz edilmesi ve haritalanması amacıyla etkili araçlar sunmaktadır (Köksal, 2007). Uydu platformları, hava (uçak ve insansız hava araçları) ve yer platformlarına kıyasla daha geniş alanlar için hızlı, ücretsiz veya ucuz veri sağlama gibi avantajlara sahiptir (Köksal ve ark., 2022). Uydu görüntüleri kullanılarak tarımda verim tahmini (Peng ve ark., 2020), bitki su tüketimi tahmini (Dile ve ark., 2020), bitki boyu (Xie ve ark., 2021) ve biyokütle (He ve ark., 2021) haritalama gibi çeşitli uygulamalar başarıyla gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda, yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte makine ve derin öğrenme algoritmaları uydu görüntülerine uygulanarak uzaktan algılama tabanlı tarımsal çalışmalarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Literatürde, Rassal Orman, Destek Vektör Makinesi, Evrişimli Sinir Ağları (CNN), Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) ağları ve Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) gibi derin öğrenme mimarileri kullanılarak ürün sınıflandırma (Kasinathan ve ark., 2021), hastalık tespiti (Harakannavar ve ark., 2022) ve sulama yönetimi (Abioye ve ark., 2022) gibi alanlarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu algoritmalara ek olarak, son yıllarda nesne tespiti için özellikle YOLO (You Only Look Once) algoritması öne çıkmaktadır.

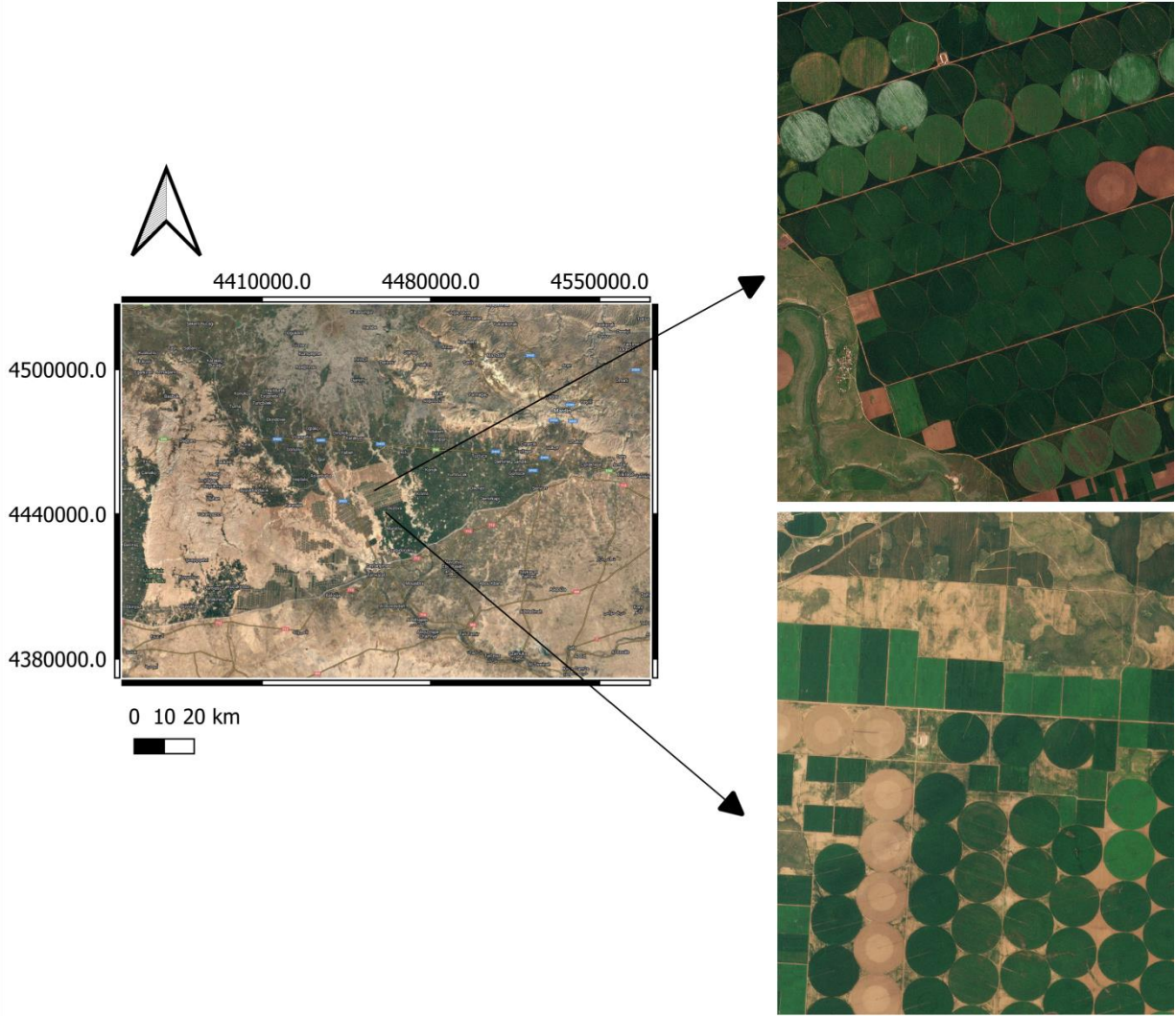
YOLO, gerçek zamanlı nesne tespiti için hızlı ve doğru sonuçlar üreten popüler bir derin öğrenme mimarisidir. Diğer nesne tespit algoritmaları ile karşılaştırıldığında, YOLO daha yüksek doğruluk oranları ve daha kısa işlem süreleri sunmaktadır (Bayram ve Nabeev, 2023). YOLO algoritması, görüntüyü tek bir geçişte işleyerek nesne sınırlarını ve olasılıklarını tahmin eder (Özel ve ark., 2021). Bu sayede, gerçek zamanlı uygulamalar için uygun hale gelmektedir. Literatürde, YOLO algoritması kullanılarak tarımsal nesnelere tespiti üzerine çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Örneğin, meyve sayımı (Mirhaji ve ark., 2021), hasat zamanının belirlenmesi (An ve ark., 2022), yabancı ot tespiti (Dang ve ark., 2022) ve hastalık belirti tespiti (Mathew ve Mahesh, 2022) gibi uygulamalarda YOLO algoritması başarıyla kullanılmıştır. Literatürde, YOLO algoritması kullanılarak belirli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen farklı konumsal çözünürlükteki uydu görüntülerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği ve YOLOv9 algoritmasının bu amaçla kullanıldığı kapsamlı bir çalışma henüz mevcut değildir.

Bu çalışmanın temel amacı, farklı konumsal çözünürlüğe sahip PlanetScope ve Landsat 8 uydu görüntülerinde YOLOv9 algoritmasının DHSS alanlarının tespiti üzerindeki performansının değerlendirilmesidir. Ayrıca farklı çözünürlüklü görüntüler ile oluşturulan modellerin eğitim süreleri ile tespit ettikleri DHSS sayılarının manuel sayımlarla karşılaştırılarak modelin farklı çözünürlüklü görüntülerdeki performansının ortaya konulmasıdır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Alanı

Çalışma 2023 yılında Şanlıurfa ilinde yer alan Ceylanpınar Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait DHSS alanlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanı Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre yarı kurak iklim özelliği göstermektedir. Uzun yıllar iklim verilerine göre ortalama yıllık toplam yağış miktarı 460.4 mm, ortalama en yüksek sıcaklık 38,8 °C ile Temmuz ayında iken ortalama en düşük sıcaklıklar ise 2,1 °C ile Ocak ayında ölçülmüştür. Çalışma alanındaki toprak bünyesi killi-tınlı ve pH değeri ise 7,47'dir.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu ve PlanetScope görüntülerinden dairesel hareketli sulama sistemlerinin genel görünümü.

Figure 1. Study Area Location and overview of Center Pivot Irrigation Systems from PlanetScope Imagery

### Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

Çalışmada 2023 yılına ait 4 adet PlanetScope (15 Nisan, 17 Haziran, 16 Temmuz ve 26 Ağustos) ve 4 adet Landsat 8 (17 Nisan, 16 Haziran, 18 Temmuz ve 19 Ağustos) uydu görüntülerinin Kırmızı, Yeşil ve Mavi bantlarından RGB görüntüler oluşturularak kullanılmıştır. Araştırmada, söz konusu iki uydunun seçilmesinde uyduların farklı konumsal, zamansal ve spektral çözünürlüklere sahip olması göz önünde bulundurulmuştur. Böylece farklı özelliklere sahip uydu görüntülerinde YOLOv9 algoritmasının performansını farklı veri setleri üzerinde karşılaştırma fırsatı oluşmuştur. PlanetScope, PlanetLabs Inc. tarafından geliştirilen uydular topluluğudur. Çok sayıda nano uyduların çoklu fırlatılmalarını içeren bu gelişim, dünya yüzeyinin her gün ve dört spektral bantta (Mavi, Yeşil, Kırmızı, NIR) yüksek çözünürlüklü görüntülenmesini sağlar (Çizelge 1).

Table 1. PlanetScope Satellite Image Band Specifications

Çizelge 1. PlanetScope Uydu Görüntüleri Bant Özellikleri Tablosu

Bant No	Bant Adı	Dalgaboyu Aralığı (nm)	Uzamsal Çözünürlük (m)
1	Mavi	455 - 515	3
2	Yeşil	500 - 590	3
3	Kırmızı	590 - 670	3
4	Yakın Kızılötesi	780 - 860	3

Landsat 8, uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan en önemli araçlardan biri olarak kabul edilen ve NASA ile USGS iş birliğiyle geliştirilen bir yer gözlem uydusudur. Söz konusu uydu, yer yüzünü orta çözünürlükte görüntüleyebilen iki ana algılayıcıya sahiptir: Operational Land Imager (OLI) ve Thermal Infrared Sensor (TIRS). OLI, multispektral verileri içerirken, TIRS ise termal bant ile yüzey sıcaklığı verisi sunmaktadır (Çizelge 2).

