



# Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 38

Sayı/Issue: 3

Ekim/October: 2023



e-ISSN: 1308-8769

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



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ  
DERGİSİ**

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES



**e-ISSN: 1308-8769**

Volume/Cilt: 38 Issue/Sayı: 3

Ekim / October 2023

Samsun

*Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi Şubat, Haziran ve Ekim aylarında olmak üzere yılda üç sayı olarak yayınlanır. DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, FAO AGRIS/CARIS, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index ve TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin (Yaşam Bilimleri Veri Tabanı, 1998-) tarafından taranmaktadır.*

*Anadolu Journal of Agricultural Sciences (ANAJAS) is published as three issues (February, June and October) per a year. ANAJAS is indexed and abstracted in DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, FAO AGRIS/CARIS, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index and TUBITAK-ULAKBİM TR Index (Life Science Data Base, 1998-).*

#### **Amaç ve Kapsam**

*Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Tarımsal alanlarda yürütülen çalışmalardan üretilen orijinal makaleleri yayınlamaktadır. Ayrıca, güncel konulardaki davetli derlemelere de yer verilmektedir. Basım dili Türkçe ve İngilizcedir.*

#### **Aim and Scope**

*Anadolu Journal of Agricultural Sciences is a forum for presenting articles on basic and applied research, thus making new findings, methods and techniques easily accessible and applicable in practice. It publishes original papers on research in the fields of agriculture. Invited reviews on popular topics are published. Articles are published in Turkish and English.*

#### **Yazışma Adresi / Corresponding Address**

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 55139 Atakum/Samsun

**Tel:** 0 (362) 312 19 19 **Fax:** : 0 (362) 457 60 34

**e-mail:** zfyayin@omu.edu.tr **web:** <https://dergipark.org.tr/tr/pub/omuanajas>

**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**

e-ISSN: 1308-8769  
2023 Cilt: 38 Sayı: 3

**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**

e-ISSN: 1308-8769  
2023 Volume: 38 Issue: 3

**Ondokuz Mayıs Üniversitesi Adına Sahibi /**  
Owner on behalf of Ondokuz Mayıs University  
Prof. Dr. Yavuz ÜNAL  
Rektör / Rector

**Baş Editör / Chief Editor**  
Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

**Editörler / Editors**  
Prof. Dr. Deniz EKİNCİ  
Prof. Dr. Orhan DENGİZ  
Doç. Dr. Alper TANER  
Doç. Dr. Aydın ALTOP  
Dr. Attila SALAMON  
Dr. Mehmet TÜTÜNCÜ  
Dr. Alfadhı Yahya KHALED  
Dr. Maria DATTENA  
Dr. Dinu GAVOJDIAN

**İstatistik Editörü / Statistic Editor**  
Prof. Dr. Kamil ALAKUŞ

**Mizanpaj/Layout**  
OMÜ Yayın Koordinatörlüğü

**Mizanpaj Editörleri / Layout Editors**  
Kısmet AYDIN  
Özlem TEKİNER  
Gülbeyaz BOZKURT

**Yayın Yeri ve Tarihi/Publication Place and Date**  
Samsun, Ekim / October 2023

## YAYIN DANIŐMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ  
Atatürk Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Canan CAN  
Gaziantep Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Abidin TEMİZER  
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Türkiye

Doç. Dr. David HERAK  
Czech University of Life Sciences/Czech Republic

Doç. Dr. Murat ÇANKAYA  
Erzincan Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Fikrettin ŐAHİN  
Yeditepe Üniversitesi/Türkiye

Prof.Dr. Ahmet ŐAHİN  
Ahi Evran Üniversitesi/KırŐehir

Prof. Dr. Süleyman KODAL  
Ankara Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Murat ŐENTÜRK  
Ağrı Ibrahim Çeçen Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Nebahat SARI  
Çukurova Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Sedat SERÇE  
Niğe Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN  
Selçuk Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Hsin CHI  
National Chung Hsing University, Taiwan/Republic  
of China

Prof. Dr. Jozsef RATKY  
Res. Inst. for Animal Breeding and Nutrition/Hungary

Prof. Dr. Mogens VESTERGAARD  
University of Aarhus/Denmark

Prof. Dr. Claudiu T. SUPURAN  
Univ Florence/Italy

Assit. Prof. Dr. Marketa MİHALİKOVA  
Czech University of Life Sciences/Czech Republic)

Prof. Dr. nal KIZIL  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Soner ÇANKAYA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Kağan KÖKTEN  
Bingl Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Őenay ŐİMŐEK  
North Dakota State University/USA

# İÇİNDEKİLER

## Araştırma Makalesi/Research Article

**Asmanın Farklı Fenolojik Gelişim Aşamalarında Gerçekleştirilen Yaprak Alma ve Salkım Seyreltme Uygulamalarının Sürgün Özelliklerine Etkileri. .... 441-458**  
*The Effects of Leaf Removal and Cluster Thinning Applications on Shoot Characteristics at Different Phenological Developmental Stages of Vine*  
**Elman BAHAR, İlkur KORKUTAL, Serhan AZSÖZ**

**Kestane Çeşitlerinin Azot Özümleme Kapasitesinin Değerlendirilmesi ... 459-472**  
*Evaluation of Nitrogen Assimilation Capacity of Chestnut Cultivars*  
**Başak MÜFTÜOĞLU, Ayşegül AKPINAR, Cevriye MERT**

**Kahverengi Kokarca [Halyomorpha halys (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]'ya Karşı Mücadelede Kullanılan Feromon ve Tuzak Tiplerinin Etkinliğinin Belirlenmesi .....473-492**  
*Determination of The Effectiveness of Pheromone and Trap Types Used in The Fight Against Brown Marmorated Stink Bug [Halyomorpha Halys (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]*  
**Ercan ALTANLAR, Celal TUNCER**

**Labour Utilization Options and Productivity in Small-Scale Agricultural Enterprises in Akwa Ibom State, Southern Nigeria ..... 493-512**  
*Güney Nijerya, Akwa Ibom Eyaletindeki Küçük Ölçekli Tarım İşletmelerinde İşgücü Kullanım Seçenekleri ve Verimlilik*  
**Akpan, S. Brownson, Veronica S. Nkanta, Emmanuel O. Udofia**

**The Effects of Plant Density and Shading on Some Agricultural Traits of Salep Orchid (*serapias vomeracea* (Burm.f.) Briq.) ..... 513-528**  
*Bitki Sıklığı ve Gölgelemenin Salep Orkidesinin (*serapias vomeracea* (Burm.f.) Briq.) Bazı Tarımsal Özellikleri Üzerine Etkileri*  
**Yusuf ŞAVŞATLI, Mehmet AKCA**

**Sav (Isparta) Yöresi Doğal Kızılcık (*Cornus mas* L.) Popülasyonunun Fenolojik ve Pomolojik Özellikleri, ..... 529-544**  
*Phenological and Pomological Characteristics of the wild Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Population of Sav (Isparta) Region*  
**Hasan BEKTAŞ, Fatma KOYUNCU**

**Productive Efficiency of Energy-Aware Walnut Production** ..... 545-554  
*Ceviz Üretiminde Enerji Bilinçli Üretim Verimliliği*  
**Onur TAŞKIN, Zhongli PAN**

**Organik ve Konvansiyonel Fide Yetiştiriciliğinin Domates Fidelerinin Kalitesi Üzerine Etkileri** ..... 555-564  
*The Effects of Organic and Conventional Seedling Growing on the Quality of Tomato Seedlings*  
**Zehra Şa, Aslıhan Çilingir Tütüncü, Salih Demirkaya, Harun Özer**

**Determination of Fruit Quality Characteristics of Blackberry Genotypes Growing Naturally in Düzce (Türkiye)** ..... 565-580  
*Düzce'de (Türkiye) Doğal Olarak Yetişen Böğürtlen Genotiplerinin Meyve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*  
**Akgül TAŞ**

**Changes in Germination and Quality Characteristics of Mung Bean Seeds Stored for Different Times** ..... 581-596  
*Farklı Sürelerde Depolanan Maş Fasulyesi Tohumlarında Çimlenme ve Kalite Özelliklerindeki Değişim*  
**Ruziye KARAMAN, Cengiz TÜRKAY**

**Mekanik Püskürtme Paternatörü Tasarımı, Prototip İmalatı ve Pülverizatör Memelerinde Akış Testleri** ..... 597-618  
*Design Of A Mechanical Spray Paternator, Prototype Manufacturing and Flow Tests on Spray Nozzles*  
**Ruçhan ÇÖMLEK, Bahadır SAYINCI**

**Integrated Control of Echinochloa crus-galli Resistant to ALS and ACCase Inhibitor Herbicides** ..... 619-636  
*ALS ve ACCase İnhibitörü Herbisitlere Dayanıklı Echinochloa crus-galli'nin Entegre mücadelesi*  
**Emine KAYA ALTOP, Hüsrev MENNAN**

**Using Mannitol as Drought Stress Agent on Globe Artichoke [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori]** ..... 637-656  
*Enginarada [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori] Kuraklık Stresi Ajanı Olarak Mannitol Kullanımı*  
**Tuğce OZSAN KILIC, Timur TONGUR, Ahmet Naci ONUS**

**Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'de Zamana Bağlı Kütle Kayıpları Üzerine Kurutma Metotlarının Etkisi** ..... 657-666  
*Effect of Drying Methods on Time-Dependent Mass Losses in Basil (*Ocimum basilicum* L.)*  
**Mithat AKGÜN, Şevket Metin KARA**





# Asmanın Farklı Fenolojik Gelişim Aşamalarında Gerçekleştirilen Yaprak Alma ve Salkım Seyreltme Uygulamalarının Sürgün Özelliklerine Etkileri

The Effects of Leaf Removal and Cluster Thinning Applications on Shoot Characteristics at Different Phenological Developmental Stages of Vine

Elman BAHAR<sup>1</sup>, İlknur KORKUTAL<sup>2</sup>, Serhan AZSÖZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ  
· ebahar@nku.edu.tr · ORCID > 0000-0002-8842-7695

<sup>2</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ  
· ikorkutal@nku.edu.tr · ORCID > 0000-0002-8016-9804

<sup>3</sup>TÜRAM Tarım Lisesi, İstanbul  
· serhanazsoz@hotmail.com · ORCID > 0000-0001-8960-035X

## Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 25 Ekim/October 2022

**Kabul Tarihi/Accepted:** 03 Ağustos/August 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 441-458

**Atrf/Cite as:** Bahar, E., Korkutal, İ., Azsöz, S. "Asmanın Farklı Fenolojik Gelişim Aşamalarında Gerçekleştirilen Yaprak Alma ve Salkım Seyreltme Uygulamalarının Sürgün Özelliklerine Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 441-458.

**Yazar Notu/ Author Note:** "Bu makale üçüncü yazarın (YÖK Tez No: 632709/Tarih: 22.06.2020) Yüksek Lisans Tezinin bir kısmıdır."

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** İlknur KORKUTAL

## ASMANIN FARKLI FENOLOJİK GELİŞİM AŞAMALARINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN YAPRAK ALMA VE SALKIM SEYRELTME UYGULAMALARININ SÜRGÜN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

### ÖZ

Vejetasyon periyodu içinde yapılan yeşil budama işlemleriyle omcaların vejetatif gelişmesiyle generatif gelişmesi arasında denge kurulmaya çalışılmaktadır. Bu araştırmada Tekirdağ ilinde, Michele Palieri/110R kombinasyonu ile kurulan 10 yaşındaki bağda, omcalar üzerinde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının sürgün özelliklerine etkileri incelenmiştir. Deneme 2018-2019 ve 2019-2020 vejetasyon periyodlarında iki yıl süreyle yürütülmüştür. Üç farklı gelişme döneminde (tane tutumu, iri koruk, ben düşme) gerçekleştirilen dört farklı yaprak alma ve salkım seyreltme uygulaması [kontrol (salkım seyreltme ve yaprak alma yok), salkım seyreltme, yaprak alma, yaprak alma-salkım seyreltme] yapılmıştır. Sürgün özelliklerini belirlemek için; sürgün uzunluğu (cm), sürgün uzama hızı ( $\text{cm } 15 \text{ gün}^{-1}$ ), omca başına budama odunu ağırlığı (vejetatif gelişme durumu) ( $\text{kg omca}^{-1}$ ), vigor (1 yıllık dal ağırlığı) (g), güç, Ravaz İndeksi, toplam budama odunu ağırlığı (kg) ve verim ( $\text{kg omca}^{-1}$ ) kriterleri incelenmiştir. Sonuç olarak yapılan uygulamalar ile vejetatif ile generatif gelişim dengesi (Ravaz İndeksi) ben düşme döneminde sırasıyla salkım seyreltme (9.34), yaprak alma (9.98) ve kontrol (10.44) uygulamalarıyla sağlanmıştır. Bu da sürgün özelliklerine olumlu etkide bulunmuştur. Ayrıca salkım seyreltme ( $13.66 \text{ kg omca}^{-1}$ ) ve yaprak alma ile salkım seyreltme ( $9.89 \text{ kg omca}^{-1}$ ) beklendiği üzere verimi düşürmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Michele Palieri, Salkım Seyreltme, Sofralık Üzüm, Sürgün Özellikleri, Yaprak Alma.



## THE EFFECTS OF LEAF REMOVAL AND CLUSTER THINNING APPLICATIONS ON SHOOT CHARACTERISTICS AT DIFFERENT PHENOLOGICAL DEVELOPMENTAL STAGES OF VINE

### ABSTRACT

During the active growing period, green pruning operations are carried out to establish a balance between the vegetative and generative development of the vines. In this research conducted in the Tekirdağ province, the effects of leaf removal and cluster thinning applications on shoot characteristics were investigated in a 10-year-old vineyard established with the Michele Palieri/110R combination. The experiment was carried out for two years during the 2018-2019 and 2019-2020

vegetation periods. Four different leaf removal and cluster thinning applications [control (no cluster thinning and no leaf removal), cluster thinning, leaf removal, leaf removal-cluster thinning] were performed at three different developmental stages (berry set, bunch closure, veraison). To determine shoot characteristics, shoot length (cm), shoot elongation rate (cm per 15 days), pruning wood weight per vine (vegetative development status) (kg per vine), vigor (weight of one-year-old cane) (g), strength, Ravaz Index, total pruning wood weight (kg), and yield (kg per vine) criteria were examined. As a result, the balance between vegetative and generative development (Index Ravaz) was achieved during the veraison with cluster thinning (9.34), leaf removal (9.98), and control (10.44) applications, respectively. This had a positive effect on shoot characteristics. Additionally, cluster thinning (13.66 kg per vine) and leaf removal-cluster thinning (9.89 kg per vine) reduced the yield as expected.

**Keywords:** cv. Michele Palieri, Cluster Thinning, Table Grape, Shoot Characteristics, Leaf Removal.



## 1. GİRİŞ

Önemli taç yönetimi işlemlerinden olan budama ile asma gelişimiyle doğru orantılı olarak verim ve kalite iyileştirilir. Bağcılıkta ana budama olarak kış budaması kabul edilmekte, ancak asmalar düzenli olarak yaz aylarında da budanmaktadır. Bu şekilde vejetasyon periyodu içinde yapılan yaz budamaları ile asmaların gelişme ve verimleri dengeli bir hale getirilmiş olur (Cataldo ve ark., 2020). Yaz aylarında yapılan yeşil budama uygulamaları arasında salkım seyreltme, tane seyreltme, salkım ucunu alma, yaprak alma, koltuk alma, uç alma, tepe alma, bilezik alma vb. işlemleri sayılabilir (Keller, 2020).

Asmada yaprak alma ile verim ve kalitenin artması hedeflenmektedir (Poni ve ark., 2006). Yaprak almanın etkisi; alınan yaprak sayısı, zamanı, üzüm çeşidi ve iklime göre değişmektedir (Cataldo ve ark., 2021). Yaprak alma; çiçeklenme ile ben düşme arasında gerçekleştirilir (Sabbatini ve Howell, 2010; Nicolosi ve ark., 2012; Baiano ve ark., 2015). Taç içinde kalan yaprak ve salkımların havalanması (Carisse ve Thomas, 2013), fotosentez artışı sağlanarak salkımların daha iyi olgunlaşması (Smart ve Robinson, 2006; Smithyman ve ark., 1998), ayrıca renkli üzüm çeşitlerinde renk oluşumu artırılmaktadır (Dami ve ark., 2005). Tam çiçeklenme öncesinde yaprak alma, asmanın üretim merkezi-tüketim merkezi dengesini önemli ölçüde etkilediğinden salkım sayısında azalma yönünde etkide bulunmaktadır (Risco ve ark., 2013; Frioni ve ark., 2015; Verdenal ve ark., 2017). Tüm bunlarla birlikte eğer çok yoğun yaprak alma yapılırsa salkımlar aşırı güneş ışığına ve yüksek sıcaklığa

maruz kalacağından tanelerde renklenme sorunu ortaya çıkmaktadır (Baiano ve ark., 2015; Cirkovic ve ark., 2019).

Salkım seyreltme ile kalitenin artması amaçlanır. Bilindiği üzere salkım seyreltme; asmanın üretim merkezi-tüketim merkezi dengesini değiştirmektedir (Reynolds ve ark., 1994). Büyük salkımlı çeşitlerde salkım seyreltmenin gerekliliği Bordelon (2017) tarafından vurgulanmıştır. Ayrıca tepe alma ve salkım seyreltme uygulamalarının sadece vejetatif gelişme ile üretim arasındaki denge bozulduğunda ya da bağdaki mikroklima koşullarının iyileştirilmesi amacıyla uygulanabileceği vurgulanmıştır (Canon ve ark., 2014). Bubola ve ark. (2017) verimi düşürüp kaliteyi yükseltmek için salkım seyreltmenin zor bir uygulama olduğunu; bunun yerine daha kolay bir uygulama olan yaprak almanın yapılmasını önermişlerdir (Salvi ve ark., 2017; Ivanisevic ve ark., 2020). Birçok üzüm çeşidinde salkım seyreltmenin verimi düşürdüğü belirlenmiştir (Vicente ve Yuste, 2015; Korkutal ve Kaymaz, 2016; Wang ve ark., 2018; Copp ve ark., 2022).

Belirledikleri 15 anaca aşıladıkları Chardonnay ve Cabernet Sauvignon kalemelerinin gelişme ve verim özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmada Migicovsky ve ark. (2021), yıllara ve aşılanan çeşitlere göre verim, budama odunu ağırlığı ve Ravaz İndeksi değerlerinin değiştiğini belirtmişlerdir. Doğru anaç seçiminin incelenen verim, budama ağırlığı ve Ravaz İndeksi'nde %50'ye varan artış yarattığını saptamışlardır.

Bu çalışmada sofralık üzüm çeşidi olan Michele Palieri'de; farklı fenolojik gelişme dönemlerinde yapılan yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının; sürgün özelliklerine etkileri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma iki yıl süreyle Michele Palieri çeşidinin 110R anacına aşılanmasıyla oluşturulan 10 yaşındaki bağda yürütülmüştür. Bağ 41° 01' K enlemi ile 27° 39' D boylamı koordinatlarındadır. Bağdaki omcaların dikim aralık ve mesafesi 2.5 m x 1.5 m'dir ve 160 cm yüksekliğinde T genişliği 170 cm olan büyük T destek sisteminde Guyot terbiye şekli verilmiştir. Bölge Akdeniz iklimi etkisinde olup; yazları sıcak-kurak, kışları ılık-soğuktur. Yağış genel olarak bahar ile birlikte kış aylarında gerçekleşmektedir. Bölgenin ortalama yıllık yağışı 590 mm olarak verilmiştir (TMM, 2020).

## 2.1. Materyal

### 2.1.1. Michele Palieri

Bilinen iki çeşidin 1958 yılında melezlenmesiyle elde edilmiştir (Alphonse La-vallee x Red Malaga). Sofralık ve çekirdekli olan çeşit İtalya orijinelidir. Tanelerinin rengi morumsu siyah, tanelerinin şekli oval olup çok iridir ve ayrıca taşımaya dayanıklı kalın kabukludur. Kanatlı ve silindirik salkım şekline sahiptir ve sofralık üzüm çeşitlerinde olması gerektiği gibi oldukça seyrek tanelidir. Orta mevsimde olgunlaşan bir çeşit olup; karışık, yarı uzun, uzun budandır (VIVC, 2022).

### 2.1.2. 110R Anacı

Franz Richter tarafından 1902 yılında Berlandieri Resseguier No. 2 ile Rupestris Martin 110 Richter melezlemesinden elde edilen anaç; derin olmayan killi topraklara uygun, kurağa ve aktif kirece (%17) oldukça dayanıklıdır. Köklenmesi %20'ye kadar düşmekle birlikte, bağda aşılama iyi sonuç verir. Kuvvetli bir anaç olduğundan, aşılama çeşidin olgunlaşmasını geciktirebilir (PlantGrape, 2022).

## 2.2. Yöntem

Deneme kurulumundan önce omcadaki yenileme ve ürün dalı sayısı belirlenmiştir. Bağda homojenliği sağlamak amacıyla; denemeye dahil edilen bağ sırası yanındaki bir sıra deneme dışı bırakılmıştır. Ayrıca tekerrürlerdeki ilk on ve son on omca kenar etkisini gidermek amacıyla deneme dışında bırakılmıştır. Sonra 72 adet birbirine benzer özellikteki omca seçilmiştir. Deneme, Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme Deseninde ve 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 2 adet omca olacak şekilde tesis edilmiştir. Her parselde bir gelişme dönemi (tane tutumu, iri koruk, ben düşme) ve her alt parselde bir yaz budaması konusu (kontrol, yaprak alma ve salkım seyreltme) oluşturulmuştur. Kış budaması yarı uzun yani 8-10 göz üzerinden yapılmıştır. Sürgünler ~120 cm olduğu dönemde her omca ~24 adet sürgün ve ~35 adet salkıma eşitlenmiştir. Taneler bezelye iriliğinde iken sürgünler ~150 cm uzunluğunda iken tepe alınmış ve bu şekilde sürgün uzunlukları eşit hale getirilmiştir. Parseller tane tutumu (T), iri koruk (İ) ve ben düşme (B) fenolojik gelişme aşamalarından oluşturulmuştur. Fenolojik gelişme aşamaları Coombe (1995) skalasına göre belirlenmiştir. Alt parseller ise; kontrol, salkım seyreltme (S), yaprak alma (Y) ve yaprak alma-salkım seyreltme (Y+S) şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 1).



**Şekil 1.** Yaprak alma ve salkım seyreltme işlemleri (Serhan Azsöz Orijinal fotoğraf, 2019)

**Figure 1.** Leaf removal and cluster thinning applications (Original photography by Serhan Azsöz, 2019)

**Kontrol:** Bu uygulamada salkım ve yapraklara herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

**Salkım Seyreltme (S):** Belirlenen üç dönemde (tane tutumu, iri koruk ve ben düşme) salkımların %50'si alınmıştır.

**Yaprak Alma (Y):** Üç gelişme döneminde koltuk sürgünlerinin ilk 3-4 yaprağı ve ilk salkıma kadar olan alt ana yapraklar alınmıştır.

**Yaprak Alma-Salkım Seyreltme (Y+S):** Salkım seyreltme ve yaprak alma uygulamaları bu gruptaki omcalara birlikte uygulanmıştır.

**Tane Tutumu (EL 27):** Tane tutumunun %50 olarak görüldüğü; 2018 yılında 157. Takvim günü ve 2019 yılında 166. Takvim gününde,

**İri Koruk (EL 31):** Salkımların %50'si iri koruk görünümünde iken 2018 yılında 177. Takvim gününde ve 2019 yılında 186. Takvim gününde,

**Ben Düşme (EL 35):** Salkımdaki tanelerin %50'sinde ben düşmenin gerçekleştiği 2018 yılında 206. Takvim gününde ve 2019 yılında 215. Takvim gününde gerçekleştirilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Elde edilen ve iki yıla ait veriler JMP 13.2 (JMP Statistical Discovery LLC, UK) istatistiksel programı ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen yaz budamaları ve dönemleri arasındaki farklılıklar  $LSD_{(0,05)}$  testi ile ortaya konmuştur.

## Araştırmada İncelenen Kriterler

**İklim Verileri:** İl Meteoroloji Müdürlüğü'nden (TMM, 2020) alınmıştır.

**Sürgün Uzunluğu (cm):** Omca başına seçilen 1 sürgünün boyu (uç alma işlemine kadar) haftalık olarak ölçülmüştür (Bahar ve ark., 2008).

**Sürgün Uzama Hızı (cm hafta<sup>-1</sup>):** Bu sürgünlerin uzunluk değeri önceki haftanın değerinden çıkarılarak elde edilmiştir (Bahar ve ark., 2008).

**Omca Başına Budama Odunu Ağırlığı (Vejetatif gelişme durumu) (kg asma<sup>-1</sup>):** Yaprak dökümünden sonra, budanan omcadan alınan dallar tartılmış ve omca başına kg cinsinden kaydedilmiştir (Bahar ve ark., 2008) (Şekil 2).

**Bir Yıllık Dal Ağırlığı (Vigor) (g):** Budamadan sonra tartılan toplam ağırlığın toplam dal sayısına<sup>-1</sup> oranıdır. Kısacası bir tek dalın ağırlığıdır (Carbonneau, 1998). Ağırlığa göre; <10 g çok zayıf, 20-40 g orta kuvvetli ve >60 g çok kuvvetli olarak sınıflanmıştır (Smart ve ark., 1990).

**Güç:** Bağda üretilen toplam kuru madde ağırlığı olup,

$$\text{Güç} = (\text{Budama odunu ağırlığı} \times 0.5) + (\text{Verim} \times 0.2) \quad (1)$$

formülüyle (Eşitlik 1) belirlenmiştir (Carbonneau, 1998).



**Şekil 2.** Kış budaması ve budama odunu ağırlığı ölçümü (Serhan Azsöz Orijinal fotoğraf, 2019)

**Figure 2.** Winter pruning and pruning weight measuring (Original photography by Serhan Azsöz, 2019)



**Ravaz İndeksi (Rİ):** Elde edilen verimin (kg) budama odunu ağırlığına (kg) bölünmesi ile belirlenmiştir. Vejetatif-generatif gelişme dengeli ise bu değer 5-10 arasındadır. Vejetatif gelişmenin fazlalığı halinde  $<5$  ve generatif gelişmenin (verim) fazlalığı halinde de  $>10$  şeklinde ifade edilmektedir (Ravaz, 1903; Smart ve ark., 1990).

**Toplam Budama Odunu Ağırlığı (kg):** Omca başına elde edilen budama odunu ağırlığı değerlerinin bir dekarda bulunan omca sayısı ile çarpılmasından elde edilmiştir (Bahar ve ark., 2008).

**Verim (kg omca<sup>-1</sup>):** Denemedeki omcalar tek tek hasat edilmiş ve kg cinsinden verim kaydedilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. İklim Verileri

Tekirdağ ili ortalama sıcaklık verileri, 2018 yılında 15.53°C ve 2019 yılında ise 15.61°C olarak kaydedilmiştir. Bu verilerin uzun yıllar ortalamasından 14.08°C yüksek olduğu görülmüştür. Toplam yağış miktarı, 2018 ve 2019 yılında sırasıyla 675.00 mm ve 334.60 mm'dir. Bu değer (589.10 mm) 2018 yılında arttığı, 2019 yılında da düşük olduğu saptanmıştır. 2018 yılı oransal nem ortalaması %76.26 ve 2019 yılı da %70.49 olmuştur (Korkutal ve ark., 2021).

#### 3.2. Sürgün Uzunluğu (cm)

2018 yılının Uygulama Ana Etkisi (UE) ve UE x DE (Uygulama Ana Etkisi x Dönem Ana Etkisi)'nin istatistiki olarak önemli olduğu ( $p>0.05$ ), ancak DE (Dönem Ana Etkisi) bakımından önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 1). UE açısından tüm uygulamaların (S=Salkım Seyreltme, Y=Yaprak alma ve Y-S=Yaprak alma-Salkım seyreltme) birinci önem grubunda, sadece Kontrol uygulamasının ikinci önem grubunda olduğu bulunmuştur. 2018 yılında interaksiyonlar açısından Y x İ (167.33 cm), Y-S x İ (167.00 cm), Y-S x T (167.00 cm) ve S x İ (164.67 cm) ilk grupta; Kontrol x T (140.00 cm) interaksiyonu da son grupta yer almıştır.



**Çizelge 1.** Sürgün uzunluğuna (cm) farklı gelişme dönemlerinde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri (2018)

**Table 1.** Defoliation and bunch thinning in different period in two consecutive years effects on shoot length (2018)

Dönem	Uygulama				Dönem Ana Etkisi
	Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	
Tane Tutumu	140.00 c	155.00 abc	159.67ab	167.00 a	155.42
İri Koruk	146.00 bc	164.67 a	167.33 a	167.00 a	161.25
Ben Düşme	155.67 abc	160.67 ab	155.00 abc	151.00 abc	155.58
Uygulama Ana Etkisi	147.22 B	160.11 A	160.67 A	161.67 A	

Uygulama Ana Etkisi  $p>0.05= 9.7$ ; Uygulama Ana Etkisi x Dönem Ana Etkisi  $p>0.05= 16.8$

**Çizelge 2.** Sürgün uzunluğuna (cm) farklı gelişme dönemlerinde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri (2019)

**Table 2.** Defoliation and bunch thinning in different period in two consecutive years effects on shoot length (2019)

Dönem	Uygulama				Dönem Ana Etkisi
	Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	
Tane Tutumu	132.00 f	138.33 def	150.00 abcde	146.67 abcde	141.75
İri Koruk	156.67 ab	158.33 a	143.00 cdef	154.00 abc	153.00
Ben Düşme	157.00 ab	137.67 ef	145.33 bcde	151.00 abcd	147.75
Uygulama Ana Etkisi	148.55	144.77	146.11	150.55	

Uygulama Ana Etkisi x Dönem Ana Etkisi  $p>0.05= 12.5$

2019 yılında UE x DE interaksiyonları  $p>0,05$  seviyesinde önemli olurken DE ve UE'nin  $p>0.05$  seviyesinde önemsiz olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). 2019 yılında S x İ (158.33 cm) interaksiyonu birinci, Kontrol x T (132.00 cm) interaksiyonunun sonuncu grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Araştırma bulguları; Tekirdağ'da Merlot üzüm çeşidinde yaptıkları yaprak alma uygulamaları sonucunda sürgün uzunluklarının değişmediğini belirten Candar ve ark. (2018) bulgularıyla aynı yöndedir. Her iki yılın sürgün uzunluğu değerlerinin birbirine yakın yani omcalar arasında gelişimin homojen olduğu; ancak her iki yıl için de S uygulamasının sürgün gelişimine pozitif etkide bulunduğu belirlenmiştir.

### 3.3. Sürgün Uzama Hızı (cm/hafta)

Ölçülen sürgünlerin uzama hızı haftalık olarak değerlendirildiğinde 2018 yılında 13.00-22.25 cm aralığında bulunmuştur. 2018 yılında ben düşme döneminde sürgün uzamasının daha hızlı olduğu ve bunu iri koruk ve tane tutumu dönemlerinin izlediği kaydedilmiştir. 149.-156. günler ile karşılaştırıldığında 156-163 takvim günlerinin sürgün uzama hızının daha fazla olduğu saptanmıştır. 2019 yılı sürgün uzama hızı en düşük ve en yüksek 16.50-28.75 cm aralığında bulunmuştur. Bu yılda en yüksek sürgün uzama hızı tane tutumu döneminde olmuş; bunu ben düşme ve iri koruk dönemleri takip etmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Sürgün uzama hızına (cm) iki yılda farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri

**Table 3.** Defoliation and bunch thinning in different period in two consecutive years effects on shoot elongation rate

Dönem	2018		2019	
	149-156 Takvim Günü	156-163 Takvim Günü	153-167 Takvim Günü	167-174 Takvim Günü
Tane Tutumu	14.00	15.00	26.00	28.75
İri Koruk	13.00	22.00	22.25	16.50
Ben Düşme	15.50	22.25	28.00	19.00
Ortalama	14.17	19.75	25.42	21.42

### 3.4. Omca Başına Budama Odunu Ağırlığı (Vejetatif Gelişme Durumu) (kg omca<sup>-1</sup>)

Yıl Ana Etkisi (YE) ve Uygulama Ana Etkisi'nin vejetatif gelişme durumuna önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir. Ancak DE ve UE x DE interaksiyonuna istatistik olarak önemli etki yapmadığı görülmüştür (Çizelge 4).

Yıl Ana Etkisi açısından 2018 yılının 2019 yılından daha yüksek vejetatif gelişme durumuna sahip olduğu belirlenmiştir. UE incelendiğinde istatistiki olarak ( $p>0.05$ ) önemli bulunmuş, Kontrol (20.55 kg omca<sup>-1</sup>) ve Y (19.17 kg omca<sup>-1</sup>) uygulaması en yüksek değere sahip olup ilk önem grubunda yer almıştır. Bunu, 15.72 kg omca<sup>-1</sup> değeriyle S uygulaması izlemiş ve son grupta Y-S (11.76 kg omca<sup>-1</sup>) uygulamasının olduğu kaydedilmiştir.

**Çizelge 4.** Vejetatif gelişme durumuna (kg asma<sup>-1</sup>) farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri

**Table 4.** Defoliation and bunch thinning in different period effects on vegetative development

Dönem	Yıl	Uygulama				Ana Etkiler		
		Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	Dönem Ana Etkisi	Yıl Ana Etkisi	
Tane Tutumu	2018	19.33	12.32	16.82	13.16	15.95		
	2019	15.95	16.78	24.45	8.83			
	Yıl Ort.	17.64	14.55	20.63	10.99			
İri Koruk	2018	30.03	14.62	15.52	11.87	16.89	18.31 A (2018)	15.28 B (2019)
	2019	17.31	18.24	18.72	8.81			
	Yıl Ort.	23.67	16.43	17.12	10.34			
Ben Düşme	2018	24.63	19.23	26.07	16.19	17.56		
	2019	16.03	13.15	13.46	11.68			
	Yıl Ort.	20.33	16.19	19.76	13.94			
Uygulama Ana Etkisi		20.55 a	15.72 b	19.17 a	11.76 c			

Yıl Ana Etkisi  $p>0.05=1.5$ ; Uygulama Ana Etkisi  $p>0.05=2.8$

### 3.5. Bir Yıllık Dal Ağırlığı (Vigor) (g)

Yaprak alma ve salkım seyreltmenin vigora etkisi Çizelge 5'te verilmiş ve YE'nin önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 5.** Bir yıllık dal ağırlığına (Vigor) (g) farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri

**Table 5.** Defoliation and bunch thinning in different period effects on vigor

Dönem	Yıl	Uygulama				Ana Etkiler		
		Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	Dönem Ana Etkisi	Yıl Ana Etkisi	
Tane Tutumu	2018	65.97	65.71	97.12	83.48	65.85		
	2019	50.39	49.34	54.05	60.74			
	Yıl Ort.	58.18	57.53	75.59	72.11			
İri Koruk	2018	94.73	77.46	78.35	67.06	67.30	80.81	51.48
	2019	63.39	49.63	48.34	59.45		A	B
	Yıl Ort.	79.06	63.54	63.34	63.26		(2018)	(2019)
Ben Düşme	2018	80.68	87.41	80.70	91.16	65.30		
	2019	40.61	53.59	42.94	45.32			
	Yıl Ort.	60.65	70.50	61.82	68.24			
Uygulama Ana Etkisi		65.96	63.86	66.92	67.87			

Yıl Ana Etkisi  $p > 0.05 = 7.7$

Bir yıllık dal ağırlığı değerlerinin 40.61 g (Ben düşme x Kontrol x 2019) - 94.73 g (İri Koruk x Kontrol x 2018) arasında değiştiği; skala değeri 40-60 g kuvvetli ve 60 g'dan fazla olduğunda çok kuvvetli olarak değerlendirildiğinden (Carbonneau, 1998) omcaların kuvvetli bir gelişim gösterdiği saptanmıştır. YE açısından incelendiğinde 2018 (80.81 g) yılında çok kuvvetli, 2019 (51.48 g) yılında da orta kuvvetli bir gelişim olduğu belirlenmiştir. Asma vigorunun iklim, ışık alımı ve/veya sıcaklıktan etkilendiği unutulmamalıdır (Bonilla ve ark., 2015).

### 3.6. Güç

Güç değerleri açısından YE, UE ve DE istatistik olarak önemli görülmüştür (Çizelge 6). YE incelendiğinde 2018 yılının 2019 yılından yüksek güç değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. 2018 yılı hem veriminin hem de budama odunu ağırlığının 2019 yılına kıyasla fazla oluşu bakımından yüksek güç değerine sahip olmuştur. UE açısından farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak ve salkım seyreltme uygulamaları sonunda S (4.92) ve Kontrol (4.70) uygulamalarının en yüksek değerle aynı önem grubunda yer aldığı saptanmıştır. Bunu, Y (4.47) uygulaması izlemiş ve son önem grubunda da Y-S (3.89) uygulaması yer almıştır. Dönem Ana Etkisi açısından da B dönemi (4.78) en yüksek değerde ve birinci grupta, İ (4.44) ve T döneminin de (4.26) aynı grupta yer alarak ikinci sırada olduğu bulunmuştur.

**Çizelge 6.** Güç değerine farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri

*Table 6. Defoliation and bunch thinning in different period effects on puissance*

Dönem	Yıl	Uygulama				Ana Etkiler	
		Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	Dönem Ana Etkisi	Yıl Ana Etkisi
Tane Tutumu	2018	4.49	4.75	4.50	5.34	4.26 AB	
	2019	3.60	3.85	5.37	2.21		
	Yıl Ort.	4.05	4.30	4.94	3.77		
İri Koruk	2018	6.74	5.87	3.87	4.46	4.44 AB	5.49 A 3.49 B
	2019	3.98	4.14	4.17	2.26		
	Yıl Ort.	5.36	5.01	4.02	3.36		(2018) (2019)
Ben Düşme	2018	5.82	7.85	5.85	6.36	4.78 A	
	2019	3.54	3.07	3.06	2.71		
	Yıl Ort.	4.68	5.46	4.45	4.53		
Uygulama Ana Etkisi		4.70 a	4.92 a	4.47 ab	3.89 b		

Yıl Ana Etkisi  $p > 0.05 = 0.3$ ; Dönem Ana Etkisi  $p > 0.05 = 0.3$ ; Uygulama Ana Etkisi  $p > 0.05 = 0.7$

### 3.7. Ravaz İndeksi (Ri)

Ravaz indeksi üzerine DE ve UE ( $p>0.05$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 7). UE önemlidir; Kontrol (10.44), Y (9.98) ve S (9.34) uygulamaları en yüksek değerde ve etkide bulunmuştur. Uygulamaların ana etkisi açısından Y-S (7.59)'nin en düşük etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. DE bakımından B (ben düşme) dönemi (10.23) ilk, İ (iri koruk) dönemi (9.37) ikinci ve T (tane tutumu) dönemi (8.42) ise son önem grubunda yer almıştır. Ravaz İndeksi değerinin 5-10 arasında olması nedeniyle (Ravaz, 1903; Smart ve ark., 1990) omcaların ve dolayısıyla bağın dengeli bir gelişim içinde olduğu söylenebilir. Bu sonuç Candar ve ark. (2018) ile paralel bulunmuştur. 2018 ve 2019 yıllarında gelişimin dengeli olduğu, ancak üst sınıra da oldukça yakın olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

**Çizelge 7.** Ravaz İndeksine farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri

**Table 7.** Defoliation and bunch thinning in different period effects on Index Ravaz

Dönem	Yıl	Uygulamalar				Ana Etkiler	
		Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	Dönem Ana Etkisi	Yıl Ana Etkisi
Tane Tutumu	2018	8.28	6.89	5.42	8.09	8.42 B	
	2019	10.73	8.89	14.18	4.88		
	Yıl Ort.	9.50	7.89	9.80	6.49		
İri Koruk	2018	11.05	11.09	7.05	9.32	9.37	9.10
	2019	9.02	10.32	12.84	4.28		
	Yıl Ort.	10.03	10.70	9.95	6.80		
Ben Düşme	2018	10.13	11.07	10.31	10.52	10.23 A	
	2019	13.46	7.78	10.09	8.45		
	Yıl Ort.	11.79	9.43	10.20	9.48		
Uygulama Ana Etkisi		10.44 a	9.34 a	9.98 a	7.59 b		

Dönem Ana Etkisi  $p>0.05 = 1.3$ ; Uygulama Ana Etkisi  $p>0.05 = 1.5$

### 3.8. Toplam Budama Odunu Ağırlığı (kg)

Sadece Yıl Ana Etkisi ( $p>0.05$ ) toplam budama odunu ağırlığı üzerine önemli etkide bulunmuştur (Çizelge 8). 2018 yılının 2.27 kg değeri ile 2019 yılından (1.47 kg) daha yüksek budama odunu ağırlığı değeri aldığı belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2018)'nin İ ve B dönemlerinde yaptıkları salkım seyreltme uygulamalarının, toplam budama odunu ağırlığı değerlerini artırdığı bulgusu ile benzer sonuca erişilmemiştir. Bu çalışmada uygulamalar arasında istatistiki olarak fark olmadığı, ancak T döneminin diğer dönemlerden daha olumlu etki yapmış olabileceği görülmüştür. Bu farkın çeşit ve terroir kökenli olabileceği düşünülmüştür. Uygulamalar arasından da Y'nın toplam budama odunu ağırlığını artırma yönünde etkide bulunduğu, ancak bunun istatistik olarak fark yaratmadığı belirlenmiştir. Ayrıca bulguların deneme yılının budama odunu ağırlığı üzerine %52.04 oranında etki yaptığını belirten Migicovsky ve ark. (2021) ile aynı yönde olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 8.** Toplam budama odunu ağırlığına (kg) farklı dönemlerde gerçekleştirilen yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının etkileri

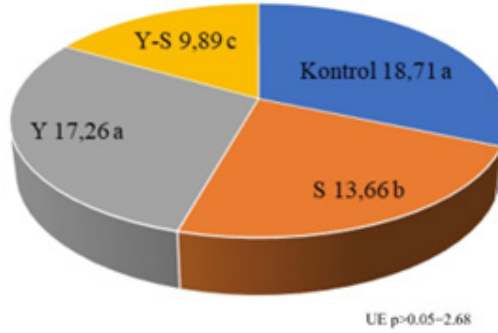
**Table 8.** Defoliation and bunch thinning in different period effects on total pruning weight

Dönem	Yıl	Uygulamalar				Ana Etkiler	
		Kontrol (K)	Salkım Seyreltme (S)	Yaprak Alma (Y)	Yaprak Alma+Salkım Seyreltme (Y+S)	Dönem Ana Etkisi	Yıl Ana Etkisi
Tane Tutumu	2018	2.11	1.98	2.86	2.53	1.95	
	2019	1.37	1.65	1.61	1.47		
	Yıl Ort.	1.74	1.81	2.24	2.00		
İri Koruk	2018	2.48	2.15	2.05	1.89	1.88	2.27 A (2018)
	2019	1.75	1.65	1.43	1.67		
	Yıl Ort.	2.11	1.90	1.74	1.78		
Ben Düşme	2018	2.19	2.41	2.28	2.39	1.79	
	2019	1.11	1.47	1.22	1.24		
	Yıl Ort.	1.65	1.94	1.75	1.82		
Uygulama Ana Etkisi		1.83	1.89	1.91	1.86		

Yıl Ana Etkisi  $p>0.05 = 0.1$

### 3.9. Verim (kg omca<sup>-1</sup>)

Asma başına verime YE ve UE'nin istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 3). 2018 yılının verimi (15.95 kg omca<sup>-1</sup>), 2019 yılından (13.81 kg omca<sup>-1</sup>) yüksek bulunmuştur. Bu bulgunun Migicovsky ve ark. (2021)'nin verime yıl ana etkisinin %41.72 olduğu bulgusu ile benzerlik içinde olduğu görülmüştür. UE bakımından Kontrol (18.71 kg omca<sup>-1</sup>) ile Y (17.66 kg omca<sup>-1</sup>) uygulamaları birinci; S (13.66 kg omca<sup>-1</sup>) ikinci ve son önem grubunda Y-S (9.89 kg/omca) uygulamasının yer aldığı tespit edilmiştir (Korkutal ve ark., 2021).



**Şekil 3.** Yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının asma başına verime etkileri (kg omca<sup>-1</sup>)

**Figure 3.** Defoliation and bunch thinning effects on yield per vine

(Y: Yaprak Alma, S: Salkım Seyreltme, Y-S: Yaprak Alma-Salkım Seyreltme, UE: Uygulama Ana Etkisi)

## SONUÇ

Michele Palieri çeşidinde sürgün özellikleri incelendiğinde vejetatif-generatif gelişimin dengeli olduğu görülmüştür. Vigor bakımından 2018 yılı çok kuvvetli; 2019 yılı ise orta kuvvette gelişim göstermiştir. Güç ve vejetatif gelişme açısından ben düşme döneminde; salkım seyreltme ile kontrol uygulamalarının etkisinin daha çok olduğu kaydedilmiştir. Sonuç olarak; ben düşme döneminin diğer dönemlere kıyasla sürgün özelliklerinde farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır. Ayrıca yapılan salkım seyreltme ve kontrol uygulamalarıyla da bu fark görülmüştür. Sürgün özelliklerinin istenilen seviyede olması için ben düşme döneminde salkım seyreltme yapılması, ancak o yılın verimi düşük ise yapılmaması tavsiye edilmiştir.



## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: İK (%30), EB (%50), SA (%20)

Veri Toplanması: İK (%10), EB (%30), SA (%60)

Veri Analizi: İK (%20), EB (%70), SA (%10)

Makalenin Yazımı: İK (%50), EB (%30), SA (%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: İK (%80), EB (%20)

## KAYNAKLAR

- Bahar, E., Korkutal, İ., Kök, D., 2008. Hidroponik Kültür ve fidanlık koşullarında yetiştirilen aşıllı asma fidanlarının karbonhidrat ve azot içerikleri ile bağdaki tutma performansları üzerine araştırmalar. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2): 15-26.
- Baiano, A., de Gianni, A., Previtali, M.A., del Nobile, M.A., Novello, V., de Palma, L., 2015. Effects of defoliation on quality attributes of Nero di Troia (*Vitis vinifera* L.) grape and wine. Food Research International, 75: 260-269. doi:10.1016/j.foodres.2015.06.007.
- Bonilla, I., de Toda, F.M., Martínez-Casasnovas, J.A., 2015. Vine vigor, yield and grape quality assessment by airborne remote sensing over three years: Analysis of unexpected relationships in cv. Tempranillo. Spanish Journal of Agricultural Research, 13(2): e0903. doi:10.5424/sjar/2015132-7809Instituto
- Bordelon, B., 2017. Shoot and cluster thinning grapes. Facts for Fancy Fruit, 12 May Issue Purdue University. Available from <https://fff.hort.purdue.edu/article/shoot-and-cluster-thinning-grapes/> (Erişim tarihi: 02.09.2022).
- Bubola, M., Sivilotti, P., Janjanin, D., Poni, S., 2017. Early leaf removal has a larger effect than cluster thinning on grape phenolic composition in cv. Teran. American Journal of Enology and Viticulture, 68(2): 234-242. doi:10.5344/ajev.2016.16071
- Candar, S., Korkutal, İ., Bahar, E., 2018. Changes of vine water status and growth parameters under different canopy management on cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.). Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 19(1): 1-15. doi:10.33462/jotaf.795232
- Canon, P.M., Gonzales, A.S., Alcalde, J.A., Bordeu, E., 2014. Red wine phenolic composition: the effects of summer pruning and cluster thinning. Ciencia e Investigacion Agraria, 41(2): 235-248. doi:10.4067/S0718-16202014000200010
- Carbonneau, A., 1998. Aspects qualitatifs. 258-276. In: Tiercelin, JR(Ed), Traite d'irrigation. Tec. & Doc. Lavoisier Ed., Paris, 1011p.
- Carisse, O., Thomas, V.M., 2013. Epidemiology of grape anthracnose: factors associated with defoliation of grape leaves infected by *Elsinoë ampelina*. Plant Disease, 97(2): 222-230. doi:10.1094/PDIS-04-12-0393-RE
- Cataldo, E., Salvi, L., Sbraci, S., Storchi, P., Mattii, G.B., 2020. Sustainable viticulture: Effects of soil management in *Vitis vinifera*. Agronomy, 10(12): 1949. doi:10.3390/agronomy10121949
- Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Mattii, G.B., 2021. Effects of defoliation at fruit set on vine physiology and berry composition in Cabernet Sauvignon grapevines. Plants, 10(6): 1183. doi:10.3390/plants10061183
- Cirkovic, D., Matijasevic, S., Deletic, N., Cirkovic, B., Gasic, U., Sredojevic, M., Jovanovic, Z., Djuric, V., Tesic, Z., 2019. The effect of early and late defoliation on phenolic composition and antioxidant properties of Prokupac variety grape berries (*Vitis vinifera* L.). Agronomy, 9(12): 822. doi:10.3390/agronomy9120822

- Copp, C.R., Achala, N.K.C., Levin, A.D., 2022. Cluster thinning does not improve fruit composition in grapevine Red Blotch Virus-infected *Vitis vinifera* L. American Journal of Enology and Viticulture, 73(1): 56-66. doi:10.5344/ajev.2021.21016
- Coombe, B.G., 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. Australian Journal of Grape and Wine Research 1: 100-110.
- Dami, I., Bordelon, B., Ferree, D. C., Brown, M., Ellis, M.A., Williams, R.N., Doohan, D., 2005. Midwest grape production guide, Bulletin 919. Ohio State University Extension, TDD No: 800-589-8292. USA. 155p.
- Frioni, T., Acimovic, D., Vanderweide, J., Tombesi, S., Palliotti, A., Gatti, M., Sabbatini, P., 2015. Whole-canopy source-sink balance at bloom dictates fruit set in cv. Pinot noir subjected to early leaf removal source. American Journal of Enology and Viticulture, 70(4), 411-419. doi:10.5344/ajev.2019.19004
- Ivanisevic, D., Kalajdzic, M., Drenjancevic, M., Puskas, V., Korac, N., 2020. The impact of cluster thinning and leaf removal timing on the grape quality and concentration of monomeric anthocyanins in Cabernet-Sauvignon and Probus (*Vitis vinifera* L.) wines. OENO One, 54(1): 63-74. doi:10.20870/oeno-one.2020.54.1.2505
- Keller, M., 2020. The science of grapevines: Anatomy and physiology. Third Edition, Academic Press. 522p. doi:10.1016/C2017-0-04744-4
- Korkutal, İ., Kaymaz, Ö., 2016. Viognier (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde farklı sıra yönleri ve salkım seyreltme uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. Bahçe Özel Sayı: VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri. Cilt:II, Sebzeçilik-Bağcılık-Süs Bitkileri: 599-606. 25-29 Ağustos, Çanakkale.
- Korkutal, İ., Bahar, E., Azsöz, S., 2021. Michele Palieri üzüm çeşidinde farklı zamanlarda yapılan yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının salkım özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 26(2): 376-386. doi:10.37908/mkutbd.908853
- Migicovsky, Z., Cousins, P., Jordan, L.M., Myles, S., Striegler, R.K., Verdegaal, P., Chitwood, D.H., 2021. Grapevine rootstocks affect growth-related scion phenotypes. American Society of Plant Biologists, 5:e00324. doi:10.1002/pld3.324
- Nicolosi E., Continella A., Gentile A., Cicala A., Ferlito F., 2012. Influence of early leaf removal on autochthonous and international grapevines in Sicily. Scientia Horticulturae, 146: 1-6. doi:10.1016/j.scienta.2012.07.033
- PlantGrape, 2022. Catalogue of vines grown in France. Available from <http://plantgrape.plantnet-project.org/en/porte-greffe/110%20Richter> (Erişim tarihi: 02 Ekim 2022).
- Poni, S., Casalina, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., Intriery, C., 2006. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. American Journal of Enology and Viticulture, 57: 397-407.
- Ravaz, L., 1903. Sur la brunissure de la vigne. Les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences 136, 1276-1278.
- Reynolds, A.G., Price, S.F., Wardle, D.A., Watson, B.T., 1994. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. I. Vine performance and fruit composition in British Columbia. American Journal of Enology and Viticulture, 45: 452-459.
- Risco, D., Perez, D., Yeves, A., Castel, J.R., Intrigliolo, D.S., 2013. Early defoliation in a temperate warm and semi-arid Tempranillo vineyard: vine performance and grape composition. Australian Journal of Grape and Wine Research, 20(1): 111-122. doi:10.1111/ajgw.12049
- Sabbatini, P., Howell, G.S., 2010. Effects of early defoliation on yield, fruit composition, and harvest season cluster rot complex of grapevines. HortScience, 45 (12): 1804-1808. doi:10.21273/HORTSCI.45.12.1804
- Salvi, L., Cataldo, E., Mattii, G.B., 2017. Leaf removal and cluster thinning trials in 'Foglia Tonda' grapevine. Acta Horticulturae, 1188: 105-111. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1188.14
- Smart, R.E., Dick, J.K., Gravett, I.M., Fisher, B.M., 1990. Canopy management to improve grape yield and wine quality-principles and practices. South African Journal of Enology and Viticulture, 11(1): 3-17. doi:10.21548/11-1-2232
- Smart, R.E., Robinson, M., 2006. Sunlight into Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management. Winetitles, Adelaide, Australia. 88 p.
- Smithyman, R.P., Howell, G.S., Miller, D.P., 1998. The use of competition for carbohydrates among vegetative and reproductive sinks to reduce fruit set and *Botrytis* bunch rot in Seyval Blanc grapevines. American Journal of Enology and Viticulture, 49: 163-170.
- TMM, 2020. Tekirdağ İli Meteorolojik Verileri, Tekirdağ-Türkiye.
- Verdenal, T., Zufferey, V., Dienes-Nagy, A., Gindro, K., Belcher, S., Lorenzini, F., Rosti, J., Koestel, C., Spring, J.L., Viret, O., 2017. Pre-flowering defoliation affects berry structure and enhances wine sensory parameters. OENO One, 51(3). doi:10.20870/oeno-one.2017.51.2.1808
- Vicente, A., Yuste, J., 2015. Cluster thinning in cv. Verdejo rainfed grown: Physiologic, agronomic and qualitative effects, in the D.O. Rueda (Spain). BIO Web of Conferences. Volume 5, 01020 (2015). doi:10.1051/bioconf/20150501020
- VIVC, 2022. Vitis International Variety Catalogue. Available from <https://www.vivc.de/index.php?r=passport%2F-view&id=7704> (Erişim tarihi: 24 Eylül 2022).
- Wang, Y., He, Y.N., Chen, W.K., He, F., Chen, W., Cai, X.D., Duan, C.Q., Wang, J., 2018. Effects of cluster thinning on vine photosynthesis, berry ripeness and avonoid composition of Cabernet Sauvignon. Food Chemistry, 248: 101-110. doi:10.1016/j.foodchem.2017.12.021





## Kestane Çeşitlerinin Azot Özümleme Kapasitesinin Değerlendirilmesi

### Evaluation of Nitrogen Assimilation Capacity of Chestnut Cultivars

Başak MÜFTÜOĞLU<sup>1</sup>, Ayşegül AKPINAR<sup>2</sup>, Cevriye MERT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa  
· basakmuftuoğlu@gmail.com · ORCID > 0000 0003 1059 7042

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa  
· aysegulakpinar@uludag.edu.tr · ORCID > 0000 0002 4606 0645

<sup>3</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa  
· cevmer@uludag.edu.tr · ORCID > 0000 0003 3092 5023

#### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 25 Ocak/January 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 04 Temmuz/July 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 459-472

**Atıf/Cite as:** Müftüoğlu, B., Akpınar, A., Mert, C. "Kestane Çeşitlerinin Azot Özümleme Kapasitesinin Değerlendirilmesi"  
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 459-472.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Başak MÜFTÜOĞLU

## KESTANE ÇEŞİTLERİNİN AZOT ÖZÜMLEME KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### ÖZ

Azot metabolizması bitkilerin temel fizyolojik süreçlerinden biridir ve büyüme ile doğrudan ilişkilidir. Azot metabolizmasında anahtar enzim olan Nitrat Redüktaz'ın (NR) aktivitesi, nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) kaynaklı azot alınımının bir göstergesi olarak kabul edilir. Bitkiler azotu topraktan nitrat ya da amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) olarak alabilir, ancak hangi azot kaynağının bitkinin büyüme ve gelişiminde etkili olduğu bitkiye göre değişiklik gösterir. Bu çalışmanın amacı, aynı ekolojik koşullar altında yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerde seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan dört kestane çeşidinde ('Alimolla', 'Sarıkestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') azot özümleme kapasitesi ve NR aktivitesinin varlığının belirlenmesidir. Bu amaçla, çeşitlerden Mayıs-Ekim ayları arasında aylık alınan yaprak örneklerinde kuru ağırlık, klorofil (SPAD), toplam azot (N) içeriği ve NR aktivitesi belirlenmiştir. Ayrıca örnek alım zamanında çeşitlerin fenolojik evreleri de kayıt edilmiştir. İncelenen parametreler dönemsel olarak istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. Kestane çeşitlerinin azot özümleme yeteneğinin birbirinden farklı olduğu, toplam azot içeriğinin 'Alimolla' çeşidinde en yüksek, 'Sarıkestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek' çeşitlerinde ise benzer düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toplam azot içeriği ağaç biyokütlesi ile ilişkili bulunmuş ve 'Alimolla' çeşidinde ağaç hacmi ve ağaç gövde çapının en yüksek boyutlarda olduğu saptanmıştır. Kestane çeşitlerinde NR aktivitesinin varlığı belirlenmiş, en yüksek NR aktivitesinin 'Erfelek' çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. NR, nitrat varlığına duyarlı bir enzim olduğu için, kestane çeşitlerinde nitrat kaynaklı gübrelemenin etkili olacağı düşünülmektedir. Kestane çeşitlerinin fizyolojik özelliklerinin ortaya çıkarılması ve işleyişinin öğrenilmesi açısından bulgular önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Azot Asimilasyonu, Biyokütle, Kestane, Nitrat Redüktaz Aktivitesi (NRA).



## EVALUATION OF NITROGEN ASSIMILATION CAPACITY OF CHESTNUT CULTIVARS

### ABSTRACT

Nitrogen metabolism is one of the basic physiological processes of plants and is directly related to growth. The activity of nitrate reductase (NR), which is the key enzyme for nitrogen assimilation, is regarded as an indicator of nitrogen metabolism based on nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Plants can take up nitrogen as both nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

and ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), but the absorption characteristics of each nitrogen source differ between plant types. The aim of this study is to determine the nitrogen assimilation capacity and the presence of NR activity in four chestnut cultivars ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' and 'Erfelek'), which are prominent in different areas where they are cultivated under the same ecological conditions. For this purpose, dry weight, chlorophyll (SPAD), total nitrogen (N) content and NR activity were determined in monthly leaf samples taken from the varieties between May and October. In addition, the phenological stages of the cultivars were recorded at the time of sampling. The analyzed parameters differed statistically from time to time. It was determined that the nitrogen assimilation ability of chestnut cultivars was different from each other, the total nitrogen content was highest in 'Alimolla' cultivar, and similar in 'Sarikestane', 'N-23-1' and 'Erfelek' cultivars. It was determined that the total nitrogen content was related to the tree biomass and the tree volume and tree trunk diameter were the highest in the cultivar 'Alimolla'. The presence of NR activity in chestnut cultivars was determined, and it was determined that the highest NR activity was in 'Erfelek' cultivar. Since NR is an enzyme sensitive to the presence of nitrate, nitrate-based fertilization is thought to be effective in chestnut cultivars. The findings are important in terms of revealing the physiological characteristics of chestnut cultivars and learning their functioning.

**Keywords:** Biomass, Chestnut, Nitrogen Assimilation, Nitrate Reduction Activity (NRA).



## 1. GİRİŞ

Kestane, yüksek besin ve ticari değeri nedeniyle dünya çapında yaygın olarak tüketilen bir meyve türüdür. Coğrafi dağılımına göre kestane çeşitleri başlıca üç bölgede bulunur: *Castanea mollissima* Bl. Asya'da, *Castanea sativa* Mill. Avrupa'da ve *Castanea dentata* Borkh. Kuzey Amerika'da (Pereira-Lorenzo ve ark. 2021). Türkiye, Dünya'nın önemli kestane üreticisi ülkelerinin başında gelmektedir. Avrupa'da ve ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren kestane türü *Castanea sativa* Mill. dir. Ülkemizde kestane üretim alanları Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinde orman alanlarında yayılış göstermektedir (Serdar ve ark. 2018). Fagaceae familyasına ait bu ağaç türü, yenilebilir ve ekonomik öneme sahip meyveleriyle bilinmektedir. Kışın yaprak döken, kenarları keskin, uzun mızrak biçiminde bileşik yapraklı, odunu çok dayanıklı, dikenlerle kaplı meyve örtüsü içinde yer alan nişastalı meyvelere sahip uzun boylu bir orman ağacıdır (Okan ve ark. 2017). Kestane kazık köklü bir bitki olduğundan yetiştiği toprağın gevşek yapılı, derin ve pH ı 4.5-6.5 olması gerekir. Daha çok volkanik kaynaklı potasyumca zengin olan topraklarda en iyi şekilde yetişmektedir (Soylu, 2006; Anonim, 2022). Kestanelikler, toprak

erozyonunu azaltarak ve karbon depolayarak önemli bir ekolojik rol oynar (Jacobs ve ark. 2009; Ding ve ark. 2020). Genelde doğal yayılış alanında yer aldığından ağaç gelişimi ve meyve üretimi için topraktan yeterli düzeyde besin sağlarlar. Ancak kestanelikler ve kurulan bahçelerde gübreleme ve sulama gibi kültürel işlemlerin yapılması iyi meyve kalitesi ve verimlilik için önem arz eder. Ülkemizde kestane yetiştiriciliği genelde her yörede seleksiyonla öne çıkan çeşit/genotiplerin yabani ağaçlara aşılınması, ya da yabani ağaçlardan meyvelerin toplanması ile olmaktadır. Son yıllarda aşılı fidanlarla kurulu bahçelerde artış görülmekte ve yetiştiricilik yapılmaktadır.

Kestane yetiştiriciliğinde, uygun gübreleme modeline yönelik literatürde çok az çalışma bulunmaktadır (Warmund, 2018; Ribeiro ve ark. 2019; Toprak 2019). Vossen, (2000) kestane ihtiyacı duyduğu azot miktarı, toprağın durumuna, yaşına ve ağacın büyüklüğüne bağlı olduğunu ve ilkbaharda gelişme dönemi başladığında gübreleme programı başlatılması gerektiğini bildirmiştir.

Azot temel bir besindir ve proteinlerin yapı taşları olarak kullanılan amino asitler ve DNA yapımında kullanılan nükleotidler gibi bitki hücresinin birçok temel molekülünde önemli bir rol oynar. Azot ayrıca çeşitli pigmentleri oluşturan moleküllerde ve hücrel enerji üretiminde önemli bir bileşendir. Azot toprakta nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) veya amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) olarak bulunur. Bitkilerin azot özümlemesi, topraktan nitratın ( $\text{NO}_3^-$ ) alınarak nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) indirgenmesini ve ardından  $\text{NO}_2^-$ 'nin amonyuma ( $\text{NH}_4^+$ ) dönüştürülmesini gerektirir. Bunu  $\text{NH}_4^+$ 'nın organik bileşiklere dahil edilmesi izler. Azot asimilasyonunda anahtar enzim olan nitrat redüktazın (NR) aktivitesi, nitrat kaynaklı azot alınımının bir göstergesi olarak kabul edilir. Bununla birlikte, toprak pH'sı (kestane için bu çok önemlidir), toprak tipi, sıcaklık ve topraktaki diğer kimyasalların varlığı gibi toprak özellikleri, her iki azot formunun alınımını etkileyebilir (Karthika ve ark., 2018). Azot ve ağaç tepkisi arasındaki genel ilişkilerin anlaşılması, azot yönetiminde esastır. Ağaç büyümesi, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve büyümesi ve meyve kalitesi, ağaçların azot durumundan etkilenir (Fernandez-Escobar ve ark., 2008). Bu yüzden uygun azot yönetim programlarının geliştirilmesinde çok sayıda faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Kestane tür ve çeşitlerinin, azot özümleme kapasitesi ve dolayısıyla NR aktivitesi ile ilgili literatürde herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada, aynı ekolojik koşullar altında yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerde seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan dört kestane çeşitinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') azot özümleme kapasiteleri ve vejetasyon döneminde bitki gelişimiyle ilişkili değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada bitkisel materyal olarak, Bursa ili Yıldırım ilçesi Cumalıkızık köyünde bulunan Kestane Koleksiyon Bahçesinde yer alan farklı ekolojilerden seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan 'Marigoule' çeşidi tohum anacı üzerine aşılı, dokuz yaşlı 'Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1', 'Erfelek', çeşitleri kullanılmıştır. Çalışma 2021 yılı vejetasyon döneminde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yer alan çeşitlerinin orjin yeri ve başlıca özellikleri Çizelge 1' de verilmiştir. Çalışmada Marmara, Karadeniz, Ege bölgelerinden seçilen çeşitler yer almaktadır. Çalışmanın yapıldığı Kestane koleksiyon bahçesi 2012 yılında kurulmuştur. Marmara, Ege, Karadeniz Bölgelerinde daha önceden seçilmiş çeşitlerle birlikte yeni çeşit adaylarını da içine alan ve yerli ve yabancı kaynaklı 25 çeşit/genotipten oluşmakta, her çeşit/genotipe ait 3 ağaç bulunmaktadır. Ağaçlar 8x8 dikim aralığında dikilmiştir. Bahçe yeri 345 m rakımda bulunmaktadır. Bahçe organik maddece zengin, pH 6.4-6.7 aralığında, % 40-46 tınlı toprak yapısına sahiptir. Ağaçlar damla sulama sistemi ile sulanmaktadır. Çalışmanın yapıldığı yıl bahçede meyve oluşumu öncesinde (Ağustos ayı) nitrat içerikli (Kalsiyum amonyum nitrat, %26:13:13, Gübretaş) gübreleme yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Kestane çeşitlerinin orjin yeri, meyve özellikleri ve hasat zamanı

**Table 1.** Chestnut cultivars place of origin, harvest time and apparent tree and nut characteristic

Çeşitler	Orijin Yeri	Meyve Özellikleri	Hasat Zamanı	Kaynak
Alimolla	Bursa-Cumalıkızık	Bitki habitüsü dik Meyveleri orta irilikte (66 adet kg <sup>-1</sup> )	Eylülün üçüncü haftası- Ekim başı	Eser 2019, Kumlu 2019
Sarikestane	Yalova-Şenköy	Bitki habitüsü dik Meyveleri orta-iri (56-77 adet kg <sup>-1</sup> )	Eylül sonu-Ekim başı	Soylu 2004
N-23-1	Aydın-Nazilli	Bitki habitüsü yayvan Meyveleri iri (55 adet kg <sup>-1</sup> )	Ekimin ortası	Ertan ve Kılınc 2005
Erfelek	Sinop	Bitki habitüsü orta-dik Meyveleri orta-küçük irilikte (81-100 adet kg <sup>-1</sup> )	Ekim başı	Serdar ve Bilginer 1995

### 2.1. Fenolojik Gözlem

Kestane koleksiyon bahçesinde Mayıs-Kasım ayları arasında gözlem ve incelemeler yapılarak çeşitlerden yaprak örneklerinin alındığı zaman ağaçların fenolojik gelişim dönemleri kayıt edilmiştir. Sürgün, erkek ve dişi çiçek gelişimi, meyve tutumu, dikenli yumak gelişimi, hasat olgunluğu ve yaprak sararma durumları gözlenmiştir.



## 2.2. Yaprak Örneklerinin Alımı

Yaprak örnek alımları yeni gelişen sürgünlerde Mayıs sonu başlamış, yapraklarda sararma ve döküm dönemine kadar aylık yaprak örnek alımları gerçekleştirilmiştir. Yaprak örnekleri ağacı temsil edecek şekilde 4 farklı yöneyden (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) eşit olarak, o yıl gelişen sürgünün alt kısmındaki 4., 5. ve 6. yaprakları saat 8:00-10:00'da alınmıştır. Her bir çeşitte üç ağaçta örnekleme yapılmıştır.

## 2.3. Yaprak Kuru Ağırlığı

Yaprak örnekleri alındıktan sonra taze ağırlık ölçümleri yapılmış ve ardından kuru ağırlıkları belirlenmek üzere 80°C'de ağırlık sabit olana kadar etüvde kurutulmuştur. Oranlama yapılarak kuru ağırlık değerleri hesaplanmıştır.

## 2.4. Klorofil İçeriği (SPAD Değeri)

Kestane yapraklarında klorofil değerleri portatif bir klorofil ölçer (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japonya) ile belirlenmiş ve SPAD değeri olarak verilmiştir. Mayıs-Kasım ayları arasında sabahın erken saatlerinde gerçekleştirilen gözlem ve incelemeler sırasında kestane çeşitlerinden yaprak örnekleri alınmadan önce klorofil değerleri ölçülmüştür. SPAD ölçümleri, tamamen genişleyen yapraklar üzerinden, yaprak damarlarına denk gelmeyecek şekilde ve her bir ağaçtan 15 yaprakta, her bir yaprakta 5 tekrarlı olarak yapılmıştır ve ardından ortalamaları alınmıştır.

## 2.5. Nitrat Redüktaz Aktivitesinin (NRA) Tayini

Nitrat redüktaz aktivitesinin tayini için kullanılan yöntem Hageman ve Hucklesby (1971) ve Jaworski (1971) tarafından tanımlanan ve Gebauer ve ark. (1984) tarafından modifiye edilmiş in-vivo bir yöntemdir. Yöntemin esası inkübasyon ortamında nitratın indirgenmesiyle oluşan nitritin spektrofotometre ile ölçümüne dayanmaktadır. NR aktivite değeri  $\mu\text{mol NO}_2\text{-g KA}^{-1}\text{ saat}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Gebauer ve ark., 1984).

## 2.6. Toplam Azot İçeriğinin Belirlenmesi

Yapraklardaki toplam azot içeriğinin belirlenmesinde Kjeldahl Metodu kullanılmıştır. Yaprak örnekleri sülfirik asit ve katalizör ( $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{Se}$ ) ile yakma setinde (K-437, Buchi, İsviçre) yakılmıştır. Ardından alkali ortamda damıtılarak (K-350, Buchi, İsviçre) ortaya çıkan amonyak ( $\text{NH}_4$ ) miktarı sülfirik asitle titre edilerek azot miktarı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar katsayı değeri ile (6.25) çarpılarak örneklerin protein miktarı hesaplanmıştır (Bremner, 1965).

## 2.7. Ağaç Gövde Çapı, Ağaç Hacmi Ve Taç Hacminin Belirlenmesi

2021 yılı kış dinlenme döneminde çalışmada yer alan çeşitlerde ağaç boyu (H) (m), kuzey-güney (A) ve doğu-batı (B) yönlerinde genişliği (m), taç uzunluğu (L) (m), gövde çapı (mm) ölçülmüştür. Taç genişliği (G), ağaç ve taç hacmi ( $m^3$ ) hesaplanmıştır (Argaç 2021, Zhu ve ark. 2021). Ölçümler herbir çeşitte üç ağaçta yapılmıştır.

Taç genişliği (m) ağacın kuzey-güney (A) ve doğu-batı (B) yönlerinden tacın genişlikleri ölçülerek bu iki değer ortalama alınarak hesaplanmıştır.

Taç hacmi ( $m^3$ ) ağaç tacının yarıçapı (r), ağaç tacının uzunluğu (L) belirlenmiş ve  $\pi.r^2.L/3$  formülü ile hesaplanmıştır.

Ağaç hacmi ( $m^3$ ) ağaç taç genişliği (G), ağaç boyu (H), ağaç tacının uzunluğu (L) olarak belirlendiğinde  $[(L+G)/4]2.\pi.H/2$  formülü ile hesaplanmıştır.

## 2.8. İstatistik Analizler

Her bir çeşitte üç ağaçta örnekleme yapılmıştır. Klorofil ölçümleri, her bir ağaçtan 15 yaprakta, her bir yapraktan 5 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Toplam azot içeriği, yaprak kuru ağırlığı ve NRA analizleri her bir ağaç için 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 yaprak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Metin, şekil ve çizelgelerde sunulan veriler, ortalama  $\pm$  ortalamanın standart sapması olarak ifade edilmiştir. Tüm istatistiksel testler, faktöriyel varyans analizi (tek yönlü ANOVA) kullanılarak SPSS Statistics'te (sürüm 22.0, IBM Corp., Chicago, IL) 0.05 anlamlılık düzeyinde Duncan testi ile gerçekleştirilmiştir.

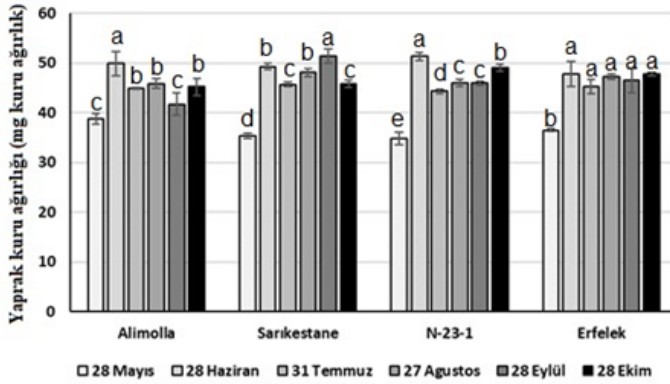
## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Aynı ekolojik koşullar altında yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerde seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan dört kestane çeşitinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek'), 2021 yılı Mayıs-Kasım ayları arasında kayıt edilen fenolojik gelişimleri Çizelge 2 de verilmiştir. Mayıs ayı sonunda sürgün gelişimi ile birlikte erkek çiçek püskül gelişimleri ve sürgünün ucunda karışık eşeyli püskül oluşumu gözlenmiştir. Haziran ayı sonunda tüm çeşitlerde dişi çiçeklerin reseptif olduğu görülmüştür. Temmuz ayı sonu meyve tutumu ile birlikte kapsül büyüyerek dikenli yumak gelişimi başlamış, Eylül ayı sonuna kadar meyve gelişimi devam etmiştir. 'Alimolla', 'Sarikestane', 'Erfelek' çeşitlerinin meyveleri Eylül ayı sonunda, 'N-23-1' çeşidi ise 15 Ekim de hasat olgunluğuna geldiği belirlenmiştir. Ekim sonu 'Alimolla', 'Erfelek' çeşitlerinde yapraklarda sararma başlangıcı, 'Sarikestane', 'N-23-1' de ise yapraklarda %50 sararma olduğu kayıt edilmiştir.

**Çizelge 2.** Kestane çeşitlerinin yaprak örnek alım zamanındaki fenolojik dönemleri**Table 2.** The phenological stages of chestnut cultivars at the time of leaf sampling

Örnek Alım Tarihi (2021)	Çeşitlerin Fenolojisi			
	Alimolla	Sarıkestane	N-23-1	Erfelek
28 Mayıs	Sürgün (10-25 cm) ve erkek çiçek gelişimi, karışık eşeyli püskül oluşumu	Sürgün (20-40 cm) ve erkek çiçek gelişimi-karışık eşeyli püskül oluşumu	Sürgün (10 cm) ve erkek çiçek gelişimi, karışık eşeyli püskül oluşumu	Sürgün (10-30 cm) ve erkek çiçek gelişimi, karışık eşeyli püskül oluşumu
28 Haziran	Dişi çiçekler reseptif	Dişi çiçekler reseptif	Dişi çiçekler reseptif	Dişi çiçekler reseptif, Karışık eşeyli püskül tam çiçeklenme
31 Temmuz	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi
27 Ağustos	Dikenli yumak gelişimi	Dikenli yumak gelişimi	Dikenli yumak gelişimi	Dikenli yumak gelişimi
28 Eylül	Hasat zamanı	Hasat zamanı	Dikenli yumakların sararması (15 gün sonra hasat)	Hasat zamanı
28 Ekim	Yaprak sararma başlangıcı	Yaprak sararması (%50)	Yaprak sararması (%50)	Yaprak sararma başlangıcı

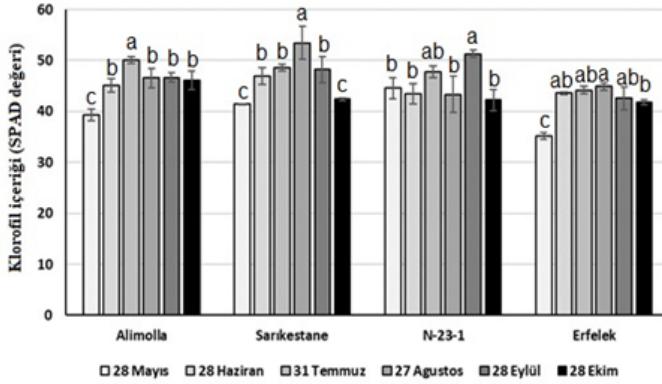
'Alimolla', 'Sarıkestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek' kestane çeşitlerinin 2021 yılı vejetasyon döneminde yaprak kuru ağırlık değişimleri Şekil 1 de verilmiştir. Çeşitlerin aylar bazında kuru ağırlığı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Buna göre tüm kestane çeşitlerinde yaprak kuru ağırlığının vejetasyon dönemi başlangıcında (Mayıs ayı) en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Sonraki aylarda elde edilen yaprak kuru ağırlığın Mayıs ayına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kestane çeşitlerinin yaprak kuru ağırlığındaki en yüksek değerler, 'Alimolla' ve 'N-23-1' çeşitlerinde Haziran ayında, 'Sarıkestane' çeşidinde ise Eylül ayında olduğu belirlenmiştir. 'Erfelek' çeşidinde ise Mayıs ayı dışında diğer tüm dönemlerde yaprak kuru ağırlığının benzer düzeyde olduğu saptanmıştır. Buna göre, çalışılan kestane çeşitlerinde tüm gelişim dönemleri dikkate alındığında çiçeklenme döneminde yaprak kuru ağırlığında artış meydana geldiği görülmüştür. Çiçek gelişim döneminde yaprak kuru ağırlığının arttığı El-Darier ve ark. (2002) tarafından da belirtilmektedir. Daha sonraki dönemlerde yaprak kuru ağırlığında kısmi azalış ile birlikte 'Alimolla', 'Sarıkestane' çeşitlerinde dalgalı değişim meydana gelirken, 'N-23-1' ve özellikle 'Erfelek' çeşidinde ise daha stabil bir yaprak kuru ağırlık değişimi gözlenmiştir.



**Şekil 1.** 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşitinde (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’ ve ‘Erfelek’) belirlenen yaprak kuru ağırlık değerleri (mg kuru ağırlık)

**Figure 1.** Dry weight in leaves of chestnut cultivars (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’, and ‘Erfelek’) in 2021 (mg dry weight)

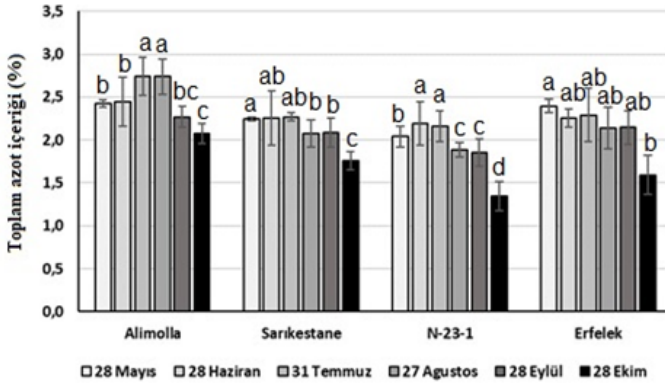
2021 yılı vejetasyon döneminde kestane çeşitlerinin klorofil içeriği (SPAD değeri) nde Şekil 2 de verilmiştir. Kestane çeşitlerinde klorofil içeriğinin dönemsel değişimlerinde farklılıklar gözlenmiş, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Tüm kestane çeşitlerinde klorofil içeriğinin, başlangıç dönemine göre arttığı, ancak fenolojik dönemlere göre dalgalanmalar gösterdiği belirlenmiştir. ‘Alimolla’ çeşidinde klorofil içeriğinin, Temmuz ayı sonuna kadar arttığı, sonraki dönemlerde sabit kaldığı saptanmıştır. ‘Sarikestane’ çeşidinde Ağustos sonuna kadar klorofil içeriğinde artış gözlenirken, sonraki dönemlerde kademeli bir azalış tespit edilmiştir. ‘N-23-1’ çeşidinde klorofil içeriğinde dalgalı bir değişim görülmekle birlikte diğer çeşitlerden farklı olarak Eylül sonunda en yüksek değerler elde edilmiştir. Çizelge 2’de çeşitlerin fenolojisine bakıldığında ‘N-23-1’ in geç hasada geldiği ve Eylül döneminde meyve gelişiminin devam ettiği kayıt edilmiştir. Eylül döneminde klorofil içeriğindeki artışın, çeşidin fenolojik gelişim aşamasıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür. Erfelek çeşidinde, Haziran ayında belirlenen klorofil içeriğindeki artış Ağustos ayına kadar sürmüştür. Sonuç olarak, çeşitler bazında klorofil içeriğinde görülen dönemsel değişim, sürgün, yaprak ve meyve gelişiminin devam etmesiyle ilişkilidir. Nitekim, klorofil içeriğini bitki türü, bitkinin gelişim dönemi, bitki yaşı, ekolojik koşulları vb. faktörlere göre değişiklik gösterdiği diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Bielczynski ve ark., 2017; Croft ve ark., 2017; Yang ve Lee, 2001).



**Şekil 2.** 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’ ve ‘Erfelek’) belirlenen klorofil içeriği (SPAD değeri)

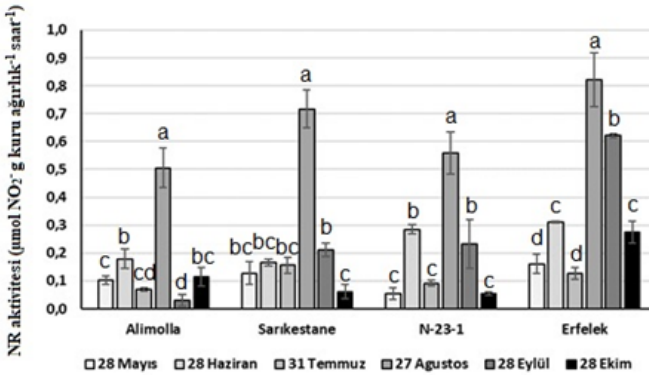
**Figure 2.** Chlorophyll content (SPAD value) of four chestnut cultivars (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’, and ‘Erfelek’) determined during the vegetation period of 2021.

Bir bitkinin büyüme ve gelişimde fizyolojik olarak fotosentez süreciyle besin elde edildiği gibi, aynı zamanda azot özümlemesi yoluyla da büyüme ve gelişme sağlanmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda hem klorofil içeriği, hem de azot özümlemesi aylara bağlı olarak ayrıntılı takip edilmiştir. 2021 yılı vejetasyon döneminde kestane çeşitlerinin yaprak kısımlarında belirlenen toplam azot içeriği yüzdesi Şekil 3’de verilmiştir. Çeşitler bazında azot özümleme değerleri dönemsel olarak istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). ‘Alimolla’ kestane çeşidinde Mayıs ve Haziran aylarında benzer bir azot içeriği belirlenmiş olup, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek toplam azot içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Eylül ve Ekim aylarında ise toplam azot içeriğinde azalış gözlenmiştir. ‘Sarikestane’ çeşidinde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında benzer bir toplam azot içeriği gözlenirken, Ağustos sonu itibarıyla azalış meydana gelmiştir. ‘N-23-1’ çeşidinin toplam azot içeriği, Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında ise azalış gösterdiği tespit edilmiştir. ‘Erfelek’ çeşidinde ise, diğer çeşitlerden farklı olarak Mayıs ayında belirlenen toplam azot içeriğinin en yüksek değerde olduğu, sonraki dönemlerde ise kademeli olarak azaldığı saptanmıştır. Sonuç olarak, çeşitlerin azot özümleme kapasitesi gelişim dönemleri arasında farklılık göstermiştir. ‘Alimolla’ çeşidinin toplam azot içeriğinin diğer çeşitlere göre yüksek olduğu, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’ ve ‘Erfelek’ çeşitlerinin ise birbirine göre benzer düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Tüm çeşitlerde sürgün gelişimi, çiçeklenme ve meyve tutumu döneminde daha yüksek bir azot özümlemesi meydana gelirken, meyve gelişimi döneminde diğer dönemlere oranla azot özümlemesinin daha düşük olduğu görülmüştür. Kestane çeşitlerinde en düşük toplam azot içeriği yaprak sararma başlangıcı döneminde saptanmıştır.



Şekil 3. 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') yapraklarında belirlenen toplam azot içeriği değerleri (%).

Figure 3. Total nitrogen content values (%) determined in leaves of four chestnut cultivars ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1', and 'Erfelek') in the vegetation period of 2021.



Şekil 4. 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') yapraklarında belirlenen nitrat redüktaz (NR) aktivite değerleri ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ )

Figure 4. Nitrate reductase (NR) activity values ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g dry weight}^{-1} \text{ hour}^{-1}$ ) determined in the leaves of four chestnut cultivars ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1', and 'Erfelek') in the vegetation period of 2021.

2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') yaprak kısımlarında belirlenen nitrat redüktaz (NR) aktivite değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Çeşitlerin, NR aktivitesi örnekleme dönemleri bazında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). NR aktivite değerleri, 'Alimolla' çeşidinde  $0.029-0.505 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ , 'Sarikestane' çeşidinde  $0.061-0.717 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ , 'N-23-1' çeşidinde  $0.054-0.559 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ , 'Erfelek' çeşidinde ise  $0.126-0.821 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$  arasında değişmektedir. Tüm çeşitlerde en yüksek NR aktivitesinin Ağustos ayında olduğu saptanmıştır. Çiçeklenme döneminde azot gübreleme negatif etkiye neden olacağından (Khaosumain ve ark., 2013) kestane çeşitlerinin meyve tutum döneminde (Temmuz-Ağustos) gübreleme yapılmıştır. Bu nedenle tüm kestane çeşitlerinde yaprak kısımlarında belirlenen en yüksek NR aktivite değerleri Ağustos ayında elde edilmiştir. Buna bağlı olarak kestane çeşitlerinde NR aktivitesi artmış, bitkinin azot özümlemesi gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kestane bitkisinde nitrat kaynaklı azot özümlemesinin gerçekleştiğini göstermektedir. Çeşitler bazında NR aktivitesinde farklılıklar saptanmış ve Erfelek' çeşidinin tüm gelişim dönemlerinde NR aktivite değerlerinin, diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Nitrat, birçok bitki için ana azot (N) kaynağıdır ve ayrıca karbon (C) ve N metabolizmasındaki değişiklikleri koordine etmek için bir sinyal görevi görmektedir (Wang ve ark., 2012). C metabolizmasının N metabolizması üzerinde önemli etkileri olduğundan (Kumar ve ark., 2009), C iskeletinin oluşmasında, bitkilerde N asimilasyonunun etkisi büyüktür (Foyer ve ark., 1994). Bu durum kestane bitkisi için, meyve gelişim döneminde nitratlı gübreleme yapılması gerektiğini düşündürmektedir. Meyvelerin hasat olgunluğuna eriştiği (Eylül sonu) dönem NR aktivite değerlerinde azalış saptanmıştır. Ekim sonu yaprak sararması ile NR değerlerinde azalış devam etmiştir.

Çeşitlerin 2021 yılı güz döneminde ağaç gelişim parametreleri Çizelge 3 de verilmiştir. Ağaç gelişim parametrelerinden taç hacmi önemsiz diğer incelenen parametreler ise örnekleme dönemleri bazında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Çeşitlerin gövde çapı 140.12 ile 197.45 mm, ağaç boyu 5.10 ile 7.05 m, taç genişliği 1.78 ile 2.58 m, taç uzunluğu 4.51 ile 6.15 m arasında değişmiştir. 'Alimolla', 'Erfelek', 'Sarikestane' çeşitlerinin ağaç gövde çapı ve boyu, taç uzunluğu değerleri aynı harf grubunda yer almış ve en yüksek değerler kayıt edilmiştir. 'Sarikestane' ( $31.80 \text{ m}^3$ ), 'N-23-1' ( $31.42 \text{ m}^3$ ) ve 'Alimolla' ( $27.05 \text{ m}^3$ ) çeşitlerinin büyük, 'Erfelek' ( $29.34 \text{ m}^3$ ) çeşidinin ise küçük taç hacmine sahip olduğu görülmüş fakat bu durum istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. 'Alimolla' ( $45.38 \text{ m}^3$ ), 'Sarikestane' ( $39.51 \text{ m}^3$ ) çeşitlerinin en büyük ağaç hacmine sahip olduğu ve bunu sırasıyla, 'Erfelek' ( $37.34 \text{ m}^3$ ), 'N-23-1' ( $28.38 \text{ m}^3$ ) çeşitlerinin takip ettiği belirlenmiştir. Toplam azot içeriği ağaç biyokütlesi ile ilişkilendirildiğinde, toplam azot içeriğinin ağaç gövde çapı ve ağaç hacmi ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Toplam azot içeriği değerleri, ağaç hacmi ve ağaç gövde çapı büyük olan 'Alimolla' çeşidinde daha yüksek, küçük olan 'N-23-1' çeşidinde ise daha düşük bulunmuştur.

**Çizelge 3.** Kestane çeşitlerinin ağaç gövde çapı, boyu ve taç genişliği, uzunluğu ve taç hacmi ile ağaç hacmi

**Table 3.** Tree trunk diameter, height and crown width, length and crown volume and tree volume of chestnut cultivars

Çeşitler	Ağaç Gövde Çapı (mm)	Ağaç Boyu (m)	Taç Genişliği (m)	Taç Uzunluğu (m)	Taç Hacmi (m <sup>3</sup> )	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> )
Alimolla	197.45±1.55 <sup>a</sup>	7.05±0.20 <sup>a</sup>	2.05±0.25 <sup>ab</sup>	6.15±0.21 <sup>a</sup>	27.05±0.15 <sup>ad</sup>	45.38±0.53 <sup>a</sup>
Erfelek	170.91±21.02 <sup>a</sup>	6.41±0.68 <sup>a</sup>	1.78±0.34 <sup>b</sup>	5.57±0.48 <sup>a</sup>	29.34±1.14	37.34±0.24 <sup>b</sup>
N-23-1	140.12±0.47 <sup>b</sup>	5.10±0.20 <sup>b</sup>	2.58±0.18 <sup>a</sup>	4.51±0.05 <sup>b</sup>	31.42±0.22	28.38±7.12 <sup>c</sup>
Sarıkestane	171.97±22.29 <sup>a</sup>	6.35±0.45 <sup>a</sup>	2.28±0.33 <sup>ab</sup>	5.59±0.48 <sup>a</sup>	31.80±11.47	39.51±0.48 <sup>ab</sup>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle  $p < 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. ö.d.önemli değil

## SONUÇ

Çalışmamız, kestane yetiştiriciliğinde ülkemizde mevcut olan çeşitlerin azot özümleme kapasitesi ile ilgili temel verileri oluşturmaktadır. Bitkinin ihtiyacı olan doğru azot kaynağının tespit edilerek, kestane yetiştiriciliğinde uygun azot yönetim programlarının geliştirilmesi, ürün verimi ve kalitesi bakımından önemlidir. Nitekim kestane çeşitlerinin klorofil içeriklerindeki değişim, çeşitlerin kuru ağırlık değerleri, azot özümlemesi ve fenolojik verilerle de uyumlu olarak değişiklik göstermiştir. Bu nedenle çeşitler bazında klorofil içeriğinin dönemsel değişimi, sürgün gelişimi ile de ilişkili olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmamızda, kestane çeşitlerinin tümünde NR aktivitesinin varlığı ortaya konmuştur. NR aktivitesi, nitrat varlığına duyarlı bir enzim olduğu için, kestane çeşitlerinde nitrat kaynaklı gübrelemenin etkili olacağını göstermektedir. Kestane çeşitlerindeki azot ihtiyacı, meyve olgunluk safhasına gelinceye kadar devam etmektedir ve meyve hasadı ile birlikte azot özümlemesinde kısmi bir azalış olduğu ve hatta yaprak sararma başlangıcında da azot özümlemesinin çeşitler bazında devam ettiği saptanmıştır. Bu durum doğru gübreleme modelinin oluşturulması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler kestane yetiştiriciliğinde doğru gübreleme modelinin oluşturulması için yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.



## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: BM (%30), AA (%40), CM (%30)

Veri Toplanması: BM (%40), AA (%40), CM (%20)

Veri Analizi: BM (%40), AA (%50), CM (%10)

Makalenin Yazımı: BM (%30), AA (%30), CM (%40)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: BM (%40), AA (%40), CM (%20)

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2022. Nutrient Management. Available at [https://www.canr.msu.edu/chestnuts/horticultural\\_care/nutrient-management](https://www.canr.msu.edu/chestnuts/horticultural_care/nutrient-management) (Erişim tarihi: 02 Ocak 2023).
- Arğaç, A., 2021. Ceviz fidanlarında farklı budama uygulamalarının ağaç gelişimi ve verimlilik üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 43 s, Bursa.
- Bielczynski, L.W., Łączki, M.K., Hoefnagels, I., Gambin, A., Croce, R., 2017. Leaf and plant age affects photosynthetic performance and photoprotective capacity. *Plant Physiology*, 175(4): 1634-1648. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00904>.
- Bremner, J.M., 1965. Total nitrogen. In: Norman, A.G. (Ed.). *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Wisconsin, pp.1149-1178.
- Croft, H., Chen, J. M. Luo, X., Bartlett, P., Chen, B., Staebler, R. M., 2017. Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity. *Global Change Biology*, 23(9):3513-3524. <https://doi.org/10.1111/gcb.13599>.
- El-Darier, S., Hemada, M., Sadek, L., 2002. Dry matter distribution and growth analysis in soybeans under natural agricultural conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(5): 545-549. <https://socialnet.net/abstract/?doi=pjbs.2002.545.549>.
- Ertan, E., Kılıç, S.S., 2005. Seleksiyon ile belirlenmiş kestane genotiplerinin morfolojik, fenolojik ve biyokimyasal özellikleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2): 67-77.
- Eser, H., 2019. Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen kestane çeşit ve genotiplerin meyvelerinde morfolojik karakterizasyon ve kimyasal içeriğin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76s, Bursa.
- Fernandez-Escobara, R., Ortiz-Urquiza, A., Prado, M., Rapoport, H.F., 2008. Nitrogen status influence on olive tree flower quality and ovule longevity. *Environmental and Experimental Botany* 64(2), 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.04.007>.
- Foyer, CH., Noctor, G., Lealandis, M., Lescure, JC., Valadier, MH., Boutin, JP., 1994. Short term effects of nitrate, nitrite and ammonium assimilation on photosynthesis, carbon partitioning and protein phosphorylation in maize. *Planta* 192(2): 211-220. <https://www.jstor.org/stable/23382558>.
- Gebauer, G., Melzer, A., Rehder, H., 1984. Nitrate content and nitrate reductase activity in *Rumex obtusifolius* L. *Oecologia* 63, 136-142. <https://doi.org/10.1007/BF00379795>.
- Hageman, R.H., Huck lesby, D.P., 1971. Nitrate reductase. *Methods Enzymol.*, 23: 497-503.
- Jaworski, E.K., 1971. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 43: 1274-1279. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(71\)80010-4](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(71)80010-4).
- Karthika, K.S., Rashmi, I., Parvathi, M.S., 2018. Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. In: Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Oku, H., Nahar, K., Hawrylak-Nowak, B. (Eds) *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. Springer, Singapore. pp.1-49. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1).

- Khaosumain, Y., Sritontip, C., Changjeraja, S., 2013. Effects of different nitrogen fertilization doses on growth, leaf nutrient concentration, flowering and fruit quality in off-season logan. *Acta Horticulturae*, 984:271-274. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.31>.
- Kumar, R., Taware, R., Gaur, V.S., Guru, S.K., Kumar, A., 2009. Influence of N on the expression of TaDof1 transcription factor in wheat and its relationship with photosynthetic and ammonium assimilating efficiency. *Molecular Biology Reports*, 36:2209-2220. <https://doi.org/10.1007/s11033-008-9436-8>.
- Kumru, A., 2019. Bazı kestane (*Castanea sativa* Mill.) çeşit ve genotiplerin bursa koşullarında bitki gelişim kuvveti ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 52 s, Bursa.
- Okan, T., Köse, C., Aksoy, E., Köse, N., Wall, J., 2017. Türkiye'de kestane (*Castanea sativa* Mill.) ve kullanımı üzerine geleneksel terimler. *Avrasya Terim Dergisi*, 5(1): 19-27. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/etatd/issue/37232/429718>
- Pereira-Lorenzo, S., Ballester, A., Corredoira, E., Vieitez, A.M., Agnanostakis, S., Costa, R., Bounous, G., Botta, R., Beccaro, G.L., Kubisiak, T.L., Conedera, M., Krebs, P., Yamamoto, T., Sawamura, Y., Takada, N., Gomes-Laranjo, J. & Ramos-Cabrer, A.M. 2012. Chestnut. p. 729-769. In: Badenes, M.L. and D.H. Byrne (eds.). *Fruit breeding*. Springer, New York, NY
- Ribeiro, S. L., Fonseca, T. F., Pires, A.L., 2019. Influence of fertilization on growth of young chestnut trees (*Castanea sativa* Mill.) managed for wood production. *CERNE*, 25(4): 357-364. <https://doi.org/10.1590/01047760201925042660>.
- Serdar, Ü., Akyüz, B., Ceyhan, V., Hazneci, K., Mert, C., Er, E., Ertan, E., Savaş, K.S.Ç., Uylaşer, V., 2018. Horticultural Characteristics of Chestnut Growing in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 60: 239-245. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0364-4>
- Serdar, Ü., Bilginer, Ş., 1995. Sinop'un Erfelek İlçesinde kestanenin (*Castanea sativa* Mill.) seleksiyon yoluyla ıslahı, Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt 1, 510-514, 3- 6 Ekim 1995, Adana.
- Soylu, A., 2004. Kestane yetiştiriciliği ve özellikleri. HASAD Yayıncılık Ltd. Şti., İkinci Baskı, 64 s. İstanbul.
- Toprak, S., 2019. Effect of different nitrogen levels on nut yield and some quality properties of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4): 772-780. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.567836>.
- Vossen, P., 2000. Chestnut Culture in California. Available at <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8010.pdf> (Erişim tarihi: 02 Ocak 2023).
- Wang, X., Peng, F., Li, M., Yang, L., Li, G., 2012. Expression of a heterologous SnRK1 in tomato increases carbon assimilation, nitrogen uptake and modifies fruit development. *Journal of Plant Physiology*, 169 (12):1173-82. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.04.013>.
- Warmund, M.R., 2018. Nutrient status and fruiting response of young Chinese chestnut trees following application of nitrogen. *Journal of the American Pomological Society* 72(1): 12-19. [http://www.pubhort.org/aps/72/v72\\_n1\\_a2.htm](http://www.pubhort.org/aps/72/v72_n1_a2.htm).
- Yang, C.M., Lee, Y.J., 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crops and their relationships with growth. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part B, Life Sciences*, 25(4):233-8.
- Zhu, Z., Kleinn, C., Nölke, N., 2021. Assessing tree crown volume-a review, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 94(1): 18-35, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa037>.



# Kahverengi Kokarca [*Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]'ya Karşı Mücadelede Kullanılan Feromon ve Tuzak Tiplerinin Etkinliğinin Belirlenmesi

Determination of The Effectiveness of Pheromone and Trap Types Used in The Fight Against Brown Marmorated Stink Bug [*Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]

Ercan ALTANLAR<sup>1</sup>, Celal TUNCER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı, Samsun  
· ercan.altanlar@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0003-3511-1061

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Samsun  
· celalt@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-9014-8003

## Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 11 Mayıs/May 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04 Temmuz/July 2023

Yıl/Year: 2023 | Cilt-Volume: 38 | Sayı-Issue: 3 | Sayfa/Pages: 473-492

Atıf/Cite as: Altanlar, E., Tuncer, C. "Kahverengi Kokarca [*Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]'ya Karşı Mücadelede Kullanılan Feromon ve Tuzak Tiplerinin Etkinliğinin Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 473-492.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ercan ALTANLAR

## KAHVERENGİ KOKARCA [HALYOMORPHA HALYS (STÅL, 1855) (HEMİPTERA: PENTATOMİDAE)]'YA KARŞI MÜCADELEDE KULLANILAN FEROMON VE TUZAK TİPLERİNİN ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

### ÖZ

Kahverengi kokarca (*Halyomorpha halys*), egzotik kökenli polifag istilacı bir böcek türüdür. Türkiye'deki varlığı ilk kez 2017 de tespit edilmiştir. Feromon tuzakları zararlının hem popülasyon izlenmesinde hem de kitlesel yakalamada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu araştırma 2021 yılında (Temmuz-Eylül) Artvin ilinde, zararlıya karşı feromon kaynağının saha etkinliğini, 3 farklı tuzak tipinin 3 farklı bitki ekositemindeki yakalama etkinliğini ve zararlının bu alanlardaki mevsimsel dağılışını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Fındık, kivi ve mısır alanlarında yürütülen çalışmada funnel, bidon ve yapışkan tuzak olmak üzere 3 farklı tuzak tipi denenmiş, feromon kaynağı olarak Pherocon® trece kullanılmıştır. Feromon kaynağının saha etkinliği kontrol tuzaklarla karşılaştırıldığında, yapışkan ve bidon tip tuzaklarda % 100, funnel tip tuzakta ise % 99,9 olarak belirlenmiştir. Mevsim boyunca en fazla *H. halys* funnel tip tuzakta yakalanmış, yakalanan böcek sayısı funnel, yapışkan ve bidon tip tuzakta  $145,65 \pm 17,52$  a,  $99,1 \pm 10,82$  b ve  $96,95 \pm 8,18$  b böcek/tuzak olarak saptanmıştır. Toplam yakalanan böcek sayısı funnel tuzakta 2912, yapışkan tuzakta 1982 ve bidon tuzakta 1939 adet olmuştur. Kivi, fındık, mısır alanlarında mevsim boyunca yakalanan böcek sayısı sırasıyla yaklaşık  $47,82 \pm 4,92$  a,  $34,80 \pm 3,89$  ab,  $31,28 \pm 4,05$  b böcek/tuzak olarak belirlenmiştir. Mevsim boyunca kivi'de 2869 fındık'ta 2080, ve mısır'da 1884 adet böcek yakalanmıştır. En yüksek böcek yakalama Eylül ayında gerçekleşmiştir. Çalışma sonucunda kullanılan feromon kaynağının son derece etkin olduğu ve en çok yakalanmanın funnel tip tuzaka gerçekleştiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fındık, Kivi, Mısır, Tuzak Etkinliği, Funnel Tip Tuzak, Yapışkan Tip Tuzak, Bidon Tip Tuzak.



## DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF PHEROMONE AND TRAP TYPES USED IN THE FIGHT AGAINST BROWN MARMORATED STINK BUG [*HALYOMORPHA HALYS* (STÅL, 1855) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)]

### ABSTRACT

Brown marmorated stink bug (BMSB) (*Halyomorpha halys*) that can feed on many host plants is a very important invasive insect species. Pheromone traps are widely used for mass trapping within the scope of biotechnical control and monitoring of *H. halys* populations. This study was conducted in Artvin province in 2021 (July-September) to determine the field effectiveness of the pheromone source against the pest, the trapping efficiency of 3 different trap types in 3 different plant ecosystems, and the seasonal fluctuation of the pest in these areas. Funnel, plastic bottle and sticky traps were experimented in hazelnut, kiwi and corn fields. Pherocon® trece was used in experiments as pheromone source. The field effectiveness of pheromone source was found 100% for plastic bottle and sticky traps, and 99.9% for funnel trap, compared to traps without pheromone. The highest insect detecting was found in Funnel trap, the mean number of captured insects were  $145,65 \pm 17,52$  a,  $99,1 \pm 10,82$  b ve  $96,95 \pm 8,18$  b insect/trap for funnel, sticky traps and plastic bottle, respectively, during the sampling period. Total number of captured insects were 2912, 1982 and 1939 for the trap types respectively. The mean number of captured insects in hazelnut, kiwi and corn fields were  $47,82 \pm 4,92$  a,  $34,80 \pm 3,89$  ab,  $31,28 \pm 4,05$  b insect/trap respectively. The total number of captured insects in hazelnut, kiwi and corn fields was 2869, 2080 and 1884, respectively, during the sampling period. The highest insect catching was observed in September. As a result of the study, it was determined that the pheromone used was highly effective and the funnel type trap caught the most number of pest compare to other traps.

**Keywords:** Kiwi, Corn, Hazelnut, Trap Efficiency Funnel Trap, Trap, Sticky Traps, Plastic Bottle Trap.



### 1. GİRİŞ

Yaklaşık 8 milyar olan dünya nüfusu FAO'nun tahminlerine göre, 30 yıl içinde yaklaşık 10 milyara ulaşacaktır. Dünya nüfusundaki bu % 33 lük artışın gıda talebini neredeyse iki kat artıracığı tahmin edilmektedir (FAO, 2019). Bu duruma bağlı olarak bitkisel üretim alanlarında ortaya çıkan kaybın önlenmesi daha önemli bir hale gelecektir. Bitki zararlısı türler tarımsal üretimi tehdit eden önemli etmenler arasında yer almaktadır. Bitkisel üretimi tehdit eden zararlılar yerli türler olabildiği

gibi zaman içinde diğer ülkelerden yayılarak gelmiş egzotik türler de olabilmektedir. Dünya üzerinde her yıl çok sayıda zararlı böcek türünün buldukları alanlardan yayılarak yeni bölge ve ülkeleri istila ettikleri görülmektedir.

İstilacı egzotik türler, günümüzde tarımsal üretimin önündeki en büyük tehdit olarak dikkat çekmekte ve söz konusu bu türlerden kaynaklı kayıpların son 10 yıldır artış trendi içinde olduğu görülmektedir (Panizzi ve Grazia, 2015). Türkçe'de Kahverengi Kokarca olarak isimlendirilen *Halyomorpha halys* istilacı türler arasında en bilinen ve en zararlı olan türler arasında yer almaktadır. Her yıl onlarca yeni zararlının bulaştığı ABD'de bu tür ekonomik zarar ve önem bakımından en önde gelen türlerin başında kabul edilmektedir (Hoebeke, 2003). Kahverengi Kokarca, Uzak Doğu (Çin, Japonya, Kore ve Tayvan) orijinli polifag bir zararlı olup kısa sayılabilecek bir zaman diliminde onlarca ülkeye yayılım göstermiştir (Hoebeke, 2003). Diğer pek çok istilacı türde olduğu gibi bu zararlı da bulaştığı bölgede doğal düşman baskısından kurtulduğu için çok yoğun popülasyonlar oluşturarak gerek tarımsal ürünlerde gerekse de insan barınma alanlarında sorun oluşturmaya başlamıştır. Kahverengi kokarcanın 300'den fazla bitki türünde beslenebilen polifag bir zararlı olması yanında erginlerin uzun mesafelere uçabilme yeteneğinde olması yayılışını kolaylaştırmaktadır. Dünyada *Halyomorpha halys* tarımsal üretim yapılan tarla, meyve ağaçlarında, sebzelerde, bakliyatlar ve baklagillerde ciddi şekilde zararlar oluşturmaktadır (Kobayashi, 1967). Güney Çin'de erginler ve nimfler farklı fasulye türlerinin çiçeklerine, gövdelerine ve baklalarına önemli ölçüde zarar vermektedir ve ayrıca *Hibiscus rosasinensis* (japon gülü) L.'nin çiçekleri, *Celosia argentea* L.'nin (horoz İbiği) gövdeleri ve *Solanum nigrum* L. 'un meyveleri ile de beslenmektedir (Hoffman, 1931). Zararlıının ekonomik öneme sahip konukçu bitkileri arasında fındık, kivi, mısır, narenciye, hurma, incir, soya fasulyesi, elma, morus (mulberry), kiraz, Japon kayısı, şeftali, armut ve bazı yabancı otlarda (*Arctium spp.*) ciddi zararlar oluşturur. Erginler genellikle meyvelerle beslenirken, nimfler yapraklar, saplar ve meyvelerle beslenmektedir (Chung ve Kang, 1995; Funayama, 1996; Hoebeke ve Carter, 2003; Shiraki, 1952; Sieso, 1968; Tomokuni, 1993; Yoshii ve Yokai, 1984; Yuan, 1984). Karadeniz bölgesinde yetiştirilen ana ürünlerden olan fındığın bu zararlıının önemli bir konukçusu olduğu bilinmektedir (Tuncer, 2019). Zararlıının fındıkta oluşturacağı ekonomik zarar riskinin Gürcistan ve İtalya'da yapılan çalışmalardan hareketle yüksek olacağı düşünülmektedir (Tuncer, 2019). 2016 yılında Gürcistan'da, fındıkta tanelerde en yüksek iç zararı oluşturan zararlıının *H. halys* olduğu gözlemlenmiştir (Bosco ve ark., 2018). Kahverengi Kokarca İtalya'da ilk kez görüldüğünden bu yana birçok ürünün ana zararlısı, fındık bahçelerinin ise önemli bir zararlısı haline gelmiştir (Leskey ve ark., 2014). Karadeniz bölgesinde ekonomik olarak üretimi yapılan mısır ve kivi de bu böceğin önemli konukçuları arasında yer almaktadır.

*Halyomorpha halys* Hemiptera takımı Heteroptera alttakımında yer alan Pentatomidae familyasına bağlı bir türdür. *Pentatoma halys* Stål, 1855, *Poecilometis*

*mistus* Uhler, 1860, *Dalpada brevis* Walker, 1867, *Dalpada remota* Walker, 1867, *Halyomorpha picus* sinonim isimleri ile de bilinmektedir. *Halyomorpha halys*'in antenlerindeki boğum noktasında karşılıklı beyaz bant şeritler ve karın kenarlarındaki beyaz siyah şeritler ile diğer pis kokulu böceklerden ayrılır. Boyu 12-17 mm.; humerus açıları boyunca genişlik yaklaşık 10 mm'dir. Genel olarak kahverengimsi, ama aynı zamanda grimsi koyu sarı, yoğun ve koyu noktalıdır (Hoebeke, 2003). Önden bakılınca genişçe yuvarlak bir baş, yan kenarlar dar refleksi ve hafif kıvrımlı, tylus ve juga neredeyse eşit uzunlukta (tylus belki biraz daha uzun); göz büyüktür (Hoebeke, 2003). Dişiler yumurtalarını yaprak alt yüzeylerine bırakır, ilk bırakılan yumurtalar acık yeşil renkte 3 günden sonra yumurta rengi beyaza dönmektedir. Yumurtadan nimf çıkışları ortalama  $5 \pm 2$  günde gerçekleşir, bu çıkış suresi sıcaklık değerlerine göre artı eksi bir gün fark edebilir (Nielsen ve ark., 2008). Bir yumurta paketindeki yumurta sayısı genellikle 20-30 arasında değişmekte olup, ortalama 28 olarak kabul edilebilir (Hoebeke, 2003). Dönemlerin gelişme süreleri; 25 °C, 50-55% nispi nemde yumurta dönemi 4-7 gün (ortalama 5 gün), I. dönem 5-7 gün (ortalama 6 gün), II. dönem 7-10 gün (ortalama 9 gün), III. dönem 6-10 gün (ortalama 7 gün), IV. dönem 5-10 gün (ortalama 7 gün) ve V. dönem 10-18 gün (ortalama 14 gün). Yaz aylarında (3 Ağustos'tan sonra) daha sonra bırakılan yumurtalar için, özellikle dördüncü ve beşinci nimf dönemleri için sıcaklıkla bağlantılı olarak gelişme süreleri orta derecede artmaktadır (Hoebeke, 2003; Medal ve ark., 2013; Rice ve ark., 2014).

Çalışmada tuzak ve feromon etkinlik denemelerinin kurulacağı fındık; dünyada yaygın olarak yetiştirilen sert kabuklu meyvelerin başında gelmektedir. Kültüre alınmış fındık dünyada en çok Türkiye başta olmak üzere İtalya, Çin, İran, Fransa Azerbaycan, İspanya, Rusya ve Gürcistan'da yetiştirilmektedir. Son beş yıllık ortalama verilere göre dünyada yaklaşık 960 bin ha alanda fındık üretimi yapılmaktadır (TMO, 2020). *Halyomorpha halys* fındık üzerinde beslenmesi sonrasında buruşuk iç, içte küflenme, lekeli iç ve boş iç oluşması gibi zarar ve semptomlara neden olmaktadır. Fındık içlerinde küf oluşumu ve buruşukluk hasarı, Türkiye ve İtalya bölgelerinde *Palomena prasina* L. (Heteroptera: Pentatomidae)'nın neden olduğu hasara benzemektedir (Saruhan ve Tuncer, 2010; Tavella ve ark., 1996). Erken dönemde beslenme boş iç oluşumunda önemli rol oynarken meyve içi oluşumu sonrası beslenmede ise buruşuk iç oluşumuna daha çok rastlanmaktadır (Hedstrom ve ark., 2014; Thompson, 1979).

Türkiye'de kivi üretimi Karadeniz, Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinde yapılmaktadır (Anonim, 2022b). *Halyomorpha halys*' in Kivi üzerinde beslenmesi sonrası dışardan bakıldığı zaman belirgin semptomlar göstermese bile renk değişikliği ve yumuşaklık gözlelenebilmektedir. Kabuk soyulduğu zaman iç kısmında *H. halys*'in beslenme yerlerinde beyaza yakın renk değişimi görülmektedir. Bu zarar depolama şartlarında ise meyvenin erken bozulması ve yumuşamasına neden olmaktadır (Bernardinelli ve ark., 2017).

Mısır üretim alanlarında, *Halyomorpha halys* koçanların erken dönemlerinde tane dolumunu engelleyerek ciddi deformasyonlara sebep olmaktadır. Aynı zamanda zararlı emgisinden dolayı koçanlarda gelişme bozukluğu (boynuz şeklinde koçan oluşumu) görülmekte, tanelerde yara izi, morarma, büzüşme ve eksik tane oluşumuna sebep olmaktadır (Leskey ve ark., 2012). Tatlı mısırdaki Leskey ve ark. (2012) kaybın bazı durumlarda % 100 olduğunu belirtmişlerdir. Mısır tarlalarında *H. halys*'in farklı biyolojik dönemlerinin bulunması, zararlının mısırın her gelişim döneminde beslenebileceğini göstermektedir (Ciceoi ve ark., 2017; Macavei ve ark., 2015).

*Halyomorpha halys*'in mücadelesinde tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de öncelik sıralamasına göre biyolojik, biyoteknik, mekanik ve kimyasal mücadelenin bir arada olacağı entegre mücadele programı uygulanması gerekmektedir. Gerek biyoteknik mücadele kapsamında gerekse zararlının popülasyonlarının izlenmesi ve mücadeleye karar verilmesinde etkili tuzak tasarımları ve uygun kullanım yöntemlerinin geliştirilmesi zorunludur (Morrison ve ark., 2015). Bunların yanında kitlesel tuzaklamada kullanılan tuzak tipi ve feromon kaynağının ne derece etkili olduğunun da takip edilmesi gerekmektedir. Diğer yandan istilacı bir türün yeni bulaştığı bir bölgedeki bitki türlerine göre mevsimsel dağılımı ve konukçu bitkilere göre yoğunluklarının belirlenmesi de mücadele programları açısından önemli bilgilerdir.

*Halyomorpha halys* ile uzun vadede ve sürdürülebilir bir mücadele için Entegre mücadelenin uygulanması tercih edilmeli ve böylece zararlı yoğunluğunun ekonomik zarar eşiği altına düşürülmesi sağlanmalıdır. Entegre mücadele yöntemleri zararlılara karşı mücadelede zararlı üzerinde doğal baskı unsurları ve mevcut doğal dengenin gözetilmesi temeline dayanan, ekonomik zarar eşiği gibi etkilerin dikkate alındığı, biyolojik mücadele, kimyasal ve biyoteknik mücadele gibi farklı mücadele yöntemlerinin kontrollü ve birlikte kullanımını hedefleyen sürdürülebilir bir mücadele yöntemidir (Carson, 1962; Mart, 2005).

Bu çalışmada gerek ulaşılabilirlik gerekse de maliyet açısından ciddi ücretler ödenmesi gereken feromon tuzakları ve feromon kaynaklarının, feromon kaynağı olarak tek kaynak tuzak tipi olarak da üç farklı tuzak tipi kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma ile *H. halys*'e karşı kullanılan feromon tuzaklardaki feromon kaynağının bu zararlı türünü çekmedeki etkinliği, üç farklı tuzak tipinin kitlesel tuzaklamadaki başarısı, üç farklı bitki deseninde feromon tuzakların etkinlikleri, mevsim boyunca yapılacak çalışmalar ile zararlının mücadele zamanlaması ve 3 farklı bitki desenindeki popülasyon düzeyi ve mevsimsel dalgalanması belirlenmiştir.



## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışmada Kullanılan Feromon Kaynağı

Feromon kaynağı olarak Trece Incorporated, Pherocon® Bmsb Dual Lure For Brown Marmorated Stink Bug toplanma feromonu kullanılmıştır. İçerik olarak yüksek oranda murgantinol ( PHER ) ve Metil 2,4,6 içeren dekatrienoat (MDT) ile iki stereoisomerin 3:5 oranında karışımıdır( (3S,6S,7R,10S) -10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol ve (3R,6S,7R,10S) -10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol)(Khrimian ve ark., 2014).

#### 2.1.2. Çalışmada Kullanılan Tuzak Tipleri

Bidon tip Tuzak; Bu tuzak 30 x 30 x 45 cm boyutlarında üst kısmı kesilip içe doğru böcek çıkışını engelleyecek şekilde ters çevrilip sabitlenmiş olup T1 diye anılacaktır. Bidon 10 litrelik su şişesi üst kısmından kesilip ters çevrilip böcek kaçışını engelleyecek şekilde kapatılmıştır (Göktürk, 2020). Funnel tip Tuzak; Bu tuzak 20 x 20 x 30 cm alt toplama haznesi 35 x 35 x 40 cm funnel tablası şeklinde olup T2 diye anılacaktır. Yapışkan tip Tuzak; Bu tuzak 20 x 30 cm boyutlarında şeffaf üzeri yapışkan materyalle kaplı olup T3 diye anılacaktır. Üzeri yapışkan şeffaf tabladan oluşmaktadır (Tuncer, 2019) (Şekil.2.2.)



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan farklı tuzak tipleri

Figure 2.1. Different trap types used in the study

#### 2.1.3. Diğer Alet ve Ekipmanlar

Ayrıca şerit metre, metre çubuğu, askı aparatları, GPRS cihazı, ip, termometre çalışmanın materyal kısmını oluşturmaktadır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Halyomorpha halys'in Kitlesel Tuzaklanma Yöntemi

Feromon (Pherocon®) tuzaklar vasıtasıyla gerek tuzak etkinlik gerekse feromon etkinlik seviyesinin tespiti için Artvin ilinde 60 farklı lokasyonda yürütülmüştür (Çizelge 2.1.). Tuzaklar fındık, kivi ve mısır tarlalarında dikey olarak 1,5 m yükseklikte olacak şekilde asılmıştır. Bu çalışmalarda tuzakların yerleştirildiği bahçelerde haftada 2 defa olmak üzere gözlem yapılmış tuzak içi ve asılı olduğu noktanın r=1,5 m yarıçaplı çemberin çevresindeki ergin ve nimfler sayılmıştır. Çalışmadaki ana amaç *H. halys* 'le mücadelede kullanılan feromon kaynağı ve tuzak tiplerinin ayrı etkinliklerini belirlemektir yakalanan *H. halys* ergin ve nimf olarak sayıldıktan sonra mekanik yolla imha edilmiş, haznenin içi boşaltılıp tekrar aynı yerine asılmıştır. Bu işlem her üç tuzak tipi içinde ayrı ayrı tekrarlanmıştır.

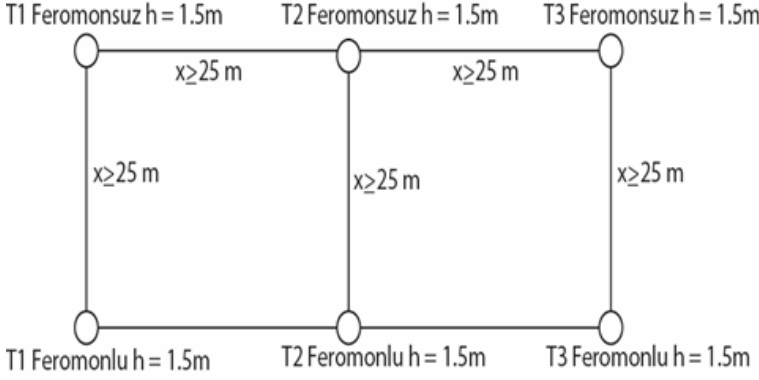
**Çizelge 2.1.** Ürün bazında feromon tuzakların asıldığı bahçelerin koordinatları

**Table 2.1.** *Coordinates of the orchard that pheromone traps were hung*

Tuzak No	Fındık Bahçesi Lokasyonları		Kivi Bahçesi Lokasyonları		Mısır Tarlası Lokasyonları	
	x	y	x	y	x	y
1	41° 20' 19"	41° 17' 36"	41° 20' 21"	41° 17' 36"	41° 20' 22"	41° 17' 32"
2	41° 20' 24"	41° 17' 29"	41° 20' 22"	41° 17' 32"	41° 20' 47"	41° 17' 51"
3	41° 20' 14"	41° 17' 24"	41° 20' 15"	41° 17' 23"	41° 21' 24"	41° 18' 58"
4	41° 21' 38"	41° 19' 31"	41° 21' 23"	41° 18' 58"	41° 21' 20"	41° 18' 57"
5	41° 21' 24"	41° 19' 08"	41° 20' 42"	41° 18' 39"	41° 20' 32"	41° 18' 22"
6	41° 21' 20"	41° 18' 57"	41° 20' 21"	41° 18' 31"	41° 20' 37"	41° 18' 22"
7	41° 20' 42"	41° 18' 40"	41° 19' 39"	41° 18' 15"	41° 20' 27"	41° 18' 22"
8	41° 20' 32"	41° 18' 22"	41° 19' 35"	41° 18' 17"	41° 19' 58"	41° 18' 13"
9	41° 20' 29"	41° 18' 21"	41° 19' 03"	41° 19' 04"	41° 19' 46"	41° 18' 13"
10	41° 20' 32"	41° 18' 21"	41° 19' 47"	41° 17' 49"	41° 19' 02"	41° 19' 07"
11	41° 19' 02"	41° 19' 15"	41° 19' 42"	41° 17' 54"	41° 19' 02"	41° 19' 15"
12	41° 20' 02"	41° 17' 50"	41° 18' 50"	41° 18' 28"	41° 20' 02"	41° 17' 50"
13	41° 19' 45"	41° 17' 49"	41° 18' 48"	41° 18' 28"	41° 19' 48"	41° 17' 49"
14	41° 19' 41"	41° 17' 53"	41° 18' 39"	41° 19' 14"	41° 19' 41"	41° 17' 53"
15	41° 18' 49"	41° 18' 09"	41° 18' 26"	41° 17' 22"	41° 18' 50"	41° 18' 09"
16	41° 18' 49"	41° 18' 46"	41° 19' 18"	41° 21' 38"	41° 18' 50"	41° 18' 46"
17	41° 20' 11"	41° 18' 31"	41° 19' 18"	41° 21' 45"	41° 20' 23"	41° 18' 16"
18	41° 20' 01"	41° 18' 18"	41° 20' 33"	41° 17' 59"	41° 19' 51"	41° 17' 52"
19	41° 18' 46"	41° 22' 04"	41° 18' 48"	41° 22' 05"	41° 18' 58"	41° 18' 28"
20	41° 18' 46"	41° 22' 15"	41° 19' 07"	41° 20' 32"	41° 18' 50"	41° 22' 06"

## 2.2.2. Tuzak Etkinlik Denemelerinde Kullanılan Yöntem

Her bir tuzak tipi için ayrı ayrı olmak üzere; Tuzaklar Artvin ilinde fındık, kivi ve mısır alanlarında belirlenen yükseklik, konum ve yönleri kaydedilen ürün bazında ayrı ayrı 20 farklı bahçede denenmiştir. Her bir bahçeye toplam 2 adet gelecek şekilde aynı yükseklikte iki tuzak aynı yönde ve ekseninde asılmıştır. Eşlerden birisi bahçe kenarı ise diğeri de bahçe kenarında ve aynı yönde olacak şekilde 1.5 m yüksekliğe feromonlu ve feromonsuz olarak dik bir şekilde asılmıştır. Asılan alanda bulunan tuzaklarda haftada iki gün olacak şekilde ergin ve nimf sayımı yapıp aynı zamanda tuzakların asıldığı noktada  $r = 1,5$  m yarıçapında çember içinde kalan bitki üzerindeki ergin ve nimfler de sayılmıştır. Tuzak çevresindeki ergin ve nimflerin sayımı feromon etkinlik belirlemede kullanılacaktır.



Şekil 2.2. Tuzak asım planı

Figure 2.2. Traps' locations map

## 2.2.3. Feromon Kaynağının Saha Etkinliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Kullanılan tuzakların ve feromonların pahalı olması ve yetiştiriciler için tuzak kurulumunun zor olması sebebi ile feromon tuzağının, yetiştirme mevsimi boyunca tarlada bulunan ergin ve nimf *H. halys*'i yakalamada etkili olması beklenmektedir. Ayrıca feromonların etkinliği tarımsal alanlarda mücadele zamanı belirlenmesinde ve ekonomik zarar eşiği tespitinden son derece önemlidir (Morrison III ve ark., 2015). Bu çalışmada T1, T2 ve T3 tip tuzak ve her ürün için ayrı ayrı sayım sonrası veriler kaydedilmiş ve sonrasında her üç tip tuzak tipinden elde edilen verilerin ayrı ayrı kullanılarak feromon kaynağının etkinliği FRI testi (2.1) kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm saha çalışmaları Temmuz başı-Ekim ayı sonu aralığında yapılmıştır (Akotsen ve ark., 2018; JMPpro13, 2013).

$$FRI = \frac{(Feromon\ tuzak - Kontrol\ tuzak + F.Görsel\ sayım - K.görsel\ sayım)}{(F.tuzak + K.tuzak + F.görsel\ sayım + K.görsel\ sayım)} \quad (2.1)$$

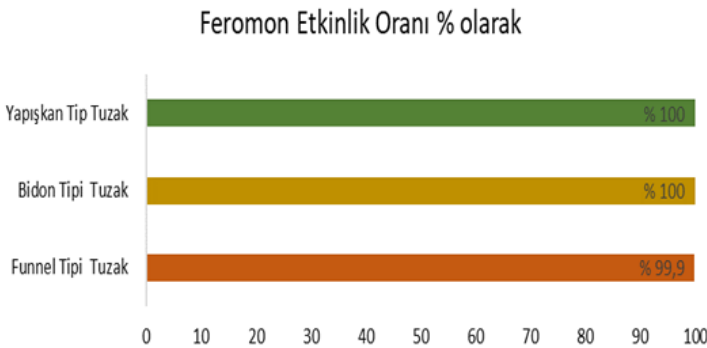
#### 2.2.4. İstatiksel Veri Analizi

Tuzak tiplerine ve ürün gruplarına göre her bir tuzak için ayrı ayrı ve her bir ürün bazında tüm istatistiksel analizler SPSS programı kullanılarak ANOVA , Tukey-HSD testi yapılarak değerlendirilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Feromon Etkinliğinin Belirlemesine Ait Bulgular

Bu çalışmada *H. halys*'e karşı entegre mücadele çalışmalarında etkin olarak kullanılan Pherocon® Trece Bmsb Dual Lure marka Amerikan menşeli toplanma feromon kaynağının etkinliğini belirlemek için feromon etkinlik formülü olan (formül 2.1) FRI her bir tuzak tipi için ayrı ayrı uygulanmıştır. FRI formülü uygulanması sonrasında yapışkan tip Tuzak (T1) ve bidon tip Tuzak (T3) %100 oranında etkin çıkmıştır (Şekil 3.1). Funnel tip (T2) tuzakta ise 02 Temmuz 2022 tarihinde fındık bahçesinde bulunan 2 numaralı tuzak çevresinde 4 adet nimf gözlemlenmiştir. Toplam 1382 adet yapılan gözlem içerisinde bu rakam çok küçük bir rakam olup göz ardı edilebilir ki zaten feromon etkinlik formülü uygulandığı zaman da etkinlik oranı %99.9 olarak çıkmış gözlem ve veriler doğrulanmıştır. Buna göre zararlı böceğin tuzaklarda yakalanması üzerinde feromonun çekici etkisinin rol oynadığı saptanmıştır.



**Şekil 3.1.** Tuzak tiplerine göre feromon kaynağının etkinlik oranları (%)

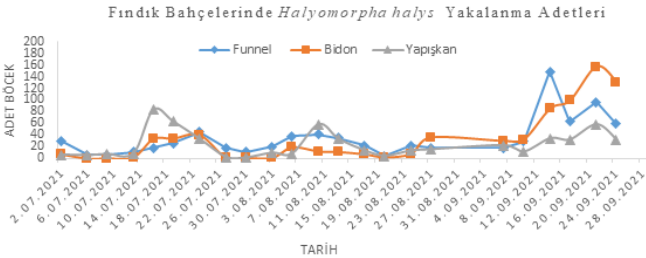
**Figure 3.1.** Efficiency of pheromone traps according to their types

### 3.2. Fındık Bahçelerinde Tuzak Tiplerine Göre Etkinlik Verileri

02/07/2021 tarihi itibari ile asılan tuzaklar haftada iki gün olmak üzere kontrol edilmiştir. 02/07/2021 tarihinde her ne kadar 30 adet yakalanma olsa dahi fındık bahçelerinde yakalanma Temmuz ayının ikinci haftası itibari ile yoğunlaşmaya başlamıştır. Fındık bahçelerinde en fazla zararlı yakalanması 311 adet böcek sayısı ile 21 Eylül 2021 tarihinde görülmüştür. Yağışın en yüksek olduğu (metrekareye 84,5 kg) 17 Eylül günü itibari ile yakalanma ortalama üzerinde olup, her ne kadar 14 Eylül ve 21 Eylül tarihlerinden az olsa dahi yüksek oranda devam etmiştir. En yüksek sıcaklık 25,5 C° derece ile 19 Temmuz tarihinde görülmüş olup yakalanan ergin sayısı funnel tip tuzakta 26 adet bidon tip tuzakta 34 adet ve yapışkan tip tuzakta 63 adet olmuştur. Sıcaklık değeri meteoroloji genel müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır.

Tuzaklarda en yüksek böcek yakalanması 21 Eylül 2021 haftasında 157 adet ile bidon tip tuzakta saptanmıştır. Tuzakların asıldığı 20 farklı nokta ve lokasyon da homojen bir böcek yakalanması gözlenmemiştir. Zararlı bir noktada yoğunluk gösterirken birbirine yakın olsa dahi başka bir bahçede yoğunluk göstermemekte ve bu durum günler içerisinde değişiklik gösterebilmektedir. En yüksek nem 7 Eylül 2021 tarihinde % 94,5 olarak kayıtlara geçmiştir. Aynı tarihte yakalanma sayıları funnel tip tuzakta 18 adet, bidon tip tuzakta 30 adet, yapışkan tip tuzakta 22 adet olmuştur.

Zararlının biyolojisi gereği Temmuzun ikinci haftası itibari ile fındık ağaçları üzerinde tuzak çevresindeki yapraklarda nimflere rastlanmıştır. Ağustos ayı başı itibari ile tekrar ergin bireylerde yoğun yakalanmalar gözlemlenmiştir. Nimf döneminde yapışkanlarda yakalanma çokken ergin döneminde funnel ve bidon tipi tuzaklarda daha fazla yakalanma gözlemlenmiştir. Fındık bahçelerindeki tuzaklarda tüm deneme boyunca toplam 2080 adet zararlı yakalanmış olup kividin sonra en fazla böcek yakalanan ikinci ürün olmuştur. Tuzak tiplerine göre değerlendirme yapacak olursak toplam yakalanan böceklerin % 38'i funnel tip tuzakta, % 26'sı yapışkan tip tuzakta, ve % 36'sı bidon tip tuzakta yakalanmıştır.



Şekil 3.2. Fındık Bahçelerinde *H. halys* tarih bazlı yakalanma adetleri

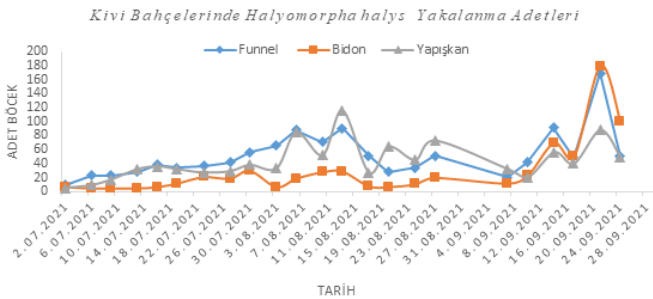
Figure 3.2. Total number of insects caught on hazelnut throughout the season by trap type

### 3.3. Kivi Bahçelerinde Tuzak Tiplerine Göre Etkinlik Verileri

Karadeniz bölgesi için önemli tarımsal ürünlerden olan kivi bahçelerine asılan tuzak tiplerinde yakalanan böcek sayısına ilişkin elde edilen tüm veriler özetlenerek verilmiştir. 02 Temmuz tarihi itibarı ile asılan tuzak kontrollerinde funnel tip tuzakta 9 adet, bidon tip tuzakta 7 adet ve yapışkan tip tuzakta 5 adet ile böcek yakalanmıştır. Her üç ürünle kıyaslandığında en çok yakalanmanın genel toplamda 2869 adet ile kivi bahçelerinde, mısır ve fındık bahçesine kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. En az yakalanma olan günler 2-9-13 temmuz tarihlerinde 5' er adetle bidon ve yapışkan tuzaklarda görülmüştür. Sayımlardaki en yüksek yakalanma 21 Eylül tarihinde görülmüş olup 179 adet olmuştur. Yağış durumunun en yüksek olduğu 17 Eylül günü itibarı ile yakalanma ortalama üzerinde olup her ne kadar 14 eylül ve 21 eylül tarihlerinden az olsa da devam etmiştir.

En yüksek sıcaklık 25,5 C° derece ile 19 Temmuz tarihinde görülmüş olup funnel tip tuzakta 34 adet, bidon tip tuzakta 12 adet ve yapışkan tip tuzakta 36 adet *H. halys* yakalanmıştır. En yüksek nem 7 Eylül 2021 tarihinde % 94,5 olarak gerçekleşmiştir. Aynı tarihte yakalanma sayıları funnel tip tuzakta 20 adet, bidon tip tuzakta 12 adet yapışkan tip tuzakta 32 adet olmuş, en düşük yakalanma bidon tip tuzakta görülmüştür. Toplam adet olarak en yüksek yakalanma 436 adet ile 21 Eylül tarihinde ortaya çıkmıştır Kivinin meyve tutum dönemlerinde yoğunluk daha fazla görülmekte olup, en yoğun yakalanma diğer iki tip tuzakta olduğu gibi Eylül ayı içerisinde olmaktadır. Kivi bahçeleri tüm dönem için ürün bazında tuzaklarda 2869 böcek ile en çok zararlı yakalanan ürün olmuştur.

Kivi bahçelerinde toplam yakalanan böcek sayısı tuzak tiplerine göre değerlendirildiğinde böcekler % 57 oranında funnel tip tuzakta, % 48 oranında yapışkan tip tuzakta ve % 32 oranında bidon tip tuzakta zararlı yakalanmıştır.



**Şekil 3.3.** Kivi Bahçelerinde *H. halys* tarih bazlı yakalanma adetleri

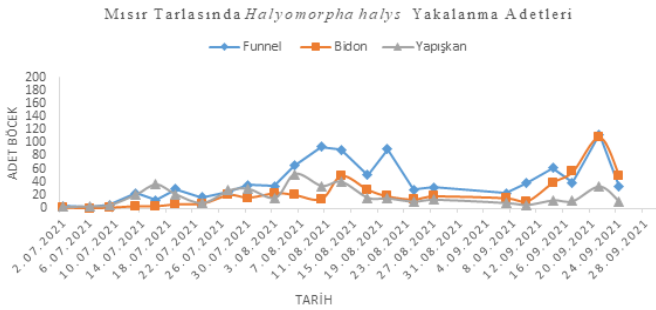
**Figure 3.3.** Total number of insects caught on Kiwi throughout the season by trap type

### 3.4. Mısır Tarlalarında Tuzak Tiplerine Göre Etkinlik Verileri

Mısır tarlalarına asılan funnel tip tuzaklar 2 temmuz tarihi itibari ile ergin yakalamaya başlamış, bu tarihte funnel tip tuzakta 3 adet ergin, bidon tip tuzakta 1 adet ergin, ve yapışkan tip tuzakta 2 adet ergin yakalanmıştır.

Yakalanma yoğunluğu dikkate alındığında ise çalışmada 1884 adet zararlı ile yakalanmanın en az olduğu ürün mısır olarak ortaya çıkmıştır. Bunun mısırın bölgedeki vejetasyon süresi ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

En az yakalanma 52 adet ile ( T1+T2+T3) 6 temmuz 2022 tarihinde gerçekleşmiş olup, bu tarihte hava sıcaklığı 21 derece, nispi nem ise % 69 olmuş ve yağış görülmemiştir. En yüksek böcek yakalanması ise diğer iki ürün grubunda da olduğu gibi 21 eylül tarihinde gerçekleşmiştir. Bu tarihte hava sıcaklığı 22,4 derece olmuş ve yağış olmamıştır. En yoğun yakalanmalar diğer ürünlerde eylül ayı içerisinde olurken mısır bitkisinde 3-6-10-13 Ağustos tarihlerinde sırası ile 209,394,404,492 adet yakalanma sayıları ile hayli yüksek olmuştur. En yoğun yakalanma yine diğer ürünlerdeki gibi eylül ayı içinde görülmüştür ve 1001 adet ile 21 Eylülde olmuştur. Toplam yakalanan böcek sayısının tuzak tiplerine göre dağılımına bakıldığında ise, zararlı % 45 oranında funnel tip tuzakta, % 21 oranında yapışkan tip tuzakta ve % 25 oranında bidon tip tuzakta yakalanmıştır.



Şekil 3.4. Mısır Tarlasında *H. halys* tarih bazlı yakalanma adetleri

Figure 3.4. Total number of insects caught on corn throughout the season by trap type

### 3.5. En Etkili Tuzak Tipinin Belirlenmesi

Hangi tuzak tipinin *H. halys*'i yakalamada daha etkili olduğunu bulmak veya tuzak tipleri arasında etkinlik açısından herhangi bir anlamlı fark var mı anlamak için SPSS programında ANOVA testi uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.1'de görülmektedir. Bu sonuçlara göre tuzak tipleri arasında anlamlı farklılıklar ortaya çık-

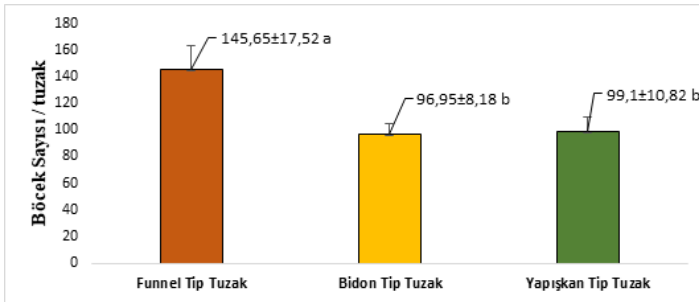
mıştır. Funnel tip tuzakta sezon boyunca ortalama  $145,65 \pm 17,52$  *H. halys* yakalamış ve diğer tuzak tiplerinden istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Yapışkan tip tuzakta ortalama  $99,1 \pm 10,82$  ve bidon tip tuzakta ise ortalama  $96,95 \pm 8,18$  *H. halys* yakalamış ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık çıkmamıştır (Çizelge 3.1.).