Table 2. Landsat 8 Satellite Image Band Specifications  
Çizelge 2. Landsat 8 Uydusu Bant Özellikleri Tablosu

Bant No	Bant Adı	Dalga Boyu Aralığı (µm)	Konumsal Çözünürlük (m)
1	Kısa Dalga Kızılötesi 1	0,435 - 0,451	30
2	Mavi	0,452 - 0,512	30
3	Yeşil	0,533 - 0,590	30
4	Kırmızı	0,636 - 0,673	30
5	Yakın Kızılötesi	0,851 - 0,879	30
6	Kısa Dalga Kızılötesi 1	1,566 - 1,651	30
7	Kısa Dalga Kızılötesi 2	2,107 - 2,294	30
8	Pankromatik	0,503 - 0,676	15
9	Cirrus Bant	1,363 - 1,384	30
10	Termal Kızılötesi 1	10,60 - 11,19	100
11	Termal Kızılötesi 2	11,50 - 12,51	100

### Yolov9 Algoritması

YOLO, 2015 yılında nesne tespiti görüntülerden nesne tespiti amacıyla geliştirilmiş bir algoritmadır. Açık kaynak kodu, çeşitli geliştirici ve toplulukların desteği ile hızlıca gelişti ve birçok veri bilimci, yapay zekâ mühendisi ve araştırmacılar tarafından büyük bir ilgi gördü. 2024 yılının Şubat ayında YOLO sürümünün 9.sürümü olan YOLOv9, Wang ve ark. (2024) tarafından tanıtıldı. Bu model, evrişim ve dönüşüm tabanlı mevcut tüm yaklaşımları aşmayı hedefleyen gelişmiş bir gerçek zamanlı nesne algılama modelidir. YOLOv9 algoritması, gerçek zamanlı nesne tespitinde önemli bir yeri olan Programlanabilir Gradyan Bilgisi (PGI) ve Genelleştirilmiş Verimli Katman Toplama Ağı (GELAN) gibi çığır açan teknikleri bünyesinde barındırmaktadır. PGI, ağın derinliği boyunca temel verilerin korunmasına yardımcı olarak daha güvenilir gradyan üretimi ve sonuç olarak daha iyi model yakınsaması ve performansı sağlar. GELAN ise daha hızlı ve daha doğru tahminler için modelin verimliliğini optimize eder. YOLOv9, YOLOv8'e kıyasla önemli ölçüde daha yüksek doğruluk ve hız sunmaktadır. Ayrıca, model COCO, VOC2007 ve PASCAL VOC2012 gibi çeşitli veri kümelerinde de eğitilmiştir.

### Yolov9 Modelinin Eğitilmesi

Araştırmada, PlanetScope ve Landsat 8 uydu görüntülerinin Kırmızı, Yeşil ve Mavi bantları kullanılarak RGB görüntüler oluşturulmuştur. Bu görüntüler, araştırma alanını kapsayan vektörler ile kesilmiş ve sadece çalışma alanına ait görüntü hücreleri alınmıştır. Elde edilen görüntüler 256 x 256 piksel boyutlarında karelere ayrılarak toplam 116 adet görüntü elde edilmiştir. Veri setindeki eleman sayısını artırmak için veri çoğaltma tekniği kullanılmıştır. Bu kapsamda:

1. Görüntüler 2 x 2 satır ve sütuna sahip karelere ayrılmıştır.
2. Modelin nesnelerin yönüne olan hassasiyetini azaltmak için tüm görüntüler hem yatay hem de dikey yönde çevrilmiştir (Flip).
3. Tüm görüntüler hem saat yönünde hem de saat yönünün tersinde 90°C döndürülerek veri seti genişletilmiştir.

Son olarak, ilgisiz ve kalitesi düşük görüntüler veri setinden uzaklaştırılarak veri setinin son hali oluşturulmuştur (Tablo 3). Oluşturulan veri seti Google Drive'a aktarılmış ve Google Colab üzerinde modeller eğitilmiştir. Eğitim sonucunda oluşturulan ağırlık dosyaları lokal bilgisayara indirilerek oluşturulan modelin başarı düzeyleri test edilmiştir.

Table 3. YOLOv9 modelinin eğitilmesi için kullanılan örnek görüntü sayıları.  
Çizelge 3. YOLOv9 modelinin eğitilmesi için kullanılan örnek görüntü sayıları.

	Eğitim	Test	Doğrulama
PlanetScope	944	49	92
Landsat 8	768	36	76

### Analiz ve Değerlendirme

YOLOv9 algoritmasının farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri üzerindeki performansını değerlendirmek için kesinlik (precision), duyarlılık (recall) ve F1 skoru metrikleri kullanılmıştır.

Kesinlik, eğitilen modelin tahmin ettiği nesnelerin ne ölçüde doğru olduğunu ifade etmektedir. Düşük kesinlik değeri, modelin birçok hatalı nesne tespit ettiği anlamına gelmektedir. Yüksek kesinlik değeri ise modelin tahmin ettiği nesnelerin önemli ölçüde doğru olduğunu göstermektedir. Bu araştırmada kesinlik değerleri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Kesinlik = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

Eşitlikte TP ve FP değerleri sırasıyla doğru tahmin ve yanlış tahmin sayısıdır.

Duyarlılık, modelin gerçekte pozitif olarak tahmin etmesi gerekenlerin ne kadarını pozitif olarak algıladığının bir göstergesidir. Düşük duyarlılık değeri, modelin birçok nesneyi gözden kaçırdığı anlamına gelmektedir. Yüksek duyarlılık değeri ise eğitilen modelin gerçekte var olan nesnelere çoğunluğunu algıladığını ifade etmektedir. Modeller için duyarlılık değerleri Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$Duyarlılık = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

F1 skoru ise kesinlik ve duyarlılık değerlerinin bir araya getirilerek hesaplandığı bir metriktir. F1 skoru hem modelin doğru hem de tutarlı bir şekilde nesnelere tespit ettiğini göstermektedir. Yüksek F1 skoru modelin genel olarak iyi bir performans gösterdiğini işaret etmektedir. F1 skoru Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır.

$$F1 Skoru = \frac{2 \times Kesinlik \times Duyarlılık}{Kesinlik + Duyarlılık} \quad (3)$$

### Bulgular ve Tartışma

#### PlanetScope Uydu Görüntüsü Sonuçları

PlanetScope uydu görüntüleri kullanılarak eğitilen YOLOv9 algoritması, validasyon veri seti üzerinde çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlardan bazı örnek görseller Şekil 2'de verilmiştir. Farklı bitki gelişme dönemleri ve zaman dilimlerini kapsayan bu görüntüler incelendiğinde model dairesel hareketli sulama sistemi alanlarını oldukça başarılı bir biçimde tespit ettiği görülmektedir. Sadece vejetasyon olan alanları değil aynı zamanda vejetasyon olmayan dairesel hareketli sulama bölgelerini de başarılı bir biçimde tespit ettiği görülmektedir. Model genel olarak oldukça başarılı tespitler gerçekleştirmesine rağmen bazı dairesel hareketli sulama sistemi alanlarını hatalı/eksik olarak tespit etmiştir (Şekil 3). Şekil 3 incelendiğinde kesikli çizgiler ile gösterilen bölgelerde hatalı tahminler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bölgelerin dairesel bir şekilde olmaması, modelin hatalı tahminde bulunmasının en önemli gerekçesi olarak değerlendirilmektedir. Sınıflandırma sonucu hesaplanan model performans göstergeleri incelendiğinde kesinlik değeri 0,970, duyarlılık değeri 0,928 ve F1 skoru 0,945 olarak hesaplanmıştır. Mekhalfi ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada YOLOv5 algoritması kullanılarak doğrusal hareketli sulama sistemi alanlarının tespiti için modelin duyarlılık değeri farklı çalışma alanları için sırasıyla 0,98 ve 0,82 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu değerlerin 1,0'e yakın olması YOLOv9 algoritmasının PlanetScope görüntülerinde oldukça başarılı sonuçlar elde ettiğini göstermektedir.

## PlanetScope Uydu Görüntüleri



Şekil 2. Yüksek çözünürlüklü PlanetScope görüntülerinde YOLOv9 algoritması ile tahmin edilen dairesel hareketli sulama sistemi alanları

Figure 2. Center pivot irrigation system areas detected by the YOLOv9 algorithm in high-resolution PlanetScope imagery.



Şekil 3. PlanetScope görüntülerinde YOLOv9 algoritması ile eksik/hatalı tahmin edilen dairesel hareketli sulama sistemi alanları

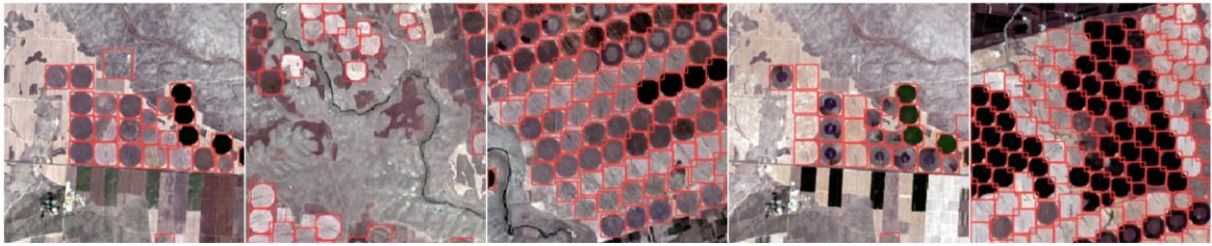
Figure 3. Center pivot irrigation system areas incompletely/incorrectly predicted by the yolov9 algorithm in Planetscope imagery.

### Landsat Uydu Görüntüsü Sonuçları

Bu çalışmada, Landsat uydu görüntülerinde YOLOv9 algoritması kullanılarak dairesel hareketli sulama sistemi alanlarının tespiti gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, genel olarak oldukça başarılı sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Dairesel hareketli sulama sistemi alanlarının çoğu doğru bir şekilde tespit edilmiş ve sınırlayıcı kutular bu alanları tam olarak çevrelemiştir. Ayrıca, yanlış pozitiflerin sayısı da oldukça düşük olduğu görülmektedir. Modelin kesinlik değeri 0.970, duyarlılık değeri 0.928 ve F1 skoru 0.945 olarak hesaplanmıştır. Bu metrikler, modelin dairesel hareketli sulama sistemi alanlarını yüksek doğrulukla tespit ettiğini göstermektedir. Elde edilen yüksek kesinlik değeri, modelin yanlış pozitifleri minimize ettiğini ve tespit edilen alanların gerçekten dairesel hareketli sulama sistemleri olduğunu göstermektedir. Yüksek

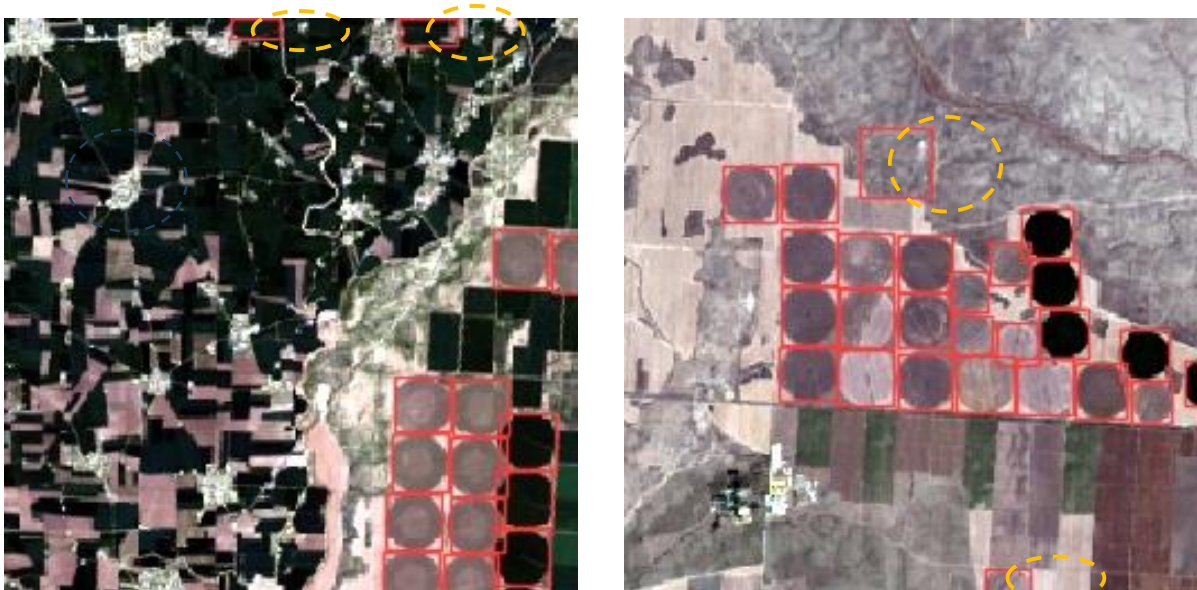
duyarlılık değeri ise modelin çoğu dairesel hareketli sulama sistemi alanını başarıyla tespit ettiğini ortaya koymaktadır. F1 skorunun 0.945 gibi yüksek bir değerde olması, kesinlik ve duyarlılık arasında iyi bir denge kurulduğunu ifade etmektedir. Saraiva ve ark. (2020)'de Landsat uydu görüntülerinden dairesel hareketli sulama sistemi tespiti için kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru değerleri sırasıyla 0,99, 0,88 ve 0,93 olarak hesaplanmıştır. Model genel anlamda başarılı sonuçlar üretmesine rağmen, PlanetScope görüntülerinde olduğu gibi, bazı görüntülerde hatalı tahminler gerçekleştirmiştir (Şekil 5). Bu hatalı tespitler, uydu görüntülerindeki gölgeler, bulutlar veya diğer arazi özelliklerinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bazı dairesel hareketli sulama sistemi alanlarının küçük olması veya görüntü (Landsat) çözünürlüğünün düşük olması da hatalı tespitlere neden olabilmektedir (Liu ve ark., 2020).

## Landsat Uydu Görüntüleri



Şekil 4. Landsat 8 uydu görüntülerinde YOLOv9 algoritması ile tahmin edilen dairesel hareketli sulama sistemi alanları

Figure 4. Center pivot irrigation system areas predicted by the yolov9 algorithm in landsat 8 satellite imagery



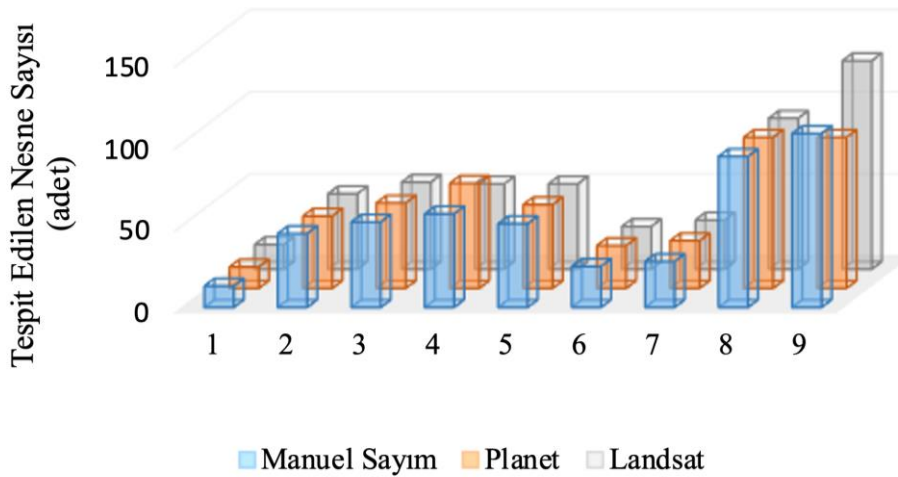
Şekil 5. Landsat 8 uydu görüntülerinde YOLOv9 algoritması ile eksik/hatalı tahmin edilen dairesel hareketli sulama sistemi alanları

Figure 5. Center pivot irrigation system areas incompletely/incorrectly predicted by the yolov9 algorithm in Landsat 8 imagery

### PlanetScope ve Landsat Uydu Görüntülerinin Karşılaştırılması

Araştırmada YOLOv9 ile farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri için eğitilen modellerin performansları kesinlik, duyarlılık ve F1 skorları ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, modellerin farklı çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri üzerinde belirlediği dairesel hareketli sulama sistemi alanı sayıları, manuel olarak sayım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Son olarak, farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri için model eğitim süreleri de incelenmiştir. PlanetScope uydu görüntüleri için eğitilen modelin kesinlik değeri 0.970, duyarlılık değeri 0.928 ve F1 skoru 0.945 olarak hesaplanmıştır. Landsat uydu görüntüleri için eğitilen modelin kesinlik değeri 0.966, duyarlılık değeri 0.851 ve F1 skoru 0.897 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, YOLOv9 algoritmasının her iki uydu görüntüsü için de dairesel hareketli sulama sistemi alanlarını yüksek doğrulukla tespit ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, PlanetScope modeli daha yüksek kesinlik, duyarlılık ve F1 skorlarına sahiptir. Bu durum, PlanetScope uydu görüntülerinin daha yüksek çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Redmon ve ark. (2016) farklı çözünürlüklerdeki görüntüler kullanarak YOLO algoritmasında nesne tespiti gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda yüksek çözünürlüklü görüntülerde modelin daha başarılı olduğu değerlendirilmiştir. Tan ve Le (2019)'da nesne tespitinde yüksek çözünürlüklü görüntülerin, karmaşık çevrelerde daha iyi performans gösterdiği vurgulanmıştır.

Modellerin görsel üzerinde belirlediği nesne sayıları ve manuel sayım değerleri karşılaştırıldığında, her iki modelin de genel olarak manuel sayım değerlerine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 6). Ancak, bazı durumlarda modellerin tespit ettikleri nesne sayısında sapma gösterdiği de gözlemlenmiştir. Bu sapmaların başlıca sebepleri arasında bazı dairesel hareketli sulama alanlarının küçük olması veya görüntü kalitesinin düşük olması da gösterilebilir.



Şekil 6. PlanetScope, Landsat 8 uydu görüntülerinde YOLOv9 ile sayılan dairesel hareketli sulama sistemi sayısı ile manuel sayım sonuçları.

Figure 6. Comparison of center pivot manuel counting and auto detected by the YOLOv9 in PlanetScope and Landsat8 images

Model eğitim süreleri incelendiğinde, PlanetScope modeli için 1,810 saat, Landsat modeli için 1,414 saat süre harcandığı görülmektedir. Bu sürelerin, uydu görüntülerinin boyutları ve çözünürlükleri ile ilişkili olduğu şeklinde değerlendirilmektedir. Daha yüksek çözünürlüklü PlanetScope görüntülerinde nesne tespiti daha başarılı yapılabilmesine rağmen modelin eğitimi düşük çözünürlüklü görüntülere oranla daha fazla süre gerektirmektedir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında, farklı konumsal çözünürlüğe sahip PlanetScope ve Landsat uydu görüntülerinde YOLOv9 algoritması kullanılarak dairesel hareketli sulama sistemi alanlarının tespiti gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, YOLOv9 algoritması ile her iki tür uydu görüntüsünde de (PlanetScope ve Landsat 8) dairesel hareketli sulama sistemlerini yüksek doğrulukla tespit edilebildiği ortaya konulmuştur.