**Çizelge 3.1.** Tuzak tiplerine göre mevsim boyunca tüm bitkilerde yakalanan toplam *Halyomorpha halys* sayısı

**Table 3.1.** Total number of insects caught on all plants throughout the season by trap type

Tuzak Tipi	N	Böcek/Tuzak
Funnel Tip tuzak	20	$145,65 \pm 17,52$ a
Bidon Tip Tuzak	20	$96,95 \pm 8,18$ b
Yapışkan Tip Tuzak	20	$99,1 \pm 10,82$ b

\*Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık Tukey-HSD testine göre istatistiksel olarak önemsizdir ( $P < 0.05$ ). (Mean values with the different letters in a column are significantly different at  $p < 0.05$ )



**Şekil 3.5.** Tuzak tiplerine göre *Halyomorpha halys* yakalama etkinliği

**Figure 3.5.** Efficiency of different types of traps for insect catching

Toplamda tuzak tiplerinin tamamında ve tüm ürün grupları dahil 6833 adet *H. halys* yakalanmış olup bunlardan 2912 tanesi funnel tip tuzakta, (%38'i fındıkta %57'si kivide ve %45'i de mısırdaki), 1982 tanesi yapışkan tip tuzakta (%26'sı fındıkta, %48'i kivide ve %21'i mısırdaki), 1939 tanesi ise bidon tip tuzakta (%36'sı fındıkta, %32'si kivide ve %25'i mısırdaki) yakalanmıştır. Bidon ve yapışkan tipteki yakalanma değerleri birbirine çok yakın olarak karşımıza çıkmaktadır. Ürün grupları açısından değerlendirildiğinde (Çizelge 3.2.) Fındıkta funnel tip tuzakta 782 adet, yapışkan tip tuzakta 550 adet, bidon tip tuzakta 748 adet, *H. halys* yakalanmıştır. Kivide funnel tip tuzakta 1190 adet bidon tip tuzakta 674 adet yapışkan tip tuzakta



1005 adet, mısırdaki ise funnel tip tuzakta 940 adet, bidon tipte 517 adet, yapışkan tipte ise 427 adet zararlı yakalanmıştır.

**Çizelge 3.2.** Farklı bitkisel ortamlarda tuzak tiplerine göre yakalanan toplam *Halyomorpha halys* sayısı ve oransal dağılımı

**Table 3.2.** Total number and proportional distribution of *Halyomorpha halys* caught in different vegetative environments in comparison with trap types

Ürün Gruplarına Göre Tuzaklarda Yakalanan Böcek Sayısı ve Oranı (%)						
Bitki	Funnel Tip		Bidon Tip		Yapışkan Tip	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Fındık	782	38	748	36	550	26
Kivi	1190	57	674	32	1005	48
Mısır	940	45	517	25	427	21
Toplam	2912	46.67	1939	31	1982	31.67

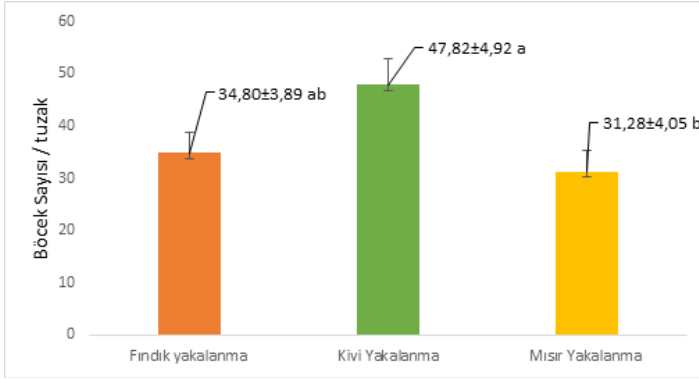
Ürün bazında yakalanmalar istatistiksel olarak kıyaslanmış ve en yüksek yakalanma olan ürün grubu olarak kivi istatistiksel olarak doğrulanmıştır (Şekil 3.3). İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde kivi bahçelerinde ( $47,82 \pm 4,92a$ ) fındık ve mısır tarlalarına göre yakalanma sayılarında anlamlı derecede farklılık vardır. Fındık ( $34,80 \pm 3,89 ab$ ) ve mısırdaki ( $31,28 \pm 4,05 b$ ) ise değerler arasında azda olsa anlamlı farklılık görünmekte olup fındık azda olsa mısırdan önde görünmektedir (Çizelge 3.3.).

**Çizelge 3.3.** Farklı bitkisel ortamlarda tüm tuzak tipleri için yakalanan böcek sayısı

**Table 3.3.** Number of insects caught for all trap types in different vegetative environments

Bitki	N	Böcek/Tuzak
Fındık	60	$34,80 \pm 3,89 ab$
Kivi	60	$47,82 \pm 4,92 a$
Mısır	60	$31,28 \pm 4,05 b$

\*Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık Tukey-HSD testine göre istatistiksel olarak önemsizdir ( $P < 0.05$ ). (Mean values with the different letters in a column are significantly different at  $p < 0.05$ )



Şekil 3.6. Farklı bitkisel ortamlarda yakalanan böcek sayısı (böcek/tuzak)

Şekil 3.6. Number of insects caught in different vegetative environments (insect/trap)

#### 4. TARTIŞMA

*Halyomorpha halys* tarımsal ürünlerde ciddi zarar yapan ve önemli boyutta ekonomik zarar oluşturan bir zararlı olması sebebi ile gerek zararlı ile mücadelede gerekse de zararlının izlenmesi ve gözlemlenmesinde kullanılan feromon tuzaklarının tipleri ve feromonların etkinliği büyük önem arz etmektedir. Entegre zararlı yönetim stratejilerinde feromon tuzakları önemli bir yer tutmaktadır (Morrison ve ark., 2015).

Akotsen ve ark. (2018) yaptığı çalışmada çalışmamızda kullanılan Pherocon® Trece ile farklı bir bileşene sahip Xtra Combo feromon kullanılmış ve her iki feromon içinde feromon etkinlik oranı (FRI) hesaplaması yapmışlardır. Sonucunda Trece: %93,0 ± %3,8, Xtra Combo: %74,1 ± 5,1 oranları ile yüksek oranda etkinlik göstermişlerdir (Akotsen ve ark., 2018). Bizim çalışmamızda ise Trece marka feromon bidon tip ve yapışkan tip tuzaklarda % 100 oranında etkin çıkıp funnel tip tuzak %99,9 oranında etkin çıkmıştır. Yapılan etkinlik testlerinde Pherocon® Trece feromonunun her üç tuzak tipinde de son derece etkili olduğu gözlemlenmiştir. 2021 yılında Abhazyadaki mandalina bahçelerinde yapılan tuzak etkinlik çalışmalarında 15 Haziran- 13 Ekim 2021 tarihlerinde asılan iki tip feromonun (bir rus menşeli bir diğeri Pherocon® Trece) her ikisinin de *H. halys* ile mücadele ve popülasyon izlenmesinde etkin olduğu saptanmış ve çalışmamızdaki sonuçlar doğrulanmıştır (Кулава ve ark., 2021).

Yapılan çalışmalarda yağış, nem ve sıcaklık gibi kriterlerin farklı feromon tuzakları çalışmalarında da denendiği gibi yakalanma üzerinde grafiksel olarak bir anlam ifade etmediği (Kamiyama ve ark., 2021) belirtilmiştir.

Tuzak etkinlikleri kıyaslanacak olursa, funnel tip tuzakların daha etkin olduğu ardından yapışkan tip ve bidon tip tuzakların geldiği istatistiksel olarak kanıtlanmıştır. Yine Gürcistan'da funnel tip tuzak benzeri (piramit tuzak) tuzak tipi kullanılarak yapılan çalışmada (Pherocon® Trece) Amerikan menşeli feromon kullanılmış, tuzak başına 11 ila 176 arasında ergin birey yakalanmış ve feromon tuzakların ve kullanılan feromon tipinin *H. halys* ile mücadelede alternatif mücadele yöntemleri arasında önemli bir faktör olduğu doğrulanmıştır (Krawczyk ve ark., 2019). Bizim kendi çalışmamızda ise Funnel tip tuzakta 0 ile 179 adet zararlı yakalanması gözlemlenmiş olup, veriler birbirine çok yakındır.

Slovenya da 2018 yılında survey ve gözlem amacıyla erken uyarı sistemleri ve zararlının ülkeye girişinin olup olmadığının tespiti sırasında çalışmamızdaki feromon tipi kullanılmış ve popülasyon yoğunluğu az olmasına rağmen zararlı tespiti sağlanmış ve feromonun etkinliği doğrulanmıştır (Rot ve ark., 2018). 2021 yılında yapılan başka bir çalışma da ise farklı tipteki ışık tuzaklarında etkinlik belirleme çalışması yaptığımız Pherocon® Trece feromon denenmiş ve klasik piramit tip tuzaklara nazaran daha başarılı sonuçlar elde edilmiş, gerek feromon gerekte tuzak tiplerinin etkinliği belirlenmiştir (Rondoni ve ark., 2022). 2022 yılında yayınlanan bir başka makalede ise Almanya'da *H. halys*'in mevcut dağılım ve modelleme çalışmalarında Pherocon® Trece tip feromon kullanılmış zararlının mevcut dağılım ve yayılımı gözlemlenmiştir (Hess ve ark., 2022). Yine Rusya'da yapılan bir diğer çalışmada yapışkan tip tuzaklarda 1720 adet birey, silindir tip funnel benzeri olan tuzaklarda ise 1923 adet birey yakalanması ile funnel benzeri tuzaklarda yakalanma %11,8 oranında daha yüksek çıkmıştır (Кулава ve ark., 2021). Bizim çalışmamızla çelişen bir durum Rusya'da mandalinada meyve döneminde yanı ekim aylarına doğru yapışkan tip tuzaklar daha fazla yakalanma yapmış, ancak bizim çalışmamızda nimf dönemindeki (Temmuz Ağustos başı) yapışkan tip tuzaklarda yakalanma daha yüksek olmuştur (Кулава ve ark., 2021).

Ürün bazında değerlendirecek olursak ise tüm üç tuzak tipi birlikte değerlendirildiği zaman kivi'de  $47,82 \pm 4,92$  a değeri ile en yüksek yakalanma oranı doğrulanmıştır. Fındık  $34,80 \pm 3,89$  ab ve mısırdaki  $31,28 \pm 4,05$  b her ne kadar istatistiksel olarak az dahi olsa fark çıkarsa da değerler birbirine çok yakındır.

## SONUÇ

Bu çalışmada *H. halys*'in popülasyon takibi ve yakala-öldür yöntemlerinde aktif olarak kullanılan Amerikan menşeli Pherocon® Trece feromonun ve 3 farklı tuzak tipinin 3 farklı ürün grubunda etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan feromon kaynakları maliyetli ürünler olması sebebi ile en etkin feromon ve tuzak tipinin belirlenmesi son derece önemlidir. Pherocon® Trece feromonun her üç tuzak tipinde de son derece yüksek oranda başarılı ve etkin olduğu çalışma-

mızda doğrulanmıştır. Kullanılan her üç tuzak tipinde de, Kahverengi kokarcanın tuzaklara yöneliminin tamamen tuzaklarda bulunan feromon kaynağından dolayı olduğu belirlenmiştir. Tuzak tiplerinden en etkin olan funnel tip tuzak olup Funnel tip tuzakların kullanımının ekonomik olarak daha uygun olacağı saptanmıştır. Ayrıca kullanım açısından funnel tip ve bidon tip tuzakların kullanımının çalışma boyunca daha pratik olduğu saptanmıştır. Her üç tuzak tipinde de yakalanmış olan zararlıların belirli aralıklar ile tuzaktan uzaklaştırılması ve imhası gerekmektedir.

Bu sonuçlara göre feromon tuzakları her üç bitkisel üretim ortamında da yıl boyunca böcek yakalamış, yakalanan böcek sayısı Ağustos ve Eylül olmak üzere iki zirve yapmıştır. En fazla *H. halys* kivi bahçelerinde yakalanmış, bunu fındık ve mısır takip etmiştir.

Özetle feromon kaynağının tuzaklardaki yakalanmanın tamamından sorumlu olduğu, boş tuzaklarda yakalanma olmadığı, Funnel tipinin en yüksek sayıda *H. halys* yakaladığı, ancak diğer iki tuzak tipinde de çok sayıda *H. halys* yakalanması nedeniyle değişen koşullara göre kitlesel yakalama ve popülasyon izlenmesinde onların da kullanılabilmesi, bitkiler arasında ise en fazla *H. halys* yakalanmasının kivi de olduğu, bunu fındık ve mısırın takip ettiği saptanmıştır. , Diğer yandan feromon kaynağının toplanma feromonu olması ve zararlı toplanma eğiliminin daha çok eylül ayı içerisinde başladığı da dikkate alındığında tuzak ve bahçelerdeki yakalan *H. halys* sayısının sonbahara doğru artış gösterdiği ve en yüksek *H. halys* yakalama sayısına bu dönemde ulaşıldığı tespit edilmiştir.

### Teşekkür

Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

*Halyomorpha halys* ile mücadele programları çerçevesinde projeyi mali yönden destekleyen Karadeniz İhracatçı Birlikleri, Fındık ve Mamulleri İhracatçıları Birliğine desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Aynı zamanda Ziraat Yüksek Mühendisi Esen YEŞİLDAĞ'a ve Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bünyesinde görev yapan meslektaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Kaan ALTAŞ, Ziraat Yüksek Mühendisi Mustafa KILIÇ ve İknur CANTURK'e yardım ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study) : EA (%50), CT (%50),

Veri Toplanması (Data Acquisition): EA (%80), CT (%20)

Veri Analizi (Data Analysis) : EA (%70), CT (%30),

Makalenin Yazımı (Writing up): EA (%75), CT (%25)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EA (%80), CT (%20)

## KAYNAKLAR

- Akotsen-Mensah, C., Kaser, J. M., Leskey, T. C., Nielsen, A. L. 2018. *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Responses To Traps Baited With Pheromones In Peach And Apple Orchards. 111(5), 2153-2162.
- Anonim. 2022. Ferrer <https://www.frutas-hortalizas.com/fruits/about-hazelnut.html> Erişim : (17/09/2022)
- Anonim. 2022b. Ordu Ticaret Borsası Kıvı raporu <https://www.ordutb.org.tr/wp-content/uploads/2020/10/Kivi-Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 25.02.2022)
- Bosco, L., Moraglio, S. T., & Tavella, L. 2018. *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. *Journal of Pest Science*, 91(1), 661-670.
- Bernardinelli, I., Malossini, G., Benvenuto, L. J. 2017. *Halyomorpha halys*: Risultati preliminari di alcune attività sperimentali condotte in Friuli Venezia Giulia nel Not ERSA, 1(1), 24-26.
- Rachel, C. 1962. *Silent spring*. Penguin Books.
- Chung, B. 1995. Damages, occurrences and control of hemipterous insects in nonstringent persimmon orchards. *RDA J. Agric. Sci.*, 37(1), 376-382.
- Ciceoi, R., Dumbrava, M., Jerca, I. O., Pomohaci, C. M., Dobrin, I. J. A. Z. B. S. 2017. Assessment of the damages on maize crop by the invasive stink bugs *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) and *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae). *Acta Zool Bulg. Suppl.*, 9(1), 211-217.
- Funayama, K. 1996. Sucking injury on apple fruit by the adult of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Uhler). 47, 140-142.
- Göktürk, T. 2020. *Halyomorpha halys* (Stål) mücadelesinde ışık ve feromon tuzaklarının etkililiklerinin araştırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 270-275.
- Hedstrom, C. S., Shearer, P. W., Miller, J. C., Walton, V. M. 2014. The effects of kernel feeding by *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on commercial hazelnuts. *Journal of economic entomology*, 107(5), 1858-1865.
- Hess, B., Zimmermann, O., Baufeld, P., Reißig, A., Lutsch, B., Schrader, G. 2022. Current distribution and spatial spread patterns of *Halyomorpha halys* in Germany. *EPP0 Bulletin*, 52(1), 164-174.
- Hoebeke, E. R., and Carter, M. E. 2003. *Halyomorpha halys* (Stål)(Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1), 225-237.
- Hoffman, W.E. 1931. A pentatomid pest of growing beans in South China. *Peking Nat. Hist. Bull.*, 5(3), 25-26.
- Jmp@ Pro 13. 2016. Sas Institute Inc., Cary, Nc.
- Kamiyama, M. T., Matsuura, K., Yoshimura, T., Yang, C. 2021. Improving invasive species management using predictive phenology models: An example from brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) in Japan. *Pest Management Science*, 77(12), 5489-5497.
- Khrimian, A., Zhang, A., Weber, D. C., Ho, H.-Y., Aldrich, J. R., Vermillion, K. E., Leskey, T. C. 2014. Discovery Of The Aggregation Pheromone Of The Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) Through The Creation Of Stereoisomeric Libraries Of 1-Bisabolen-3-Ols. *Journal of Natural Products*, 77(7), 1708-1717.
- Krawczyk, G., Morin, H., & Hirst, C. J. I.-W. B. 2019. Alternative Methods To Manage Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys*. *IOBC-WPRS Bull.* 146(1), 114-118.
- Kobayashi, T. 1967. The developmental stages of some species of the Japanese Pentatomoidea (Hemiptera): XVI. Homalogonia and an allied genus of Japan (Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 2(1), 1-8.
- Leskey, T. C., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Polk, D. F., Rodriguez-Saona, C., Bergh, J. C., Wright, S. E. 2012. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5), 218-226.

- Leskey, T. C., Short, B. D., Lee, D. H. 2014. Efficacy of insecticide residues on adult *Halyomorpha halys* (Stål)(Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards. *Pest Management Science*, 70(7), 1097-1104.
- Macavei, L. I., Băeţan, R., Oltean, I., Florian, T., Varga, M., Costi, E., Maistrello, L. 2015. First detection of *Halyomorpha halys* Stål, a new invasive species with a high potential of damage on agricultural crops in Romania. *Lucrari Stiintifice Seria Agronomie* 58(1), 105-108
- Mart, C. 2005. Pamukta entegre üretim. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yayınları, 119, 93
- Medal, J., Smith, T., & Santa Cruz, A. J. 2013. Biology Of The Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) In The Laboratory. *Florida Entomologist*, 96(3), 1209-1212.
- Morrison Iii, W. R., Cullum, J. P., Leskey, T. C. 2015. Evaluation Of Trap Designs And Deployment Strategies For Capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) *Journal of economic entomology*, 108(4), 1683-1692.
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., Matadha, D. 2008. Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Environmental entomology*, 37(2), 348-355.
- Panizzi, A. R., & Grazia, J. 2015. Introduction to True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics. *True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics*. Springer, 1,3-20.
- Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively, G., Tooker, J. F. 2014. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), A1-A13.
- Rondoni, G., Chierici, E., Marchetti, E., Nasi, S., Ferrari, R., Conti, E. J. 2022. Improved Captures Of The Invasive Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys*, Using A Novel Multimodal Trap. 13(6), 527.
- Rot, M., Devetak, M., Carlevaris, B., Žežlina, J., Žežlina, I. 2018. First record of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål, 1855)(Hemiptera: Pentatomidae) in Slovenia. *Acta Entomologica Slovenica*, 26(1), 5-12.
- Saruhan, I., Tuncer, C. 2010. Research on damage rate and type of green shieldbug (*Palomena prasina* L. Heteroptera: Pentatomidae) on hazelnut. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 75-83.
- Shiraki, T. 1952. Catalogue of injurious insects in Japan (exclusive of animal parasites). Economic and Scientific Section, Natural Resources Division, Preliminary Study 71-5.
- Siezo, N. T. N. 1968. List of important diseases and pests of economic plants in Japan. Tokyo, Japan: Japan Plant Protection Society.
- Tavella, L., Arzone, A., Sargiotto, C., Sonnati, C. 1996. Coreidae and Pentatomidae harmful to hazelnuts in northern Italy (Rhynchota Heteroptera). In IV International Symposium on Hazelnut 445 (pp. 503-510).
- Thompson, M. M. 1979. Growth and Development of the Pistillate Flower and Nut in 'Barcelona'Filbert1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104(3), 427-432.
- TMO. 2020. 2020 Yılı Fındık Sektör Raporu. [https://www.tmo.gov.tr/ Upload/ Document/ sektorraporlari /findik2020.pdf](https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/findik2020.pdf) (Erişim tarihi: 17/09/2022)
- Yasunaga, T., Takai, M., Yamashita, I., Kawamura, M.,Kawasawa, T. 1993. A field guide to Japanese bugs: terrestrial heteropterans. 380 pp. Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai Co Ltd. Tokyo.
- Tuncer, C. 2019. Kahverengi Kokarca [*Halyomorpha halys* (Stål, 1855)(Hemiptera: Pentatomidae)]: Fındık İçin Yeni Ve Tehlikeli Bir İstilacı Tür. [https://www.tb.org.tr /uploads/files/3182-Kahverengi\\_ kokarca\\_Bakanl C4%B1k\\_yaz%C4%B1s%C4%B1\\_ufk.pdf](https://www.tb.org.tr/uploads/files/3182-Kahverengi_kokarca_Bakanl_C4%B1k_yaz%C4%B1s%C4%B1_ufk.pdf). (Erişim tarihi: 17/09/2022)
- Кулава, Л., Карпун, Н., Журавлёва, Е., Шошина, Е., & Айба, Л. J. C. И. Д. С. 2021. Эффективность Феромонов Коричнево-Мраморного Клопа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) И Ловушек Разных Конструкций В Агроценозах Мандарина В Абхазии. (77), 161-169.
- Yoshii, T. Y. 1984. The damage on the mulberry shoot caused by the brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* Uhler. 53(1), 81-82.
- Yuan, T. L. 1984. Some studies on witches' broom disease of Paulownia in China. *International Journal of Tropical Plant Diseases*, 2(2), 181-190.





## Labour Utilization Options and Productivity in Small-Scale Agricultural Enterprises in Akwa Ibom State, Southern Nigeria

Güney Nijerya, Akwa Ibom Eyaletindeki Küçük  
Ölçekli Tarım İşletmelerinde İşgücü Kullanım  
Seçenekleri ve Verimlilik

**Akpan S. Brownson<sup>1</sup>, Veronica S. Nkanta<sup>2</sup>, Emmanuel O. Udofia<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Akwa Ibom State University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Extension, Mkpat-Enin, Nigeria  
· [Sundayakpan@aksu.edu.ng](mailto:Sundayakpan@aksu.edu.ng) · ORCID > 0000-0002-0458-028X

<sup>2</sup>University of Uyo, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Extension, Uyo, Nigeria  
· [verabrownson85@gmail.com](mailto:verabrownson85@gmail.com) · ORCID > 0000-0001-7035-7978

<sup>3</sup>Akwa Ibom State University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Extension, Mkpat-Enin, Nigeria  
· [brownsonakpan@yahoo.com](mailto:brownsonakpan@yahoo.com) · ORCID > 0000-0001-6691-4268

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 07 Nisan/April 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 11 Temmuz/July 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 493-512

**Atıf/Cite as:** Brownson, A.S., Nkanta, V.S., Udofia, E.O. "Labour Utilization Options and Productivity in Small-Scale Agricultural Enterprises in Akwa Ibom State, Southern Nigeria" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 493-512.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Akpan S. Brownson



## LABOUR UTILIZATION OPTIONS AND PRODUCTIVITY IN SMALL-SCALE AGRICULTURAL ENTERPRISES IN AKWA IBOM STATE, SOUTHERN NIGERIA

### ABSTRACT

Following the continuous scarcity of farm labour in some farming communities in southern region of Nigeria, the study primarily identified factors that influence farm labour use and its productivity. The study was conducted in Akwa Ibom State in the southern region of Nigeria. A total of two hundred (200) cassava-based farmers were randomly sampled. Descriptive, multinomial Logit and Tobit models were employed to analyze the data. The findings revealed hired labour, family and group labour as the primary sources of labour for the small-scale farmers, with family labour being slightly dominant. Also, farmers' age, educational attainment, farm size, farm income, non-farm income, farming experience and access to farm credit were identified as factors that increase the probability of farmers adopting hired labour relative to group labour. Similarly, farmers' household size and marital status were found to increase the probability of using family labour relative to the group labour. The positive determinants of labour productivity were farmers' age, education, social capital, farm income, sex, access to farm credit and agricultural extension services; whereas farm size and farming experience were negative determinants. It is strongly recommended that farmers' formal education, farm income, farm credit, access to extension services and social capital formation should be prioritized during policy formulation aimed at enhancing labour access and productivity among small-scale farmers.

**Keywords:** Farm, Labour, Cassava, Productivity, Nigeria.



## GÜNEY NİJERYA, AKWA IBOM EYALETİNDEKİ KÜÇÜK ÖLÇEKLİ TARIM İŞLETMELERİNDE İŞGÜCÜ KULLANIM SEÇENEKLERİ VE VERİMLİLİK

### ÖZ

Nijerya'nın güney bölgesindeki bazı çiftçi topluluklarında sürekli olarak çiftlik işçiliği kıtlığının ardından, çalışma öncelikle çiftlik işçiliği kullanımını ve üretkenliğini etkileyen faktörleri belirledi. Çalışma, Nijerya'nın güney bölgesindeki Akwa Ibom Eyaletinde gerçekleştirildi. Yapılandırılmış bir anket kullanılarak toplam iki yüz (200) manyok bazlı çiftçi rastgele örneklendi. Verilerin analizinde tanımlayıcı, multinomial Logit ve Tobit modelleri kullanılmıştır. Bulgular, küçük ölçekli

çiftçiler için birincil emek kaynakları olarak ücretli emek, aile ve grup emeğini ortaya çıkardı ve aile emeği biraz baskındı. Ayrıca, çiftçilerin yaşı, eğitim düzeyi, çiftlik büyüklüğü, çiftlik geliri, tarım dışı gelir, çiftçilik deneyimi ve çiftlik kredisine erişim, çiftçilerin grup emeğine göre ücretli emeği benimseme olasılığını artıran faktörler olarak belirlendi. Benzer şekilde, çiftçilerin hanehalkı büyüklüğü ve medeni durumunun, grup işçiliğine göre aile işçiliğini kullanma olasılığını artırdığı bulunmuştur. Emek verimliliğinin olumlu belirleyicileri, çiftçilerin yaşı, eğitimi, sosyal sermayesi, çiftlik geliri, cinsiyeti, çiftlik kredisine erişimi ve tarımsal yayım hizmetleriydi; çiftlik büyüklüğü ve çiftçilik deneyimi ise olumsuz belirleyicilerdi. Küçük ölçekli çiftçiler arasında işgücü erişimini ve üretkenliği artırmayı amaçlayan politika formülasyonu sırasında çiftçilerin örgün eğitimi, çiftlik geliri, çiftlik kredisi, yayım hizmetlerine erişim ve sosyal sermaye oluşumuna öncelik verilmesi şiddetle tavsiye edilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çiftlik, Emek, Manyok, Verimlilik, Nijerya.



## 1. INTRODUCTION

Small-holder farmers' access and utilization of various forms of human labour are becoming relatively difficult in some parts of Nigeria (Jean-Claude, 2011; Obasi and Kanu, 2014; Jayne et al., 2017). The relatively scarce rural farm labour is a severe issue in the south-south region of Nigeria because family labour dominancy has been threatened due to the improvement in the human capital of most rural farm households (Udoh and Akpan, 2017). Once more, the enlargement of the urban areas and enunciation of several youth and entrepreneurial skill programmes, including the drudgery and the risk components of the agricultural system, have worked to alter the framework and composition of the farm labour market in the region (Akpan 2010; Akpan et al., 2017c; Akpan et al., 2019b; Umoren et al., 2021; Akpan et al., 2023). Besides, the improvement in the educational infrastructures and increase in the rural-urban youth migration has contributed to the scarcity of youthful labour in rural farming communities in the region. According to Akanni and Dada, (2012) and Yeboah and Jayne, (2016), human labour constitutes the main source of labour for peasants or small-scale farmers in Nigeria. As noted by Bedemo et al. (2013), human labour is seen as a fundamental asset for resource-poor farmers in developing societies.

In the southern part of Nigeria, the main categories of agricultural labour are family labour, hired labour, and group or exchange labour. The imputed or family labour is provided by the household members, whereas the hired labour is paid manpower. The group or exchanged labour is one of the social capitals that involves common-minded farmers (common among women) with a common goal

and identity bound in a formal relationship and are engaged in rotational farming among members (Saliu and Ojandage, 2008; Edoke et al., 2014). The group pool human efforts to work on a member's farm until the activities on the farm are done, then they move to all members' farms in an agreed rotating routine. Farm labour availability and its efficient use have posed a severe challenge to the sustainability of small-scale farm production in Nigeria (Ogbalubi and Wokocha, 2013). Some rural farm households with low human capital development still relied heavily on family labour sources (Aggrey et al., 2010). However, with the persistent change in needs and perceptions of most rural farm households, family labour would not provide sustainable farm power to small-scale farmers now and in future (Sakho-Jimbira and Hathie, 2020). Hence, for the survival of small-scale farm production in the region, farmers must devise means and develop the capacity to utilize available farm labour sources. Therefore, the choice or option of farm labour use among small-scale farmers has become a crucial decision due to scarce farm resources and increase in budget constraints of farmers. The choice of labour used by small-scale farmers has a significant relationship with farm output and factor productivity (Obike et al., 2017; Wang et al., 2022; Stevens, 2018). As observed by Nolte and Ostermeier (2017) and Mtaturu et al. (2022), an increase in the wage rate of hired labour increases the farmers' budget constraints and poses a severe threat to labour productivity and growth in output. Also, Akpan (2020) noted that the average rural wage rate of farm labour is becoming competitive among farmers, following the inelastic demand for labour by farmers.

The small-scale farmers' preference for labour sources and the intention to increase farm labour productivity is conditioned by several factors, including economic, social and cultural factors, among others. Human labour accounts for more than 80% of the total farm power and constitutes between 80% to 90% of variable cost of farm production, hence a significant determinant of farmers gross margins and sustainability of small-scale farming system in the region (Anyiro et al., 2013; Nmadu and Akinola, 2015; Akpan et al., 2017a; Akpan et al., 2017b; Akpan and Effiong, 2022b). Since the use of human labour is inevitable among small-scale farmers in the region (Edohen and Ikelegbe, 2018; Ayaz and Mughal, 2022; Tritsch et al., 2022; Akpan et al., 2022a), and the need to increase its productivity is a rational decision; then it is essential to identify factors that affect these variables. The identification of these factors would promote optimal decision-making in the labour market and enhance labour productivity and efficient use of farm resources in small-scale farming system in the region (Wang et al., 2022). In addition, the overall farm productivity of factors of production will be enhanced while an evidence-based farm labour policy framework can be efficiently enunciated and implemented in the region (Akpan et al., 2022b; Wang et al., 2022).

Only a few pieces of literature have dealt with farm labour choices and their determinants. In Ethiopia, Bedemo et al. (2013) found farmers' education, dependent

ratio, farm size, credit availability, and farm income as positive determinants of hired labour choice among farmers. On the contrary, the family size was a negative determinant. In Nigeria, Bassey et al. (2014) showed farmers' farming experience, farm income, educational attainment and age as significant determinants of hired labour use among cassava farmers in Nigeria. In a similar vein, Omotesho et al. (2014) revealed that farmers' household dependent ratio, years of formal education, age, family size and farm income significantly influenced the use of hired labour in farm households in Kwara State, Nigeria. In South Africa, Anim (2011) reported that farmers' experience, land size, extension services, and farm inputs positively influenced labour supply. On the contrary, educational attainment of the head of household, household size, off-farm activities of household members, real wage rate and location of the farm exerted inverse relationship on farm labour supply. Furthermore, Nmadu and Akinola (2015) in Nigeria, reported that the two main sources of farm labour to majority of farmers are the family and hired labour. The study identified farmers' income, household size, wage rate, farm size, and sex as factors that influenced labour utilization in the area.

Similarly, there has been little empirical literature on the productivity of agricultural labour in the production of arable crops. For instance, in Nigeria, Okoye et al., (2008) showed that farmers' experience was a positive determinant of labour productivity among cocoyam farmers. The study revealed that farm size and household size relate negatively to labour productivity. Similarly, Anyaegbunam et al. (2010) in Nigeria found farmers' sex, family size, and age as significant negative determinants of labour productivity. In eastern Nigeria, Obike et al. (2017) found education, farming experience, and farm size as significant factors influencing labour productivity in cocoa farmers in Abia State, Nigeria. In addition, Akpan (2021) modelled the determinants of labour productivity for water leaf producers in the south of Nigeria. The study found farmers' educational level, family size, experience, marital status, agricultural extension services, and farm credit as direct determinants of labour productivity, while farm size, manure applied, and non-farm income were negative determinants. Aggrey et al. (2010); Asghar et al. (2017); Lebedinski and Vandenberghe (2014) found a significant link between educational attainment and labour productivity.

The literature available on these critical issues needs to be updated, and new variables tested to develop sustainable, workable policies on rural labour market and its productivity in the southern region of the country. Again, the need to have sufficient, timely delivered and efficient human labour for sustainable arable crop production is inevitably given the high headcount poverty rate of 28.82%, poverty gap index of 7.25 and unemployment rate of around 40% in the region (NBS, 2022). The region needs an urgent policy direction based on sound empirical researches to generate a sustainable policy framework to tackle the issue of farm labour market imperfection. In addition, the region needs to address issues related

to persistent low production of arable crops and declining factor productivity in small-scale agricultural production. Based on these facts, the research was mainly designed to:

- a. identify factors that influence labour utilization in cassava (*Manihot esculenta*) production in the southern part of Nigeria,
- b. estimate farm level labour productivity index in cassava production in the southern part of Nigeria, and
- c. identify factors that influence labour productivity in cassava production in the southern part of Nigeria.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. The Study Area

The research was carried out in the Uyo and Etinan areas of the Agricultural Development Programme (ADP) in Akwa Ibom State, the southern part of Nigeria. The Uyo ADP zone comprises of Uyo, Ibesikpo Asutan, Itu, Uruan and Ibiono Ibom Local Government Areas. The Etinan Agricultural Development Programme (ADP) zone consists of Nsit Ibom, Nsit Ubium, Etinan and Nsit Atai local governments. The similarities in the climatic and soil factors as well as the presence of the large population of cassava-based farmers in these zones were the factors considered for the purposive selection of these zones out of the six zones in the State. Agricultural production is the major occupation of the inhabitants of the region. Varieties of crops and animals are being cultivated and reared respectively in the region. Common crops are cassava, waterleaf, fluted pumpkin, yam, maize, plantain, pepper, banana and cucumber among others. Cash crops available include oil palm, rubber and cocoa. The average rainfall in the zones ranges from 2000mm to 3000mm per annum. The region has wet and dry seasons while the average yearly temperature and relative humidity range from 26 degree Celsius to 27 degree Celsius and 75% to 95% respectively (Akpan et al., 2019a).

### 2.2. Data Source, Questionnaire and Respondents

Cross sectional information were sourced from the respondents using a well-designed structured questionnaire. The study also conducted interviews with selected key informants (consisting of farmers' groups and community leaders) in the selected farming communities to authenticate and compared the consistency and accuracy of information provided by the respondents. The respondents were arable crop farmers that cultivate majorly cassava crop and a combination of other crops. Respondents were selected on the basis that cassava is the most popular food

crop in terms of cultivation and consumption in the region (FGN, 2016; Wossen et al. 2017). In the region, almost 100% of food crop farmers cultivate cassava crops either as a major or supporting crop. It is the most proficient food crop that can be used as an indicator for measuring growth in the crop-sub sector in the region.

### 2.3. Sample Size

Using a Cochran (1963) sample size selection formula, the study obtained the representative sample size from a large population of smallholder cassava-based farmers (mixed crop farmers with cassava as a major crop) using the equation (1):

$$S_x = \frac{z^2 \rho(1 - \rho)}{D^2} \quad (1)$$

Note  $S_x$  represents the estimated representative sample;  $Z$  connotes the 95% confidence interval (i.e. 1.96);  $\rho$  is the percentage of cassava-based farmers in the population frame (about 85%) in the two agricultural zones;  $D$  represents the absolute error at 5% probability level of type 1 error. The representative population for the study was obtained as shown in equation (2):

$$S_x = \frac{(1.96)^2 0.85(1 - 0.85)}{(0.05)^2} = 196 \quad (2)$$

For ease of sampling, the calculated sample population was scaled up to two hundred (200) respondents.

### 2.4. The Sampling Procedure

The study utilized a multi-stage sampling method to pick the required population. The first process was the purposive selection of two agricultural zones in the State. That is Uyo and Etinan agricultural zones were selected because of the high number of cassava mixed crop farmers. The second process involved randomly selecting two local government areas with a high population of cassava farmers in each of the agricultural zones. The exercise produced four local government areas in all. The third step was a random selection of two (2) villages from each of the previously selected local government areas. In all, eight (8) villages were selected for the study. The villages contain many farm families that cultivate mixed crops with cassava crop as a dominant crop. The fourth stage was the random selection of twenty-five (25) farm families cultivating cassava as a major crop in each of the villages. A total of 200 cassava-based farm families were randomly selected for the study.

## 2.5. The Conceptual Framework

From the economic theory, a rational farmer will choose a particular technology only if it maximizes utility relative to the other alternatives available. This suggests that given a set of options or technologies, a rational farmer will always prefer an option that yields higher utility among a set of options on the condition that the farmers' budget constraint is minimized. However, since the options are assumed to be latent variables, the utility gain from the options preferences is not observable but is reflected in the choice of the option adopted by the farmer. Hence, the utility can be exemplified by the probability of choosing an option with higher utility among a set of options, as shown in equation 3. According to Zegeye et al. (2022), farmers' behavior towards multiple choices of technology could also be shown in their risk-bearing capacity or behavior. A small-scale farmer is assumed to be rational in his farm decision and is risk averse because he is a resource-poor entrepreneur. Hence, a risk-averse farmer would always seek to maximize farm profit or output by choosing a discrete option of technology that minimizes risk and cost of production. Alternatively, such an option is tended to maximize profit or output subject to the farmers' budget constraints.

$$V_i = \begin{cases} 1 \text{ if } U_{max}(V_1) > U_{max}(V_2) > U_{max}(V_3) \\ 2 \text{ if } U_{max}(V_2) > U_{max}(V_1) > U_{max}(V_3) \\ 3 \text{ if } U_{max}(V_3) > U_{max}(V_1) > U_{max}(V_2) \end{cases} \quad (3)$$

The adoption of an option among a set of options can be represented in equation 4. The  $M_i$  represent the latent variable or a probability which explains the farmer's behaviour in choosing different forms of labour available to him. The  $Z$  is the explanatory variable which condition the farmers on the choice of alternative labour. The  $\delta$ 's are the coefficients of the explanatory variables while the  $\varepsilon$ 's is the random error term or the unexplained explanatory variables.

$$\begin{cases} M_1 = \beta_1 + \delta_1 Z_1 + \varepsilon_1 \\ M_2 = \beta_2 + \delta_2 Z_2 + \varepsilon_2 \\ M_3 = \beta_3 + \delta_3 Z_3 + \varepsilon_3 \end{cases} \quad (4)$$

It is assumed that the specified predictors ( $Z_i$ ) are not correlated with the error term  $\varepsilon$  for each of the equations of the labour option. The error is assumed to be independently distributed in each of the alternatives, hence, the independence of irrelevant alternatives (IIA) hypothesis. The above structural form is a resemblance of the structure of the multinomial Logit because of the different options available to the farmer, hence the justification for selecting the multinomial Logit model.

## 2.6. The Determinants of Farm Labour Options

Rural households are often confronted with different choices of labour, and the use of the multinomial Logit model is appropriate in this case. The Multinomial Logit Model has error terms for each of the choice equations, which are independent and identically distributed. The model has been shown to yield more stable results when the Independent of Irrelevant Alternatives (IIA) hypothesis is fulfilled. According to Kropko (2008), the multinomial Logit model provides results that are almost more accurate and realistic than other models, even when the Independent of Irrelevant Alternatives (IIA) hypothesis is seriously violated. In the specified model, the family labour is considered the base category and all the other Logits are made relative to the base category. A multinomial Logit regression was used to estimate the determinants of farm labour choices of a cassava-based farmer in the study area. According to Gujarati and Dawn (2009), a generalized multinomial Logit model is specified as thus in equation 5:

$$\pi_{ij} = P_r(Y_{ij} = 1) = \frac{e^{\alpha_j + \beta_j X_i}}{\sum_{j=1}^n e^{\alpha_j + \beta_j X_i}} \quad (5)$$

The family labour is used as the base category, and all the other Logits are made relative to the base category. Then the estimated multinomial Logit model is specified as follows in equation 6:

$$\pi_{ij} = P_r(Y_{ij} = j/x) = \frac{\exp(x_i \alpha_j)}{1 + \sum_{k=1}^n \exp(x_i \alpha_k)} \text{ for } j = 1, 2, \dots, k-1 \quad (6)$$

$Y_{ij}=1$ , If a farmer chooses alternative  $j$  ( $j=1, 2$ , and  $3$ ). Where  $j=1$  (family labour);  $j=2$  (hired labour);  $j=3$  (group labour). The  $\beta$ 's are a set of coefficients attached to each alternative, while  $X$ 's are a set of explanatory variables that determine the respective probability. The dependent variable ( $\pi$ ) represents the probabilities that a farmer chooses alternative 1, 2 or 3, respectively. If there are three alternatives available to a farmer, then the summation of their probability is equal to unity, as exemplified in equation 7.

$$\pi_{i1} + \pi_{i2} + \pi_{i3} = 1 \quad (7)$$

For an  $i^{\text{th}}$  option, the explicit model is expressed as shown in equation 8,

$$\pi_i = \phi_0 + \phi_1 AGE + \phi_1 HHS + \phi_1 EDU + \phi_1 SOC + \phi_1 FAS + \phi_1 FIN + \phi_1 NFI + \phi_1 GEN + \phi_1 EXP + \mu_i \quad (8)$$



The set of explanatory ( $X$ 's) variables that defined equation 6 are given below;

AGE = Age of a cassava-based farmer measured in years

HHS = Household size of a cassava-based farmer (number)

EDU = Educational qualification of a cassava-based farmer (year)

SOC = Membership of a social organization by a cassava-based farmer (years)

FAS = Farm size of a cassava-based farmer (ha)

FIN = Farm income of a cassava-based farmer (naira)

NFI = Non-farm income of a cassava-based farmer (naira)

MAR = Marital status (married = 1 and 0 = otherwise)

SEX = Sex of a cassava-based farmer (1 for female and 0 = male)

CRE = Amount of credit access by a cassava-based farmer (naira)

EXT = Access to agricultural extension services (number of times in a year)

EXP = Farming experience of a cassava-based farmer (years)

## 2.7. Measuring Farm-Level Labour Productivity

Labour productivity can be measured in monetary terms or physical quantity. Following the specification Akpan (2021), Labour productivity is measured as the proportion of the total amount of output to the total amount of specific agricultural factors. In this study, labour productivity is given in monetary terms and is measured as follows:

$$LPR = \left\{ \frac{\text{Value of the total output of cassava - based farmer in one season}}{\text{cost of labour used (total cost of labour) in the same season}} \right\} \quad (9)$$

$$LPR = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n N_i W_i} \right\} \quad (10)$$

Since the range of the estimated labour productivity is defined as (it lies between zero and infinity), the Tobit model was estimated for labour productivity equation. The model is expressed thus:

$$Y_i^* = X_i \theta + e_i \quad (11)$$

Where  $Y_i^*$  is the latent variable that is observed for values greater than zero (0),  $X_i$  is the explanatory variable while  $\theta$  represents the coefficient of the explanatory variable. Then the observed  $Y$  is defined by the following relationships:

$$Y_i = \begin{cases} Y_i^* & \text{if } Y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } Y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (12)$$

The marginal effect of the latent variable on the latent dependent variable is given thus:

$$\frac{\delta E(Y_i^*)}{\delta X_i} = \beta_i \quad (13)$$

The marginal effect measures the impact of the unit change in the explanatory variable on the latent independent variable. The explicit form of the Tobit model is given thus:

$$LPR = \varphi_0 + \varphi_1 AGE + \varphi_2 HHS + \varphi_3 EDU + \varphi_4 SOC + \varphi_5 FAS + \varphi_6 FIN + \varphi_7 NFI + \varphi_8 MAR + \varphi_9 SEX + \varphi_{10} CRE + \varphi_{11} EXT + \varphi_{12} EXP + U_i \quad (14)$$

Where;

LPR = Farm labour productivity as defined in equation 10

AGE = Age of a cassava-based farmer (years)

HHS = Household size of a cassava-based farmer (number)

EDU = Educational qualification of a cassava-based farmer (year)

SOC = Membership of a social organization by a cassava-based farmer (years)

FAS = Farm size of a cassava-based farmer (ha)

FIN = Farm income of a cassava-based farmer (naira)

NFI = Non-farm income of a cassava-based farmer (naira)

MAR = Marital status (married = 1 and 0 = otherwise)

SEX = Sex of a cassava-based farmer (1 for female and 0 = male)

CRE = Amount of credit access by a cassava-based farmer (naira)

EXT = Agricultural extension agent contact (number of times in a year)

EXP = Farming experience of a cassava-based farmer (years)

U = error term

### 3. RESULT AND DISCUSSION

#### 3.1. Determinants of Labour Preferences

The results in Table 1 show the multinomial logit coefficients for the specified labour choice equation. The chi-square estimates revealed that the likelihood ratio statistics are highly significant ( $p < 0.0001$ ), indicating that the specified models have the power to explain the behaviour of the cassava-based farmers' choice of labour preference. The diagnostic statistics also revealed the pseudo- $R^2$  of 0.2338, suggesting that 23.38% of the variability in the probability of occurrences of the dependent variables is due to the explanatory variables. The estimation Chi-square model (57.45) is significant at a 1% significance level. This implies that the effects (including the signs) of the explanatory variables in the specified models are statistically significant at a 1% level, hence justifying the reliability of the estimated

model. Note the coefficients of each explanatory variable in the multinomial Logit do not represent the marginal influence or the slope coefficient of the explanatory variable on the dependent variable (the probability of choosing any labour choice). Hence, the post-estimated marginal effects or the slope coefficients, which denote the change in the probability due to a change in the explanatory variable, were used to interpret the multinomial logit model.

### 3.2. Determinants of Hired And Family Labour (Using Group Labour As A Base Category)

The empirical findings indicate that the age of farmers has a significant positive correlation with the probability that farmers prefer hired labour over the base category (group labour). The finding implies that a unit increase in the farmers' age would likely lead to a 2.48% upsurge in the probability of farmers preferring hired labour relative to the base category. On the contrary, an increase in farmers' age decreases the probability of choosing family labour by 3.65% relative to the reference category.

The findings imply that older farmers would have higher possibilities of using hired labour and lower chances of using family labour relative to group labour. The finding could likely be attributed to the fact that most farm households would prefer to invest in human development to reduce the scourge of poverty, thereby exposing some household members to formal education and entrepreneurial skill acquisition programmes. Hence, at the old age of a farmer, household members might have acquired higher training and leave the farm household for anticipated better job offers and opportunities elsewhere. The gap created at the farm household would lower the chances of utilizing family labour but rather force the aged members to go for alternative labour sources such as hired labour. The result corroborates Omotesho et al. (2014) and Bassey et al. (2014).