PlanetScope uydu görüntüleri üzerinde eğitilen modelin yüksek kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru değerleri, algoritmanın vejetasyon varlığına bakılmaksızın dairesel hareketli sulama sistemi alanlarını etkili bir şekilde tespit edebildiğini göstermektedir. Ayrıca model, farklı bitki gelişme dönemleri ve zaman dilimleri içinde yüksek doğruluklu sonuçlar üretmiştir. Ancak, modelin bazı dairesel olmayan alanlarda hatalı tahminler yapması, algoritmanın şekil algılama kabiliyetinin sınırlarını da ortaya koymuştur. Landsat uydu görüntüleri üzerinde eğitilen modelin performansı da yüksektir, ancak PlanetScope modeline kıyasla bir miktar daha düşük kesinlik ve duyarlılık değerleri gözlemlenmiştir. Bu durum, Landsat görüntülerinin daha düşük konumsal çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Modelin bazı durumlarda hatalı tespitler yapması, uydu görüntülerinin kalitesi ve çözünürlüğünün yanı sıra, eğitim veri setinin kapsamı ve çeşitliliği gibi faktörlerden etkilendiği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, YOLOv9 algoritması, dairesel hareketli sulama sistemlerinin tespiti için güçlü bir araç olarak öne çıkmakta ve farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri üzerinde etkili sonuçlar sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, farklı spektral ve konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinden ve farklı coğrafi bölgelere ait veri setleri kullanılarak algoritmanın performansı test edilmelidir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder (Makale tek yazarlıdır).

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Abioye, E.A., Hensel, O., Esau, T.J., Elijah, O., Abidin, M.S.Z., Ayobami, A.S., Yerima, O., Nasirahmadi, A., 2022. Precision irrigation management using machine learning and digital farming solutions. *AgriEngineering* 4, 70-103.
- Akyüz, A., Cemek, B., Development of Leaf Area Model in Chokeberry Plant Grown in Different Irrigation Water Quality. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 39, 207-218.
- An, Q., Wang, K., Li, Z., Song, C., Tang, X., Song, J., 2022. Real-time monitoring method of strawberry fruit growth state based on YOLO improved model. *IEEE Access* 10, 124363-124372.
- Bayram, A.F., Nabiye, V., 2023. Derin öğrenme tabanlı saklanan kamufle tankların tespiti: son teknoloji YOLO ağlarının karşılaştırmalı analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 13, 1082-1093.
- Dang, F., Chen, D., Lu, Y., Li, Z., 2022. YOLOWeeds: A novel benchmark of YOLO object detectors for weed detection in cotton production systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, July.
- Dile, Y.T., Ayana, E.K., Worqlul, A.W., Xie, H., Srinivasan, R., Lefore, N., You, L., Clarke, N., 2020. Evaluating satellite-based evapotranspiration estimates for hydrological applications in data-scarce regions: A case in Ethiopia. *Sci Total Environ* 743, 140702.
- Harakannavar, S.S., Rudagi, J.M., Puranikmath, V.I., Siddiqua, A., Pramodhini, R., 2022. Plant leaf disease detection using computer vision and machine learning algorithms. *Global Transitions Proceedings* 3, 305-310.
- He, L., Wang, R., Mostovoy, G., Liu, J., Chen, J.M., Shang, J., Liu, J., McNairn, H., Powers, J., 2021. Crop biomass mapping based on ecosystem modeling at regional scale using high resolution Sentinel-2 data. *Remote Sens-Basel* 13, 806.
- Karacalar, H., İrik, H.A., 2024. Paşaköy Sulama Birliğinde Sulama Performansının Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 11, 1-8.
- Kasinathan, T., Singaraju, D., Uyyala, S.R., 2021. Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques. *Information Processing in Agriculture* 8, 446-457.
- Köksal, E.S., 2007. Sulama Suyu Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 22, 306-315.
- Köksal, E.S., Tunca, E., Taner, S.Ç., 2022. Irrigation management by using digital technologies. *Water and Wastewater Management: Global Problems and Measures*, 247-267.
- Liu, M., Wang, X., Zhou, A., Fu, X., Ma, Y., Piao, C., 2020. Uav-yolo: Small object detection on unmanned aerial vehicle perspective. *Sensors* 20, 2238.
- Mathew, M.P., Mahesh, T.Y., 2022. Leaf-based disease detection in bell pepper plant using YOLO v5. *Signal, Image and Video Processing*, 1-7.



- Mekhalfi, M.L., Nicolò, C., Bazi, Y., Al Rahhal, M.M., Alsharif, N.A., Al Maghayreh, E., 2021. Contrasting YOLOv5, transformer, and EfficientDet detectors for crop circle detection in desert. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 19, 1-5.
- Mirhaji, H., Soleymani, M., Asakereh, A., Mehdizadeh, S.A., 2021. Fruit detection and load estimation of an orange orchard using the YOLO models through simple approaches in different imaging and illumination conditions. *Comput Electron Agr* 191, 106533.
- Özel, M.A., Baysal, S.S., Şahin, M., 2021. Derin öğrenme algoritması (YOLO) ile dinamik test süresince süspansiyon parçalarında çatlak tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1-5.
- Özkaya, C., Uçar, Y., 2023. Basınçlı Sulama Sistemlerinin COPAM Yazılımı ile Performans Analizi: Burdur Çavdır-Küçükalan Örneği. *Ziraat Fakültesi Dergisi* 18, 50-58.
- Peng, B., Guan, K., Zhou, W., Jiang, C., Frankenberg, C., Sun, Y., He, L., Köhler, P., 2020. Assessing the benefit of satellite-based Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence in crop yield prediction. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 90, 102126.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A., 2016. You only look once: Unified, real-time object detection, *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 779-788.
- Saraiva, M., Protas, É., Salgado, M., Souza Jr, C., 2020. Automatic mapping of center pivot irrigation systems from satellite images using deep learning. *Remote Sens-Basel* 12, 558.
- Tan, M., Le, Q., 2019. Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks, *International conference on machine learning*. PMLR, pp. 6105-6114.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

## Paddy Farmers Adopting Climate Change Mitigation Methods

Sema Ezgi Yüceer<sup>1\*</sup>  Sibel Tan<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Agricultural Economics, Canakkale, Türkiye

\*Corresponding author: semaezgiyuceer@comu.edu.tr

Received Date: 07.04.2024

Accepted Date: 14.06.2024

### Abstract

This study aims to determine whether paddy farmers adopt greenhouse gas emission reduction methods in order to mitigate the effects of climate change. The main material of the study consists of primary data obtained from paddy farmers producing paddy in the provinces of Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum and Sinop. In this context, a survey was conducted with 491 paddy farms according to the Simple Random Sampling Method. Descriptive statistics were used in the analysis of the data. The level of adoption was determined. According to the research findings, it was determined that the level of adoption of greenhouse gas emission reduction methods was low in the provinces where the study was conducted. However, the level of adoption of climate change reduction methods by farmers in Çanakkale province was higher than farmers in other provinces. It was determined that the level of adoption of climate change reduction methods varied according to the characteristics of farmers.

**Keywords:** climate change, greenhouse gas emissions, mitigation methods, adoption, paddy farms

## Çeltik Üreticilerinin İklim Değişikliğinin Etkisini Azaltıcı Yöntemleri Benimseme Durumu

### Öz

Bu araştırmada, çeltik üretimi yapan tarım işletmelerinin iklim değişikliğinin etkisini hafifletme konusunda işletme yöneticilerinin sera gazı emisyonunu azaltıcı yöntemleri benimseme durumunu belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmanın ana materyalini, Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum ve Sinop illerinde çeltik üretimi yapan işletme yöneticilerinden elde edilen birincil nitelikli veriler oluşturmaktadır. Bu kapsamda Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi'ne göre 491 çeltik işletmesi ile anket yapılmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistiklerden yararlanılmış olup, benimseme düzeyi hesaplanmıştır. Araştırma bulgularına göre, araştırmanın yapıldığı iller genelinde sera gazı emisyonunu azaltma yöntemlerini benimseme düzeyinin genel olarak düşük olduğu tespit edilmiştir. Ancak Çanakkale ilindeki işletme yöneticilerinin iklim değişikliğini azaltıcı yöntemleri benimseme düzeyi diğer illerdeki işletmelere göre daha yüksek olduğu ve işletme yöneticilerinin özelliklerine göre yöntemleri benimseme düzeyinin değiştiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** iklim değişikliği, sera gazı emisyonu, azaltıcı yöntemler, benimseme, çeltik işletmesi

### Introduction

Climate is defined as the average of temperature, humidity, wind, precipitation, atmospheric pressure and other meteorological events over a certain period of time. Changes in climate that are followed for long periods of time in comparable time periods and that directly or indirectly disrupt the composition of the global atmosphere as a result of naturally occurring climate change and human activities are called climate change (Ministry of Agriculture and Forestry, 2024). According to the definition of the European Statistical Office (2021), climate change refers to the effects of emissions of gases such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) known as greenhouse gases, as a result of human-oriented (anthropogenic) activities, on climate, along with the increase in temperatures. Greenhouse gases consist of the sum of 7 gases that have a direct effect on climate change. Non-fluorinated gases are carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), while fluorinated gases are; chlorofluorocarbons (CFC), hydrofluorocarbons (HFC), perfluorocarbons

(PFC), sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and nitrogen trifluoride (NF<sub>3</sub>) (Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2024; European Statistical Office (EUROSTAT), 2024). The shares of greenhouse gases in the atmosphere in 2021; Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) has the largest share with 80.21%, followed by Methane (CH<sub>4</sub>) with 11.34%, Dinatronoxide (N<sub>2</sub>O) with 7.14% and finally Fluorinated Gases with 1.03% (TURKSTAT, 2024). When greenhouse gas emission rates are examined by sectors, according to 2021 figures, the energy sector comes first with 402.5 million tons, industrial processes and product use come second with 75.1 million tons, agriculture comes third with 72.1 million tons, and waste comes fourth with 14.7 million tons. There has been a 157.1% increase in greenhouse gases in sectors compared to 1990 (TURKSTAT, 2024). Therefore, it is possible to say that in parallel with the spread of agriculture, environmental concerns have emerged as a global problem and the agricultural sector is an important source of greenhouse gases and an important driving force for climate change (Balogh, 2020).

With the increasing world population, paddy, which is increasingly important as a staple food, has the largest cultivation area in the world after wheat and corn with a production area of 162 million hectares. On the other hand, paddy is a major source of greenhouse gas emissions with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). Methane is the second most important greenhouse gas after carbon dioxide, and approximately 11.00% of methane emissions originate from paddy fields (Scholz et al. 2020). In Türkiye, paddy is the plant with the largest cultivation area after wheat, barley and corn in the cereal group, and cultivation areas continue to increase. When the last 30-year period is examined, the paddy cultivation area, which was 404000 da in 1991, increased by 220.53% in 2021 and reached 1.2 million da. In the last 20 years, the paddy cultivation area, which was 590 thousand da, increased by 119.48%. When the cultivation areas are examined on a provincial basis, Edirne ranks first with a share of 39.4% in the total cultivation areas. Edirne is followed by Samsun (15.7%), Balıkesir (13.1%), Çanakkale (9.0%), Çorum (6.1%) and Sinop (3.5%), respectively (TURKSTAT, 2024). Based on the data in question, the amount of greenhouse gas emissions originating from paddy production, which increases with the population in the world and in Türkiye, the risks it poses in terms of environmental destruction and the negative effects on climate change are the main problems of this research. The purpose of this article is to determine the level of adoption of methods to reduce the impact of climate change by the farmers of agricultural enterprises that produce paddy in Türkiye. As a result of the research, the hypothesis that the level of adoption of methods to reduce the impact of climate change by paddy enterprises varies geographically was tested.

### Materials and Methods

The research covers agricultural enterprises producing paddy in Türkiye. The research data are primary data. The data were obtained from face-to-face surveys conducted with paddy producers. The data obtained belong to the 2022-2023 production period. In addition, the research also utilized records from previous studies and institutions and organizations. The methods used in the research are grouped under 2 main headings: (i) the method used in collecting the research data, (ii) the method used in determining the level of adoption of methods to reduce the impact of climate change.

#### Method Used in Collecting Research Data

The research data were obtained through a survey from agricultural enterprises producing paddy in the provinces of Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum and Sinop. The number of enterprises surveyed was determined by simple random sampling method. The number of agricultural enterprises to be surveyed was calculated with the following formula (Yamane et al. 2001).

$$n = \frac{N(zS)^2}{Nd^2 + (zS)^2} \quad (1)$$

The margin of error allowed from the average in the sampling process was taken as 10% and a confidence level of 95% was used. The optimum sample size was calculated as 491 using the formula given above. In determining which paddy farms to survey and the distribution of the paddy farms to be surveyed by province, the frame list of the agricultural farms engaged in paddy cultivation in the provinces constituting the research area and the random number table were used. First, 491 random numbers were generated using the random number table and the agricultural farms to be interviewed in the frame list were determined using these random numbers. Then, the distribution of the 491 paddy

farms determined as the farms to be interviewed by the random number table was determined by province. Accordingly, the number of paddy farms surveyed was 194 in Edirne, 105 in Samsun, 79 in Balıkesir, 62 in Çanakkale, 36 in Çorum and 15 in Sinop.

### **Method Used to Determine the Level of Adoption of Climate Change Mitigation**

The level of adoption of methods to reduce the impact of climate change in the examined enterprises was determined by using the answers given by the paddy farm farmers to the questions in the survey prepared for this purpose. The research was based on Rogers' (1962) theory of diffusion of innovation. In the research, the stages of adoption were used in accordance with the suggestion of Rogers (1995) as (a) awareness, (b) interest, (c) evaluation, (d) trial and (e) adoption (acceptance or rejection). It was determined at which stage the examined agricultural enterprises were in adopting methods to reduce the impact of climate change. The level of adoption of methods to reduce the impact of climate change by the examined paddy farms was expressed with an index. In creating the index, economical water use, rainwater harvesting, reduced soil tillage, direct planting method, windbreak, environmentally friendly fertilization, combating agricultural drought, land consolidation, organic farming, good agricultural practices, agricultural insurance, use of bioenergy resources and carbon farming and agroforestry were taken as basis.

If the examined enterprises were implementing methods to reduce the impact of climate change, 1 point was given, and if they were producing traditional paddy, 0 points were given. The index that would express the level of adoption was found by dividing the current score received by the paddy producer by the maximum score that the producers could receive (13 points). In order for the paddy enterprises to be qualified as adopting methods to reduce climate change, the criterion of an index value of 0.5 and above was used.

$$\text{Adoption index} = (\text{Total Score Received By The Farmer} / \text{Maximum Score The Farmer Can Receive}) * 100 \quad (2)$$

## **Results and Discussion**

### **General characteristics of enterprises and farmers**

Within the scope of the research, the average land size allocated to paddy production in agricultural enterprises is 92.70 decares (Table 1). The average paddy cultivation area of agricultural enterprises producing paddy paddy in Vietnam is 7.3 decares (Khai and Yabe, 2011), and 1.5 decares in Northern Vietnam (Yen and Kamoshita, 2024), The average age of farm farmers is 50.63. The average age of farmers of agricultural enterprises producing paddy paddy is 47.15 in Nepal (Dhungana et al. 2004), 49 in the Göksu Delta (Polat and Dellal, 2016), 51 in Çanakkale (Semerci, 2023), and 48 in Ipsala (Avkıran and Yılmaz, 2023).

The average duration of education of farm farmers is 8.70 years, and 42.77% of the farm farmers are primary school graduates. The average education period of farmers of agricultural enterprises that include paddy production is 4.22 years in Nepal (Dhungana et al. 2004), 9 years in Ipsala (Avkıran and Yılmaz, 2023), 8.27 years in Çanakkale (Semerci, 2023), and 6.27 years in Vietnam (Khai and Yabe, 2011).

The average paddy experience of enterprise farmers is 25.52 years. The experience of farmers of agricultural enterprises that include paddy production in Vietnam is 19.50 years (Khai and Yabe, 2011). All of the enterprises have social security 79.02% of the farmers have social security from BAGKUR. The average annual income of enterprise farmers from non-agricultural sources is 181.018,17 TL (Table 1).

There is a difference between the provinces in terms of the age of the farm farmers, paddy cultivation experience and paddy cultivation area in the examined enterprises ( $p < 0.05$ ). The general characteristics of the farm farmers in Çanakkale Province differ from the farm farmers in other provinces.

The paddy land size, education and non-agricultural income of the farm farmers in Çanakkale Province are higher than the enterprises in other provinces ( $p < 0.05$ ). The enterprises in Çorum Province have the smallest farm land size. The age, education, paddy experience and non-agricultural income of the farm farmers in Sinop Province are lower than the enterprises in other provinces ( $p < 0.05$ ).

Table 1. General characteristics of enterprises and farmers by province

Province		Paddy land size (da)	Age (years)	Education (years)	Paddy experience (years)	Non-agricultural income (TL/year)
Edirne	Mean	71.98 <sup>a</sup>	51.69 <sup>a</sup>	8.42 <sup>a</sup>	27.93 <sup>a</sup>	206.826,71 <sup>a</sup>
	Standart deviation	63.52	11.89	3.95	13.37	281632,35
Samsun	Mean	106.60 <sup>bc</sup>	50.74 <sup>ab</sup>	8.70 <sup>a</sup>	26.43 <sup>a</sup>	152.089,55 <sup>ab</sup>
	Standart deviation	83.63	12.76	4.51	15.35	191624,13
Balıkesir	Mean	111.88 <sup>bc</sup>	48.58 <sup>ab</sup>	9.01 <sup>a</sup>	25.07 <sup>a</sup>	203.550,00 <sup>ab</sup>
	Standart deviation	75.03	12.88	3.78	12.25	239.299,18
Çanakkale	Mean	142.12 <sup>b</sup>	45.56 <sup>b</sup>	9.43 <sup>a</sup>	11.98 <sup>b</sup>	294.769,23 <sup>ab</sup>
	Standart deviation	85.55	11.95	3.87	6.36	262182,55
Çorum	Mean	52.00 <sup>a</sup>	54.91 <sup>a</sup>	8.55 <sup>a</sup>	31.05 <sup>a</sup>	149.475,86 <sup>ab</sup>
	Standart deviation	42.29	11.12	4.10	17.47	172.277,42
Sinop	Mean	55.80 <sup>ac</sup>	57.40 <sup>a</sup>	7.93 <sup>a</sup>	33.00 <sup>a</sup>	94.971,43 <sup>b</sup>
	Standart deviation	68.92	12.14	3.53	17.23	10905,71
Türkiye	Mean	92.70	50.63	8.70	25.52	181.018,17
	Standart deviation	76.63	12.44	4.04	14.47	228101,94

<sup>a,b,c</sup> Values within a row with different superscripts differ significantly at P<0.05

### Determining the Level of Adoption of Climate Change Mitigation Methods

Farmers' adoption of new technologies or measures for agricultural production processes is very important for adaptation to climate change (Nainggolan et al. 2023). Adoption of climate-friendly agricultural practices will increase the resilience and productivity of agricultural enterprises to climate change and reduce greenhouse gas emissions (Nyang'au et al. 2021). In this study, the methods to reduce the impact of climate change include; efficient water use, rain harvesting, reduced tillage, direct planting, windbreak, environmentally friendly fertilization, combating agricultural drought, land consolidation, organic farming, good agricultural practices, agricultural insurance, use of The status of adopting climate change mitigation methods by provinces of paddy farms in the study area is given in Table 2. The level of adoption of climate change mitigation methods by farmers in Çanakkale province is higher than farmers in other provinces and shows a statistical difference (p<0.001).

Table 2. Adopting methods to reduce climate change by province

Province	Mean	Standart deviation
Edirne	20.69 <sup>a</sup>	14.41
Samsun	24.76 <sup>a</sup>	16.49
Balıkesir	14.99 <sup>ad</sup>	15.91
Çanakkale	34.73 <sup>b</sup>	14.04
Çorum	4.91 <sup>c</sup>	6.40
Sinop	13.33 <sup>ad</sup>	7.94
Türkiye	21.03	16.20

<sup>a,b,c</sup> Values within a row with different superscripts differ significantly at P<0.05

Farmers' ability to adopt methods to reduce the impact of climate change depends on their awareness of these methods, their knowledge of the subject, their willingness to implement the method and their continuity in using the method. Farmers' climate change mitigation management; Agricultural insurance (74.5%), land consolidation (46.0%) and economical water use (40.9%) are among the methods with the highest adoption rate. These methods are among the methods that farmers have heard about, have knowledge about and tried the most. Windbreak (0.8%), carbon farm and agroforestry (0.8%) and rain harvesting (1.6%) are among the methods that have been heard about, have knowledge about and tried the least (Table 3).