**Table 1.** Estimates of the multinomial logit regression on farm labour choices (group labour as a reference category)

Variable	Hired Labour			Family Labour		
	Coefficient	Z-value	dy/dx	Coefficient	Z-value	dy/dx
Constant	4.2202	1.50	-	6.5653	1.76*	-
Farmers' Age	0.1475	2.04**	0.0248	-0.2270	-2.45 **	0.0365
Household Size	-0.2429	-1.73*	-0.0800	0.4628	2.67***	0.0270
Formal Education	0.1312	2.44**	0.0337	-0.0476	-3.73***	-0.0242
Social Capital	-0.0911	-2.37**	-0.0202	-0.0360	-0.46	-0.0203
Farm Size	1.6407	1.96*	0.5026	-2.3169	-1.52	-0.2379
Farm Income	0.00003	1.81*	5.50e-06	-0.00002	-2.84***	-5.23e-06
Non-farm Income	1.77e-06	3.25***	5.42e-07	-2.48e-06	-0.31	-1.21e-07
Marital Status	-0.4614	-0.67	-0.1949	3.8829	3.17***	0.0230
Sex	-0.4500	-0.97	-0.0715	-0.7082	-1.27	-0.1474
Credit Access	0.0001	1.37	0.0001	-0.0011	-0.02	-0.00004
Agric. Extension	1.2221	1.77*	0.2091	-2.0638	-2.31**	0.3139
Farming Experience	0.0438	1.97*	0.0088	-0.0375	-0.61	-0.0099

**Source:** data from fiels survey 2022 season. \*, \*\*, and \*\*\* denote significance at 10%, 5%, and 1%, respectively; Number of observations = 200; LR chi2 (24) = 57.45; Prob > chi2 = 0.0001. Log likelihood = -186.209; Pseudo R<sup>2</sup> = 0.2338.

The social capital coefficient has a significant negative relationship with the likelihood of preferring hired and family labour over group labour. This connotes that as the social capital accumulation increases among cassava-based farmers, the probability of choosing hired and family labour decreases relative to the choice of group labour. A unit increase in social capital will lead to a 2.02% and 2.03% decrease in the probability of choosing hired and family labour, respectively, relative to the base category. Alternatively, an increase in social capital will tend to increase the use of group labour and decrease the use of both hired and family labour. The increase in social capital is known to stimulate farmers' group formation and cooperatives, which enhances the exchange of labour among members.

The coefficient of household size is negative and significantly correlated with the probability of choosing hired labour relative to the base category. An increase in household size would reduce the probability of choosing hiring by 8.00% relative to the base category. On the other hand, an increase in household size increases the likelihood of a cassava farmer preferring family labour over the reference class. An increase in household size would result in an approximately 2.70% increase in the probability that cassava farmers choose family labour over the base category. An

increase in household size provides an incentive to increase the use of family labour and to reduce the likelihood of using hired labour. The finding satisfies a priori expectation as an increase in household size will directly increase the possibility of a household head employing more household members in farming activities, while a decrease in household size will create an opportunity for the household head to search for an alternative labour source. The finding agrees with the reports of Omotesho et al. (2014), Nmadu and Akinola (2015), and Anim (2011).

The marginal effect with respect to the years of formal education is found to be significant and positively associated with the hired at a 5% probability level relative to the base category. An increase of one unit in the number of years of formal education for cassava farmers would increase the chances of choosing a hired labour force of 3.37% compared to the base category. On the contrary, a unit increase in years of formal education of cassava-based farmers would reduce the probability of utilizing family labour by 2.42% relative to the base category. This means that the probability of using hired labour increase with an increase in the educational qualification of cassava-based farmers compared to the group labour. An increase in farmers' educational qualification implies that the farm household members will likely be educated as well; this will generate opportunities for farm household members to diversify to an alternative source of income. The situation may likely create a labour shortage that will prompt household heads to go for alternative labour sources. The opposite situation applies to the probability of using family labour relative to the base category. The finding is substantiated by Anim, (2011); Bassey et al. (2014), and Omotesho et al, (2014); but is contrary to the submission of Bedemo et al, (2013).

The cassava-based farmers' farm size is positively and significantly associated with the probability of using hired labour preference at  $p < 0.01$ , relative to the base category. A unit increase in farm size would increase the probability of adopting hired labour choice by 50.30% relative to the base category. Besides, the increase in farm size has a significant negative relationship with the probability of farmers using family labour. A unit increase in farm size will cause about a 23.30% reduction in the probability of using family labour relative to the base category. The finding satisfies a priori expectation as a large farm size would attract more labour beyond those provided by the family. Bedemo et al, (2013); Ani, (2011) and Nmadu and Akinola (2015) have reported a similar result.

The result showed that farmers' farm income has a positive and statistically significant marginal correlation with the probability of preferring hired labour relative to the base category at  $p < 0.01$ . On the contrary, there is a significant negative relationship between farm income and the probability of using family labour relative to the base category. The findings imply a farmer with a large farm income would have a greater capacity to pay for wage rate, and this would encourage hired

labour utilization relative to family labour. Similarly, a farmer with a large income would not rely on family labour for the sustenance of his/her farm income. Bassey et al. (2014), and Nmadu and Akinola (2015) have reported a similar result.

The farmer's marital status (being married) has a positive significant correlation with the probability of desiring family labour choice relative to the reference category. The more the number of married cassava-based farmers, the more the probability of using family labour relative to the base category. The finding satisfies the a priori expectation as an increase in the number of married farmers will increase household size.

The access to agricultural extension by cassava-based farmers is a positive determinant of the probability of using hired labour relative to the based category. This means that a unit increase in extension contact will result in a 20.91% increase in the probability of using hired labour relative to the use of group labour. On the other hand, a unit increase in access to extension services would cause about a 31.39% reduction in the probability of cassava farmers utilizing family labour relative to the base category. The finding revealed the declining roles of family labour in the small-scale production systems in the region.

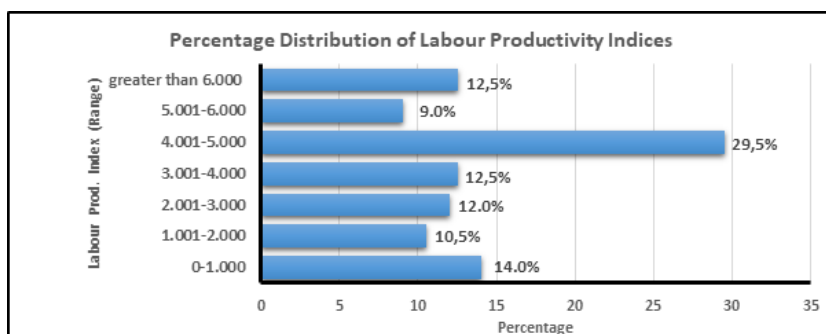
The farmers' farming experience has a positive significant correlation with the choice of hired labour relative to the base category. A unit increase in farming experience will lead to a 0.88% increase in the probability of preferring hired relative to the choice of group labour. The increase in the farming experience is very significant in determining the optimal resource use and the best combination of farm inputs taking into consideration several endogenous and exogenous factors in the farm. The result aligned with the reports of Bassey et al. (2014); Bedemo et al. (2013) and Anim (2011).

The non-farm income coefficient is positively and significantly correlated with the likelihood of choosing hired labour source at  $p < 0.001$  relatives to the base category. An increase in the non-farm income is likely to increase the probability of the farmers' choice of hired labour relative to the choice of group labour. An increase in non-farm income would likely upsurge the financial capacity of a farmer to pay for wages. Anim (2011) has reported similar findings.

### 3.3. Labour Productivity Among Cassava-Based Farmers

The percentage distribution of indices of labour productivity is shown in Figure 1. The result revealed that about 14.00% of farmers had labour productivity in the range of 0.000 – 1.000. This implies that many farmers were unable to cover their costs of labour from the farm proceeds. Alternatively, about 14.00% of the farmers were unable to efficiently cover the cost of production from farm income. The re-

sult showed that about 86.00% had their labour productivity indices greater than unity. This implies that the majority of smallholder cassava farmers in the region have been able to generate enough farm income to pay wages. Only 12.50% of the farmers achieved a labour index range of above 6.00 units.



**Figure 1:** Percentage distribution of labour productivity among cassava-based farmers.

The mean productivity index stood at  $3.998 \pm 2.628$ , while values for the minimum and maximum indices were 0.525 and 14.50 units, respectively. The coefficient of variability of the productivity index was estimated at 65.70%, while the skewness is 1.643 units. Since labour cost constitutes about 80.00% of the total farm production cost of the small-scale farmers in the region, it is overwhelmingly necessary for the policymakers to re-access the survival capacity and the sustainability of the small-scale farm production in the region. It was found that about 87.50% of small-scale cassava farmers had a labour productivity index equal to or less than 6.00 units. The finding implies that the profit or gross margins of most small-scale cassava farmers are low, and farm factor productivity will continue to decline unless proactive interventions (such as input subsidy or guarantee minimum price etc.) are implemented.

### 3.4. Determinant of Labour Productivity

The estimates of the Tobit model is shown in Table 2. The Chi-squared value is statistically significant, implying that the explanatory variables significantly explained the variations in the dependent variable. The Pseudo R-squared implies that about 31.14 % of variations in the latent dependent variable are attributed to the independent variables. The estimate of the variance inflation factor for each explanatory variable showed no evidence of multicollinearity among explanatory variables.

The empirical evidence has shown that the age of farmers, level of education, membership in farm organization, farm income, sex of the farmer, farm credit and access to extension services are significant positive determinants of labour productivity among cassava farmers. For instance, an increase in the farmers' age and education is associated with the improved managerial capacity of farmers. The result revealed that a unit increase in the age and education of farmers would cause about 10.01% and 12.45% increase in the index of labour productivity, respectively. An increase in years of formal education would enhance farmers' ability to source improved information and also be able to analyze efficiently farm issues for better input productivity. The findings corroborate Omotesho et al. (2014); Anyaegbum et al. (2010); Obike et al. (2017); Akpan (2021); Aggrey et al. (2010); Asghar et al. (2017); Lebedinski and Vandenberghe (2014).

**Table 2.** Labour Productivity among Cassava-based farmers

Variable	Coefficient	Robust Std. Error	Z-test	p-value	VIF
Constant	-0.7002	2.3611	-0.2966	0.7668	-
Age	0.1001	0.0585	1.711*	0.0871	1.876
Household Size	-0.1077	0.1071	-1.006	0.3146	1.976
Education	0.1245	0.0472	2.640***	0.0083	1.358
Social Capital	0.1898	0.0701	2.708***	0.0068	1.260
Farm Size	-1.7087	1.0219	-1.672*	0.0945	2.637
Farm Income	8.365e-05	1.438e-05	5.815***	<0.0001	1.622
Non-farm Income	-7.157e-06	6.622e-06	-1.081	0.2798	1.692
Marital Status	-0.8569	0.5825	-1.471	0.1413	1.990
Sex	0.5312	0.2884	1.842*	0.0655	1.495
Farm Credit	6.123e-05	3.928e-05	1.659*	0.0981	1.135
Extension Service	0.8130	0.3145	2.585***	0.0097	1.125
Farming Experience	-0.1562	0.0377	-4.149***	<0.0001	1.940

Chi-square (12) = 92.655\*\*\* Pseudo R<sup>2</sup> = 0.3114; Log likelihood = -413.89; Normality test: 1.963 (0.7431).

In a like manner, a unit increment in farm income, social capital, farm credit and extension services would be led to 0.008%, 18.98%, 0.006% and 81.30% increase in the index of labour productivity respectively. An increase in farm income is strongly connected to the ability of a farmer to pay the required wage efficiently and also provide other welfare packages for labour. This would upsurge labour productivity accordingly. This finding is substantiated by Omotesho et al. (2014). In addition, an increase in social capital accumulation enhances social interaction and the ability to choose the right source/type of labour because of access to several sources of information. Besides an increase in farm credit ensure the efficient acquisition and utilization of farm assets/capital which are tools for higher pro-



ductivity of labour. The result agrees with the finding of Akpan (2021). Whereas an increase in the activities of extension services is connected to the introduction and usage of improved technologies that would promote factor productivity. The finding is in consonance with the report of Akpan (2021).

On the contrary, farm size and farming experience have a significant negative correlation with the index of labour productivity of small-scale cassava farmers. A unit increase in farm experience and farm size would result in a reduction of labour productivity by 0.16 units and 1.71 units, respectively, for cassava producers in the region. An increase in farming experience is often linked to farmers' conservativeness which sometimes slows innovation adoption. Similarly, an increase in farm size would increase the production cost. Since the majority of small-scale farmers are resource-poor, the acquisition of sufficient labour or manpower might not be possible, hence labour productivity will decline. The results validate the findings of Obike et al. (2017); Akpan (2021), but are contrary to the submission of Okoye et al. (2008).

## CONCLUSION

With the mounting population in the country, and the persistent low outputs relative to demand from the agricultural system, the small-scale farmers which constitute the bulk of the farming population must devise ways to increase factor productivity. Again with the emerging dynamics in the farming environment, small-scale farmers ought to prepare to change in line with the changing system. In this direction and given the need for increased factor productivity, the small-scale farmers should be ready to adjust to the best option of farm labour conditioned by certain characteristics specific to farmers, environment, and culture, among other factors. According to the objectives of the study, three main sources of agricultural labour have been identified among cassava-based farmers in southern Nigeria. These are family labour, the hired and group or exchange labour. The labour source option relative to the base category has a set of exogenous variables that influence its adoption by a smallholder cassava farmer in the southern part of Nigeria. The study identified these exogenous factors that influence the probability of adopting each of the labour options available to small-scale cassava farmer in the region. The empirical results revealed that the farmer's age, formal education, farm size, farm income, non-farm income, access to agricultural extension agents and farming experience are significant positive determinants of the choice of hired labour relative to the group labour by the small-scale arable crop farmers in the southern region of Nigeria. Moreover, household size and social capita have a negative correlation with the probability of preferring hired labour instead of group or exchange labour. Also, the farmers' household size and marital status were identified as significant positive factors that influence the probability of cassava-based farmers adopting family labour sources relative to the group labour source in the region. On the cont-

rary, farmers' age, formal education, farm income and access to extension services were found to have a negative relationship with the probability of cassava-based farmers using family labour relative to the use of group labour.

The study also examines the labour productivity of small-scale cassava farmers in the region. The finding revealed a mean labour productivity index of 3.998 units. The positive determinants of labour productivity among cassava farmers were farmers' age, education, social capital, farm income, sex, access to farm credit and efficient extension services. On the other hand, farm size and farming experience were negative determinants. Based on the empirical results, it is recommended that concerted efforts should be developed to increase the formal education attainment of small-scale farmers, increase farm and non-farm income sources and provision of efficient extension services as prerequisites to upsurge the use of hired labour among small-scale cassava-based farmers in the region. Also to encourage the reduced use of family labour relative to the group labour among small-scale cassava-based farmers, it is recommended that youth should be encouraged to cultivate cassava, formal education of small-scale cassava-based farmers should be paramount and an increase in efficient extension services is required. To increase the labour productivity of small-scale farmers it is recommended that; farmers' education, social capital formation, farm income, access to farm credit and efficient extension services should be increased accordingly.

### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflicts of interest.

### **Ethics**

This study does not require ethics committee approval.

### **Authors Contributions:**

Design of Study: ASB (40%), USN (30%), EOU (30%)

**Data Acquisition:** ASB (40%), USN (30%), EOU (30%)

**Data Analysis:** ASB (40%), USN (30%), EOU (30%)

**Writing up:** ASB (40%), USN (30%), EOU (30%)

**Submission and Revision:** ASB (40%), USN (30%), EOU (30%)

## REFERENCES

- Aggrey, N., Eliab, L., Joseph, S. 2010. Human capital and labor productivity in East African manufacturing firms. *Current Research Journal of Economic Theory*, 2, 48-54.
- Akanni, K. A., Dada, A. O. 2012. Analysis of Labour-Use Patterns among Small-Holder Cocoa Farmers in South Western Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B2; 107-113.
- Akpan, S. B. 2020. Enhancing Farm Labour Productivity: The Roles of Small Scale Waterleaf Farmers in Akwa Ibom State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Food Environment*, 7(3): 18-33.
- Akpan, S. B. 2021. Determinants of labour productivity in small-scale waterleaf production in Akwa Ibom State, South-south region of Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21(3):125-136.
- Akpan, S. B. 2010. Encouraging Youth Involvement in Agricultural Production and Processing in Nigeria. Policy Note No. 29: International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Akpan, S. B., Udoh, E. J., Adah, A. J. 2017a. Analysis of Economic Efficiency and Perceived Constraints to small scale Cassava Production in Oruk Anam Local Government Area of Akwa Ibom State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 20(1): 2951-2961.
- Akpan, S. B., Adah, A. J., Udoh, E. J. 2017b. Assessment of Farm factor productivity of small scale cassava farmers in Oruk Anam Local Government Area of Akwa Ibom State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 13(1):113-120.
- Akpan, S. B., Umoren, A. A., Okon, U. O. 2017c. Youths and off- Farm Economic Employments: A Case Study of Youths in the Rural Areas of Akwa Ibom State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 20 (1): 2914-2925.
- Akpan, S. B., Udo, U. J., Okon, U. E. 2019a. Sustainable efficiencies in small scale cassava farmers in Oruk Anam local government area of Akwa Ibom State, Nigeria. *Agrosearch*, 19 (2): 64-86.
- Akpan, S. B., Uwemedimo E. O., Ima-abasi S. A. 2019b. Poverty coping strategies of oil palm farmers in Akwa Ibom State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*; 15(1):20-30.
- Akpan, S. B., Antia, E. J., Nkanta, V. S. 2022a. Sustainable technical efficiency: evidence from vegetable (waterleaf: *Talinum triangulare*) production in southern Nigeria. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 4(6):297-309.
- Akpan, S. B., Effiong, E. E. 2022b. Sustaining the growth of small-scale farming: evidence from the gross margins of small-scale cassava farmers in Uyo agricultural zone, Akwa Ibom State, Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 22(4): 63 - 74.
- Akpan, S. B., Nkanta, V. S., Udo, U. J. 2023. The Socioeconomic attributes and Risk behaviour of Small-Scale Oil Palm Processors (Millers) in Akwa Ibom State, Nigeria. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University (KSU) Journal of Agriculture and Nature*, 26 (2): 365-376. DOI:10.18016/ksutarimdogavi.1066752.
- Anim, F. D. K. 2011. Factors Affecting Rural Household Farm Labour Supply in Farming Communities of South Africa. *Journal of Human Ecology*, 34:1, 23-28, DOI: 10.1080/09709274.2011.11906365.
- Anyaegbunam, H. N., Okoye, B.C., Asumugha, G. N., Ogbonna, M. C., Madu, T. U., Nwakor, N., Ejechi, M. E. 2010. Labour productivity among small-holder cassava farmers in South East agro-ecological zone, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 5(21): 2882-2885.
- Anjiro, C. O., Emerole, C.O., Osundu, C. K., Udah, S. C., Ugorji, S. E. 2013. "Labour-use efficiency by small- holder yam farmers in Abia State Nigeria: A labour-use requirement frontier approach," *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 10(1): 151-163.
- Asghar, M., Danish, M. H., Rehman, H. 2017. Human Capital and Labour Productivity: A Case Study of District Lahore. *JPUHS*, 30(1): 147-163.
- Ayaz, M., Mughal, M. 2022. Farm Size and Productivity -The Role of Family Labor. HAL Id: hal- 03669234, <https://hal-univ-pau.archives-ouvertes.fr/hal-03669234>.
- Bassey, N. E., Akpaeti, A. J., Udo, U. J. 2014. Labour choice decisions among cassava crop farmers in Akwa Ibom State, Nigeria. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 2(3): 145-156.

- Bedemo, A., Getnet, K., Kassa, B. 2013. Determinants of Labor Market Participation Choice of Farm Households in Rural Ethiopia: Multinomial Logit Analysis. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 4(1): 133 – 141.
- Cochran, W. G. 1963. *Sampling Techniques*, 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Edohen, O. P., Ikelegbe, O. O. 2018. Labour use types, agricultural income of farm households in Nigeria: an evidence from rural Benin. *Knowledge Review*, 37(1): 1-9.
- Edoka, M. H; Igbokwe, E. M., Adejo, P. E. 2014. Constraints to Farmers' Labour Group Productivity in Eastern Kogi State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 18(2): 68-75.
- Federal Government of Nigeria (FGN) 2016. *Cassava Master Plan: A Strategic Action Plan for the Development of the Nigerian Cassava Industry*. (Access address: <https://cassavamatters.org/download/cassava-master-plan-a-strategic-action-plan-for-the-development-of-the-nigerian-cassava-industry/>)
- Gujarati, N. D., Dawn, C. P. 2009. *Basic Econometric*. McGraw-Hill International Edition. Singapore.
- Jayne, T., Yeboah, F. K., Henry, C. 2017. *The future of work in African agriculture: Trends and drivers of change*. Research Department Working Paper No. 25, International Labour Office.
- Jean-Claude D. 2011. *Challenges for African Agriculture*. The International Bank for Reconstruction and Development and the World Bank publication. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org).
- Kropko, J. 2008. *Choosing between multinomial logit and multinomial probit models for analysis of unordered choice data* ((Doctoral dissertation, The University of North Carolina at Chapel Hill).
- Lebedinski, L., Vandenberghe, V. 2014. Assessing education's contribution to productivity using firm-level evidence. *International Journal of Manpower*, 35(8): 1116-1139.
- Mtaturu, J. Z., Tumaini, J. W. 2022. Subsidy effect on hired labour demand for agricultural households in Tanzania. *African Journal of Applied Research*, 8(1): 155-168.
- National Bureau of statistics 2022. *Poverty Statistics in Nigeria*. [www.nigerianstat.gov.ng](http://www.nigerianstat.gov.ng).
- Nmadu, J. N., Akinola, A. 2015. *Farm Labor Supply and Utilization for Food Crop Production in Nigeria*. Istanbul, Turkey Proceedings of INTCESS15- 2nd International Conference on Education and Social Sciences. 311-320.
- Nolte, K., Ostermeier, M., 2017. Labour Market Effects of Large-Scale Agricultural Investment: Conceptual Considerations and Estimated Employment Effects. *World Development*, 98: 430-446.
- Obasi, O. O., Kanu, W. N. 2014. "Gender, access to farm labour and coping strategies: Implication for food productivity in Imo State, Nigeria", *International Journal of Development and Sustainability*, 3(8): 1777- 1781.
- Obike. K. C, Ebe, F. E., Idu, M. A., Aigboke, S. O., Lugard E. G. 2017. Labour Productivity and Yield Determinants in Cocoa Farming: Evidence from Abia State, Nigeria. *Nigerian Agricultural Policy Research Journal*, 2(1): 114 – 122.
- Ogbalubi, L. N., Wokocho, C. C. 2013. "Agricultural Development and Employment Generation: The Nigeria Experience. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 2(2):60-69.
- Okoye, B. C., Onyenweaku, C. E., Ukoha, O. O., Asumugha, G. N., Aniedu, O. C. 2008. Determinants of labour productivity on small-holder cocoyam farms in Anambra State, Nigeria. *Scientific Research and Essay*; 3: 559-561.
- Omotesho, K. F., Lawal, A. M., Ismaila, D. E. 2014. Assessment of hired labour use and food security among rural farming households in Kwara State, Nigeria. *Journal of Agricultural Sciences*, 59(3): 353-361. DOI:10.2298/JAS1403353O.
- Sakho-Jimbira, S., Hathie, I. 2020. *The future of agriculture in Sub-Saharan Africa*. Policy brief No. 2.
- Saliu, O. J., Ojandage, A. I. 2008. Modern leadership theories and sustainable farmers' organizations in a liberalized economy. *Nigerian Journal of Rural Sociology*, 8(2): 33-40.
- Stevens, A. 2018. "Temperature, Wages, and Agricultural Labor Productivity." Working Paper, Department of Agricultural and Resource Economics, University of California, Davis, Berkeley.
- Tritsch, K., Ken M., Michelle E., Manuel P. 2022. "Evaluating Success Factors and Challenges among Small- Scale Agricultural Producers: A Texas Case Study." *Journal of Rural Social Sciences*, 37(3): Article 3. Available At: <https://egrove.olemiss.edu/jrss/vol37/iss3/3>.
- Udoh, E. J., Akpan, S. B. 2017. Assessment of Sustainable Livelihood Assets of Farming Households in Akwa Ibom State, Nigeria. *Journal of Sustainable Development*; 10(4): 83 – 96.
- Umoren, A. A., Akpan, S. B., Umoren, R. A. 2021. Risks Mitigation Strategies in Cassava Value Chain under Anchor Borrowers' Programme in Akwa Ibom State, Nigeria. *IOSR Journal of Business and Management*, 23(6): 8-13.
- Wang, S. L., Hoppe, R. A., Hertz, T., Xu, S. 2022. *Farm Labor, Human Capital, and Agricultural Productivity in the U.S.*, ERR-302, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Wossen, T., Girma, G., T. Abdoulaye, T., Rabbi, I., Olanrewaju, A., Bentley, J., Alene, A., Feleke, S., Kulakow, P., Asumugha, G., Abass, A., Tokula M., Manyong, V. 2017. *The cassava monitoring survey in Nigeria, final report*. IITA, Ibadan, Nigeria. ISBN 978-978-8444-81-7. 66 pp.
- Yeboah, K., Jayne, T. S. 2016. *Africa's Evolving Employment Structure*. International Development Working Paper 148, East Lansing: Michigan State University.
- Zegeye, M. B., Fikire, A. H., Meshesha, G. B. 2022. Determinants of multiple agricultural technology adoption: evidence from rural Amhara region, Ethiopia. *Cogent Economics & Finance*, 10.1, 2058189, DOI: 10.1080/23322039.2022.2058189.



## The Effects of Plant Density and Shading on Some Agricultural Traits of Salep Orchid (*Serapias vomeracea* (Burm.f.) Briq.)

Bitki Sıklığı ve Gölgelemenin Salep Orkidesinin  
(*Serapias vomeracea* (Burm.f.) Briq.) Bazı  
Tarımsal Özellikleri Üzerine Etkileri

Yusuf ŞAVŞATLI<sup>1</sup>, Mehmet AKCA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Rize  
· yusuf.savsatli@erdogan.edu.tr · ORCID > 0000-0001-9246-6710

<sup>2</sup>Recep Tayyip Erdoğan University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Undergraduate Student, Rize  
· mehmet\_akca18@erdogan.edu.tr · ORCID > 0000-0003-4134-606X

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 11 Nisan/April 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 29 Temmuz/July 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 513-528

**Atıf/Cite as:** Şavşatlı, Y., Akca, M. "The Effects of Plant Density and Shading on Some Agricultural Traits of Salep Orchid (*Serapias vomeracea* (Burm.f.) Briq.)," Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 513-528.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Yusuf ŞAVŞATLI

## THE EFFECTS OF PLANT DENSITY AND SHADING ON SOME AGRICULTURAL TRAITS OF SALEP ORCHID (*Serapias vomeracea* (BURM.F.) BRIQ.)

### ABSTRACT

*Serapias vomeracea* is a valuable plant from the Orchidaceae family, especially in that its tubers are used to make hot drinks. In this study, the plants were grown in field conditions, and it was investigated in detail for the first time to determine the effect of plant density and shading on some agronomic traits of *S. vomeracea*. The five levels of plant density (20×10 cm, 20×5 cm, 10×10 cm, 10×6.6 and 10×5 cm) and three levels of shading (Control, 55% and 75%) were tested. The plants were harvested for new tubers in full flowering period. As a result of the study, the shading was effective on the dry matter ratio ( $P<0.05$ ) and ash ratio ( $P<0.01$ ) in the tubers while plant density was effective on plant height ( $P<0.01$ ), panicle length ( $P<0.01$ ), number of flowers per panicle ( $P<0.05$ ), dry matter ratio ( $P<0.01$ ), and ash ratio ( $P<0.01$ ) in the tubers. It is possible to see the dominant effect of plant density on the investigated traits in the dendrogram created by cluster analysis. The results of the cluster analysis showed that the plant densities of 20×5 cm and 20×10 cm, the density of 10×10 cm and, the densities of 10×5 cm and 10×6.6 cm were distributed into three different clusters. Positive and significant correlations were found between tuber yield per plant and number of flowers per panicle ( $r=0.633^*$ ), number of roots per plant ( $r=0.728^{**}$ ), and number of leaves per plant ( $r=0.745^{**}$ ).

**Keywords:** Agronomic Traits, Correlation, Leaf, Tuber.



## BİTKİ SIKLIĞI VE GÖLGELEMENİN SALEP ORKİDESİNİN (*Serapias vomeracea* (BURM.F.) BRIQ.) BAZI TARIMSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

### ÖZ

*Serapias vomeracea*, Orchidaceae familyasından olup, özellikle yumruları sıcak içecek yapımında kullanılan değerli bir bitkidir. Rize'nin Pazar ilçesinde tarla koşullarında yetiştirilen bitkiler, bitki sıklığı ve gölgelemenin bazı agronomik özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla ilk kez detaylı olarak incelenmiştir. Beş bitki sıklığı seviyesi (20×10 cm, 20×5 cm, 10×10 cm, 10×6.6 ve 10×5 cm) ve üç gölgeleme seviyesi (Kontrol, %55 ve %75) ele alınmıştır. Bitkiler %50 çiçeklenme döneminde yumruları için hasat edilmiştir. Araştırma sonucunda, gölgeleme, incelenen özellikler içerisinde yumruda kuru madde oranı ( $P<0.05$ ) ve yumruda kül

oranı ( $P<0.01$ ) üzerinde etkili olurken; bitki sıklığı ise bitki boyu ( $P<0.01$ ), salkım uzunluğu ( $P<0.01$ ), salkımda çiçek sayısı ( $P<0.05$ ), kuru madde oranı ( $P<0.01$ ) ve kül oranı ( $P<0.01$ ) üzerinde etkili olmuştur. Bitki sıklığının incelenen özellikler üzerindeki baskın etkisini kümeleme analizi ile oluşturulan dendrogramda da görmek mümkündür. Kümeleme analizi sonuçları,  $20\times 5$  cm ve  $20\times 10$  cm bitki sıklıklarının,  $10\times 10$  cm sıklığının ve  $10\times 5$  cm,  $10\times 6,6$  cm sıklıklarının üç farklı kümeye dağıldığını göstermiştir. Bitki başına yumru verimi ile salkım başına çiçek sayısı ( $r=0,633^*$ ), bitki başına kök sayısı ( $r=0,728^{**}$ ) ve bitki başına yaprak sayısı ( $r=0,745^{**}$ ) arasında pozitif ve önemli korelasyonlar bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tarımsal Özellikler, Korelasyon, Yumru, Yaprak.



## 1. INTRODUCTION

The orchids are members of the Orchidaceae family. Orchid species, of which tubers are used in hot beverages, are called salep in Turkey (Tamer et al., 2006). *S. vomeracea* is an orchid species widely cultivated in Turkey. Due to the collecting from the natural flora unconsciously in the past, orchid species are now endangered (Sezik, 2002; Sandal-Erzurumlu & Doran, 2011). The fact that the seeds of orchid germinate very difficult and the plants formed from the seeds take a long time to develop increases the destruction risk of these plants (Sandal, 2009). To prevent collecting of the salep from nature, various legal regulations have been made by the Ministry of Agriculture and Forestry. Action plans are implemented to encourage the cultivation of these species by the Ministry at the present time (Anonymous, 2014).

Most of the salep species prefer shade and semi-shade environments. In addition, coarse-textured soils create ideal conditions for tuberous plants if the requirements of their nutrient and moisture are met. The scarcity of soil moisture is an important factor limiting the spread of *Serapias* species (Parlak & Tutar, 2012). Therefore, it is important to provide suitable environmental conditions for salep cultivation and investigate the basic growing techniques that contribute to the salep farming (Çalışkan & Kurt, 2019). In addition, it is necessary to carry out breeding studies to ensure the continuity of the standard product (Ertaş et al., 2019).

Tutar et al. (2013) determined that the most suitable orchids were *S. vomeracea* (Burm. fil.) Briq. and *Orchis sancta* L. for salep cultivation in the Aegean region. In the study of Arabaci et al. (2014) on *S. vomeracea* regarding to different planting times, the plant height varied between 23.88 and 31.17 cm, number of tubers per plant varied between 1.53 and 1.74 units and tuber weight varied between 3.11 and 5.44 g.

In the study conducted by Ertaş et al. (2019) on *Serapias* species in Şanlıurfa conditions, it was reported that the flowering period lasted 30 days and also average values belonging to various traits were determined, ie,  $4.37 \pm 1.44$  units plant<sup>-1</sup> for the number of flowers per panicle,  $3.50 \pm 0.70$  units plant<sup>-1</sup> for the number of leaves per plant,  $1.13 \pm 0.34$  units plant for the number of tubers per plant,  $9.34 \pm 1.10$  cm for the leaf length,  $1.78 \pm 0.14$  for the leaf width and  $5.30 \pm 0.25$  g plant<sup>-1</sup> for tuber yield per plant. In the same study, the average plant height was  $24.33 \pm 5.70$  cm. On the other hand, plant height could reach 45-50 cm in salep (Karık et al., 2020).

Another study conducted in field conditions is on weed control realized by Parlak (2016). As it is known, weeds cause serious problems in salep cultivation. If weeds cannot be controlled, growth of salep tubers is limited. Parlak (2016) pointed out the importance of using chemical pesticides instead of manual weed control which caused to an increase in cost.

On the other hand, in the studies conducted on the flora of Turkey, large variations were determined in the agronomic traits of *S. vomeracea*. The values varied between 10-50 cm for plant height, 3-20 units for the number of flowers, and 2-4 units for the number of tubers (Renz and Taubenheim, 1984). Güler (2005) stated the variations in the Kaz Mountains were 16.0-46.0 cm for plant height, 2-3 units for the number of tubers, 2-10 units for the number of flowers in the panicle. The authors also determined the number of leaves per plant as 4-9 units. Sandal (2009) reported that the most effective environmental factor in the distribution of orchid species was altitude. The researcher determined that the plant height of *S. vomeracea* varied between 10-30 cm while the number of leaves were 4-6, the number of flowers were 3-6, and the flowering period took place between March and May.

The results of the literature show that the investigations on salep mostly consist of studies conducted in natural flora, and the studies carried out in field conditions are limited to a few studies. For this reason, this study is very important in terms of contributing to salep cultivation. In this study, the effects of plant density and shading on the agricultural traits of salep orchid (*S. vomeracea*) grown in Rize conditions were determined.

## 2. MATERIAL AND METHOD

This study was carried out in the Pazar district of Rize province in split-plot design with randomized blocks as three replications. The seedlings of *S. vomeracea* purchased from a producer company were used as trial material (Figure 1). In the study, seedlings with similar main tuber sizes were used. Shading was placed on the main plots, and plant density was placed on the sub plots. Three levels of shading ratio (Control, 50 % and 75 %) and five levels of plant density (20×10 cm, 20×5 cm,



10×10 cm, 10×6.6 and 10×5 cm) were applied. No shading treatment was applied in the control.

The seedlings were transplanted into the cover soil (15 cm deep) formed by mixing 1/3 field soil, 1/3 stream sand and 1/3 tea fiber on December 29, 2021. Thirty-eight seedlings were planted per plot. The values obtained in 10 plants were averaged. Statistical analyzes were made using the averages.

The shading cover was covered on the plots 60 cm above the soil level on April 8, 2022, during the spring season when the air temperature started to increase. In this study, agricultural traits discussed in the study were plant height, number of leaves per plant, leaf length, leaf width, panicle length, number of flowers per panicle, number of roots per plant, stem diameter, and new tuber traits (tuber yield per plant, number of tuber per plant, first tuber weight, first tuber length, first tuber width, first tuber depth, second tuber weight, second tuber length, second tuber width, second tuber depth, dry matter ratio in tuber, and ash ratio in tuber).



**Figure 1.** The plants of *S. vomeracea*

In determining of the leaf length and leaf width in the plant, the average of the values obtained in the best developed three leaves in the same plant was taken. Leaf width was determined by measuring the widest part of the leaf, while stem diameter was determined by measuring the diameter of the plant stem at soil level with a caliper. The date on which 50 % of the plants flowered was recorded as flowering date. The number of days between the date when the first flowers began to appear and the date when the last flower bloomed was determined as the flowering period. The dry matter ratio and the ash ratio in tuber were determined by using fresh tubers. The amount of dry matter in the harvested fresh tuber was determined by keeping the tubers in an oven set at 70 °C until they were completely dry, and the

dry matter ratio was calculated by proportioning the obtained dry weight value to the fresh tuber weight. After the dried tubers were turned into powder, they were kept in the crematorium at 525 °C until they completely turned into ash. The ash ratio was calculated by proportioning the amount of ash obtained to the initial fresh weight.

All statistical analyses were performed using the JMP software program (JMP, 2006). TUKEY Multiple Comparison Test was applied to compare the averages. Hierarchical cluster analysis (Ward method with Squared Euclidean distances) was performed by using the SPSS 20.0 software (SPSS, 2011).

### 3. RESULTS

#### 3.1. Phenological Observations

The flowering period was determined as 28 days for the control plots, 29 days for the plots with 55 % shading, and 30 days for the plots with 75 % shading. The flowering date of the plants was on 10th of May 2022 in the control plots. In contrast, flowering dates were determined as on 13rd of May 2022 with a delay of three days for 55 % shading and on 15th of May 2022 with a delay of five days for 75 % shading. In the plots where different plant densities were applied, no difference was observed in terms of flowering.

#### 3.2. The Effect of Shading on the Investigated Traits

Considering the data obtained in shading applications, only the differences in leaf width ( $P<0.05$ ), dry matter ratio in tuber ( $P<0.05$ ), and ash ratio in tuber ( $P<0.01$ ) were found to be statistically significant (Table 1, 2). The highest leaf width was obtained in 55 % and 75 % shading ratios. The highest dry matter ratio occurred in the control plots and was followed by the shading ratios of 55 % and 75 % within the same statistical group. The highest ash ratios were obtained in control and 55 % shading groups.

#### 3.3. The Effect of Plant Density on the Investigated Traits

The effects of plant density on plant height, panicle length, dry matter ratio in tuber, ash ratio in tuber, and leaf width were very significant ( $P<0.01$ ), while the effect on the number of flowers per panicle was significant ( $P<0.05$ ). More much plant density generally caused increases in plant height, panicle length and number of flowers per panicle, and caused decreases in dry matter ratio in tuber, ash ratio in tuber, and leaf width.

**Table 1.** The average values belonging to some agronomic traits of *S. vomeracea*

Shading	Plant Density	Plant Height		Panicle Length		Number of Flowers Per Panicle		Number of Roots Per Plant		Stem Diameter	
		(cm)	±Sx	(cm)	±Sx	(Unit)	±Sx	(Unit)	±Sx	(mm)	±Sx
Control	20×10	14.44	0.45	5.91	0.37	6.43	0.46	9.17	0.14	5.84	0.21
	20×5	13.42	0.58	5.49	0.24	6.53	0.18	9.40	0.10	6.18	0.32
	10×10	13.53	0.85	5.29	0.55	6.50	0.81	9.63	0.43	6.93	0.59
	10×6,6	16.46	0.95	6.62	0.40	7.00	0.25	9.50	0.25	6.27	0.18
	10×5	15.98	1.22	6.02	0.23	6.90	0.31	9.47	0.29	6.07	0.18
	<b>Average</b>	<b>14.77</b>		<b>5.87</b>		<b>6.67</b>		<b>9.43</b>		<b>6.26</b>	
55 %	20×10	14.34	1.18	6.34	0.36	6.43	0.62	9.68	0.21	6.28	0.42
	20×5	14.21	1.95	6.04	0.20	6.25	0.32	8.97	0.35	6.29	0.32
	10×10	14.22	2.07	5.45	0.37	5.69	0.51	9.27	0.54	6.35	0.61
	10×6,6	16.18	2.11	6.61	0.78	7.07	0.49	9.23	0.14	9.36	2.70
	10×5	17.86	2.59	6.74	0.68	6.73	0.20	9.33	0.09	6.69	0.35
	<b>Average</b>	<b>15.36</b>		<b>6.24</b>		<b>6.43</b>		<b>9.30</b>		<b>6.99</b>	
75 %	20×10	16.44	0.68	7.63	0.70	7.52	0.55	8.67	0.72	6.46	0.25
	20×5	14.41	2.53	5.92	0.50	5.23	0.54	8.50	0.41	5.79	0.31
	10×10	12.47	2.53	5.54	0.46	5.05	0.85	7.78	0.64	4.82	0.31
	10×6,6	16.64	7.89	6.56	0.33	5.90	0.31	8.13	0.20	5.05	0.04
	10×5	16.94	1.08	6.35	0.39	6.57	0.14	9.53	0.32	6.05	0.35
	<b>Average</b>	<b>15.38</b>		<b>6.40</b>		<b>6.05</b>		<b>8.52</b>		<b>5.63</b>	
<b>CV%</b>	<b>9.98</b>		<b>9.99</b>		<b>11.72</b>		<b>6.43</b>		<b>20.04</b>		

Sx: Standard errors. CV: Coefficient of variation. There is no significant difference between the means with the same letter at the \*P<0.05 and \*\*P<0.01

**Table 1.** The average values belonging to some agronomic traits of *S. vomeracea* (Continued)

Shading	Plant Density	Number of Tubers Per Plant		Tuber Yield Per Plant		Number of Leaves Per Plant		Leaf Length		Leaf Width	
		(Unit)	±Sx	(g)	±Sx	(Unit)	±Sx	(cm)**	±Sx	(cm)	±Sx
Control	20×10	1.60	0.10	3.18	0.28	4.60	0.31	7.39 <sup>a-d</sup>	0.50	1.37 <sup>bc*</sup>	0.05
	20×5	1.57	0.07	3.89	0.17	4.80	0.36	7.70 <sup>a-d</sup>	0.58	1.35 <sup>bc</sup>	0.05
	10×10	1.57	0.13	3.69	0.93	5.47	0.26	7.92 <sup>abc</sup>	0.48	1.39 <sup>abc</sup>	0.09
	10×6,6	1.63	0.03	4.46	1.17	5.30	0.51	7.87 <sup>abc</sup>	0.73	1.37 <sup>bc</sup>	0.07
	10×5	1.40	0.06	3.56	0.44	5.03	0.13	7.86 <sup>abc</sup>	0.58	1.40 <sup>abc</sup>	0.06
	<b>Average</b>	<b>1.55</b>		<b>3.76</b>		<b>5.04</b>		<b>7.75</b>		<b>1.37<sup>b*</sup></b>	

55 %	20×10	1.35	0.25	3.19	0.24	3.22	0.42	6.85 <sup>cd</sup>	0.47	1.50 <sup>ab</sup>	0.05
	20×5	1.60	0.10	3.71	0.15	4.40	0.61	7.40 <sup>a-d</sup>	0.48	1.37 <sup>bc</sup>	0.08
	10×10	1.53	0.09	3.27	0.51	4.57	1.04	7.27 <sup>a-d</sup>	0.31	1.43 <sup>abc</sup>	0.07
	10×6,6	1.62	0.11	3.75	0.62	4.20	0.78	8.38 <sup>a</sup>	1.25	1.41 <sup>abc</sup>	0.04
	10×5	1.40	0.10	3.47	0.59	4.90	0.79	7.75 <sup>c-d</sup>	0.65	1.49 <sup>abc</sup>	0.06
	<b>Average</b>	<b>1.50</b>		<b>3.48</b>		<b>4.26</b>		<b>7.53</b>		<b>1.44<sup>ac</sup></b>	
75 %	20×10	1.65	0.15	2.96	0.76	4.30	0.46	8.24 <sup>abc</sup>	0.45	1.55 <sup>a</sup>	0.05
	20×5	1.55	0.20	2.49	0.54	2.91	1.10	8.30 <sup>ab</sup>	0.51	1.51 <sup>b</sup>	0.06
	10×10	1.31	0.08	2.35	0.21	3.56	0.28	6.42 <sup>d</sup>	0.48	1.33 <sup>c</sup>	0.08
	10×6,6	1.33	0.09	2.81	0.15	3.86	0.17	6.90 <sup>bcd</sup>	0.77	1.34 <sup>bc</sup>	0.06
	10×5	1.37	0.17	3.13	0.20	4.63	0.50	7.18 <sup>a-d</sup>	0.60	1.49 <sup>abc</sup>	0.07
	<b>Average</b>	<b>1.44</b>		<b>2.75</b>		<b>3.85</b>		<b>7.41</b>		<b>1.45<sup>ac</sup></b>	
<b>CV%</b>	<b>14.54</b>		<b>26.75</b>		<b>19.28</b>		<b>6.15</b>		<b>3.91</b>		

**Table 2.** The average values belonging to some agronomic traits of *S. vomeracea*

Shading	Plant Density	First Tuber Weight		Second Tuber Weight		First Tuber- Length		First Tuber Width		First Tuber Depth	
		(g)	±Sx	(g)	±Sx	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx
Control	20×10	3.20	0.05	0.43	0.08	22.19	1.59	15.24	0.36	13.69	0.31
	20×5	3.60	0.13	0.57	0.05	22.93	1.43	15.97	0.47	13.81	0.38
	10×10	3.25	0.32	0.85	0.18	24.92	3.28	15.66	1.65	14.16	1.37
	10×6,6	3.48	0.48	0.52	0.06	20.54	0.93	16.22	0.33	14.92	0.26
	10×5	3.32	0.37	0.65	0.10	22.21	0.15	16.22	0.58	14.21	0.61
	<b>Average</b>	<b>3.37</b>		<b>0.60</b>		<b>22.56</b>		<b>15.86</b>		<b>14.16</b>	
55 %	20×10	3.55	0.59	0.36	0.14	24.18	1.14	16.69	1.30	15.61	1.18
	20×5	3.22	0.20	0.76	0.08	24.04	1.22	16.40	0.12	14.82	0.44
	10×10	2.96	0.43	0.65	0.27	20.74	2.74	16.14	0.87	15.14	1.02
	10×6,6	3.25	0.47	0.78	0.13	22.31	1.73	16.30	0.57	14.77	0.64
	10×5	3.22	0.61	0.75	0.16	21.22	2.05	16.07	1.14	14.53	1.14
	<b>Average</b>	<b>3.24</b>		<b>0.66</b>		<b>22.50</b>		<b>16.32</b>		<b>14.97</b>	
75 %	20×10	3.44	0.21	0.94	0.21	21.88	0.98	16.13	1.15	14.26	0.96
	20×5	3.46	0.63	0.62	0.13	22.35	1.68	17.28	1.21	15.84	1.04
	10×10	2.87	0.16	0.47	0.17	17.82	1.26	13.93	1.96	12.96	1.71
	10×6,6	2.62	0.11	0.62	0.08	22.36	0.73	14.57	0.50	13.73	0.25
	10×5	2.91	0.23	0.69	0.08	23.93	0.73	16.55	0.52	14.70	0.18
	<b>Average</b>	<b>3.06</b>		<b>0.67</b>		<b>21.67</b>		<b>15.69</b>		<b>14.30</b>	
<b>CV%</b>	<b>20.77</b>		<b>36.26</b>		<b>12.22</b>		<b>9.97</b>		<b>10.49</b>		

Sx: Standard errors. CV: Coefficient of variation. There is no significant difference between the means with the same letter at the \*P<0.05 and \*\*P<0.01

**Table 2.** The average values belonging to some agronomic traits of *S. vomeracea* (Continued)

Shading	Plant Density	Second Tuber Length		Second Tuber Width		Second Tuber Depth		Dry Matter Ratio in Tuber		Ash Ratio in Tuber	
		(mm)	±Sx	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx	(%)	±Sx	(%)	±Sx
Control	20×10	11.03	0.79	8.03	0.52	7.03	0.40	21.47	0.16	0.55 <sup>a*</sup>	0.01
	20×5	11.36	0.39	8.90	1.37	8.61	1.14	21.20	0.51	0.51 <sup>a*</sup>	0.01
	10×10	15.74	3.09	10.88	1.70	9.37	1.35	18.96	0.37	0.43 <sup>bc*</sup>	0.03
	10×6,6	10.21	0.48	8.31	0.24	7.38	0.38	18.98	0.50	0.39 <sup>cd*</sup>	0.01
	10×5	12.18	0.73	8.44	0.52	7.74	0.60	18.01	0.47	0.39 <sup>bcd</sup>	0.01
	<b>Average</b>	<b>12.10</b>		<b>8.91</b>		<b>8.03</b>		<b>19.72<sup>a</sup></b>		<b>0.454<sup>***</sup></b>	
55 %	20×10	10.62	0.62	7.90	1.41	7.06	1.24	20.87	0.40	0.54 <sup>a*</sup>	0.01
	20×5	11.72	0.35	9.47	0.16	8.84	0.13	20.73	0.70	0.53 <sup>a*</sup>	0.02
	10×10	10.37	1.76	9.42	1.53	8.54	1.50	18.64	0.61	0.45 <sup>b*</sup>	0.02
	10×6,6	13.00	0.76	9.45	0.40	8.72	0.51	17.93	0.23	0.41 <sup>bc*</sup>	0.01
	10×5	12.37	0.97	9.75	1.27	8.30	0.91	17.63	0.31	0.40 <sup>bcd*</sup>	0.01
	<b>Average</b>	<b>11.62</b>		<b>9.20</b>		<b>8.29</b>		<b>19.16<sup>b</sup></b>		<b>0.465<sup>***</sup></b>	
75 %	20×10	14.71	1.11	10.71	1.14	9.41	1.35	20.62	0.70	0.38 <sup>cd*</sup>	0.01
	20×5	12.04	1.02	9.47	0.56	8.41	0.24	20.62	0.46	0.35 <sup>dc*</sup>	0.02
	10×10	13.46	0.00	9.86	0.00	8.04	0.00	18.02	0.31	0.33 <sup>df*</sup>	0.02
	10×6,6	11.13	0.83	9.36	0.73	8.18	0.42	17.89	0.23	0.29 <sup>f*</sup>	0.01
	10×5	12.31	0.73	9.23	0.30	8.83	0.36	17.76	0.24	0.31 <sup>df*</sup>	0.02
	<b>Average</b>	<b>12.73</b>		<b>9.73</b>		<b>8.57</b>		<b>18.98<sup>b</sup></b>		<b>0.329<sup>b**</sup></b>	
<b>CV%</b>	<b>18.29</b>		<b>20.21</b>		<b>19.68</b>		<b>3.99</b>		<b>4.32</b>		

Sx: Standard errors. CV: Coefficient of variation. There is no significant difference between the means with the same letter at the \*P<0.05 and \*\*P<0.01

### 3.4. Combinations of Shading and Plant Density

Combination of shading and plant density had a significant effect on leaf length (P<0.01), leaf width (P<0.01), and ash ratio (P<0.05) in tuber (Table 3, 4). The highest values of leaf length were obtained in all planting densities without shading. On the other hand, high values were determined in the shaded plots for some agronomic traits depending on the plant densities. The highest values in terms of leaf width were generally determined in combinations of planting density levels with 55 % shading. The highest ash ratio in tuber was determined in the control group, and combinations of 55 % shading with 20×10 cm and 20×5 cm density.