New technologies, which are also accepted as the first condition of agricultural development in Türkiye, provide a social benefit when implemented by farmers. Therefore, every new technical information that has an application value should be quickly communicated to producers and efforts should be made to ensure their adoption (Kaya and Atsan, 2013). It will contribute to the adoption of new technologies and methods by ensuring that leading farmers see good practice examples both at home and abroad (Lasco et al. 2016; Kılıçtek and Aksoy, 2019; Eryılmaz et al. 2020).

In addition, the factors that motivate them to adopt climate change mitigation methods should be well understood. It is important for farmers to know the costs of these methods and to strengthen adoption by increasing farmer incomes (Aydın et al. 2017; Aryal et al. 2020). Another issue that

increases adoption is extension staff. When the individual extension method is preferred, a sense of mutual trust between the farmer and the extension staff is important. When the group extension method is preferred, it should be preferred that the extension staff is experienced (Eryılmaz et al. 2020).

Table 3. Implementing climate change mitigation methods

	Awareness		Interest		Evaluation		Trial		Adoption	
	Have you heard of it before?		Do you have any information?		Would you like to implement it after you have enough information?		Do you?		Will you implement it in the next production period?	
	Yes (%)	No (%)	Yes (%)	No (%)	Yes (%)	No (%)	Yes (%)	No (%)	Yes (%)	No (%)
Efficient water use	84.3	15.7	78.4	21.6	58.5	41.5	42.4	57.6	40.9	59.1
Rain harvesting	7.7	92.3	6.1	93.9	5.7	94.3	1.6	98.4	1.6	98.4
Reduced tillage	20.8	79.2	18.3	81.7	11.8	88.2	4.1	96.9	3.5	96.5
Direct planting method	30.3	69.7	24.6	75.4	10.4	89.6	4.5	95.5	4.5	95.5
Windbreak	10.6	89.4	6.7	93.3	3.1	96.9	1.0	99.0	0.8	99.2
Environmentally friendly fertilization	53.0	47.0	46.4	53.6	37.1	62.9	28.9	71.7	26.7	73.3
Combating agricultural drought	50.5	49.5	42.6	57.4	33.0	67.0	28.3	71.7	27.9	72.1
Land consolidation	96.7	3.3	91.0	9.0	82.3	17.7	66.8	33.2	46.0	54.0
Organic farming	90.2	9.8	78.4	21.6	37.5	62.5	11.0	89.0	9.0	91.0
Good agricultural practices	82.5	17.5	71.3	28.7	40.7	59.3	19.8	80.2	18.3	81.7
Agricultural insurance	97.8	2.2	95.5	4.5	91.2	8.8	79.8	20.2	74.5	25.5
Use of bioenergy resources	20.0	80.0	18.1	81.9	6.3	93.7	12.2	87.8	11.0	89.0
Carbon farming and agroforestry	2.0	98.0	2.4	97.6	2.6	97.4	0.8	99.2	0.8	99.2

The adoption index was calculated to determine the level at which farmers adopted a method. Each variable adopting the methods in the research area was given a score between 0 and 1. After this score was converted into an index, all managers were divided into two subgroups according to the score they received: those who adopted at a high level and those who adopted at a low level.

The group of farmers with an adoption index of less than 50% was accepted as “low-level adopters” and the group of farmers with an index greater than 50% was accepted as “high-level adopters”. Almost all of the farmers were found to be low-level adopters (95.3%).

In Table 4, the effects of farmers' age, education and paddy production experience on the level of adoption of climate change mitigation methods were examined. There is a statistically significant difference between the age of farmers and the level of adoption of climate change mitigation methods ( $p < 0.05$ ). Young farmers have a higher level of adoption of climate change mitigation methods than older ones. As a result, it was determined that young farmers are aware of climate change mitigation methods, are interested in the subject, are willing to implement and are open to innovation.

When we examine whether the education factor affects farmers' adoption of climate change mitigation practices, it is found to be statistically significant ( $p < 0.05$ ). From this, it can be said that farmers with higher education levels also have higher adoption levels.

Accordingly, it was determined that the adoption level of farmers with less paddy production experience was high. The low level of consciousness and awareness of experienced farmers who have

been dealing with paddy for many years about climate change and their lack of willingness to learn should be evaluated by taking their current situation into consideration when developing policies on the subject.

Table 4. The effect of farmers' characteristics on the adoption of climate change mitigation methods

Adoption level	Frequency	%	Average age (years)	Standard deviation
Low level	468	95.3	51.02	12,48
High level	23	4.7	42.56	8,08
Total	491	100.0	t:4.746 0.00<0.05	
Adoption level	Frequency	%	Average education (years)	Standard deviation
Low level	468	95.3	8.51	3,96
High level	23	4.7	12.39	3,88
Total	491	100.0	t: -4.576 p:0.00<0.05	
Adoption level	Frequency	%	Average paddy experience (years)	Standard deviation
Low level	468	95.3	25.85	14,54
High level	23	4.7	18.69	11,10
Total	491	100.0	t:2.971 p:0.006<0.05	

### Conclusions

The study examined the adoption of climate change mitigation methods by farmers in agricultural enterprises that produce paddy intensively in the provinces of Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum and Sinop. Paddy farming is sensitive to the risk of climate change, which reveals the importance of paddy farmers adopting climate change mitigation methods. According to the research findings, the level of adoption of climate change mitigation methods by paddy farmers is quite low. When compared by province, it was determined that farmers in Çanakkale Province adopt climate change mitigation methods higher than other provinces. One of the most important factors in the dissemination of climate change mitigation methods is to reach the target audience with the most accurate and effective publication tools. Therefore, it can be suggested that inter-institutional coordination be strengthened between provinces while planning these publication activities. Another finding obtained from the research results is that producers should be aware of agricultural insurance, economical water use and land consolidation methods that will reduce the impact of climate change, and that training and publication activities on other methods (windbreak, carbon farm, agroforestry and rain harvesting) should be increased, again according to the research findings. On the other hand, it has been determined that the age of the farmer, paddy production experience and education are among the factors that positively affect the adoption status. The use of young and educated farmers' leadership qualities in the prepared training plans and programs can make these activities more effective.

Managers who do not have sufficient knowledge about the methods are late in adopting the methods. While determining policies regarding climate change adaptation measures, the level of farmers' adoption of methods that will reduce the impact of climate change should be taken into consideration.

In summary, policy makers should focus on awareness-raising activities on the impact of climate change on the agricultural sector and the impact of the agricultural sector on climate change before providing training and publication services on farmers' implementation of methods to reduce climate change. In this way, their knowledge about these existing methods will increase and their adoption will be strengthened. Similarly, increasing awareness and education will positively affect farmers' perceptions and acceptance of methods. Adoption of climate change mitigation methods is significantly related to farmers' general characteristics such as age, education level, income and experience, and farmers' perception of climate change. Adaptation strategies should be developed by taking into account not only farmers' characteristics but also the provinces where the enterprises are located. Local governments where the provinces are located should be part of the local development agenda to increase the effectiveness and sustainability of adaptation interventions to mitigation methods. Local governments should also allocate sufficient resources to prioritize climate change awareness.

**Acknowledgements:** This research was supported by TUBITAK with project number 122K451 and was produced from some of the data from Sema Ezgi YÜCEER's PhD thesis.

**Author Contributions**

The authors declare that they have contributed equally to the article.

**Conflicts of Interest**

The authors declare that they have no conflict of interest.

**References**

- Aryal, J. P., Rahut, D. B., Sapkota, T. B., Khurana, R., & Khatri-Chhetri, A., 2020. Climate change mitigation options among farmers in South Asia. *Environment, Development and Sustainability*. 22(4): 3267-3289.
- Avkıran, B., Yılmaz, H., 2023. Çeltik Üreticilerinin Sürdürülebilir Tarım Algılamalarını Etkileyen Faktörlerin Analizi: Edirne İli İpsala İlçesi Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 10(2): 371-379.
- Aydın Eryılmaz, G., Kılıç, O., Boz, İ., Kaynakçı, C., 2020. Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Tarımsal Yeniliklerin Benimsenmesi ve Bilgi Kaynakları Yönünden Değerlendirilmesi: Samsun İli Bafra ve Canik İlçeleri Örneği. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*: 10(2):10-21.
- Aydın, B., Aktürk, D., Özkan, E., Kiracı, M. A., Hurma, H., 2017. Trakya Bölgesinde iyi tarım uygulayan ve uygulamayan üreticilerin tarımsal yenilikleri benimsenmesi yönünden karşılaştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 5(2): 90-99.
- Balogh, J. M., 2020. The Role of agriculture in climate change: A global perspective. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 10(2): 401.
- Dhungana, B. R., Nuthall, P. L., Nartea, G. V., 2004. Measuring the economic inefficiency of Nepalese ricepaddy farms using data envelopment analysis. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 48(2): 347-369.
- European Statistical Office, 2021. [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Category:Environment\\_glossary](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Category:Environment_glossary) (01 Şubat 2022).
- Kaya, T. E., Atsan, T., 2013. Kırsal kadının organik tarımı benimsemesini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma (TRAI Bölgesi örneği). *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 44(1): 43-49.
- Khai, H. V., Yabe, M., 2011. Technical efficiency analysis of ricepaddy production in Vietnam. *J. ISSAAS*. 17(1): 135-146.
- Kılıçtek, S., Aksoy, A., 2019. Erzurum ili süt sığırcılığı işletmelerinin yenilikleri benimseme açısından değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 6(3): 424-431.
- Lasco, R. D., Espaldon, M. L. O., Habito, C. M. D., 2016. Smallholder farmers' perceptions of climate change and the roles of trees and agroforestry in climate risk adaptation: evidence from Bohol, Philippines. *Agroforestry Systems*. 90(3): 521-540.
- Nainggolan, D., Moeis, F. R., Termansen, M., 2023. Does risk preference influence farm level adaptation strategies?—Survey evidence from Denmark. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 28(7): 40.
- Nyang'au, J. O., Mohamed, J. H., Mango, N., Makate, C., Wangeci, A. N., 2021. Smallholder farmers' perception of climate change and adoption of climate smart agriculture practices in Masaba South Sub-county, Kisii, Kenya. *Heliyon*. 7(4): 1-13.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, 2024. <https://www.oecd.org/> (01 Ocak 2024)
- Polat, K., Dellal, İ., 2017. Ramsar alanlarda iklim değişikliği ile mücadele ve uyum açısından iyi tarım uygulamalarının rolü: Göksu Deltası örneği. *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü TEPGE*, Ankara.
- Rogers, E. M., 1995, *Diffusion of innovations*. Collier Macmillan Publisher, New York.
- Rogers, E.M., 1962. *Diffusion of innovations*, The Free Press, New York.
- Scholz, V. V., Meckenstock, R. U., Nielsen, L. P., Risgaard-Petersen, N., 2020. Cable Bacteria Reduce Methane Emissions from RicePaddy-Vegetated Soils. *Nature Communications*. 11(1): 1-5.
- Semerçi, A., 2023. Çeltik üretiminde üreticilerin bazı sosyo-ekonomik özelliklerinin verim üzerine etkisi: Çanakkale ili örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 10(2): 410-419.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu, 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/IKLIM%20DEGISIKLIGI%20VE%20TARIM%20DEGERLENDIRME%20RAPORU.pdf> (01 Ocak 2024)



- Türkiye İstatistik Kurumu (TURSTAT), 2024. [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196#:~:text=Sera%20gaz%C4%B1%20envanteri%20sonu%C3%A7lar%C4%B1na%20g%C3%B6re,CO2%20e%C5%9Fde%C4%9Feri%20\(e%C5%9Fd.\)&text=Ki%C5%9Fi%20ba%C5%9F%C4%B1%20toplam%20sera%20gaz%C4%B1,CO2%20e%C5%9Fd.%20olarak%20hesapland%C4%B1.](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196#:~:text=Sera%20gaz%C4%B1%20envanteri%20sonu%C3%A7lar%C4%B1na%20g%C3%B6re,CO2%20e%C5%9Fde%C4%9Feri%20(e%C5%9Fd.)&text=Ki%C5%9Fi%20ba%C5%9F%C4%B1%20toplam%20sera%20gaz%C4%B1,CO2%20e%C5%9Fd.%20olarak%20hesapland%C4%B1.) (01 Ocak 2024).
- Yamane, T., Alptekin, E., Apaydın, C., Bakır, M.A., Gürbüzel, E., 2001. Temel Örnekleme Yöntemleri. Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Yen, N. T. B., Kamoshita, A., 2024. Factors influencing the carbon footprint of ricepaddy production in Northeastern Vietnam. The International Journal of Life Cycle Assessment. 1: 1-18.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

## **“ÇOMÜ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ” YAYIN İLKELERİ VE YAZIM KURALLARI**

### **Yayın İlkeleri**

“ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi” (ÇOMÜ Ziraat Fak. Derg.), tarım alanında yapılmış ulusal ve uluslararası özgün araştırma makalelerinin yanı sıra bilimsel, teknolojik yenilik ve yöntemleri sunan derleme niteliğindeki çalışmaları yayımlar.

Dergi yılda iki defa çıkartılır. “Yayın Kurulu’nun” kararı doğrultusunda bu sayı değiştirilebilir. Makaleler öncelikle “Yayın Kurulu Başkanı” tarafından ön incelemeye tabi tutulur. “Yayın Kurulu”, dergide yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri ret etme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınan makaleler, incelenmek üzere biri dergi “Danışma Kurulu” üyesi olmak üzere, 2 hakeme gönderilir. Makalelerin yayına kabulü, hakem görüşleri doğrultusunda “Yayın Kurulu” tarafından karara bağlanır. Makalelerin dergideki yayın sırası, makalelerin dergiye geliş ve kabul tarihi dikkate alınarak “Yayın Kurulu” tarafından saptanır.

Dergide yayınlanacak makaleler “Türkçe” veya “İngilizce” yazılabilir, aynı dergide, bir yazarın ilk isim olarak en fazla 2 adet makalesi yayınlanabilir, yayınlanan makalelere telif ücreti ödenmez. Bütün makaleler dergi yazım kurallarına göre yazılmalıdır. Yazım kurallarına uygun olmayan makaleler, düzeltilmek üzere sorumlu yazara iade edilir. Sorumlu yazarın posta ve e-posta adresi makalenin ilk sayfası sonunda belirtilmelidir. Sorumlu yazar tarafından gönderilen makalenin ne tür bir çalışma olduğu açıklanmalıdır.

Sorumlu yazar, 2 nüsha makale çıktısı ile birlikte, çalışmalarının başka yerde yayınlanmadığını ve başka dergiye yayınlanmak üzere gönderilmediğini belirten imzalı bir belge sunmalıdır. Ayrıca yazarlar, yayın haklarını “ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi’ne” verdiklerine dair “Telif Hakları Formu’nu” imzalamalıdır. Yayınlanmak üzere dergiye gönderilecek makaleler ve makalede yer alan bütün şekil, resim ve çizelgeler derginin e-posta adresine (ziraatdergi@comu.edu.tr) gönderilmelidir.

Makaleler; ‘Lisans Bitirme Tezi’, ‘Yüksek Lisans Tezi’, ‘Doktora Tezi’ veya projeden üretilmiş ise makalede dip not olarak belirtilmelidir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

### **Yazım Kuralları**

Makaleler 8 sayfayı geçmeyecek ve sayfa kenarlıkları her yönden 2,5 cm olacak şekilde hazırlanmalıdır. Bununla birlikte yazarlar tarafından özellikle belirtildiğinde, “Yayın Kurulu’nun” izin vermesi durumunda sayfa sayısı artırılabilir. Paragraflar ise 1,25 cm içeriden başlamalıdır.

Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen bir makale şu ana başlıklardan oluşmalıdır;

- Başlık,
- Yazar(lar) adı, soyadı,
- Özet ve Anahtar kelimeler,
- İngilizce başlık ve Anahtar kelimeler,
- Giriş,
- Materyal ve Yöntem,
- Bulgular ve Tartışma (ayrı ayrı da sunulabilir),
- Sonuç ve Öneriler,
- Kaynaklar.

**Başlık:** Koyu renkte ‘Times New Roman’ 14 punto ve başlıktaki her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde tek satır aralığı ile sayfaya ortalı olarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir.

**Yazar Adları:** ‘Times New Roman’ 11 punto, koyu, tek satır aralığında, yazarların açık adları unvan belirtilmeden, ad ve soyadların ilk harf büyük olacak şekilde, sayfaya ortalı olarak yazılmalıdır. Soyadların bittiği en son karakter üzerine üssel olarak rakam ile yazar adresine ve e-posta adresine atıfta bulunulmalıdır. Yazar adresleri ve sorumlu yazarın e-posta adresi yazar adlarının hemen altına dipnot olarak ‘Times New Roman’ 9 punto ve sola yaslanmış olarak yazılmalıdır.

Özet ve Anahtar Kelimeler: Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 200 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce özet başlığı 'Times New Roman' 12 punto ve tek satır aralığında ortalı olarak yazılmalıdır. Türkçe ve İngilizce özet, 'Times New Roman' 10 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı şekilde hazırlanmalıdır. Türkçe yayınlarda geniş bir İngilizce, İngilizce yayınlarda ise geniş bir Türkçe özete yer verilmelidir. Özetlerden hemen sonra özetle aynı dilde ilk harfleri büyük olmak üzere küçük harflerle 6 kelimeyi geçmeyecek şekilde anahtar kelime sola dayalı olarak yazılmalıdır.

Giriş: Daha önce yapılmış temel araştırmalar ile çalışmanın önem, amaç ve konusunu belirten bir kompozisyon içermelidir. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmanın ileriki dönemlerde tekrarına imkân verecek düzeyde bilgi ve kaynak içerecek şekilde yazılmalı, makalede kullanılmış olan bütün yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmalıdır. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Bu bölüm istenirse Bulgular ve Tartışma olarak iki kısımda da incelenebilir. Elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge ve şekillerle desteklenerek açıklanmalıdır. Çizelgeler mümkün olduğunca istatistikî olarak ifade edilmelidir. Bulgular tartışılmalı, bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıkça tartışılmalıdır. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Sonuç ve Öneriler: Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı önerilerle birlikte vurgulanmalıdır. Çalışma sonuçları net bir şekilde ifade edilmelidir. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Teşekkür: Gerekli ise mümkün olduğunca kısa olmalıdır. 'Times New Roman', 9 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Kaynaklar: Kaynaklar makale sonunda, yazarların soyadları esas alınarak alfabetik olarak ve orijinal dilinde 1,25 cm asılı olacak şekilde verilmelidir. 'Times New Roman', 10 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

#### Kaynakların Veriliş Şekilleri

##### Makaleler

Kendirli, B., 2001. Harran ovası sulama birliklerinde antepfıstığının sulama planlaması. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 7: 114–120.

Wang, T.L., Domoney, C.L., Hedley, R., Grusak, M.A., 2003. Can we improve the nutritional quality of legume seeds. Plant Physiol. 131 (2): 886–891.

Dardeniz, A., Gökbayrak, Z., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Beşer, K., 2008. Cane quality determination of 5BB and 140Ru grape rootstocks. Europ. J. Hort. Sci. 73 (6): 254–258.

##### Kitaplar

Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., 1998. Genel Bağcılık. Sunfidan AŞ Mesleki Kitaplar Serisi: 1. 253 s. Ankara.