### 3.5. Relationships Between the Agronomic Traits

Relationships and significance levels between the traits are given in Table 5. Positive and significant correlations were found between tuber yield per plant and number of flowers per panicle ( $r=0.633^*$ ), number of roots per plant ( $r=0.728^{**}$ ), and number of leaves per plant ( $r=0.745^{**}$ ) (Figure 2). It will be useful to examine the traits which showed significant correlations with tuber yield per plant.

Number of flowers per panicle was correlated with plant height ( $r=0.583^*$ ), panicle length ( $r=0.618^*$ ), root number per plant ( $r=0.584^*$ ), stem diameter ( $r=0.563^*$ ), number of leaves per plant ( $r=0.569^*$ ), and leaf length ( $r=0.535^*$ ). Significant ( $P<0.05$ ) relationships were also determined between the number of roots per plant and the number of leaves per plant ( $r=0.580^*$ ), the length of the first tuber ( $r=0.562^*$ ), and the width of the first tuber ( $r=0.581^*$ ). There were no significant correlations between the number of leaves per plant and the number of roots per plant, the number of flowers per panicle, and the tuber yield per plant (Figure 3, 4, 5).

**Table 3.** General average values belonging to plant density in terms of some agronomic traits in *S. vomeracea*

Plant Density	Plant Height **		Panicle Length **		Number of Flowers Per Panicle *		Number of Roots Per Plant		Stem Diameter	
	(cm)	±Sx	(cm)	±Sx	(Unit)	±Sx	(Unit)	±Sx	(mm)	±Sx
<b>20×10</b>	15.07 <sup>ab</sup>	0.68	6.63 <sup>a</sup>	0.52	6.79 <sup>a</sup>	0.36	9.17	0.29	6.19	0.18
<b>20×5</b>	14.01 <sup>b</sup>	0.30	5.82 <sup>ab</sup>	0.17	6.00 <sup>ab</sup>	0.39	8.96	0.26	6.09	0.15
<b>10×10</b>	13.41 <sup>b</sup>	0.51	5.43 <sup>b</sup>	0.08	5.75 <sup>b</sup>	0.42	8.89	0.57	6.03	0.63
<b>10×6,6</b>	16.43 <sup>a</sup>	0.39	6.60 <sup>a</sup>	0.15	6.66 <sup>ab</sup>	0.25	8.95	0.31	6.89	0.84
<b>10×5</b>	16.93 <sup>a</sup>	0.54	6.37 <sup>a</sup>	0.21	6.73 <sup>ab</sup>	0.10	9.44	0.06	6.27	0.21
<b>Average</b>	<b>15.17</b>		<b>6.17</b>		<b>6.39</b>		<b>9.08</b>		<b>6.30</b>	

Sx: Standard errors. There is no significant difference between the means with the same letter at the \* $P<0.05$  and

\*\* $P<0.01$

**Table 3.** General average values belonging to plant density in terms of some agronomic traits in *S. vomeracea* (Continued)

Plant Density	Number of Tubers Per Plant		Tuber Yield Per Plant		Number of Leaves Per Plant		Leaf Length		Leaf Width **	
	(Unit)	±Sx	(g)	±Sx	(adet)	±Sx	(cm)	±Sx	(cm)	±Sx
20×10	1.53	0.09	3.11	0.08	4.04	0.42	7.49	0.40	1.48 <sup>a</sup>	0.05
20×5	1.57	0.02	3.36	0.44	4.04	0.58	7.80	0.27	1.41 <sup>abc</sup>	0.05
10×10	1.47	0.08	3.10	0.40	4.53	0.55	7.20	0.43	1.38 <sup>bc</sup>	0.03
10×6,6	1.53	0.08	3.67	0.33	4.45	0.43	7.71	0.43	1.37 <sup>c</sup>	0.02
10×5	1.39	0.01	3.39	0.13	4.85	0.12	7.60	0.21	1.46 <sup>ab</sup>	0.03
<b>Average</b>	<b>1.50</b>		<b>3.33</b>		<b>4.38</b>		<b>7.56</b>		<b>1.42</b>	

Sx: Standard errors. There is no significant difference between the means with the same letter at the \*\*P<0.01

**Table 4.** General average values belonging to plant density in terms of some tuber traits in *S. vomeracea*

Plant Density	First Tuber Weight		Second Tuber Weight		First Tuber Length		First Tuber Width		First Tuber Depth	
	(g)	±Sx	(g)	±Sx	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx
20×10	3.40	0.10	0.58	0.18	22.75	0.72	16.02	0.42	14.52	0.57
20×5	3.43	0.11	0.65	0.06	23.11	0.50	16.55	0.39	14.82	0.59
10×10	3.03	0.12	0.66	0.11	21.16	2.06	15.24	0.67	14.09	0.63
10×6,6	3.12	0.26	0.64	0.08	21.74	0.60	15.70	0.57	14.47	0.38
10×5	3.15	0.12	0.70	0.03	22.45	0.79	16.28	0.14	14.48	0.14
<b>Average</b>	<b>3.25</b>		<b>0.65</b>		<b>22.24</b>		<b>15.96</b>		<b>14.48</b>	

Sx: Standard errors. There is no significant difference between the means with the same letter at the \*\*P<0.01

**Table 4.** General average values belonging to plant density in terms of some tuber traits in *S. vomeracea* (Continued)

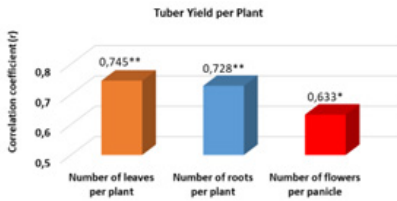
Plant Density	Second Tuber Length		Second Tuber Width		Second Tuber Depth		Dry Matter Ratio in Tuber **		Ash Ratio in Tuber **	
	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx	(mm)	±Sx	(%)	±Sx	(%)	±Sx
20×10	12.12	1.30	8.88	0.92	7.83	0.79	20.99 <sup>a</sup>	0.25	0.49 <sup>a</sup>	0.06
20×5	11.71	0.20	9.28	0.19	8.62	0.13	20.85 <sup>a</sup>	0.18	0.46 <sup>b</sup>	0.06
10×10	13.19	1.56	10.05	0.43	8.65	0.39	18.54 <sup>b</sup>	0.28	0.40 <sup>c</sup>	0.03
10×6,6	11.45	0.82	9.04	0.36	8.09	0.39	18.27 <sup>b</sup>	0.28	0.36 <sup>d</sup>	0.03
10×5	12.29	0.06	9.14	0.38	8.29	0.32	17.80 <sup>b</sup>	0.11	0.37 <sup>d</sup>	0.03
<b>Average</b>	<b>12.15</b>		<b>9.28</b>		<b>8.30</b>		<b>19.29</b>		<b>0.42</b>	

Sx: Standard errors. There is no significant difference between the means with the same letter at the \*\*P<0.01

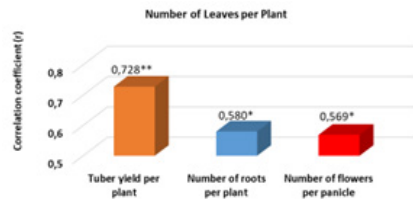
**Table 5.** The correlations between the investigated traits in *S. vomeracea* (r)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1 Plant height	1																			
2 Panicle length	0.779**	1																		
3 Number of flowers per panicle	0.583*	0.618*	1																	
4 Number of roots per plant	0.194	-0.067	0.584*	1																
5 Stem diameter	0.259	0.223	0.563*	0.490	1															
6 Number of tubers per plant	-0.069	0.103	0.413	0.248	0.498	1														
7 Tuber yield per plant	0.206	0.020	0.633*	0.728**	0.511	0.495	1													
8 Dry matter ratio in tuber	-0.455	-0.074	0.027	0.088	-0.121	0.503	0.019	1												
9 Number of leaves per plant	0.244	-0.078	0.569*	0.580*	0.249	0.330	0.745**	-0.230	1											
10 Ash ratio in tuber	-0.420	-0.273	0.176	0.493	0.215	0.401	0.403	0.703**	0.128	1										
11 Leaf length	0.322	0.303	0.535*	0.310	0.635*	0.719**	0.394	0.133	0.281	0.005	1									
12 Leaf width	0.405	0.525**	0.268	0.210	0.206	0.035	-0.251	0.116	-0.281	-0.104	0.361	1								
13 First tuber weight	-0.110	0.112	0.438	0.493	0.326	0.523*	0.446	0.618*	0.072	0.523*	0.576*	0.327	1							
14 Second tuber weight	0.358	0.338	0.426	0.038	0.461	0.386	0.135	-0.231	0.354	-0.268	0.594**	0.322	-0.032	1						
15 First tuber length	0.057	-0.024	0.332	0.562*	0.290	0.171	0.278	0.327	0.134	0.360	0.236	0.234	0.267	0.257	1					
16 First tuber width	0.256	0.197	0.316	0.581*	0.430	0.363	0.308	0.281	-0.035	0.228	0.587**	0.659**	0.620*	0.212	0.510	1				
17 First tuber depth	0.194	0.159	0.046	0.415	0.334	0.207	0.152	0.184	-0.264	0.157	0.357	0.618*	0.417	0.034	0.371	0.884**	1			
18 Second tuber length	-0.081	0.069	0.186	-0.149	0.240	0.120	-0.187	-0.164	0.150	-0.282	0.317	0.185	-0.008	0.675**	0.120	-0.161	-0.316	1		
19 Second tuber width	-0.030	0.072	-0.034	-0.335	0.144	0.153	-0.243	-0.241	0.089	-0.398	0.250	0.187	-0.227	0.798**	-0.018	-0.164	-0.195	0.822**	1	
20 Second tuber depth	0.030	0.060	0.126	-0.094	0.307	0.295	-0.030	-0.142	0.182	-0.276	0.383	0.223	-0.107	0.880**	.252	0.123	-0.029	0.682**	0.876**	1

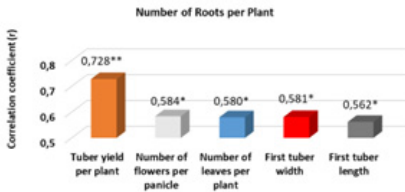
\*P<0.05 ve \*\*P<0.01



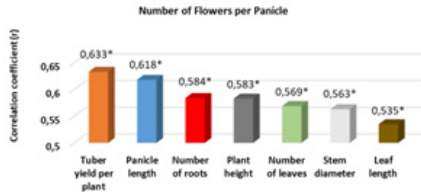
**Figure 2.** The agronomic traits correlated with the tuber yield per plant in *S. vomeracea*



**Figure 3.** The agronomic traits correlated with the number of leaves per plant in *S. vomeracea*



**Figure 4.** The agronomic traits correlated with the number of roots per plant in *S. vomeracea*



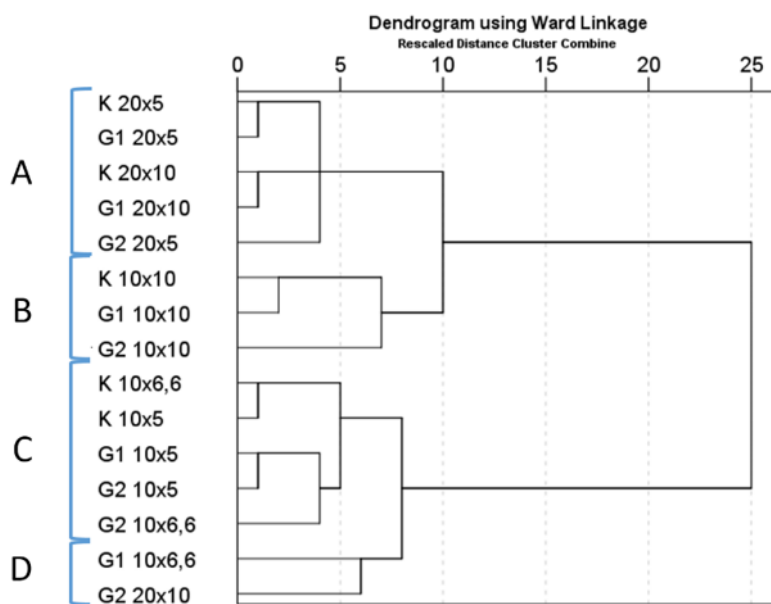
**Figure 5.** The agronomic traits correlated with the number of flowers per panicle in *S. vomeracea*



The effect of the first tuber ( $r=0.446$ ) on the tuber yield per plant was higher than that of the second tuber ( $r=0.135$ ). First tuber weight was correlated significantly with number of tubers per plant ( $r=0.523^*$ ), ash ratio in tuber ( $r=0.523^*$ ), leaf length ( $r=0.576^*$ ), first tuber width ( $r=0.620^*$ ), and dry matter ratio in tuber ( $r=0.618^*$ ).

### 3.6. Clustering Analysis

The clustering analysis related to combinations of shading and plant density depending on the investigated traits in *S. vomeracea* was determined by using the hierarchical clustering method called Ward's Method. As a result of the dendrogram obtained by twenty agronomic traits, a total of 4 clusters A, B, C and D formed (Figure 6). At first, two groups were formed. Both groups were separated into two subgroups within itself. One of these subgroups (A) consisted of K 20x5, G1 20x5, K 20x10, G1 20x10 and G2 20x5. The other subgroup (B) consisted of K 10x10, G1 10x10 and G2 10x10. The subgroup (C) consisted of K 10x6.6, K 10x5, G1 10x5, G2 10x5 and G2 10x6.6 while the last one (D) consisted of G1 10x6.6 ve G2 20x10.



**Figure 6.** Clustering analysis related to the combinations of shading and plant density depending on the investigated traits in *S. vomeracea*  
K: Control, G1: 55 % Shading, G2: 75 % Shading

## 4. DISCUSSION

The effects of shading and plant density on *S. vomeracea* were determined in detail. As the results of the study, shading had an effect only on a few agronomic traits, flowering period and date, dry matter ratio and ash ratio in tuber. When the shading ratio increased, the flowering period increased, and flowering date delayed. It is stated that it is suitable to shade the plants 2 months before the harvest. Exposure to direct sun light of plants causes sunburns and growth retardation (Çalışkan, 2020). However, this negative effect of the sun may vary depending on ecological conditions. As a matter of fact, the results of the research showed that there was no yield loss due to sunny weather in Rize province.

Plant density was effective on plant height, panicle length, number of flowers per panicle, dry matter ratio and ash ratio in tuber. These investigated traits were affected by the plant density at significant level statistically. In contrast, plant density had no effect on tuber yield per plant. Çalışkan (2020) recommends planting as many plants as possible per unit area. Sparse planting makes weed control difficult and limits tuber growth (Parlak, 2016).

Except for the combination of G2 and 20×10 cm, all combinations of K, G1 and G2 with 20×10 cm and 20×5 cm took place in the cluster (A). The cluster (B) was composed of only combinations of shading and 10×10 cm planting density, while the remaining combinations with 10×5 cm and 10×6.6 cm of plant density were distributed in the clusters (C) and (D). Cluster analysis results show that plant density has a dominant effect on the studied traits. Variance analysis results also confirm these results.

The average plant height obtained in the study was between the values recorded in the previous studies conducted by Renz and Taubenheim (1984) and Sandal (2009). Sevgi et al. (2012) reported that the variations for tuber width and tuber length were 5-19 mm (average,  $11.28 \pm 0.23$  mm) and 8-30 mm ( $16.41 \pm 0.35$  mm), respectively. These values are consistent with the values obtained in the study. Arabaci et al. (2014) determined that the tuber diameter varied from 13.93 to 17.10 mm While it ranged from 15.69 to 16.32 mm in their study. Similarly, the average tuber yield per plant obtained in the study was close to the values reported by Arabaci et al. (2014) (between 2.49 and 5.71 g plant<sup>-1</sup>). The values recorded by the same researcher in terms of the number of tubers per plant (between 1.37 and 1.96 tubers plant<sup>-1</sup>) are also consistent with the findings of the present study. On the other hand, in the current study, the average number of tubers per plant was higher than the average value ( $1.13 \pm 0.34$  units plant<sup>-1</sup>) obtained by Ertaş et al. (2019).

The values we obtained in terms of the number of leaves per plant are similar to the findings of the researchers. The current average values are consistent with the

findings reported by Çalışkan et al. (2020) (3.00-9.83 units plant<sup>-1</sup>), Güler (2005) (4-9 units plant<sup>-1</sup>), and Sandal (2009) (4-6 units plant<sup>-1</sup>).

It was reported that the values of *S. vomeracea* varied from 3.78 to 13.52 mm for leaf width and 45.82 to 86.93 mm for leaf length (Çalışkan et al., 2020). The measurements of the current study in terms of leaf length and leaf width are consistent with the findings determined by Çalışkan et al. (2020).

## CONCLUSION

The shading applications have no effect on the new tuber yield per plant, number of tubers per plant, and tuber weight. Therefore, *S. vomeracea* can be grown without shading in Rize conditions. The fact that the statistical insignificant differences between the plant densities in terms of the studied yield elements show that higher tuber yield can be obtained by growing more plants (in density of 10×5 cm) in unit area. On the other hand, since transplanting more seedlings in a unit area requires more labor, it would be beneficial to consider the income-expenditure balance when deciding on planting frequency. Number of flowers per panicle, number of roots per plant, and number of leaves per plant were positively correlated with tuber yield per plant. These positive interactions are important data for orchid breeding.

### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

### Ethics

This study does not require ethics committee approval.

### Author Contribution Rates

Design of Study: YŞ (%50), MA (%50)

Data Acquisition: YŞ (%50), MA (%50)

Data Analysis: YŞ (%90), MA (%10)

Writing up: YŞ (%100), MA (%0)

Submission and Revision: YŞ (%100), MA (%0)

### Acknowledgement

This study was supported within the scope of TÜBİTAK-2209/A Research Project Support Programme for Undergraduate Students (2021/1). We thank TÜBİTAK for their support.

## REFERENCES

- Anonim, 2014. Salep eylem planı (2014-2018). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Arabacı, O., Tutar, M., Özcan, İ.İ., Öğretmen, N.G., Yıldız, Ö., 2014. Salep orkidelerinden *Orchis sancta* L. türünün tarla koşullarında hasat zamanının belirlenmesi. II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 473-478, 23-25 Eylül, Yalova.
- Çalışkan, Ö., Kurt, D., Odabas, M.S., 2020. Agronomic characteristics of *S. vomeracea* (Burm. f.) Briq. salep orchids. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1): 245-260. doi:10.15835/nbha48111753.
- Çalışkan, Ö. 2020. Salep Orkideleri. Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık Ambalaj Sanai ve Ticaret Limited Şirketi, 112 s, Samsun.
- Çalışkan, Ö., Kurt, D., 2019. Salep orchids from past to present with historical recordings. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 6(3): 349-355. doi:10.19159/tutad.543576.
- Ertaş, S., Özel, A., Erden, K., 2019. Determination of the botanical properties and glucomannan contents of some salep species cultivated in Şanlıurfa conditions. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences*, 23(1): 39-46. doi:10.29050/harranziraat.406221.
- Güler, N., 2005. Morphological and chorological studies on the orchids growing in Kazdağları (İda Mountains). PhD Thesis. Trakya University, Institute of Science and Technology, p. 248, Edirne.
- JMP, 2006. Version 5.0.1. SAS Institute Inc., Cary, NC., 1989-2002.
- Karık, Ü., Kösoğlu, İ., Akaalp, H. (2020). Salep Yetiştiriciliği. Available at <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/salep%20yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf> (Erişim tarihi: 10.01.2023).
- Parlak, S., Tutar, M., 2012. Some soil properties of the most collected salep orchids in karaburun peninsula. *Türkiye 2. Orkide ve Salep Çalıştayı*, 205-212, 25-26 Nisan 2012, İzmir.
- Renz, J., Taubenheim, G., 1984. Orchidaceae. In: Davis, P.H. (Ed) *The Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol 8, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Sandal, G., 2009. Eastern mediterranean region and grows orchids with the threat of habitat characteristics to investigate factors. PhD Thesis. Institute of Natural and Applied Sciences University of Çukurova, p. 193. Adana.
- Sandal-Erzurumlu, G., Doran, İ., 2011. Salep culture and salep orchids in Turkey. *J.Agric. Fac. HR. U*, 15(1): 29-34.
- Sevgi, E., Altundağ, E., Kara, Ö., Sevgi, O., Tecimen, H.B., Bolat, İ., 2012. Morphological and ecological studies on some *Orchis* (Orchidaceae) taxa of mediterranean region in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 33: 343-353.
- Sezik, E., 2002. Turkish Orchids and Salep. *Acta Pharmaceutica Turcica*, 44: 151-157.
- SPSS, 2011. IBM SPSS Statistics 20.0 for Windows, Armonk, NY.
- Tamer, C.E., Karaman, B., Copur, O.U. 2006. A Traditional Turkish Beverage: Salep, *Food Reviews International*, 22(1): 43-50. doi:10.1080/87559120500379902.
- Tutar, M., Çiçek, F., Sarı, A. O., Bilgiç, A., Yıldız, Ö., 2012. The culture of Some orchid species distributed in Aegean region. *Türkiye 2. Orkide ve Salep Çalıştayı*, 301-320, 25-26 Nisan 2012, İzmir.





## Sav (Isparta) Yöresi Doğal Kızılcık (*Cornus mas* L.) Popülasyonunun Fenolojik ve Pomolojik Özellikleri

Phenological and Pomological Characteristics of  
the Wild Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.)  
Population of Sav (Isparta) Region

Hasan BEKTAŞ<sup>1</sup>, Fatma KOYUNCU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ağrı  
· hbektas32@gmail.com · ORCID > 0000-0002-3415-1857

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta  
· fatmaoker@gmail.com · ORCID > 0000-0001-5803-6944

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 04 Haziran/June 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 18 Temmuz/July 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 529-544

**Atıf/Cite as:** Bektaş, H., Koyuncu, F. "Sav (Isparta) Yöresi Doğal Kızılcık (*Cornus mas* L.) Popülasyonunun Fenolojik ve Pomolojik Özellikleri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 529-544.

**Yazar Notu/ Author Note:** "Bu çalışma, Hasan BEKTAŞ'ın Yüksek Lisans Tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır."

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Fatma KOYUNCU

## SAV (ISPARTA) YÖRESİ DOĞAL KIZILCIK (*Cornus mas* L.) POPÜLASYONUNUN FENOLOJİK VE POMOLOJİK ÖZELLİKLERİ

### ÖZ

Kızılçık zengin besin içeriği ve medikal özellikleri açısından oldukça önemli bir türdür. Isparta İli Sav Kasabası doğal florasındaki kızılçık (*Cornus mas* L., *Corneceae*) popülasyonunda üstün/farklı özelliklere sahip genotipleri seçmek amacıyla yürütülen bu araştırmada; ön seleksiyonla değerlendirmeye alınan 42 kızılçık genotipi arasından meyveye dair 14 adet kantitatif özellik bakımından yapılan kümeleme (cluster) analizi neticesinde farklılıkları belirlenen 15 genotipe ait bulgular sunulmuştur. Kızılçık genotiplerinin tomurcuk patlaması 11-26 Şubat tarihleri arasında, çiçeklenme başlangıcı 17 Şubat ile 6 Mart tarihleri arasında, tam çiçeklenme 5-19 Mart tarihleri arasında, çiçeklenme sonu ise 17 Mart ile 13 Nisan tarihleri arasında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Hasat dönemi ağustos-eylül ayları arasında olan kızılçık ağaçlarında tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen süre 170 ile 185 gün arasında değişmiştir.

Değerlendirmeye alınan kızılçık popülasyonu içerisinde SAV 37, 4.81 g meyve ağırlığı, 16.99 mm meyve eni ve 22.67 mm meyve boyu ile en iri meyvelere sahip genotip olurken, SAV 29 genotipi ise minimum değerlere sahip olmuştur. SÇKM % 8.90 (SAV 41) ile % 16.83 (SAV 25) arasında, TA % 1.83 (SAV 41) ve % 3.47 (SAV 9) ve pH ise 3.12 (SAV 26) ile 3.32 (SAV 41) arasında bulunmuştur. Meyve kabuk rengi  $L^*$  25.91 (SAV 25) ile 36.80 (SAV 27),  $a^*$  24.54 (SAV 25) ile 41.00 (SAV 22),  $b^*$  11.27 (SAV 25) ile 27.75 (SAV 26) arasında tespit edilmiştir. Kızılçık meyvelerinin C vitamini içeriği  $1.20 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (SAV 38) ile  $79.40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (SAV 37) arasında değişiklik göstermiştir. Kızılçık genotipleri arasından meyve ağırlığı, meyve boyutları gibi pomolojik kalite özellikleri bakımından SAV 37 hem biyoçeşitlilik hem de obevyn karakter amaçlı en farklı/üstün genotip olarak seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoçeşitlilik, *Corneceae*, Kızılçık, Kümeleme Analizi, Vitamin C.



## PHENOLOGICAL AND POMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE WILD CORNELIAN CHERRY (*Cornus mas L.*) POPULATION OF SAV (ISPARTA) REGION

### ABSTRACT

Cornelian cherry is a very important species in terms of its rich nutritional content and medicinal properties. This study was carried out to select genotypes with superior/different characteristics in the cornelian cherry (*Cornus mas L.*, *Corneceae*) population in the natural flora of Sav (Isparta) region. Among the 42 cornelian cherry genotypes evaluated by pre-selection, the findings of 15 genotypes whose differences were determined by cluster analysis for 14 quantitative characteristics of fruit were presented. In cornelian cherry genotypes, it was observed that the bud burst dates were between 11-26 February, the beginning of blooming was between 17 February and 6 March, full blooming was between 5-19 March and end of bloom was between 17 March and 13 April. The period from full bloom to harvest varied between 170 and 185 days in cornelian cherry trees whose harvest period was between August and September.

Among the evaluated cornelian cherry population, SAV 37 had the largest fruit with an average fruit weight of 4.81 g, fruit width of 16.99 mm and fruit length of 22.67 mm, while SAV 29 genotype had the minimum values. The SSC values was between 8.90% (SAV 41) and 16.83% (SAV 25), TA % was between 1.83% (SAV 41) and 3.47% (SAV 9) and pH was between 3.12 (SAV 26) and 3.32 (SAV 41). The L\* of fruit skin color was determined between 25.91 (SAV 25) and 36.80 (SAV 27), a\* between 24.54 (SAV 25) and 41.00 (SAV 22), and b\* between 11.27 (SAV 25) and 27.75 (SAV 26). The vitamin C of cornelian cherry fruit ranged from 1.20 mg 100 g<sup>-1</sup> (SAV 38) to 79.40 mg 100 g<sup>-1</sup> (SAV 37). Among the cornelian cherry genotypes, SAV 37 was evaluated as the superior genotype for both biodiversity and parental characteristics in terms of pomological characteristics such as fruit weight and fruit size.

**Keywords:** Biodiversity, *Corneceae*, Cluster, Cornelian Cherry, Vitamin C.



## 1. GİRİŞ

Anadolu'nun kadim türlerinden olan ve yetiştiği her coğrafyada çok çeşitli hastalıklar için kullanılmış olan kızılcık etnofarmakolojik bitki olarak bilinmektedir (Czerwińska ve Melzig, 2018). Kültür tarihi çok eski olan ve başlangıçta sadece Asya'da (Çin, Himalayalar) ortaya çıkan *Cornaceae* familyası türleri halen ılıman Avrupa coğrafyasında süs bitkisi olarak da yetiştirilmektedir (Klimenko, 1990).



Aynı zamanda kızılçık orta-güney Avrupa, güneybatı Asya, doğu Afrika dağları ve Amerika kıtasında yaygın olarak görülmektedir (Dinda ve ark., 2016). Türkiye’de ise Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz’de, dağlık alanlarda ve uygun iklim koşullarında vadi içlerinde, doğal olarak yetişen tek ya da birkaç ağaç şeklinde veya bahçe kenarlarında sınır ağacı olarak bol miktarda kızılçık yetişmektedir. Balıkesir, İstanbul, Kırklareli yörelerinde “kızılçık” olarak anılan bu tür Antalya yöresinde “delice kiraz” ya da “yabani kiraz”; Isparta, Burdur ve Konya’da “ergen”; Amasya, Bartın, Karabük’te “kiren” olarak adlandırılmaktadır (Karadeniz, 2002; Tuzlacı, 2006).

*Cornus mas* L., (*Cornaceae*), *Cornus* cinsi içinde yer alan 45 türden biridir (Murrell, 1993). Kışın yapraklarını döken, 7-8 m boylanabilen, gövde çapı 25-45 cm olan, meyveleri oval, silindirik, yuvarlak, konik şeklinde, ekşi-buruk tada sahip kızılçığın meyve kabuk rengi tipe ve forma bağlı olarak kırmızı, sarı yada kırmızı-sarı olabilmektedir (Akman ve Güney, 2010; Baytop, 1984; Rop ve ark., 2010).

Özellikle Çin başta olmak üzere bütün Asya’da 2000 yıldan beri sağlıklı yaşam reçetelerinde bulunmaktadır (Liu ve ark., 2011). Ayrıca kızılçık bitkisinin kök, yaprak, kabuk, çiçek ve çekirdekleri de bronşit, sistit, üst solunum yolu enfeksiyonu ve yara tedavisinde kullanılmaktadır (Korkmaz ve Karakurt, 2015). Kızılçık meyvesi glikoz, pektin, tanen, mineral madde, fenolik asit, organik asit, flavonol, antosiyanin, askorbik asit, triterpenoid ve iridoid gibi çok sayıda biyoaktif bileşikler bakımından zengindir (Demir ve Kalyoncu, 2003; Erçişli ve ark., 2011; Hassanpour ve ark., 2011). İçerdiği antosiyanin pigmentlerinden dolayı etkileyici kırmızı renge sahip olan kızılçık kanser, diyabet, obezite ve kalp damar hastalıklarına karşı bitkisel tedavi yönüyle ilgi çekmeyi başarmış bir türdür (Kucharska ve ark., 2011). Bütün bu komponentler yoğun antioksidan ve anti-tümör etkilere sahiptir (De Biaggi, 2018; Sozański ve ark., 2016; Szczepaniak ve ark., 2019). Kızılçık meyvesinin antiseptik, antidiyabetik, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Kızılçık meyvesi, taze veya kurutulmuş olarak tüketilebildiği gibi reçel, marmelat, meyve suyu, komposto, şurup, meyveli yoğurt, likör, şarap gibi birçok farklı şekilde değerlendirilebilmesinin yanında gıda üreticileri tarafından dondurma, kek, pasta ve tarhana gibi gıda sanayisinde aroma maddesi olarak da kullanılmaktadır (Topdaş ve ark., 2017).

Genetik kaynakların ve biyoçeşitliliğin korunması son yılların önemli bilimsel alanlarından biri haline gelmiştir. Nitekim tarım alanlarının inşaata açılması sonucunda birçok türde özellikle doğal/yabani formların hızla azalması hatta yok olması riski ortaya çıkmıştır. Tohumla çoğalan kızılçık türü içinde zengin bir genetik çeşitlilik bulunmaktadır. Standart kızılçık çeşitlerinin elde edilmesinde en uygun yol seleksiyondur (Didin ve ark., 2000). Mevcut kızılçık popülasyonlarından üstün/farklı özelliklere sahip form ve tiplerin seçilip, korunmaya alınması hem

ıslahçılar açısından hem de biyolojik çeşitliliğin korunması açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bursa yöresinde (Eriş ve ark., 1992), Erzurum ve bazı ilçelerinde (Pırlak, 1993), Samsun'un Vezirköprü ilçesinde (Kalkışım ve Odabaş, 1994), Malatya ve Elazığ, Karadeniz ve Kuzey Anadolu Geçit Bölgesinde Kastamonu, Sinop, Samsun, Amasya, Tokat, Giresun, Gümüşhane, Trabzon, Rize, Artvin illeri ve Doğu Toroslarda Adana, Mersin, Hatay ve Kahramanmaraş illerinin kızılcık yetiştirilen bölgelerinde (Yalçınkaya ve ark., 1994), Giresun'un Görele ilçesi (Karadeniz, 1995), Çoruh vadisinde (Güleryüz ve ark., 1998), Tokat yöresinde (Gerçekçi-oğlu, 1998), Konya'nın Derebucak ilçesinde (Türkoğlu ve ark., 1999), Giresun Merkez ilçede doğal olarak yetiştirilen yerel kızılcık popülasyonunda seleksiyon çalışmaları yapılmıştır (Genç, 2015). Bu çalışma, Isparta İli Sav Kasabası'nda doğal olarak yetişen kızılcık genotiplerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Araştırma Sahası ve Bitkisel Materyal

Bu çalışma 2019 yılında, *Cornus mas* türü için doğal zenginliğe sahip olan Göller Yöresinde nokta seleksiyonu için seçilen Isparta İli Sav Kasabası (37° 45' N, 30° 38' S) ekolojisinde doğal halde yetişen kızılcık genotipleri materyal olarak kullanılmıştır. Denizden yüksekliği yaklaşık 1050 metre olan Isparta, Akdeniz iklimi ile karasal iklimin arasında her iki iklimin de hüküm sürdüğü yarı kurak klime sahiptir. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması 12.0 °C olan çalışma sahası yıl boyunca ortalama 2665 saat güneş ışığı ve ortalama 570 mm yağış almaktadır (Anonim, 2020).

Sav Kasabasında kendiliğinden yetişen kızılcık genotiplerinden ıslahçı amacına göre bazı meyve özellikleri ve çiftçilerin görüşleri alınarak toplam 42 genotip ön seleksiyonla çalışmaya dahil edilmiştir. Bu genotiplerin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin değerlendirilmeleri sonucunda meyve kalitesine daha çok etkili olduğu düşünülen; meyve ağırlığı, meyve boyutları, meyve eti/çekirdek oranı, SÇKM, pH gibi kantitatif parametre özelliklerine dayandırılarak yapılan cluster (kümeleme) analizi neticesinde farklı özelliklere sahip 15 bireyin fenolojik ve morfolojik karakterizasyonuna ilişkin veriler sunulmuştur.

### 2.2. Fenolojik Gözlemler

Kızılcık genotiplerinin fenolojik safhaları Kalkışım ve Odabaş (1994) ve Selçuk (2010)' a göre belirlenmiştir. Araştırma sahası Ocak 2019'dan itibaren belirli aralıklarla sörvey edilerek çiçek tomurcuklarının gelişim aşamaları gözlem yoluyla kayıt altına alınmıştır.

Tomurcuk patlaması; tomurcukların kabarması, tomurcukların örtülerinin açılması ve tomurcukların ucunda yeşil yaprak uçlarının belirdiği dönem,

Çiçeklenme başlangıcı; çiçek tomurcuklarında ilk çiçeklerin görüldüğü (%5-10) dönem,

Tam çiçeklenme; çiçeklerin %70-80' nin açıldığı dönem,

Çiçeklenme sonu; çiçeklerin tamamının açtığı ve taç yapraklarını dökmeye başladığı tarih, olarak kabul edilmiştir.

Hasat; meyvenin daldan kopmaya gösterdiği direnç ve meyve renginin karakteristik olup olmadığı kriterlerine göre hasat yapılmıştır. Sabah erken saatte bitkinin farklı yön ve bölgelerinden tesadüfi şekilde toplanan meyveler delikli polietilen torbalar içerisine alınarak laboratuvara nakledilmişlerdir. Meyveler pomolojik analizler için 5 °C' deki depolarda muhafaza edilerek aynı gün içerisinde analizleri yapılmaya çalışılmıştır.

### 2.3. Pomolojik Analizler

Pomolojik özelliklerin belirlenmesinde her genotipten tesadüfi olarak alınan 20 adet meyve kullanılmıştır. Meyve boyutları Karadeniz (1995) referans alınarak değerlendirilmiştir.

Meyve boyutları (mm): Meyvenin ekvator bölgesindeki en geniş kısım (meyve eni) ve meyve sapı ile çiçek burnu arasındaki en uzun kısım (meyve boyu) olarak BTS marka 12044 model dijital kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

Çekirdek boyutları (mm): Çekirdek uzun aksinden (boy) ve orta bölgesinden (eni) dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Meyve ağırlığı (g) ve çekirdek ağırlığı (g): Her bir meyve ve meyve etinden ayrılan çekirdekler tek tek 0.01 g hassasiyetindeki Scaltex marka SBA-51 model terazide tartılarak bulunmuştur.

Meyve eti ağırlığı (g): Meyve ağırlığından aynı meyveye ait çekirdek ağırlığının çıkarılmasıyla hesaplanmıştır.

Meyve kabuk rengi ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ): Tesadüf olarak seçilen meyvelerde iki yanaktan Minolta CR-300 model renk cihazı ile yapılan okumaların ortalamalarının alınmasıyla belirlenmiştir.

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) (%): Meyve eti çekirdekten ayırdıktan sonra ezilip tülbentten geçirilerek elde edilen meyve suyunda Atago Packet PAL-1 dijital refraktometresi ile belirlenmiştir (Karaçalı, 2002).

Titre edilebilir asitlik (TA) (%): Meyve suyundan 10 mL alınarak % 0.1 N'lik sodyum hidroksit (NaOH) ile pH değeri 8.1 oluncaya kadar pH metre (WTW Inolab pH Level 2) ile titre edilmesi ile belirlenmiştir. Sonuçlar harcanan NaOH miktarı üzerinden malik asit cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Karaçalı, 2002).

$$A = ((S_x N_x F_x E) / C) \times 100$$

A=Titre edilebilir asit miktarı; S= Kullanılan sodyum hidroksit miktarı (ml); N= Kullanılan sodyum hidroksit normalitesi; F= Kullanılan sodyum hidroksit faktörü; C= Alınan örnek miktarı (mL); E= İlgili asidin equivalent değeri (malik asit için 0.067).

Meyve suyunda pH: Kızılcık meyvelerinin tülbent yardımıyla çıkarılan meyve suyu örneklerinde WTW Inolab pH Level 2 marka masa tipi dijital pH ile belirlenmiştir (Eşitken, 1992).

C vitamini tayini ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ): Üzümcü ve Koyuncu (2017)'ya göre küçük modifikasyonlarla, her bir genotip için 3 paralel olacak şekilde spektrofotometrik (T80 UV/VIS) yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 10 g kızılcık meyve örneği % 0.4'lük 25 ml oksalik asit çözeltisi eklenerek homojenize olması sağlanmıştır. Oksalik asit eklenerek 200 ml'ye tamamlanarak elde edilen karışım çift katlı kaba filtre kağıdından süzümüştür. Süzülen süzüntüler 15 ml'lik falcon tüplerin içine koyularak 4000 rpm devirde 10 dk santrifüj edilmiştir. Askorbik asit ile 2,6-diklorofenolindofenol boyası ile yapılan titrasyon sonucu renk gidermesi özelliğinden yararlanarak kızılcık ekstraktları 520 nm dalga boyunda L-askorbik asit cinsinden belirlenmiştir.

Meyve tadı: 5 kişilik bir panelist grubu ile duyuşsal olarak kötü, orta, iyi ve çok iyi iskalasını kullanarak belirlenmiştir. Kötü 1, orta 2, iyi 3 ve çok iyi 4 puanları verilerek belirlenmiştir. Verilen puanlar toplanıp aritmetik ortalamaları alınarak meyve tadı belirlenmiştir (Gülyüz ve ark., 1998).

Burukluk değeri: Meyve örnekleri tadılarak duyuşsal olarak 1-4 üzerinden verilen panelist puanlarının ortalamalarının alınmasıyla belirlenmiştir. Değerlendirmede meyvelerde burukluk; buruk değil 4, hafif buruk 3, orta 2 ve buruk 1 şeklinde ifade edilmiştir (Eriş ve ark., 1992).

## 2.4. İstatistiksel Analizler

Çalışmada kızılılık genotiplerini temsil eden her bir bitkinin farklı yönlerinden 20'şer meyve alınarak örnekleme yapılmış ve kantitatif parametrelere ait ölçümler iki paralel, kimyasal analizler ise üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Meyve özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler SPSS 23 paket programı kullanılarak yapılmış ve sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde sunulmuştur. Meyve özellikleri arasından meyve eni, meyve boyu, meyve şekil indeksi, meyve ağırlığı, çekirdek ağırlığı, meyve eti ağırlığı, meyve eti/çekirdek ağırlığı, çekirdek eni, çekirdek boyu, çekirdek şekil indeksi, meyve kabuk rengi, pH, SÇKM ve TA miktarı parametreleri esas alınarak beş grup oluşturulmuş ve kümeleme (cluster) analizi SAS-JMP 13 programı ile yapılmıştır. Araştırma popülasyonundaki kızılılık genotiplerinin birbirleri ile benzerliklerini gösteren dendrogram grafiği oluşturulmuştur. Bu makalede ise kümeleme analizi ile farklı özelliklere sahip oldukları belirlenen genotiplere ait fenolojik ve pomolojik karakterizasyona ilişkin veriler sunulmuştur.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma genotiplerinde fenolojik tanımlamalar için tomurcuk, çiçek ve meyvelere ait 5 adet kalitatif özellik ve pomolojik tanımlamalar için ise 12 adet kantitatif özellik incelenmiş ve kızılılık popülasyonunun biyoçeşitliliğine dair elde edilen veriler bu bölümde sunulmuştur.

Kızılılık genotiplerinin tomurcuk patlaması 11-26 Şubat tarihleri arasında, çiçeklenme başlangıcı 17 Şubat ile 6 Mart tarihleri arasında, tam çiçeklenme 5-19 Mart tarihleri arasında, çiçeklenme sonu ise 17 Mart ile 13 Nisan tarihleri arasındaki günlerde gerçekleşmiştir (Çizelge 1). Saf tomurcuk yapısına sahip kızılılık çiçek tomurcuklarının yaprak tomurcuklarından daha önce uyandığı gözlemlenmiştir. Genotiplerin tomurcuk patlaması dönemi ile çiçeklenme sonu arasındaki periyod 34-46 gün olarak tespit edilmiştir. Çiçeklenme periyodu oldukça uzun olan kızılılığın meyvelerinde hasat olgunluğu da uzun bir periyoda yayılmaktadır. Bu sayede kademeli hasat yapılmakta ve pazarlarda uzun süre kızılılık meyveleri taze olarak tüketime sunulabilmektedir.

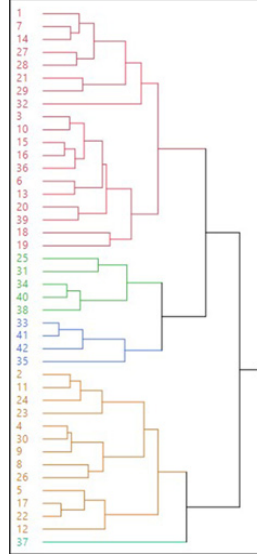
**Çizelge 1.** Kızılcık genotiplerinin fenolojik safhaları**Table 1.** Phenological periods of cornelian cherry genotypes

Genotip-Genotype	Tomurcuk Patlaması Bud Burst	Çiçeklenme Başlangıcı Beginning of bloom	Tam Çiçeklenme Full blooming	Çiçeklenme Sonu End of bloom	Hasat Harvest	TÇHGS(Gün) Days from bloom to harvest(day)
SAV 9	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	05 Nisan	08 Eylül	185
SAV 13	12 Şubat	18 Şubat	13 Mart	18 Mart	30 Ağustos	170
SAV 16	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	03 Nisan	05 Eylül	182
SAV 18	12 Şubat	18 Şubat	13 Mart	18 Mart	30 Ağustos	170
SAV 22	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	05 Nisan	08 Eylül	185
SAV 23	12 Şubat	18 Şubat	13 Mart	18 Mart	30 Ağustos	170
SAV 25	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	03 Nisan	05 Eylül	182
SAV 26	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	03 Nisan	08 Eylül	185
SAV 27	25 Şubat	05 Mart	18 Mart	12 Nisan	14 Eylül	179
SAV 29	12 Şubat	18 Şubat	13 Mart	18 Mart	30 Ağustos	170
SAV 36	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	03 Nisan	05 Eylül	182
SAV 37	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	05 Nisan	08 Eylül	185
SAV 38	25 Şubat	05 Mart	18 Mart	12 Nisan	14 Eylül	179
SAV 39	12 Şubat	18 Şubat	13 Mart	18 Mart	30 Ağustos	170
SAV 41	14 Şubat	21 Şubat	06 Mart	03 Nisan	05 Eylül	182

Araştırma ekolojisinde kızılcık meyvelerinin hasat olumu ağustos ayının son haftasında başlamış (5 genotip) ve eylül ayının ilk yarısına (10 genotip) kadar devam etmiştir. Kızılcığın, Isparta ve çevresinde yetişen sert çekirdekli meyve türlerinden çok daha önce çiçek açtığı görülmüştür. Kızılcık ağaçlarında tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen süre 170 ile 185 gün arasında değişmiştir. Anadolu'da diğer meyve türlerinde olduğu gibi ılıman iklim ekolojisinin doğal bitkisi olan kızılcık türünde de araştırmalar yapılmıştır. Erzurum (Pırlak 1993), Yalova (Türk ve ark. 2003), Erzincan (Selçuk 2010), Ordu (Genç, 2015) ve Malatya (Macit 2019) yörelerindeki kızılcık ağaçlarının da bizim bulgularımıza paralel olarak fenolojik safhaların hemen hemen benzer periyotlarda gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Araştırmada popülasyonundan elde edilen pomolojik verilerden ıslahçı görüşüne göre önemli olduğu düşünülen 14 adet meyve özelliği kullanılarak yapılan kümeleme analizi ile oluşturulan dendrogram grafiğinde (Şekil 1) her renk ayrı bir grubu temsil etmekte olup genotipler 5 grup içerisinde dağılım göstermiştir. Kümeleme dendrogramı incelendiğinde birinci grupta 19, ikinci grupta 5, üçüncü grupta 4, dördüncü grupta 13, ve beşinci grupta 1 adet kızılcık genotipinin yer aldığı görülmektedir. Kümelemeye alınan özellikler bakımından en farklı olan SAV 37 genotipinin ayrı bir grup (5. grup) oluşturduğu belirlenmiştir. Sav kızılcık

cık popülasyonu içerisinde üçüncü grupta bulunan SAV 33, SAV 35, SAV 41 ve SAV 42 genotiplerinin de diğerlerinden oldukça farklı özelliklere sahip oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Kızılcık genotiplerinde kümeleme analizi dendogramı

**Figure 1.** Dendrogram generated by cluster analysis on cornelian cherry genotypes

Nokta seleksiyon yöntemi ile değerlendirmeye alınan genotipler içerisinde farklılıkları kümeleme analizi ile belirlenen 15 kızılcık genotipinin bazı pomolojik özelliklerine dair veriler Çizelge 2’de sunulmuştur. Meyve özelliklerinin karakterizasyonuna göre meyve boyu değerleri 14.10 mm (SAV 29) ile 22.67 mm (SAV 37) arasında, meyve eni değerleri 11.61 mm (SAV 29) ile 16.99 mm (SAV 37) arasında, meyve şekil indeksi 0.65 (SAV 38) ile 0.89 (SAV 23) arasında değişmiştir (Çizelge 2). Karadeniz (2019), Ordu çevresinde yaptığı çalışmada meyve eni değerlerini 14.52-14.94 mm, meyve boyu değerlerini 20.82-23.19 mm arasında tespit etmiştir. Okatan (2016) ise yapmış olduğu çalışmada incelediği 9 kızılcık genotipinin meyve boyunu 13.51-18.84 mm, meyve enini 8.41-10.67 mm arasında bildirmiştir. Değerlendirmeye alınan kızılcık popülasyonu içerisinde SAV 37 genotipi 4.81 g ile en yüksek meyve ağırlığına, SAV 29 genotipi ise 1.62 g ile en düşük meyve ağırlığına sahip olmuştur. Benzer şekilde meyve eti ağırlığı bakımından da maksimum (4.35 g, SAV 37) ve minimum (1.28 g, SAV 29) değerler yine bu genotiplerden elde edilmiştir. Meyvecilik pratiğinde meyve ağırlığı ekonomik anlamda en önemli parametre olduğundan, araştırma popülasyonunun çoğunlukla üstün karakterli olduğunu ve standart yetiştiricilik koşullarında bu değerlerin daha da artabileceğini

düşünmekteyiz. Nitekim araştırma lokasyonundan elde edilen verilere göre SAV 29 dışında diğerlerinin tamamı 2 g dan ağır meyvelere sahip iken, 3 g üzeri ağırlıkta meyveleri olan 2 adet genotip (SAV 37 ve SAV 9) olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Stankovic ve Savic (1976), Yugoslavya ekolojisinde 2 genotipin meyve ağırlıklarının 3g üzeri olarak bildirmişlerdir. Meyve ağırlıklarını; Oblak (1980) 1.782 g, Bounous ve Zanini (1987) 3.732 g, Kalkışım ve Odabaş (1994) 1.07-3.87 g, Güteryüz ve ark. (1998) 2.907-3.906 g, Türkoğlu ve ark. (1999) 3.65-4.88 g, Yalçınkaya ve ark. (1999) 1.02-4.07 g, Tural ve Koca (2008) 0.39-1.03 g, Karadeniz ve ark. (2007a) 2.80-3.85 g, Erçişli ve ark. (2011) 2.72-4.11 g, Selçuk (2010) 1.44-4.24 g, Hassanpour ve ark. (2011) 1.50-3.29 g aralıklarında belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre meyve ağırlığı bakımından oldukça geniş varyasyonu olan bir popülasyona sahip olduğumuz dikkati çekmektedir. Genel olarak, diğer araştırmalarda yapılan meyve ağırlığı ölçümleri ile bu araştırmadan elde edilen veriler benzerlik göstermekle birlikte, oldukça ağır meyveleri olan genotiplerimizin varlığının ıslah materyali anlamında büyük önem taşıdığını düşünmekteyiz.

### Çizelge 2. Kızılcık genotiplerinin bazı pomolojik özellikleri

Table 2. Some pomological features of cornelian cherry genotypes

Genotip Genotype	Meyve Ağırlığı Fruit Weight (g)	Meyve Eni Fruit Width (mm)	Meyve Boy Fruit Length (mm)	Meyve Şekil İndeksi Fruit Shape Index	Meyve Eti Ağırlığı Flesh Weight (g)	Çekirdek Ağırlığı Seed Weight (g)	Çekirdek Eni Seed Width (mm)	Çekirdek Boy Seed Length (mm)
SAV 9	3.01±0.56	14.66±0.94	19.25±1.29	0.76±0.03	2.59±0.49	0.42±0.08	6.32±0.37	14.02±1.14
SAV 13	2.17±0.50	13.08±1.10	16.12±1.21	0.81±0.04	1.85±0.44	0.32±0.09	5.72±0.37	12.57±1.13
SAV 16	2.78±0.49	14.44±0.90	18.74±1.27	0.77±0.03	2.36±0.42	0.42±0.08	6.06±0.35	13.13±0.94
SAV 18	2.00±0.35	13.33±0.77	15.29±0.73	0.87±0.04	1.72±0.30	0.28±0.08	5.60±0.33	10.58±0.49
SAV 22	2.42±0.40	13.51±0.66	18.56±1.01	0.73±0.04	2.03±0.33	0.39±0.09	5.90±0.31	14.17±1.17
SAV 23	2.65±0.24	14.46±0.75	16.21±0.81	0.89±0.05	2.29±0.22	0.33±0.07	6.30±0.29	11.40±0.55
SAV 25	2.2±0.40	12.82±0.94	17.68±1.53	0.73±0.05	1.85±0.35	0.35±0.06	5.79±0.28	13.74±1.01
SAV 26	2.94±0.70	14.45±1.32	18.93±2.01	0.77±0.06	2.56±0.64	0.39±0.08	6.04±0.38	13.41±1.65
SAV 27	2.20±0.41	12.97±0.77	17.08±1.29	0.76±0.05	1.84±0.39	0.37±0.05	6.13±0.42	12.32±0.81
SAV 29	1.62±0.29	11.61±2.53	14.10±1.03	0.82±0.17	1.28±0.27	0.34±0.07	6.17±0.49	11.48±0.88
SAV 36	2.79±0.54	14.34±1.09	18.04±1.51	0.80±0.06	2.42±0.50	0.36±0.07	6.39±0.60	12.68±1.03
SAV 37	4.81±0.91	16.99±1.44	22.67±1.53	0.75±0.05	4.35±0.90	0.46±0.08	6.29±0.30	15.82±0.84
SAV 38	2.20±0.44	12.26±1.22	18.86±0.92	0.65±0.05	1.73±0.38	0.48±0.08	6.24±0.37	15.08±1.14
SAV 39	2.57±0.58	13.17±1.17	18.79±1.87	0.70±0.05	2.10±0.53	0.47±0.08	6.37±0.49	13.89±1.36
SAV 41	2.39±0.69	12.47±1.44	18.59±1.77	0.67±0.05	1.84±0.62	0.56±0.12	6.10±0.57	15.12±1.35
Min.	1.62	11.61	14.10	0.65	1.28	0.28	5.60	10.58
Max.	4.81	16.99	22.67	0.89	4.35	0.56	6.39	15.82
Ort.	2.58	13.64	17.93	0.77	2.19	0.40	6.09	13.29



Çekirdek ağırlığı için yapılan ölçümlerde 0.28 g ile SAV 18 genotipi en düşük çekirdek ağırlığına sahip olurken 0.56 g ile SAV 41 genotipinin en yüksek çekirdek ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin çekirdek boyutlarının ölçümlerinde ise, çekirdek boyunun 10.58 mm (SAV 18) ile 15.82 mm (SAV 37) arasında, çekirdek eninin 5.60 mm (SAV 18) ile 6.39 mm (SAV 36) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Karadeniz ve ark. (2007b) Gümüşhane ve çevresinde yürüttükleri araştırmada seçtikleri genotiplerin çekirdek ağırlığını 0.25-0.43 g olarak tespit etmişlerdir. Yalçınkaya ve ark. (1999) Malatya'da yaptıkları çalışmada 16 ümitvar kızılılık genotipinin çekirdek ağırlığını 0.39 g ile 0.82 g arasında belirlemişlerdir. Samsun'da yürütülen başka bir çalışmada ise 70 kızılılık genotipinin çekirdek ağırlığı 0.30-0.56 g arasında tespit edilmiştir (Balta ve ark., 2020). Yıldırım ve ark. (2017) ise 8 ümitvar kızılılık genotipinin çekirdek ağırlığını 0.25-0.47 g arasında bulmuşlardır. Araştırmalar arasındaki bu farklılıkların çalışma materyalinin çöğür popülasyonu olması dolayısıyla başta genetik yapı olmak üzere hasat zamanı ve farklı ekolojik koşullardan kaynaklanabileceği ifade edilebilir (Çizelge 2).

Kızılılık meyvelerinin bazı kimyasal özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 3'de verilmiştir. Genotiplerin SÇKM değerleri ortalaması %12.88 olarak belirlenmiş ve SAV 25 genotipi en yüksek (%16.83), SAV 41 genotipi ise en düşük (%8.90) SÇKM değerine sahip olmuştur. Okatan (2016), Tokat'ta yürüttüğü çalışmada belirlediği kızılılık genotiplerinin SÇKM değerini %11.40 ile %15.5 arasında tespit etmiştir. Karadeniz ve ark. (2019), Ordu çevresinde yaptıkları çalışmada seçilen dört genotipin SÇKM değerlerinin %8.00 ile %13.00 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Hassanpour ve ark. (2011) İran'da yaptıkları çalışmada kızılılık genotiplerinin SÇKM değerini %5.00-12.50 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Daha önce yapılan araştırmaların sonuçlarında da olduğu gibi SÇKM değerlerindeki farklılıklar üzerine özellikle hasat olgunluğu olmakla birlikte ekolojik koşulların etkili olduğunu düşünmekteyiz. Kızılılık genotiplerinde TA %1.83 (SAV 41) ile %3.47 (SAV 9) arasında tespit edilmiştir. Balta ve ark. (2020) kızılılık genotiplerinde TA oranını %0.49-1.22 arasında, Genç (2015) ise ilk yıl % 1.21-5.12, ikinci yıl ise %1.31-%3.39 arasında tespit etmişlerdir. Kızılılık genotiplerinde pH 3.12 (SAV 26) ile 3.32 (SAV 41) arasında bulunmuştur. Tural ve Koca (2008) yaptıkları çalışmada pH değerini 3.11-3.53 ve Genç (2015) ise 3.32 ile 4.10 arasında bildirmiştir. TA ve pH sonuçlarımızın önceki çalışmaların aralığında yer aldığını görmekteyiz (Çizelge 3).

Kızılılık meyvelerinin C vitamini değerleri 1.20 mg 100 g<sup>-1</sup> (SAV38) ile 79.40 mg 100 g<sup>-1</sup> (SAV 37) arasında bulunmuştur. C vitamini içeriği bakımından üzerinde çalışılan popülasyon geniş bir varyasyon göstermiştir (Çizelge 3). Benzer durum önceki çalışmalarda da belirlenmiştir. Nitekim, Balta ve ark. (2020) inceledikleri genotiplerin C vitamini miktarını 24.45-76.05 mg 100g<sup>-1</sup> arasında, Cetkovská ve ark. (2015) 19.9-43.3 mg 100 g<sup>-1</sup> arasında, Minovski ve Rizovski (1973) ise 77.8 mg 100 g<sup>-1</sup> olarak tespit etmişlerdir. Gerek bizim çalışmamızdaki gerekse öncekilerdeki bu varyasyonun genetik yapı, lokasyonun iklim ve toprak özellikleri ile hasat olgunluğu durumlarının farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Çizelge 3.** Kızılcık meyvelerinin bazı kimyasal özellikleri**Table 3.** Some chemical properties of cornelian cherry fruits

Genotip Genotype	SÇKM(%) SSC(%)	pH pH	Titre Edilebilir Asitlik(%) Titratable Acidity(%)	C Vitamini Vitamin C(mg100g <sup>-1</sup> )
SAV 9	15.77±0.23	3.19±0.01	3.47±0.05	4.75
SAV 13	9.87±0.23	3.28±0.03	2.22±0.01	8.23
SAV 16	12.60±0.00	3.21±0.02	2.35±0.01	4.75
SAV 18	11.53±0.05	3.17±0.05	2.27±0.01	8.55
SAV 22	12.40±0.52	3.25±0.01	2.74±0.03	2.85
SAV 23	15.30±0.10	3.21±0.02	3.07±0.02	14.88
SAV 25	16.83±0.11	3.25±0.01	2.76±0.04	6.02
SAV 26	13.03±0.05	3.12±0.03	3.07±0.01	17.42
SAV 27	13.27±0.05	3.28±0.03	2.41±0.02	5.70
SAV 29	16.00±0.10	3.28±0.03	2.45±0.05	7.60
SAV 36	10.27±2.48	3.21±0.02	2.70±0.00	4.12
SAV 37	11.83±0.29	3.22±0.04	1.91±0.00	79.40
SAV 38	14.27±0.05	3.26±0.01	2.73±0.05	1.20
SAV 39	11.27±0.49	3.24±0.01	2.80±0.02	26.92
SAV 41	8.90±0.10	3.32±0.01	1.83±0.13	6.02
Min.	8.90	3.12	1.83	1.20
Max.	16.83	3.32	3.47	79.40
Ort.	12.88	3.23	2.59	13.23

Renkteki parlaklığı ifade eden L\* değeri, meyve kabuğunda 25.91 (SAV 25) ile 36.80 (SAV 27) arasında saptanmıştır (Çizelge 4). Bu durumda meyve kabuğu en parlak genotip SAV 27 olmuştur. Pozitif değerler aldığında kırmızı rengi, negatif değer aldığında ise yeşil rengi ifade eden a\* değeri genotiplere göre değişmiştir. En yüksek a\* değeri 41.00 ile SAV 22 genotipi, en düşük a\* değeri ise SAV 25 (24.54) genotipi vermiştir. Bilindiği gibi pozitif değer aldığında sarı rengi, negatif değerler aldığında mavi rengi ifade eden b\* 11.27 (SAV 25) ile 27.75 (SAV 26) arasında ölçülmüştür. Tural ve Koca (2018), yapmış oldukları çalışmada L\* değerini 10.82-19.69, a\* değerini 6.25-15.59, b\* değerini 3.46-6.64 arasında ölçmüşlerdir. Meyvelerde kabuk rengi başta çeşit/genotip, lokasyondaki çevre koşulları ve hasat olgunluğu olmak üzere birçok faktörden etkilendiği için genotiplerin meyve kabuk rengi değerlerinde geniş bir skala olması olağan görülmektedir.

Panel yöntemine göre değerlendirilen meyve tadı ve meyve burukluğu değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4' te sunulmuştur. Tadım analizlerinde kızılcık meyvelerinden 2 genotipin meyveleri "çok iyi" değerlendirmesini alırken 11 adet genotipin

ise “orta” ve “iyi” değerlendirmesine sahip olduğu belirlenmiştir. Genotiplerden toplanan örneklerin buruklukları göreceli olarak, 2 genotip “buruk” olarak değerlendirilirken, 7 genotip “hafif buruk”, 4 genotip “orta buruk”, 2 adet ise “buruk değil” şeklinde değerlendirilmiştir. Meyve eti renkleri göreceli olarak, 5 genotip için (%33.33) açık kırmızı, 7 adedi için (%46.67) kırmızı ve 3 genotip için (%20) koyu kırmızı olarak değerlendirilmiştir. Panel sonunda elde edilen değerler, panelistlerin yaşı, cinsiyeti ve yeme alışkanlıklarına bağlı olmakla birlikte meyve tadı ile burukluk çevresel koşullar, tip/çeşit ve hasat olgunluğu vb. faktörlerden de etkilendiğinden nihai değerler olarak değerlendirilmemelidir.

**Çizelge 4.** Kızılılık genotiplerinin bazı organoleptik özellikleri ve meyve kabuk rengi değerleri

**Table 4.** Some organoleptic characteristics and fruit skin color values of cornelian cherry genotypes

Genotip- Genotype	Meyve Kabuk Rengi Skin Color			Meyve Tadı Flavor	Meyve Eti Rengi Flesh Color	Burukluk- Sourness
	L*	a*	b*			
SAV 9	28.87±3.66	33.04±5.34	17.55±5.87	Kötü (2)*	Kırmızı (7)*	Buruk (2)*
SAV 13	32.44±3.71	37.70±4.03	23.56±5.84	İyi (3)	Kırmızı (7)	Hafif buruk (7)
SAV 16	34.32±4.17	35.21±4.26	24.11±5.00	İyi (3)	Kırmızı (7)	Hafif buruk (7)
SAV 18	28.03±3.64	28.54±6.54	14.45±6.02	Çok iyi (2)	Koyu kırmızı (3)	Buruk değil (2)
SAV 22	35.71±3.88	41.00±3.16	27.48±5.80	Orta (8)	Açık kırmızı (5)	Hafif buruk (7)
SAV 23	32.52±2.89	34.72±3.78	21.64±4.35	Orta (8)	Açık kırmızı (5)	Orta (4)
SAV 25	25.91±2.12	24.54±5.10	11.27±3.37	İyi (3)	Koyu kırmızı (3)	Hafif buruk (7)
SAV 26	36.38±4.99	39.67±3.46	27.75±6.12	Orta (8)	Açık kırmızı (5)	Orta (4)
SAV 27	36.80±4.25	37.64±2.32	26.80±4.44	Orta (8)	Açık kırmızı (5)	Hafif buruk (7)
SAV 29	29.86±3.11	32.28±5.30	16.66±5.84	Orta (8)	Kırmızı (7)	Orta (4)
SAV 36	31.50±6.82	33.31±10.70	21.08±10.37	Kötü (2)	Kırmızı (7)	Buruk (2)
SAV 37	36.47±3.52	34.25±2.78	27.29±5.04	Orta (8)	Açık kırmızı (5)	Orta (4)
SAV 38	32.31±3.56	35.52±4.42	21.59±5.21	Orta (8)	Kırmızı (7)	Hafif buruk (7)
SAV 39	30.43±5.15	33.14±6.28	19.32±7.32	Çok iyi (2)	Koyu kırmızı (3)	Buruk değil (2)
SAV 41	31.90±4.16	30.12±5.77	20.21±6.44	Orta (8)	Kırmızı (7)	Hafif buruk (7)
Min.	25.91	24.54	11.27			
Max.	36.80	41.00	27.75			
Ort.	32.23	34.05	21.38			

\*Panel sonunda bu değerlendirmeyi alan genotip sayısıdır.

It is the number of genotypes that received this evaluation from the panel.

## SONUÇ

Elde edilen bu veriler ışığında sadece besin değeri bakımından değil farmasötik ve sağlık açısından da oldukça önemli özellikleri olan kızılçık meyvelerinin “fonksiyonel gıda” olarak daha çok karşımıza çıkacağını düşünmekteyiz. Kızılcık ağaçları yüksek adaptasyon yeteneği ile biyotik/abiyotik faktörlere dayanıklılığı sayesinde küresel ısınmanın tehdidi altındaki Göller Yöresi tarımı için alternatif ürün olabilecek potansiyele sahiptir. Bu araştırma neticesinde SAV 37 kümeleme analizi ile diğerlerinden bariz şekilde ayrılarak hem biyoçeşitlilik hem de ebeveyn karakter amaçlı en farklı/üstün genotip olarak seçilmiştir.

### Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): HB (%30), FK (%70)

Veri Toplanması (Data Acquisition): HB (%85), FK (%15)

Veri Analizi (Data Analysis): HB(%50), FK (%50)

Makalenin Yazımı (Writing up): HB (%40), FK (%60)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): HB (%15) FK (%85)

## KAYNAKLAR

- Akman, Y., Güney, K., 2010. Bitki biyolojisi botanik. Palme Yayıncılık, Ankara, pp 669–672.
- Anonim, 2020. Isparta İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <https://isparta.ktb.gov.tr> (Son erişim tarihi: 25.05.2020)
- Balta, M.F., İnan, Ö., Karakaya, O., Uzun, S., 2020. Vezirköprü (Samsun) ilçesinin kuzey bölgesinde seçilen kızılçık genotiplerinin bazı meyve özellikleri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6(2), 160-166.
- Baytop, T., 1984. Türkiye’de bitkilerle tedavi. İstanbul Üniv. Ecz. Fak. Yay. No:40. 298-299.
- Bounous, G., Zanini, E., 1987. The variability of some components and biometric characteristics of the fruits of six tree and shrub species. In Lampone. Mirtillo ed altri piccoli frutti. Atti Convegno Trente, 4-5 Giugno 1987. Rome, Italy. Ministero Agricoltura e Foreste, 189-197.
- Cetkovská, J., Divis, P., Vespalcova, M., Porizka, J., Reznicek, V., 2013. Basic nutritional properties of (*Cornus mas* L.) cultivars grown in the Czech Republic. Acta Alimentaria, 44(3), 357-364.
- Czerwińska, M. E., Melzig, M. F., 2018. *Cornus mas* and *Cornus officinalis* analogies and differences of two medicinal plants traditionally used. Frontiers in Pharmacology, 9, 894.
- De Biaggi, M., Donno, D., Mellano, M.G., Riondato, I., Rakotoniaina, E.N., Beccaro, G.L., 2018. *Cornus mas* (L.) fruit as a potential source of natural health-promoting compounds: physico-chemical characterisation of bioactive components. Plant Foods Hum Nutr 73:89–94. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0663-4>.
- Demir, F., Kalyoncu, İ.H., 2003. Some nutritional, pomological and physical properties of (*Cornus mas* L.). Journal of Food Engineering, 60, 335-341.
- Didin, M., Kızılaslan, A., Fenercioğlu, H., 2000. Malatya’da yetiştirilen bazı kızılçık çeşitlerinin nektara işlenmeye uygunluklarının belirlenmesi üzerinde bir araştırma. Gıda, 25(6), 435-441.

- Dinda, B., Kyriakopoulos, A.M., Dinda, S., Zoumpourlis, V., Thomaidis, N.S. & Velegraki, A., Markopoulos, C., Dinda, M., 2016. *Cornus mas* L., an important European and Asian traditional food and medicine: ethnomedicine, phytochemistry and pharmacology for its commercial utilization in drug industry. *Journal of Ethnopharmacology*, 193, 670-690.
- Ercişli, S., Yılmaz, S., Gadze, J., Dzubur, A., Hadziabulic, S., Aliman, J., 2011. Some Fruit Characteristics of (*Cornus mas* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 255-259.
- Eriş, A., Soylu, A., Barut, E., Dalkılıç, Z., 1992. Bursa yöresinde yetişmekte olan kızılcık çeşitlerinde seleksiyon çalışmaları. Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 13-16 Ekim, İzmir, 503-507.
- Eşitken, A., 1992. Erzincan'da yetiştirilen Hasanbey, Şalak ve Şekerpare kayısı çeşitlerinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişmeler ile hasat kriterlerinin saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Genç, C., 2015. Giresun ili merkez ilçede kızılcık (*Cornus mas* L.) seleksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Gerçekçi, R., 1998. Tokat merkez ilçede doğal olarak yetişen kızılcıkların (*Cornus mas* L.) seleksiyonu üzerine bir araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(1), 1-13.
- Gülyüz, M., Bolat, İ., Pırlak, L., 1998. Selection of table (*Cornus mas* L.) types in Çoruh valley. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 357-364.
- Hassanpour, H., Hamidoghli, Y., Hajilo, J., Adlipour, M., 2011. Antioxidant capacity and phytochemical properties of (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*, 129(3), 459-463.
- Kalkışım, Ö., Odabaş, F., 1994. Samsun'un Vezirköprü ilçesinde kızılcık (*Cornus mas* L.) seleksiyon yoluyla ıslahı üzerinde bir araştırma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1), 57-64.
- Karaçalı, İ., 2002. Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:494.
- Karadeniz, T., 1995. Görele'de (Giresun) yetişen kızılcıkların seleksiyonu üzerine bir araştırma. *Bahçe*, 24(1-2), 36-44.
- Karadeniz, T., 2002. Selection of native cornelian cherries grown in Turkey. *Journal of the American Pomological Society*, 56(3), 164167.
- Karadeniz, T., Deligöz, H., Çorumlu, M.S., Şenyurt, M., Bak, T., 2007a. Selection of native cornelian cherries grown in Çorum (Turkey). First Balkan Symposium on Fruit Growing, 15-17 November, Plovdiv, Bulgaria, pp 27.
- Karadeniz, T., Şenyurt, M., Özdemir, M., 2007b. Gümüşhane yöresinde yetişen kızılcıkların (*Cornus mas* L.) seleksiyon yoluyla ıslahı üzerine araştırmalar. Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-7 Eylül, Erzurum, 626-630.
- Karadeniz, T., 2019. Ordu yöresinde yetişen kızılcıkların (*Cornus mas* L.) seleksiyon yoluyla ıslahı üzerine araştırmalar. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(2), 1-5.
- Klimenko, S.V., 1990. Kizil na Ukraïne (Cornelian cherry in Ukraine). *Naukova Dumka, Kiev*, p 174.
- Kucharska, A.Z., Sokol-Letowska, A., Piorecki, N., 2011. Morfologiczna, fizykochemiczna i precziwutleniajaca charakterstyka owocow polskich odmian derenia wlaciwego (*Cornus mas* L.). (Morphological, physicochemical, and antioxidant profiles of Polish varieties of fruit (*Cornus mas* L.)). *Zywn.-Nauk Technol. Jakosc*, 18, 78-89.
- Korkmaz, M., Karakurt, E., 2015. An ethnobotanical investigation to determine plants used as folk medicine in Kelkit (Gümüşhane/Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation*, 8 (3): 290-303.
- Liu, X., Han, Z-P, Wang, Y-L., Gao, Y., Zhang, Z-Q., 2011. Analysis of the interactions of multicomponents in *Cornus officinalis* Sieb. et Zucc. with human serum albumin using on-line dialysis coupled with HPLC. *Journal of Chromatography B*, 879 (9-10): 599-604.
- Macit, T., 2019. Bazı kızılcık (*Cornus* L.) genotiplerinin fenolojik, morfolojik ve moleküler karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Minovski, D., Rizovski, R., 1973. Contribution of investigation on autochthony forms of (*Cornus mas* L.) in some localities of Sr. Macedonia. Review of the Society of Engineers, Agronomists and Agriculture Technicians in S.R. of Macedonia, 7-9, 15-22.
- Murrell, Z.E., 1993. Phylogenetic relationships in *Cornus* (*Cornaceae*). *Syst Bot*, 18, 469-495
- Oblak, M., 1980. Contribution to studying some pomological properties of indigenous small fruit species in Slovenia. *Productions spontenees. Cooologe Colmar*, 17-20 Juin, Paris-France, 49-57.
- Okatan, V., 2016. Determination of some physical and chemical properties of native (*Cornus mas* L.) district of Almus (Tokat). *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, LX, 21-25.
- Pırlak, L., 1993. Uzundere, Tortum ve Oltu ilçelerinde doğal olarak yetişen kızılcıkların (*Cornus mas* L.) seleksiyon yoluyla ıslahı üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Rop, O., Mlcek, J., Kramarova, D., Jurikova, T., 2010. Selected cultivars of (*Cornus mas* L.) as a new food source for human nutrition. *Afr J Biotechnol* 9:1205-1210. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1722>
- Selçuk, E., 2010. Erzincan yöresinde yetiştirilen kızılcıkların (*Cornus mas* L.) fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

- Stankovic, D., Savic, S., 1976. Properties of dogwood (*Cornus mas L.*) fruits in Yugoslavia. *Horticultural Abstracts*, 46(7), 6553.
- Sozański, T., Kucharska, A.Z., Rapak, A., Szumny, D., Trocha, M., Merwid-Ląd, A., Dzimira, S., Piasecki, T., Piórecki, N., Magdalan, J., Szeląg, A., 2016. Iridoid–loganic acid versus anthocyanins from the *Cornus mas* fruits: common and different effects on diet-induced atherosclerosis, PPARs expression and inflammation. *Atherosclerosis* 254:151–160. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.10.001>
- Szczepaniak, O. M., Kobus-Cisowska, J., Kusek, W., Przeor, M., 2019. Functional properties of (*Cornus mas L.*): A comprehensive review. *European Food Research and Technology*, 245(10), 2071-2087.
- Topdaş, E.F., Çakmakçı, S., Çakıroğlu, K., 2017. The antioxidant activity, vitamin C contents, physical, chemical and sensory properties of ice cream supplemented with (*Cornus mas L.*) Paste. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(5), 691-697.
- Tural, S., Koca, I., 2008. Physico-chemical and antioxidant properties of fruits (*Cornus mas L.*) grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116(4), 362-366.
- Tuzlacı, E., 2006. Türkiye bitkileri sözlüğü. Alfa Yayınları, 1. Basım.
- Türk, R., Erken, S., Yalçınkaya, E., 2003. Bazı önemli kızılçık (*Cornus mas L.*) tiplerinin morfolojik ve fenolojik özellikleri. Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 8-12 Eylül, Antalya, 289-291.
- Türkoğlu, N., Gazioğlu, R.I., Kör, M., 1999. Konya'nın Derebucak ilçesinde yetişen kızılçıkların (*Cornus mas L.*) seleksiyonu üzerine bir ön çalışma. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül, Ankara, 768-771.
- Üzümcü, S., Koyuncu, F., 2017. Response of maturity and fruit quality of 'Angeleno' plum to pre-harvest AVG applications. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University* 34(2): 29-35.
- Yalçınkaya, E., Kaşka, N., Karabat, S., Güloğlu, U., 1994. Kızılcık çeşit seleksiyonu (Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu ve Doğu Toroslar dilimi), Sonuç Raporu, Malatya.
- Yalçınkaya, E., Kaşka, N., Güloğlu, U., Karabat, S., 1999. Malatya'da seleksiyonu yapılan aşılı kızılçık tiplerinin pomolojik özellikleri. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül, Ankara, 76-80.
- Yıldırım, A.N., Şan, B., Yıldırım, F., Göktaş, H., 2017. Isparta yöresinde doğal olarak yetişen kızılçık (*Cornus mas L.*) tiplerinin pomolojik özellikleri. *Bahçe*, 46, 249-253.



## Productive Efficiency of Energy-Aware Walnut Production

### Ceviz Üretiminde Enerji Bilinçli Üretim Verimliliği

Onur TAŞKIN<sup>1</sup>, Zhongli PAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa  
· onurtaskins@gmail.com · ORCID > 0000-0002-5741-8841

<sup>2</sup>University of California, Department of Biological and Agricultural Engineering, Davis, USA  
· zlpn@Ucdavis.edu · ORCID > 0000-0002-0914-4006

#### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 18 Temmuz/July 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 31 Ağustos/August 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 545-554

**Atf/Cite as:** Taşkın, O., Pan, Z. "Productive Efficiency of Energy-Aware Walnut Production"  
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 545-554.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Onur TAŞKIN

## PRODUCTIVE EFFICIENCY OF ENERGY-AWARE WALNUT PRODUCTION

### ABSTRACT

Innovative cultivation and processing facilities are needed in order for the increased production in Türkiye to be efficient, low energy consumption, and high quality. Therefore, an in-depth analysis of the US California-based walnut producer has been made, which can also be an industrial role model to Turkish producers. The orchard of Chandler variety walnut was 70 decares and contains 17-year-old trees. Fuel consumed by agricultural machines during field operation, the rate of meeting the electricity need from solar panels for irrigation and processing, and the data of the hybrid drying (solar wall-natural gas) which is one of the few agricultural applications samples in the world were recorded for sustainable walnut production. In walnut production, spraying (pesticide) had the highest fuel consumption by far compared the all-year applications. The photovoltaic panels in the orchard met 62.8% of the required energy for irrigation engines. To process 42837 kg of walnuts, it was determined that 18.05% of the daily produced energy by roof-top photovoltaic panels was used. It is presenting that walnut production makes a significant direct contribution to the economy as a result of high-quality products with full mechanization and methods of utilizing solar energy technologies in walnut production.

**Keywords:** Solar Energy, Efficiency, Walnut.



## CEVİZ ÜRETİMİNDE ENERJİ BİLİNÇLİ ÜRETİM VERİMLİLİĞİ

### ÖZ

Türkiye'de artan üretimin verimli, düşük enerji tüketimi ve yüksek kalitede olabilmesi için yenilikçi yetiştirme ve işleme tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, Türk üreticilere de endüstriyel rol model olabilecek ABD Kaliforniya merkezli ceviz üreticisinde derinlemesine bir analizi yapılmıştır. Chandler çeşidi ceviz bahçesi 70 dekar olup, içerisinde 17 yaşında ağaçlar bulunmaktadır. Tarım makinelerinin bahçe çalışmaları sırasında tükettiği yakıt, sulama ve ürün işleme için gerekli elektrik ihtiyacının güneş panellerinden karşılanma oranı ve dünyadaki sayılı tarımsal uygulama örneklerinden biri olan hibrit kurutma (güneş duvarı-doğal gaz) verileri ile sürdürülebilir ceviz üretimi için kayıt altına alınmıştır. Ceviz üretimindeki tüm yıl uygulamalarına göre açık ara en yüksek yakıt tüketimi ağaçların ilaçlamasında olmuştur. Bahçedeki güneş panelleri, sulama motorları



için gerekli enerjinin %62,8'ini karşılamıştır. Toplam 42837 kg cevizin işlenmesi için çatı üstü güneş panellerinden üretilen günlük enerjinin %18,05'inin kullanıldığı belirlenmiştir. Ceviz üretiminde güneş enerjisi teknolojilerinden yararlanma yöntemleri ve tam mekanizasyon ile yüksek kaliteli ürünler sonucunda ekonomiye önemli ölçüde doğrudan katkı sağladığının gösterilmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Verimlilik, Ceviz.



## 1. INTRODUCTION

Walnut (*Juglans regia* L) is one of the oldest hard-shelled fruit species grown in the World. It is the species of tree in the Juglans plant genus, the type genus of the Juglandaceae family, and in Dicotyledoneae class pomologically (Çolak and Karaca, 2021). Although there are 18 walnut species whose characteristics have been determined in the genus Juglans all over the world, its spreading areas extend to China in the east of Asia, the Himalayan mountains, the Caucasus Mountains in the west, Anatolia, the Balkans and the interior of Austria due to its compatibility with ecological conditions. Among the main producer countries are the United States of America (USA), China, Iran, Türkiye, Ukraine, Romania, India, and France (Büyüksolak, 2019).

The data of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) presented that the total walnut production in 2018 was 3656329 tons in the world. China is the leader with a production of 1586367 tons from 390224 ha orchards, the USA ranks second with 613260 tons from 141640 ha orchards, and Türkiye ranks fourth with 215000 tons of production from 111775 ha orchards. The development of walnut production in Türkiye increased from 116000 tons in the early 2000s to 225000 tons in 2019. Considering the walnut production in Türkiye in the last 5 years, the production has increased by 25% with the planting of new walnut orchards. In addition, a continuous increase was observed in the number of fruit-bearing and non-fruiting trees (TUIK, 2019). Regarding output, it is revealed that the demand for walnut cultivation has increased with the increase in private afforestation initiatives and incentives for walnut orchards. Chandler is the most popular of the foreign varieties in walnut cultivation in Türkiye. In recent years, the Chandler variety constituted 70% of the orchards planted with foreign varieties and replaced the existing domestic varieties (Akça, 2009). Chandler walnut variety is a hybrid of Pedro X 56-244 and was obtained in 1979 in the University of California breeding program. It is the leading commercial walnut variety in the USA and the most important variety grown in California today. California walnut production also constitutes 99% of the total production in the USA with an area of approximately 800 thousand decares (Büyüksolak, 2019).

In the orchard stage of walnut cultivation, fertilization, spraying, weed control, irrigation, and harvesting are carried out based on mechanization. There are also processes such as transportation, processing, and storage after the harvest. Thus, the energy usage in the production and processing steps of agriculture is immense. The provision of the proper amount and efficient use of energy is required for advanced agricultural production. The crop yield and food supply are also known to be directly related to energy. Therefore, the primary purpose is to increase efficiency and reduce costs in agricultural production. Additionally, the energy needed in the production processes should be met with micro-scale solutions at the point where it is consumed. It will be possible for the producers to avoid energy costs and achieve energy independence as a result of meeting their own consumption with sources based on solar energy. Consequently, it is necessary to make an energy analysis in order to compare the link between input and output in the system in terms of energy units numerically. Various studies have been performed on the energy analysis of agricultural products. Nabavi-Pelesaraei et al. (2013) investigated the impacts of energy inputs and energy forms on output levels and the evaluation of CO<sub>2</sub> emissions for hazelnut production in the Guilan province of Iran. The results of energy forms analysis revealed the share of non-renewable and indirect energy was more than renewable and direct energy with a total energy of 2862.62 MJ ha<sup>-1</sup> for gardening in one year. The ratio of energy output to energy input and CO<sub>2</sub> emissions of hazelnut production found 3.93 and 77.66 kgCO<sub>2eq</sub> ha<sup>-1</sup>, respectively. Additionally, diesel fuel determined the highest share of emissions among all inputs with 33.84%. Külekçi and Aksoy (2013) researched the energy consumption of input and output used in pistachio production in Gaziantep province of Turkey. Their data revealed that 23,454.33 MJ ha<sup>-1</sup> energy consumed by pistachio farms as 0.1–10.0 ha (98 farms) and 20,473.06 MJ ha<sup>-1</sup> by larger than 10.1 ha (49 farms). The input–output ratio was 0.40 and 0.43 in the first and second groups, respectively. The energy productivity determined 0.02 for both groups of farms. The use of efficiency and economic performance obtained more success in large farms. Beigi et al. (2016) analyzed the input–output energy assessment of almond production in three age groups of orchards (group I 6–10, group II 11–15, and group III 16–20 years old) in Chahrmahal-Va-Bakhtiari province, Iran. Their results presented that 57,027.13, 60,341.14, and 61,640.43 MJ ha<sup>-1</sup> energy was consumed by group I, group II and group III, respectively. Electricity followed by chemical fertilizer determined as the most energy-consumed input. Furthermore, energy efficiency obtained 0.62, 1.12 and 0.81 in the triple groups of orchards, respectively. Consequently, almond production in the study region did not express an efficient process in terms of energy consumption. Gökdoğan et al. (2019) evaluated the energy use efficiency analysis of chestnut fruit production in the Aydın province of Turkey. The findings exhibited that the total input energy and output energy were 6161.82 MJ ha<sup>-1</sup> and 70,800 MJ ha<sup>-1</sup>. The energy output/input ratio, chestnut fruit (yield), specific energy, energy productivity, and net energy found as 11.49, 6000 kg ha<sup>-1</sup>, 1.02 MJ kg<sup>-1</sup>, 0.97 kg MJ<sup>-1</sup>, and 64,638.18 MJ ha<sup>-1</sup>, respectively. The performed total

energy input in chestnut production classified as 40.73% direct, 59.27% indirect, 37.08% renewable, and 62.92% non-renewable. Although many types of research were conducted on energy use efficiency analysis in the form of “surveys”, It has been seen that processing lines are not taken into account in the literature.

This study examined the production stages of industrially grown walnuts in the California region of the USA. Within the scope of productivity, the effect of full mechanization level on energy consumption and the possibilities of using solar energy technologies (solar electricity and solar wall) were investigated. An in-depth analysis was made of the US California-based walnut producer, which can be an industrial role model for Turkish producers as efficient and innovative for increased production.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Location

The “orchard” and “processing plant” steps of the research were carried out in a walnut producer company that was established in 1890 in Glenn, California. The orchard is on 17 acres ( $\cong$  70 decares) and contains 17-year-old Chandler walnut trees. The walnut orchard was irrigated with underground water via 2-inch sprinklers for 24 hours every two weeks for all production seasons.

### 2.2. Fuel Consumption

The measurement of fuel consumption during each agricultural machine was done by the filling fuel tank before operation and refilling the tank after operation with a cylinder gauge. The fuel consumption per plot was defined with the difference between the two readings (the fuel gauge cylinder reading before and after an operation). The unit area consumption (in liters per hectare) was found by dividing the summation fuel consumed per plot by the area operated (Baran ve Gokdogan, 2014).

### 2.3. Electricity Production and Consumption

In order to determine the real-time electricity production-consumption amounts, measurements were taken. Information was added about the direction, angle, dust, and contamination conditions of solar panel systems. The following equations were used to identify the total electrical energy production and consumption of the facility.

$$Q_u = Q_b + Q_c \quad (1)$$

Where;  $Q_u$ , the total electrical energy production of the facility (kWh);  $Q_b$ , the electrical energy production of the orchard stage (kWh);  $Q_c$ , the electrical energy production of the processing plant roof (kWh).

$$Q_t = Q_s + Q_{ys} + Q_{ta} + Q_{os} + Q_h + Q_k + Q_p + Q_{tm} \quad (2)$$

Here;  $Q_v$  is the total electrical energy consumption of the facility (kWh);  $Q_s$ , is the electrical energy consumption for irrigation (kWh);  $Q_{ys}$ , is the electrical energy consumption of the washer-cleaner machine (kWh);  $Q_{ia}$ , is the electrical energy consumption of pre-cleaner machine (kWh);  $Q_{os}$ , is the electrical energy consumption of sort table machine (kWh);  $Q_h$ , is the electrical energy consumption of huller machine (kWh);  $Q_k$ , is the electrical energy consumption of drying fan (kWh);  $Q_p$ , is the electrical energy consumption of packing machine (kWh);  $Q_{tm}$ , is the electrical energy consumption of elevator and conveyor (kWh).

$$Q_{net} = Q_t - Q_u \quad (3)$$

The total net electrical energy difference of the facility was determined by the equation below.

#### 2.4. Dryer Performance

Equation 10 was used to determine the performance curve ( $P_c$ ) of the solar wall (Robinson et al., 2013).

$$P_c = \frac{(T_i - T_a)}{S} \quad (4)$$

Here,  $T_i$  is the temperature of a solar wall ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_a$  is the temperature of ambient air ( $^{\circ}\text{C}$ ), and  $S$  is solar radiation ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ ). Insufficient application of the “solar wall” to dry walnut forced the system to operate in a hybrid way based on natural gas burning and consumption ( $\text{m}^3$ ) was recorded with the relevant consumption meter range.

#### 2.5. Energy Analysis

In order to the energy analysis, energy use efficiency, energy productivity, specific energy, and net energy gain were computed with modified methods of Banaeian et al. (2010) ve Baran et al. (2017).

$$\text{Energy use efficiency} = \text{Energy output (MJ/ha)} / \text{Energy input (MJ/ha)} \quad (5)$$

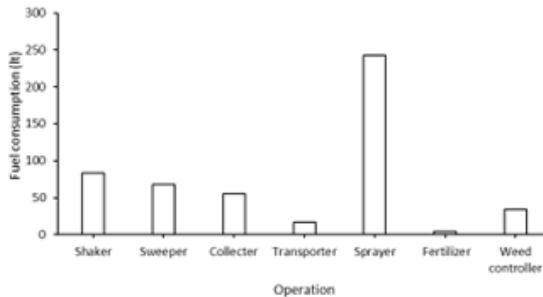
$$\text{Energy productivity} = \text{Walnut output (kg/ha)} / \text{Energy input (MJ/ha)} \quad (6)$$

$$\text{Specific energy} = \text{Energy output (MJ/ha)} / \text{Walnut output (kg/ha)} \quad (7)$$

$$\text{Net energy gain} = \text{Energy output (MJ/ha)} - \text{Energy input (MJ/ha)} \quad (8)$$

### 3. RESULT AND DISCUSSION

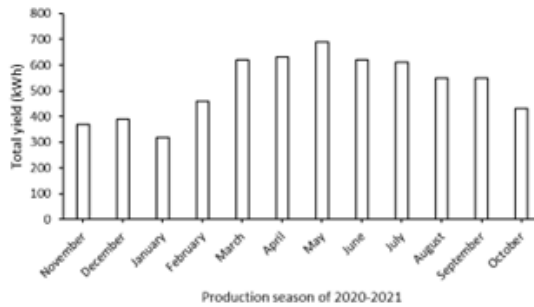
The fuel consumption results are shown in Figure 1. The data on the harvesting equipment present that the consumptions of the shaker, sweeper, collector, and transport were 83.27, 68.13, 54.88, and 17.03 lt, respectively. The consumption of the shaker was found 22.2% more than the sweeper and 51.7% more than the collector. Additionally, the main reason for the low consumption of the transporter can be explained by the closeness of the orchard to the processing facility. On the other hand, the applications of the orchard equipment consumed 7.56 lt for strip spraying, 234 lt for tree spraying, 3.8 lt for spraying suckers, and 34.2 lt for mowing (weed control). Overall, the consumption per decare was 1.19 lt for the shaker 0.97 lt for the sweeper, 0.78 lt for the collector, 0.11 lt for the strip spraying, 6.68 lt for the tree spraying (two applications), 0.05 lt for the spraying suckers and 0.98 lt for the mowing (two applications). Comparing the all-year applications, tree spraying had the highest consumption by far. This might be explained by the reason of usage truck-mounted sprayers. With the target of decreasing fuel consumption, more environmentally friendly walnuts may be producible by reducing the emission gases it emits as well.