##### Kongre ve Sempozyumlar

Sabır, A., Özdemir, G., Bilir, H., Tangolar, S., 2005. Asma fidanı üretiminde iki farklı kaynaştırma ortamı ile bazı anaçların aşı başarısı ve fidan randımanına etkileri. Türkiye 6. Bağcılık Sempozyumu. Bildiriler Cilt: 2. 440–445. 19–23 Eylül, Tekirdağ.

##### Tezler

Önder, M., 2012. Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde yıllık dal kalitesi ile kış gözü verimliliği arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 63 s.

##### İnternet

Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan makaleler hariç), kaynaklar bölümüne internet sitesinin ismi ve alım tarihi eksiksiz olarak yazılmalı, Türkçe olanlar "Anonim", İngilizce olanlar "Anonim" olarak isimlendirilmelidir.

##### Kaynakların Metin İçerisinde Veriliş Şekli

Tek yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse;

..... maddesi bitkilerde ölüme neden olmaktadır (Jansen, 2003).

Jansen (2003) tarafından, ..... olarak bildirilmiştir.

İki yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen ve Danny, 2003).

Jansen ve Danny (2003)'ye göre,..... olarak bildirilmiştir.

Üç veya daha fazla yazar söz konusu ise;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen ve ark., 2003).

Jansen ve ark. (2003)'na göre,..... olarak bildirilmiştir.

Metin içerisinde birden fazla kaynak gösterilecekse tarih sırasına göre verilmelidir;

..... olarak bildirilmiştir (Cochran, 1961; Landen, 2002).

Aynı yazarın aynı yılda birden fazla yayını metin içinde kaynak gösterilirse a ve b olarak ayrılmalıdır;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen, 2003a; Jansen, 2003b).

Yazılan kaynak bir başka kaynaktan alınmış ise asıl kaynak cümle başına, alınan kaynak ise cümle sonuna yazılmalıdır.

Bakar (1952) tarafından ..... bildirilmiştir (Gelir, 2003).

Şekil ve Çizelgeler

Çizelge dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafikler “Şekil” olarak verilmelidir. Şekiller net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalı, resimler TIFF veya JPEG formatında olmalıdır. Her çizelge ve şekil, metin içinde atıf yapıldıktan sonra verilmelidir.

Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1. ve Şekil 1.). Şekil ve çizelgeler yazım alanı dahilinde olmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde; şekil başlıkları ise şeklin altında, iki yana yaslı olmalı, çizelge ve şekil başlıkları ‘Times New Roman’, 10 punto olmalı koyu yazılmamalıdır. Çizelge ve şekillerdeki yazılar en fazla 8 puntoya kadar küçültülmelidir. Çizelge de açıklanmak istenen alt bilgiler 9 punto olarak verilmelidir.

Birimler ve Kısaltmalar

Kısaltma ve semboller metin içerisinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Kısaltmalar makalenin başlığında ve alt başlıklarında kullanılmamalıdır.

Formüller

Formüller sırasına göre numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak gösterilmelidir.

## **“COMU JOURNAL OF AGRICULTURE FACULTY” PUBLICATION ETHICS AND AUTHOR INSTRUCTIONS**

### **Publication Ethics**

“COMU Journal of Agriculture Faculty” publishes national and international original research articles in all areas of Agriculture as well as the scientific, technological modernity and the compilation method of works.

This journal is published twice in a year but this number can be changed in accordance with the decision of the “Editorial Board” of journal. Firstly, articles shall be subjected to prior review by the “Editor-in-Chief”. The “Editorial Board” is entitled to reject the article(s) not intended to be published in the journal. Articles have been taken into consideration are sent to the two potential reviewers of "Advisory Board" of the journal for peer-review. Acceptance of the articles for publication in accordance with the opinions of the reviewers is decided by the "Editorial Board". The publication order, received and accepted dates of article(s) taking into account are determined by the "Editorial Board" of journal.

Manuscript should be written in Turkish or English language. It must be clear and concise. A maximum of two articles with the same first name of an author will be published in the same journal. Copyright fees will not be paid to the published articles. All articles must be written according to the instructions of journal. Manuscripts that are not according to the writing rules and instructions of journal shall be returned to the corresponding author for revision. The postal and e-mail addresses of the corresponding author should be indicated at the end of the first page of the article. The nature of work of sending article should be explained by the corresponding author.

Corresponding author must submit two photo copies of article along with a signed certificate indicates that the work has not been published elsewhere and not sent for publication in another journal. The authors must also sign the "Copyright Form" which indicates that the “COMU Journal of Agriculture Faculty” has reserved all rights to publish their article(s). Manuscripts along with all the figures, photographs and tables must be sent through the email address of the journal for publication. If the article(s) are taken from the undergraduate, master, PhD theses or any project should be specified by a footnote at the end of article before the references. It is assumed that author(s) agree with the contents and form of the manuscript, and also responsible for the validity and originality of data contained therein.

### **Author Instructions**

Articles should not exceed 8 pages and page margin should be prepared as 2.5 cm on each side. However, the number of pages can be increased in case of especially specified by the author(s) with the permission of 'Editorial Board' of journal. Paragraphs should be started with a space of 1.25 cm.

An article must consist of the following main headings submitted for publication in the journal;

- Title,
- Author (s) Information,
- Abstract,
- Keywords,
- Introduction,
- Materials and Methods,
- Results and Discussion (may also be submitted separately),
- Conclusions,
- Acknowledgments (if any),
- References,

**Title:** The first page should contain the full title in sentence case not exceeding 15 words. The first letter of each word in the title should be capitalized. The title must be written using ‘Times New Roman’ 14 font size, bold, single-spaced and center-justified on the page.

**Author (s) Information:** The full names of the authors (without specifying designation) should be written using ‘Times New Roman’, 11 font size, bold, single-spaced and center-justified on the page, and the first letter of author (s) first and last names should be capitalized. The mailing and email

addresses of the author (s) must be cited exponentially with the number on the end of the last character of the last names. Authors' addresses and the email address of the corresponding author should be written just below the names of author (s) as a footnote using 'Times New Roman', 9 font size and left-justified.

**Abstract:** Each of Turkish and English abstracts should not exceed 200 words. English abstract title should be written using 'Times New Roman', 12 font sizes and single-spaced as center-justified. Turkish and English abstracts should be prepared using 'Times New Roman', 10 font size and single-spaced as justified type. Article in Turkish should be included to a comprehensive abstract in English as to the article in English with a comprehensive abstract in Turkish.

**Keywords:** The first letters of each keyword should be capitalized following small letters written in the same language of abstract as left-justified. Keywords should not exceed 6 words.

**Introduction:** This section should provide information on importance of the problem and clear objective of the study. It must highlight background of the problem in the light of recent literature, hypothesis to be tested and objectives. All subsections and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Materials and methods:** All procedures, analytical methods, experimental design and preliminary materials should be to the point and explicit. This part should also contain sufficient detail so that all procedures can be repeated. It can be divided into subsections if several methods are described, and all subsections and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Results and Discussion:** This section may each be divided by subheadings or may be combined. The results from the experiment including their statistical detail should be presented graphically or in table form. In this section, results obtained should be recorded in text form and table data should not be repeated. Detailed discussion with relevant references preferably most recent citation should be included. Discussion should be logical and reflecting the originality of the contribution and findings discussed in the light of most recent literature. All subheadings and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Conclusions:** This section should be brief and clearly explain the essence of the work highlighting its importance and relevance. It should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Acknowledgments:** If necessary, it should be as short as possible. All acknowledgments should be written using 'Times New Roman', 9 font size and single-spaced as justified type.

**References:** References should be provided at the end of the article alphabetically based on the authors' last names in its original language with a space of 1.25 cm. All references should be written using 'Times New Roman', 10 font size and single-spaced as justified type.

List of references should be arranged in the following style:

Journal articles

Tonguç, M., Erbaş, S., 2012. Evaluation of fatty acid compositions and seed characters of common wild plant species of Turkey. *Turk J Agric For* 36: 673–679.

Tuna, M., Vogel, K.P., Arumuganathan, K., Gill, K.S., 2001. DNA content and ploidy determination of bromegrass germplasm accessions by flow cytometry. *Crop Sci* 41: 1629–1634.

Dardeniz, A., Gökbayrak, Z., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Beşer, K., 2008. Cane quality determination of 5BB and 140Ru grape rootstocks. *Europ. J. Hort. Sci.* 73 (6): 254–258.

Books

Shredin, J., White, E.B., 2009. *Application of Probiotics in Poultry Production*. 1st ed. McNamara, New York, USA.

Dole, J.M., Wilkins, H.F., 2005. *Floriculture: Principles and Species*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Conference proceedings

Dobermann, A., 2007. Nutrient use efficiency–measurement and management. In: Krauss A, Isherwood K, Heffer P, editors. *Proceedings of the IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices*, 7–9 March 2007; Brussels, Belgium. Paris, France: International Fertilizer Industry Association, pp. 1–28.

Theses

Tefon, B.E., 2012. Towards whole cell immunoproteome and subproteomes of *Bordetella pertussis*. PhD, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

#### Internet

If information is taken from any web page on internet (except articles taken from internet and published in journals), the complete address of web site and acquisition date must be written in reference section, and it should be named as “Anonim”.

#### Figure and Tables

All illustrations (photographs, drawings, graphs, etc.), not including tables, must be labelled “Figure.” Figures must be neat, clear and according to the offset printing technique while the photographs must be in TIFF or JPEG format. Each table and figure should be cited after referring to the text.

All tables and figures should be cited in a consecutive order throughout the paper (Table 1., Figure 1.). Figures and tables must be located within the writing portion. Table titles should be justified on its upper side as to the figure captions just below the figures. The font used in table and figure headings should be ‘Times New Roman’, 10 font size but not written bold. Tables and figures, including caption, title, column heads, and footnotes should be no smaller than 8 font size. The tables and figures themselves should be given at the end of the text only, after the references, not in the running text.

#### Symbols and Abbreviations

Abbreviations and symbols used in the text first time should be described. Abbreviations must not be used in the title and subheadings of the article.

#### Formulas

Formulas should be in consecutive order and the number of formula should be shown beside itself as right-justified.