**Figure 1.** Fuel consumption of operations

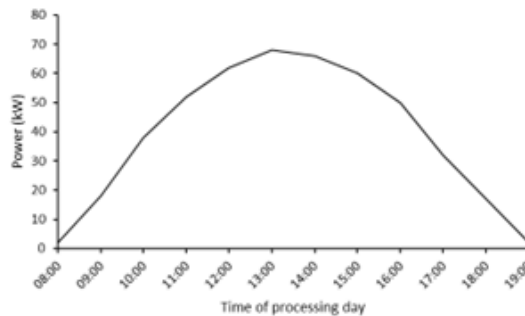
For the required energy, photovoltaic panels (poly-silicon) have been used with an installed capacity of 4.8 kW in the southwest direction with a 30-degree angle. The photovoltaic panel system was connected to the grid line. Thus, they interact with each other in the way electricity counter. The energy production of photovoltaic panels used for irrigation purposes is seen in Figure 2. Total energy production for the whole production season was determined at 6185.58 kWh. On the other hand, the irrigation system used 3668 kWh from the grid (Figure 5). In conclusion,

the photovoltaic panels met 62.8% of the total energy (9853.58 kWh) to run irrigation engines. However, excessive dust was experienced during the in particular use of harvest equipment which causes efficiency losses in the photovoltaic panels. Therefore, the rate of meeting the needs can be increased by paying attention to the cleanliness of the panels.

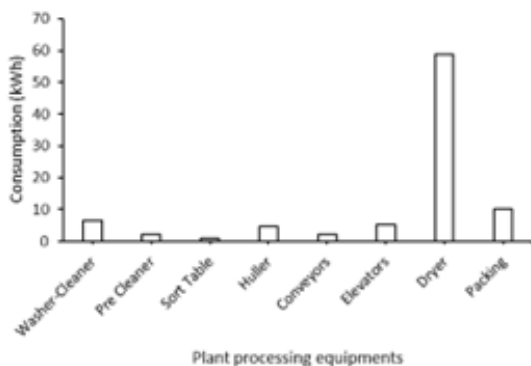


**Figure 2.** Solar electricity production for irrigation in the season

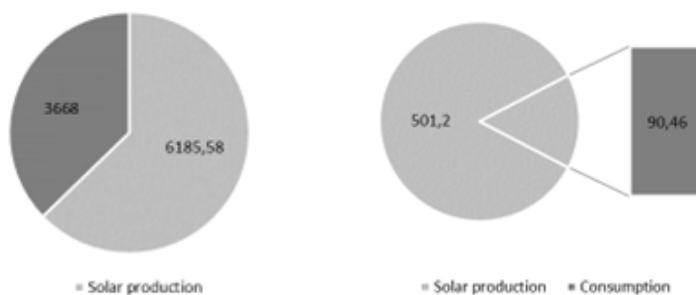
The harvested walnuts were brought to the facility for processing such as washing, cleaning, hulling, separation, drying, and packing. The facility has solar panels with an installed power of 144.96 kW facing south on the rooftop. Figure 3 shows the daily performance of photovoltaic panels which produced 501.2 kWh of electricity on the day of processing harvested walnuts and the highest power level was reached at 13:00. On the other hand, a total of 90.46 kWh of electricity was consumed for the processing of walnuts. Drying was the highest energy consumption process which is 65% of total consumption (Figure 4). Consequently, regarding the total electricity consumption and the time spent (95 min) in the processing of 42837 kg of walnuts, it was seen that 18.05% of the daily produced electricity was consumed (Figure 5).



**Figure 3.** Solar power production during walnut processing day



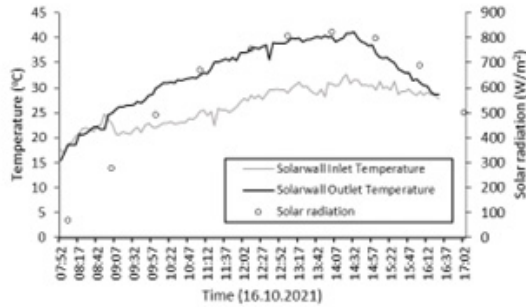
**Figure 4.** Electricity consumption of processing equipment



**Figure 5.** Total net electricity (kWh) difference of irrigation (left) and facility (right)

The drying building, in which the solar wall system is used, is in the form of a gable roof-type roof. It is in the south-north direction and has a roof area of 288 m<sup>2</sup>. The roof is an angle of 10 degrees and the solar wall system is mounted directly on it. Thus, the hot air to dry walnuts in the stadium-type dryer is provided. Since the required temperature of 44 °C could not be reached, the dryer worked as a hybrid with natural gas. The data obtained as air temperature measurements made from the entrance to the solar wall and the air suction of the engine are presented in Figure 6. The results displayed that the solar wall system increased the atmospheric temperature by an average of 5.37 °C between 9:00-10:00, by an average of 9.13 °C between 10:00-15:00 and by an average of 3.22 °C with a decreasing effect after 15:00. The highest temperature increase was achieved at 13:52 with 12.3 °C. However, due to the structure and location of the drying building, it was observed that the solar radiation in the evening

could not be utilized sufficiently. Therefore, 368.11 m<sup>3</sup> of natural gas was used to dry all walnut samples at desired drying temperature (44 °C).



**Figure 6.** Temperature effect of the solar wall system

Regarding the energy data presented in this study, the energy use efficiency, energy productivity, specific energy, and net energy gain were determined. According to the amount of walnut kernel yield; energy use efficiency, energy productivity, specific energy, and net energy have been calculated as 5.67, 0.20 kg/MJ, 28.00 MJ/kg, and 70554 MJ/ha, respectively. In previous studies, the same parameters were presented for Iranian walnut as 2.90; 0.3 kg/MJ; 3.40 MJ/kg, and 29258.50 MJ/ha, respectively by Banaeian and Zangeneh (2011). Also, Baran (2017) reported the walnut production in Turkey as 0.61; 0.03 kg/MJ; 30.20 MJ/kg, and -9313.02MJ/ha, respectively. The difference between the results can be explained by the amount of walnut yields, solar energy usage, and neglected energy inputs such as human labor, machinery, chemicals, and irrigation water.

## CONCLUSION

In conclusion, although the shaker had the second-highest fuel consumption, it can be reduced with the proper use of power and application time for shaking trees. Besides, by preventing branch breakage caused by shaking, the idle time of the sweeper and collector can be decreased and fuel consumption can be reduced. On the other hand, the photovoltaic panels met the 62.8% energy needed for running irrigation engines. However, this rate can be increased with frequent panel cleaning. Additionally, it has been observed that the processing facility effectively benefits from roof-top photovoltaic panels. Furthermore, the solarwall system could not produce the required temperature for drying individually and worked as a hybrid with natural gas. Consequently, efficient and green energy use such as solar should be expanded with farm power and machinery management.



## Acknowledgment

This study was supported by TUBITAK-2219 International Postdoctoral Research Fellowship Program (1059B192000976).

## Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

## Ethics

This study does not require ethics committee approval.

## Author Contribution Rates

Design of Study: OT (%60), ZP (%40)

Data Acquisition: OT (%70), ZP (%30)

Data Analysis: OT (%60), ZP (%40)

Writing up: OT (%70), ZP (%30)

Submission and Revision: OT (%60), ZP (%40)

## REFERENCES

- Akça, Y., 2009. Ceviz Yetiştiriciliği, Anıt Matbaası. Ankara.
- Banaeian, N., Zangeneh, M., 2011. Modeling energy flow and economic analysis for walnut production in Iran, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 3(3): 194-201.
- Banaeian, N., Zangeneh, M., Omid, M., 2010. Energy use efficiency for walnut producers using data envelopment analysis (DEA), Australian Journal of Crop Science, 4(5): 359-362.
- Baran, M. F., Gökdoğan, O., Oğuz, H. İ., 2017. Determining the energy usage efficiency of walnut (*Juglans Regia* L.) cultivation in Turkey, Erwerbs-Obstbau, 59(1): 77-82.
- Baran, M., Gökdoğan, O., 2014. Karpuz ve kavun yetiştiriciliğinde enerji girdi-çıkıti analizi: Kırklareli ili örneği, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 29(3): 217-224.
- Beigi, M., Toriki-Harchegani, M., Ghanbarian, D., 2016. Energy use efficiency and economical analysis of almond production: a case study in Chaharmahal-Va-Bakhtiari province, Iran, Energy Efficiency, 9(3): 745-754.
- Büyüksolak, Z. N., 2019. Uşak ili Eşme ilçesinde farklı yükseltilerde yetiştirilen chandler ceviz çeşidi meyvelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Çolak, A. M., Karaca, İ. A., 2021. Investigation of the Effect of Organic Fertilizers Used in Walnut (*Juglans Regia* L.) Cultivation on Yield and Quality, Journal of Agriculture and Veterinary Science, 14(4): 1-5.
- Gökdoğan, O., Erdoğan, O., Ertan, E., Çobanoğlu, F., 2019. Evaluation of energy and economic analysis of chestnut (*Castanea sativa* mill.) fruit production in Turkey, Erwerbs-Obstbau, 61(3): 211-216.
- Külekçi, M., Aksoy, A., 2013. Input-output energy analysis in pistachio production of Turkey, Environmental Progress & Sustainable Energy, 32(1): 128-133.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Sadeghzadeh, A., Payman, M. H., Mobtaker, H. G., 2013. An analysis of energy use, CO<sub>2</sub> emissions and relation between energy inputs and yield of hazelnut production in Guilan province of Iran, International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1(12): 1601-1613.
- Robinson, B. S., Chmielewski, N. E., Knox-Kececy, A., Brehob, E. G., Sharp, M. K., 2013. Heating season performance of a full-scale heat pipe assisted solar wall, Solar Energy, 87: 76-83.
- TUIK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri, (Erişim Tarihi: 23.09.2022).



## Organik ve Konvansiyonel Fide Yetiştiriciliğinin Domates Fidelerinin Kalitesi Üzerine Etkileri

### The Effects of Organic and Conventional Seedling Growing on the Quality of Tomato Seedlings

Zehra Şa<sup>1</sup>, Aslıhan Çilingir Tütüncü<sup>2</sup>, Salih Demirkaya<sup>3</sup>, Harun Özer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
· zehrasa63@gmail.com · ORCID > 0009-0001-4031-6646

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
· aslihancilingir@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-7752-8976

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun  
· salih.demirkaya@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7374-0160

<sup>4</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
· haruno@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-9106-383X

#### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 03 Ağustos/August 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 12 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 555-564

**Atıf/Cite as:** Şa, Z., Çilingir Tütüncü, A., Demirkaya, S., Özer, H. "Organik ve Konvansiyonel Fide Yetiştiriciliğinin Domates Fidelerinin Kalitesi Üzerine Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 555-564.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Aslıhan Çilingir Tütüncü

## ORGANİK VE KONVANSİYONEL FİDE YETİŞTİRİCİLİĞİNİN DOMATES FİDELERİNİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

### ÖZ

Bu çalışmada; kimyasal gübre ve iki farklı organik gübre (kompost ve kül solüsyonu) uygulamalarının, domateste fide kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada fide kalitesini belirlemek amacı ile; gövde çapı(mm), fide boyu(cm), yaprak sayısı(adet), yaprak klorofil içeriği (CCI), yaprak alanı(cm<sup>2</sup>), kök uzunluğu(cm), toplam fide kuru ağırlığı(g) ve nispi büyüme hızı (NBH) gibi parametreler incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda kompoze gübre uygulaması; gövde çapı (3.2mm), yaprak sayısı (6 adet), yaprak klorofil içeriği (14.7 CCI), yaprak alanı (49.42 cm<sup>2</sup>), kök uzunluğu (21 cm) ve toplam fide kuru ağırlığı (0.287g) parametreleri bakımından ön plana çıkmış olup, kontrol hariç tüm gübre uygulamalarında istatistiki ( $p \leq 0.05$ ) olarak benzer değerlerin elde edildiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda organik gübre uygulamalarının kompoze gübre ile rekabet edebilir olduğu belirlenmiştir. Nitekim, odun külü kullanımının nispi büyüme hızını ( $0.110 \text{ g g}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) arttırmasının yanı sıra fide boyu (16.5 cm) üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sonuç olarak odun külü kullanımının fidelerde boy kontrolü sağlamış olması domates fidesi yetiştiriciliğinde odun külü kullanımını ön plana çıkarmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Domates, Fide Kalitesi, Kompost, Kül.



## THE EFFECTS OF ORGANIC AND CONVENTIONAL SEEDLING GROWING ON THE QUALITY OF TOMATO SEEDLINGS

### ABSTRACT

This study investigated the effects of chemical fertilizer and two different organic fertilizer (compost and wood ash solution) applications on seedling quality in tomatoes. To determine the seedling quality in the study, stem diameter (mm), seedling height (cm), number of leaves (piece), leaf chlorophyll content (CCI), leaf area (cm<sup>2</sup>), root length (cm), total seedling dry weight (g) and relative growth rate (NBH) parameters were examined. According to the results obtained, chemical fertilizer use, stem diameter (3.2mm), number of leaves (6 pieces), leaf chlorophyll content (14.7 CCI), leaf area (49.42 cm<sup>2</sup>), root length (21 cm) and total seedling dry weight (0.287g) increased their value. However, it was determined that statistically ( $p \leq 0.05$ ) similar values were obtained in all fertilizer applications except the control. As a result of the study, it was determined that organic fertilizer applications

could compete with chemical fertilizers. Wood ash increased the relative growth rate ( $0.110 \text{ g g}^{-2}\text{day}^{-1}$ ), and its effects on the seedling height (16.5 cm) were found to be statistically significant. As a result, the use of wood ash provided height control in seedlings has highlighted the use of wood ash in tomato seedling cultivation.

**Keywords:** Tomato, Seedling Quality, Compost, Ash.



## 1.GİRİŞ

*Solanaceae* familyasının önemli bir türü olan domates Dünya ve Türkiye’de üretimi ve tüketimi yapılan en önemli sebzedir. Türkiye 31.7 milyon ton sebze üretimi ile Dünya sebze üretiminde 4. sırada yer almaktadır. Bu sebze üretiminin yaklaşık %40’ı domatese aittir (Anonim, 2022). Domates üretiminde kullanılan bitkiler, doğrudan araziye tohum ekimi veya fide dikilerek yapılabilir. Ancak, fide ile yetiştiriciliğin doğrudan tohum ekimine göre birçok (erkencilik, yüksek verim, kök hastalıklarına karşı yüksek dayanım, homojen büyüme ile enerjiden, tohumdan, araziden ve zamandan tasarruf sağlama) avantajı bulunmaktadır (Özer ve Kandemir, 2016; Yılmaz ve ark., 2018; Demir ve ark., 2020; Tüzel ve ark., 2021). Hazır fide kullanımının avantajlı hale gelmesi günümüzde örtüaltı yetiştiriciliğinde fide kullanımını %100’e ulaştırmıştır (Demir ve ark., 2020). Son yıllarda sebze üretiminin artışına paralel olarak domates fidesi üretimi de hızlı bir artış göstermiştir. Türkiye’de hazır fide sektöründe sadece Antalya ilinde Fide Üreticileri Alt Birliğine kayıtlı firmalarda 9 sebze türünde 588 milyon adet fide üretilmektedir. Toplam fide üretiminin %44.6’sını (262 milyon) domates fide üretimi oluşturmaktadır (Anonim, 2023). Fidelerin yetiştirilmesinde kullanılan ortamlar farklılık göstermekle birlikte en fazla tercih edilen ortam torf olmuştur. Birçok avantajından (hastalıklardan arı ve yüksek su tutma kapasitesi) dolayı tercih edilen torf, perlit veya vermikülit gibi materyallerle belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır (Tüzel ve ark., 2021). Ancak, torf çimlenme ve çıkışta çok başarılı sonuçlar verse de özellikle fideler 2 yapraklı döneme geldiklerinde gübrelemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle özellikle organik fide yetiştiriciliği yapmak isteyenler alternatif yetiştirme ortamları veya alternatif organik gübrelerle fide yetiştiriciliği çalışmaları yürütmektedirler (Yılmaz ve ark., 2018; Tüzel ve ark., 2021). Fide üretimi, yetiştirme süresinin kısa olması ve bitki kökleri çok küçük bir ortam hacmi içerisinde geliştiğinden, bitkinin besin yoksunluğunun önlenmesi için gübre uygulamalarına özen gösterilmesi gerekmektedir. Fide gelişimini etkileyen en önemli faktör azot tur ve azotun bitkilerin alabileceği formda verilmesi domates fidelerinin yaş ve kuru ağırlıklarını önemli oranda artırmaktadır (Tüzel ve ark., 2021).

Temel olarak ilave gübre kullanımı fide yetiştiricileri için önemli bir girdi kalemi haline gelmiştir. Bunun için özellikle farklı organik gübre olarak kullanılacak

preparatların hazırlanması girdi maliyetini azaltabilecek ve fide kalitesini artırabilecek potansiyele sahip olabilir. Bu nedenle, bu çalışma ile ticari gübrelere alternatif olarak kullanılacak farklı organik gübrelere (kompost suyu ve kül suyu) domates fidelerinin kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait cam serada 15 Mart-30 Nisan 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bitkisel materyal olarak H-2274 domates çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır. Domates tohumlarının ekimi için 695 x 470 x 75 mm dış ölçülere ve 31 x 31 x 65 mm iç ölçülere (göz hacmi) sahip 216 gözlü EPS viyoller hazırlanmıştır. Hazırlanan viyoller torf (%100) ile doldurularak ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Domates tohumları, çimlenme ve çıkış gösterene kadar çimlenme dolabında 27 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra, viyoller sıcaklıkları gündüz 23-24 °C/gece 19-21 °C olarak ayarlanan seradaki fide tezgâhlarına yerleştirilmiştir. Fidelerde, ilk gerçek yapraklı dönem ve üçüncü yaprakların oluşmaya başladığı dönem olmak üzere iki defa gübreleme uygulaması yapılmıştır.

Araştırmada, fide kalitesini artırmak için kompoze gübre (20-20-20) ve 2 farklı organik gübre (kompost suyu ve kül suyu) kullanılmıştır. Kompost suyunun hazırlanmasında, domates bitkilerinin sap ve yaprak atıkları yığın metodu kullanılarak kompostlaştırılmıştır (Inckel ve ark., 2005). Bu metodu uygulamak için kullanılan plastik (770L) konteynere 2cm (10cm aralıklı) çapında delikler açılmıştır. Domates budama artıkları (5cm çapında) parçalara ayrılarak 25 cm'lik yığın oluşturulmuştur. Bu yığının üzerine 10cm yüksekliğinde yanmış hayvan gübresi uygulanmıştır. Hayvan gübresinin üzerine gelecek şekilde 2cm yüksekliğinde bahçe toprağı eklenmiştir. Bu işleme konteynir dolana kadar devam edilmiştir. Son olarak yığın nemlendirilerek beklemeye alınmıştır. Kompostlama süreci 60 gün boyunca devam etmiştir. Bu süreçte yığın haftalık olarak karıştırılmıştır.

Kül suyunun elde edilmesinde kullanılan atık meşe odunu külü (*Quercus sp.*), Samsun bölgesinde ekmek üretimi yapan fırından (Yazıcıoğlu kardeşler) temin edilmiştir. Kompost ve kül örneklerinin pH, EC, azot, fosfor ve potasyum analizleri Kaçar ve İnal (2008)'e göre yapılmıştır (Çizelge 1). Çalışmada gübrelemede kullanılan kompoze gübre 1000 ppm olarak hazırlanmıştır. Kompoze gübreden elde edilen solüsyonun elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 1.3 ds/m olarak ölçülmüştür. Kül ve kompost suyunun EC değerleri de kompoze gübrenin değerine (1.3 ds/m) göre ayarlanarak süzükler hazırlanmıştır. Elde edilen süzükler ilk gerçek yapraklı dönem ve 2-3 yapraklı dönem olmak üzere 2 defa gübrelemede kullanılmıştır. Gübreleme yapılırken, süzükler fidelerin tüm yaprakları ve fide yetiştirme ortamları ıslanana kadar uygulanmıştır.

### Çizelge 1. Kompost ve kül suyu gübresinin bazı kimyasal özellikleri

*Table 1. Some chemical properties of compost and lye fertilizer*

	Kompost	Kül
pH (1:10)	7.73	12.0
EC (dS m <sup>-1</sup> )	3.58	14.04
Azot (%)	0.40	0.13
Fosfor (%)	0.84	0.79
Potasyum (%)	0.44	6.76

### 2.1.Fide Kalite Parametreleri

Fidelerin kalitesini belirlemek amacıyla domates fideleri dört\beş gerçek yapraklı dikim aşamasına geldiklerinde her gübre uygulaması için (Kompoze gübre, kompost suyu ve kül suyu) 3 tekrerrür ve her bir tekrerrürde 6 fidede olmak üzere toplamda 54 domates fidesinde aşağıdaki kalite parametreleri incelenmiştir.

**Yaprak Klorofil İçeriği:** Fidelerin yapraklarında klorofilmetre (CCM-200, Opti-Sciences, ABD) kullanılarak sabah 09:00-11:00 saatleri arasında yapraklardaki klorofil içeriği (CCI) tespit edilmiştir.

**Yaprak Alanı:** Domates yapraklarının (baş, sağ ve sol yaprakçık) en ve boyları ölçülerek Beyhan ve ark., (2008)'e göre yaprak alanları hesaplanmıştır.

**Fide Boyu:** Ölçüm bitkilerinde fidelerin kök boğazından büyüme noktasına kadar olan kısımları cetvel ile ölçülmüştür.

**Gövde Çapı:** Ölçüm bitkilerinde kök boğazının 1 cm üzerinden kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

**Yaprak Sayısı:** Ölçüm bitkilerinde toplam yaprak sayısı sayılarak belirlenmiştir.

**Kök Uzunluğu:** Ölçüm bitkilerinde fidelerin kök boğazından en uzun kökün uç noktasına kadar olan kısımları cetvel ile ölçülmüştür.

**Kök, Gövde ve Yaprak Yaş ve Kuru Ağırlıkları:** Ölçüm için fidelerin söküm işleminde kök kaybı olmayacak şekilde kökler yıkanarak ayrılmıştır. Sonrasında kök, gövde ve yapraklar olmak üzere kısımlarına ayrılarak yaş ağırlıkları tartılmıştır. Bitkiden ayrılan yaprak, kök ve gövdeler ayrı ayrı küçük kese kâğıtlarına yerleştirilerek 80 °C sıcaklıktaki etüve yerleştirilmiştir. Kurutma işlemi en az 48 saat süreyle yapılmıştır. Bu zaman süresinde kurumasını tamamlamamış örneklerde ağırlık değişim metodu uygulanarak kurutma işleminin tamamlanıp tamamlanmadığına karar verilmiştir. Örneklerin tam olarak kuruduğu anlaşılınca yapraklar, kök ve gövdenin kuru ağırlıkları 0.01 g'a duyarlı terazi ile tartılmıştır.

## 2.2.Kantitatif Hesaplamalar

Domates fidelerinde bitki büyümesini belirlemek amacıyla Çizelge 2’de verilen bitki büyüme parametreleri ve hesaplama modellerine ait formüller kullanılmıştır (Uzun, 1996).

**Çizelge 2.** Kantitatif analizlerin yapılmasında kullanılan bitki büyüme parametreleri ve hesaplama modelleri (Uzun, 1996)

**Table 2.** Plant growth parameters and calculation models used in quantitative analysis (Uzun, 1996)

Parametreler	Hesaplama Modelleri
Oransal Yaprak Alanı (YAO)	Toplam Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> ) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Net asimilasyon Oranı (NAO)	(1/YA) * dA/dt (gcm <sup>2</sup> gün <sup>-1</sup> ) [W2(g)- W1(g)/A2(cm <sup>2</sup> )- A1(cm <sup>2</sup> )]/(t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub> ) (g/cm <sup>2</sup> /gün)
Nispi Büyüme Hızı (NBH)	(ln A <sub>2</sub> -ln A <sub>1</sub> )/(t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub> ) veya Net Asimilasyon Oranı (NAO) x Oransal Yaprak Alanı (YAO) (g/g/gün)

YAO: Oransal yaprak alanı; NAO: Net asimilasyon oranı; NBH: Nispi büyüme hızı, A: ağırlık, t: gün

## 2.3.İstatistik Analizler

Araştırma, 3 tekerrürlü Tesadüf Parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırmadan elde edilecek sonuçların istatistiksel varyans analizinde ve ortalamalar arasındaki farklılıkların (Tukey testi) belirlenmesinde IBM SPSS versiyon 20.0 istatistik analiz programı kullanılmıştır.

## 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Domates fidesi yetiştiriciliğinde farklı organik gübre uygulamalarının gövde çapı, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak klorofil içeriği, yaprak alanı, kök uzunluğu, toplam fide kuru ağırlığı ve nispi büyüme hızı (NBH) üzerine önemli (p≤0.05) etkileri belirlenmiştir. Fide kalite parametreleri incelendiğinde en yüksek gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak klorofil içeriği, yaprak alanı, kök uzunluğu ve toplam fide kuru ağırlığı değerlerinin kompoze gübre uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir. En yüksek, nispi büyüme hızı ve bitki boyu değerlerinin kül uygulamasından elde edildiği tespit edilmiştir. Ancak, genel olarak bitki boyu, yaprak klorofil içeriği, yaprak alanı, kök uzunluğu, toplam fide kuru ağırlığı ve NBH değerlerinin kontrol hariç tüm gübre uygulamalarında istatistiki olarak benzer değerlerin elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 3).

Fidelerde gövde çapı, bitki boyu ve kuru madde miktarı değerleri fide kalitesi ve boy kontrolünde belirleyici rol oynamaktadır (Uçan ve Uğur, 2021). Fide kalite

kriterlerinden gövde çapı, bitki boyu ve yaprak sayısı değerlerini incelediğimizde domates fide yetiştiriciliğinde farklı uygulamaların fide kalitesine etkilerinin incelendiği çalışmalarla benzer değerlerin elde edildiği belirlenmiştir (Sönmez, 2017; Okuyucu ve ark., 2018; Özer, 2018; Yılmaz ve ark., 2018). Üreticilerin fide kalitesine bakış açıları üzerine, fidelerin görüntülerindeki kalite hissi ve fidelerin dikim sonrası performanslarının belirleyici olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda, gövde çapı değerleri arasında önemli fark oluşmaması ile birlikte özellikle bitki boyu, yaprak sayısı ve yaprak klorofil içeriği değerleri incelendiğinde hem istatistik ve hem de görsel olarak kül ve kimyasal gübre uygulamasının ön plana çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Farklı organik gübre (kompost suyu ve kül suyu) ve kompoze gübre (20-20-20) uygulamalarının bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak klorofil içeriği, yaprak alanı, kök uzunluğu, toplam fide kuru ağırlığı ve nispi büyüme hızı (NBH) üzerine etkileri

**Table 3.** The effects of different organic fertilizer (compost water and lye) and compound fertilizer (20-20-20) applications on plant height, leaf number, leaf chlorophyll content, leaf area, root length, total seedling dry weight and relative growth rate (NPH)

	Gövde Çapı (mm)	Bitki Boyu (cm)	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Klorofil İçeriği (CCI)	Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )	Kök Uzunluğu (cm)	Toplam Fide Kuru Ağırlık (g)	NBH (g g <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )
Kontrol	2.8	12.7 b	4.3 b	6.3 b	37.30 b	12.6 b	0.161 b	0.080 b
Kompost	3.1	14.9 a	4.7 b	12.8 a	41.86 ab	20.7 a	0.204 a	0.091 ab
Kül	2.7	16.5 a*	5.0 ab	11.9 a	43.14 ab	15.0 ab	0.267 a	0.110 a*
Kimyasal	3.2	16.4 a	6.0 a*	14.7 a*	49.42 a*	21.0 a*	0.287 a*	0.095 a

\*: p≤0.05 düzeyinde önemli

Fide üretimi, yetiştirme süresinin kısa olması, kullanılan yetiştirme ortamlarının besin elementleri yönünden yoksun olması ve bitki köklerinin çok küçük ortam hacmi içinde bulunması nedeniyle gübrelemeye özen göstermeyi gerektirmektedir. Fide gelişimini etkileyen en önemli faktörlerin başında azot gelmektedir ve azotun bitkiler tarafından alınabilmesi için mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak mineral forma dönüştürülmesi gerekir. Genellikle organik gübreler, bağlı organik N nedeniyle mineral azot içeriğinin azalması nedeniyle organik gübrelerin uygulanmasında bitkilerin azotu etkin bir şekilde alması sınırlı olabilmektedir (Tüzel ve ark., 2021). Kompoze gübrenin azot içeriğinin yüksek olması ve hızlı çözünür olması nedeniyle özellikle yaprak klorofil içeriği ile toplam fide kuru ağırlığı ve kök uzunluğu değerlerinde ön plana çıktığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda fide kuru ağırlığı değerlerini incelediğimizde domates fidesi yetiştiriciliğinde farklı



yetiştirme ortamı ve farklı dalga boyunda ışık uygulamaları ile fide kuru ağırlık değerlerinin 0.15 ile 1.14 g/fide arasında değiştiği bildirilmektedir (Okuyucu ve ark., 2018; Özer, 2018; Yılmaz ve ark., 2018; Kaya, 2022). Kimyasal gübreleme uygulamasından sonra en fazla fide kuru ağırlığı kül uygulamasında elde edilmiştir. Bu durum kül uygulamasının potasyum içeriğinin kontrol ve kompost uygulamasına göre bir hayli yüksek olmasıyla açıklanabilir. Bilindiği gibi potasyum bitkinin fotosentez yeteneğini artırır, bitki büyümesi için elzem olan hücre gelişimini teşvik eder ve birçok enzimatik süreçte görev alır (Hepler ve ark., 2001; Marschener, 2012).

Diğer taraftan kök uzunluğu parametresinin kompost uygulamasından ikinci en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. Kül uygulamasının kök uzunluğunu artırmada kompoze gübre ve kompost uygulamasına göre daha az etkili olması fosfor içeriğinin diğer iki uygulamadan daha düşük olmasıyla açıklanabilir. Nitekim, fosforun bitki kök gelişimini artırdığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Samuel ve ark, 1993; Mohammed ve ark, 2008).

Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerler diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte genelde kompoze gübre uygulaması fide kalite ve büyüme parametreleri yönünden ön plana çıksa da istatistiki olarak diğer gübre (kompost ve kül) uygulamaları ile benzerlik göstermektedir. Bu benzerlik nispi büyüme hızı (NBH) değerlerinde farklı bir şekilde kül suyu uygulamasını öne taşımıştır. NBH bitkide elde edilen yeni büyümenin daha önce var olan bitki aksamalarına bağlı olduğunu belirler. Çizelge 2’ incelendiğinde NBH belirli bir zaman aralığındaki bitkinin ağırlığındaki değişim hızını belirlemektedir. Bu eşitlik farklı büyüklükteki bitkilerin büyümesini karşılatırmada büyük önem kazanmaktadır. NBH değerleri bitkilerin ilk evrelerinde genellikle hızlı olmakla birlikte zamanla hızı yavaşlamaktadır. NBH değerleri sıcaklık ve ışık gibi çevre faktörleri ile önemli şekilde etkilenmektedir (Uzun, 1997). Ancak, bizim çalışmamızda ışık ve sıcaklık değerleri tüm fideler için aynı şartlarda gerçekleştiği için gübreleme uygulamalarının etkisi daha belirleyici olmuştur.

## SONUÇ

Çalışma sonucunda iki farklı organik gübre (kompost suyu ve kül suyu) uygulamasının domates fidesi yetiştiriciliğinde kompoze gübre ile rekabet edebilir olduğu belirlenmiştir. Külün, gübre olarak kullanımının kompost uygulamasına göre fide kalitesi değerleri ve özellikle fide boy kontrolü yönünden ön plana çıktığı belirlenmiştir.

Fide yetiştiriciliğinde gübre kullanımı önemli bir girdidir. Kompost ve kül uygulaması ev yapımı bir solüsyon olarak kolay ve ucuz hazırlanan materyallerdir. Tüm bu avantajlarının yanında odun külünün kullanımının hem bitki büyüme hızını arttırması hem de bitki kuru madde miktarını arttırarak fidede sınırlıda olsa boy kontrolü sağlamış olması fide üretim maliyetlerini önemli oranda düşürme potansiyeline sahiptir.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: ZŞ (%20), AÇT (%30), SD (%20), HÖ(%30)

Veri Toplanması: ZŞ (%40), AÇT (%30), SD (%10), HÖ(%20)

Veri Analizi: ZŞ (%20), AÇT (%30), SD (%20), HÖ(%30)

Makalenin Yazımı: ZŞ (%10), AÇT (%30), SD (%10), HÖ (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: ZŞ (%10), AÇT (%60), SD (%10), HÖ(%20)

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi:12.05.2023).
- Anonim, 2023. Fide Üreticileri Alt Birliği (Fidebirlik). E-Bülten. <http://www.fidebirlik.org.tr/wp-content/uploads/2023/05/fidebirltik-e-b%C3%BClten-say%C4%B1-61.pdf> (Erişim tarihi:24.05.2023).
- Beyhan, M. A., Uzun, S., Kandemir, D., Özer, H., Demirsoy, M., 2008. A model for predicting leaf area in young and old leaves of greenhouse type tomato (*Lycopersicon esculentum*, mill.) By linear measurements. Journal of the Faculty of Agriculture, Omu, 23(3): 154-157.
- Demir, K., Başak, H., Çakırer, G., Başkent, A., 2020. Fidecilik sektörünün mevcut durumu ve gelecek öngörüsü. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2, 13-17 Ocak, Ankara, 429-432.
- Hepler, P. K., Vidali, L., and Cheung, A. Y. 2001. Polarized cell growth in higher plants. *Annu.Rev. Cell. Dev. Biol.* 17, 159-187. doi: 10.1146/annurev.cellbio.17.1.159
- Inckel, M., Smet, P. De, Tersmette, T., Veldkamp T. 2005. The preparation and use of compost; Trans. E.W.M. verheij. Wageningen, s. 65, Netherlands.
- Kacar, B., Inal, A., 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın No 1241, Ankara, 892 p.
- Kaya, T., 2022. Farklı dalga boylu led aydınlatma uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum* L.) fidelelerinin gelişimi, kalite özellikleri ve mineral element içeriklerine etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 119s.
- Marschner, H. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Cambridge, MA: Academic press.
- Mohammad, M., Shibli, R., Ajlouni, M., & Nimri, L. (1998). Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of plant nutrition*, 21(8), 1667-1680.
- Okuyucu, H., Özer, H., Ekinci, K., Pekşen, A., 2018. Influence of rose oil processing waste compost media on tomato seedling quality. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(10): 38-43.
- Özer, H., 2018. The effects of different seedling production systems on quality of tomato plantlets. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 17(5): 15-21. (YL)DOI: 10.24326/asphc.2018.5.2.
- Özer, H., Kandemir D., 2016. Evaluation of the performance of greenhouse tomato seedlings grown with different cultivation techniques. *Bangladesh Journal of Botany*, 45(1): 203-209.
- Samuel, L., Tisdale, W. Nelson, J. Beaton, and J. Havlin. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. 5th ed. Macmillan Publishing Company, New York, NY.
- Sönmez, İ., 2017. Atık mantar kompostunun domates fidelerinin gelişimi ve besin içerikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(1): 59-63

- Tüzel, Y., Öztekin, G.B., Durdu, T., 2021. Organik fide yetiştiriciliği. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Enstitü Yayın No: 108, Yalova.
- Uçan, U., Uğur, A., 2021. Acceleration of growth in tomato seedlings grown with growth retardant. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45: 669-679 doi:10.3906/tar-2011-4
- Uzun, S., 1996. The quantitative effects of temperature and light environment on the growth, development and yield of Tomato and Aubergine (Unpublished PhD Thesis). The Univ. of Reading, England
- Uzun, S., 1997. Sıcaklık ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme ve Verimine Etkisi (I. Büyüme). O.M.Ü. Zir. Fak. Derg. 12(1):147-156.
- Yılmaz, C., Sırça, E., Özer, H., Pekşen, A., 2018. Agaricus ve pleurotus atık mantar kompostlarının domates fide üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanımı. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5 (3): 229-235. DOI: 10.19159/tutad.423773





## Determination of Fruit Quality Characteristics of Blackberry Genotypes Growing Naturally in Düzce (Türkiye)

Düzce'de (Türkiye) Doğal Olarak Yetişen  
Böğürtlen Genotiplerinin Meyve Kalite  
Özelliklerinin Belirlenmesi

Akgül TAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Seben İzzet Baysal Meslek Yüksekokulu, Bolu  
· akgulltas@gmail.com · ORCID > 0000-0002-5596-5657

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 21 Ağustos/August 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 12 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 565-580

**Atıf/Cite as:** Taş, A. "Determination of Fruit Quality Characteristics of Blackberry Genotypes Growing Naturally in Düzce"  
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 565-580.

## DETERMINATION OF FRUIT QUALITY CHARACTERISTICS OF BLACKBERRY GENOTYPES GROWING NATURALLY IN DÜZCE (TÜRKİYE)

### ABSTRACT

In this study, the morphological, physicochemical and biochemical properties of the fruit of the blackberry (*Rubus* spp.) genotypes grown naturally in the village of Dağdibi, Kaynaşlı district of Düzce province were determined. Fruit weights of the genotypes ranged from 1.77 g (81KYN10) to 0.80 g (81KYN2). Fruit width ranged from 13.55 mm (81KYN10) to 9.05 mm (81KYN2). Fruit length was determined between 14.26 mm (81KYN10) and 11.09 mm (81KYN2). In terms of the highest rate of amount of soluble solids content (SSC) in the study, 81KYN1 (16.70%), 81KYN3 (15.65%), 81KYN4 (15.40%), and 81KYN5 (16.20%) genotypes were more important. In terms of the highest titratable acidity (TA) value, 81KYN7 (0.52%) and 81KYN13 (0.51%) genotypes were more dominant. The highest L\*, a\*, b\*, chroma and Hue° angle values in color value parameters were found as 13.88 (81KYN7), 1.34 (81KYN4), 1.12 (81KYN4), 1.77 (81KYN4) and 40.63 (81KYN1), respectively. In terms of biochemical content, the highest total phenolic amounts were detected in 81KYN2 (45.77 mg GAE/g), 81KYN6 (47.55 mg GAE/g), 81KYN7 (52.16 mg GAE/g) and 81KYN13 (46.31 mg GAE/g) genotypes, the highest total antioxidant capacities were seen in 81KYN1 (29.30%) and 81KYN2 (30.57%) genotypes. Additionally, the highest total protein amounts was determined in 81KYN1 (20.48 g/L), 81KYN3 (20.60 g/L) and 81KYN5 (20.87 g/L) genotypes. As a result of the study, it was concluded that the genotypes that stand out in terms of morphological, physicochemical and biochemical characteristics can be evaluated in functional blackberry production.

**Keywords:** Blackberry, DPPH, Physicochemical, Protein, TPC.



### DÜZCE'DE (TÜRKİYE) DOĞAL OLARAK YETİŞEN BÖĞÜRTLEN GENOTİPLERİNİN MEYVE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

#### ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'de Düzce ili Kaynaşlı ilçesi Dağdibi köyünde doğal olarak yetişen böğürtlen (*Rubus* spp.) genotiplerine ait meyvelerin morfolojik, fiziko-kimyasal ve biyokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Genotiplerin meyve ağırlıkları, 1.77 g (81KYN10) ile 0.80 g (81KYN2) arasında değişmiştir. Meyve eni, 13.55 mm

(81KYN10) ile 9.05 mm (81KYN2) arasında değişmiştir. Meyve boyu ise 14.26 mm (81KYN10) ve 11.09 mm (81KYN2) arasında değişmiştir. Çalışmada, en yüksek suda çözünebilir katı madde miktarı (SÇKM) oranı açısından 81KYN1 (% 16.70), 81KYN3 (% 15.65), 81KYN4 (% 15.40) ve 81KYN5 (% 16.20) genotipleri, en yüksek titre edilebilir asitlik (TA) değeri açısından ise 81KYN7 (% 0.52) ve 81KYN13 (% 0.51) genotipleri daha baskın olmuştur. Renk değeri parametrelerinde ise en yüksek  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , kroma ve Hue° açısı değerleri, sırasıyla, 13.88 (81KYN7), 1.34 (81KYN4), 1.12 (81KYN4), 1.77 (81KYN4) ve 40.63 (81KYN1) olarak bulunmuştur. Biyokimyasal içerik açısından, en yüksek toplam fenolik miktarları 81KYN2 (45.77 mg GAE/g), 81KYN6 (47.55 mg GAE/g), 81KYN7 (52.16 mg GAE/g) ve 81KYN13 (46.31 mg GAE/g) genotiplerinde tespit edilirken, en yüksek toplam antioksidan miktarları 81KYN1 (29.30%) ve 81KYN2 (30.57%) genotiplerinde görülmüştür. Ayrıca, en yüksek toplam protein miktarları ise 81KYN1 (20.48 g/L), 81KYN3 (20.60 g/L) ve 81KYN5 (20.87 g/L) genotiplerinde belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak, morfolojik, fizikokimyasal ve biyokimyasal özellikler açısından öne çıkan genotiplerin fonksiyonel böğürtlen üretiminde ıslah materyali olarak değerlendirilebileceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Böğürtlen, DPPH, Fizikokimyasal, Protein, TPC.



## 1. INTRODUCTION

Blackberry, taxonomically located in the *Rosales* order of the *Rosaceae* family, is a fruit belonging to the *Rubus* spp. genus (Ağaoğlu, 1986). Blackberry, which has a very low ecological selectivity in the environment where it grows, can easily adapt to cold and harsh climatic conditions with this advantageous feature (Orzeł et al., 2016; Gruner, 2019). With the breeding studies carried out in blackberry, which has gone through a very long historical process in terms of cultivation throughout the world, today very productive varieties and genotypes have emerged (Clark and Finn, 2011; Clark et al., 2012; Finn and Clark, 2012; Gündeşli et al., 2019). In addition to the high productivity of varieties and genotypes, many advantages of blackberry such as high resistance to various diseases and pests that may arise make the cultivation of this fruit even more attractive (Takeda et al., 2013; Demir and Aktaş, 2018; Gruner, 2019). Blackberries, which are mostly consumed fresh, are widely used in fruit juice, jam, marmalade, canning, pastry and ice cream industries in addition to the cosmetics industry in today (Di Palma, 2011). Fruit of blackberry, which can reach from small sizes to certain sizes, have a pleasant taste and smell, and a delicate aroma. The fruiting time of blackberries is usually between May and August. Bloom time in blackberry, which prefers medium heavy (sandy-clay), rich in organic matter, high water holding capacity and well-drained environments as soil demand, usually starts in May and continues until August.

The sizes of blackberry flowers vary between 10 mm and 15 mm. The leaves are small and irregularly distributed on the shoots. The edges of the leaves are serrated and green. It usually has a sharp tip and an elliptical shape. The upper side of the leaves is hairless, and the bottom is covered with lighter colored and white hairs. The height of blackberry fruit trees growing in the form of ivy can reach approximately 3 meters (Gündeşli et al., 2019). According to 2022 production data, a total of 3100 tons of blackberry production was produced in Türkiye. Mersin, Bursa, Kahramanmaraş and Samsun provinces are leading in blackberry cultivation in the country (FAO, 2022). Blackberry, which is rich in flavonoids, carotenoids, sugars, organic acids, minerals, phosphorus, calcium, magnesium, iron, vitamin C and antioxidants, is one of the fruit groups that have an important role in improving and protecting human health (Sarkar et al., 2016; Lee, 2017; De Gomes et al., 2019). Consumption of blackberry, which has many benefits in terms of healthy and balanced nutrition in humans, is frequently recommended by dietitians and health professionals (Kolbas et al., 2012). Blackberries, which balance blood sugar in humans, are also rich in fatty acids such as omega 3 and omega 6. In addition, blackberry, which contains many beneficial properties such as restoring the nervous system in humans, protecting against depression and enhancing memory, is one of the most preferred fruits with these advantages (Özdal et al., 2016; Selma et al., 2017). This study was carried out to determine the fruit morphological, physicochemical and biochemical properties in some blackberry genotypes. As a result of the analysis, statistical distributions and definitions of blackberry genotypes were carried out morphologically and biochemically.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Fruit Material

In this study, naturally grown blackberry genotypes were determined in Dağdibi village of Kaynaşlı district of Düzce province. Fruit samples taken from blackberry genotypes were placed in appropriate containers, labeled and brought to the laboratory. After the agro-morphological properties of these fruit samples were determined, the samples were stored at -20°C until analysis to determine some bioactive properties. Morphological-physicochemical analyzes were performed in Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture Laboratory.

### 2.2. Determination of Agro-Morphological Characteristics of Fruit

**Fruit Weight (g):** It was determined by randomly taking 20 fruit from each genotype and weighing them separately on a sensitive balance sensitive to 0.01 g. After taking the arithmetic average of the values obtained in the fruit, the fruit weight (g) values of the genotypes were determined separately (Kalyoncu, 1996).



**Fruit Width and Length (mm):** It was found by measuring 10 fruit samples taken randomly from each genotype with a caliper sensitive to 0.01 mm (Kalyoncu, 1996).

**Leaf width and length (mm):** It was found by measuring 10 leaf samples taken randomly from each genotype with a 0.01 mm sensitive caliper (Karadeniz et al., 1996).

**Middle Leaf Length (mm):** After determining the middle part of the leaves, the arithmetic average of the values obtained was taken and the middle leaf length values of the genotypes were determined separately as 'mm' value (Karadeniz et al., 1996).

**Petiole Length (mm):** It was measured as the part between petiole and fruit tip. After taking the arithmetic average of the values obtained on the leaf, the petiole length values of the genotypes were determined separately as 'mm' value (Karadeniz et al., 1996).

**The Amount of Soluble Solids Content (SSC) (%):** It was determined as % value by hand refractometer (Atago PAL-1, Washington, USA) (Eşitken, 1992).

**Fruit Juice pH:** In order to determine the pH of the fruit (Thermo, OrionStar A111, USA), a homogeneous juice mixture was obtained by squeezing the juice of 20 randomly selected fruit. Measurements were performed when the temperature of the juice was at room temperature. About 10 mL of the juice mixture was taken into a 50 mL beaker and the electrode of the pH meter was immersed in the juice mixture. After waiting until the value stabilized, the value read was recorded as the pH value (Eşitken, 1992).

**Titrateable Acidity Value (TA) (%):** In order to determine the titrateable acidity (TA) content of the fruit examined in terms of TA in fruit juice, 20 fruit from each genotype were squeezed in cheesecloth and their juices were extracted. About 10 mL of the fruit juice obtained in this way was diluted to 50 mL with distilled water. The diluted samples were titrated with 0.1 N NaOH to pH 8.1. The TA acid value in terms of malic acid according to the amount of spent NaOH was calculated according to the formula below (Karacali, 2002; Tas et al., 2023).

$$TA = \frac{\text{NAOH spent (ml)} \times 0.1 \times 0.067 \text{ (malic acid)} \times 100}{\text{amount of juice used (ml)}}$$

**Fruit Skin Color:** It was measured in terms of  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , chroma and Hue° angle values with a Konica Minolta CR-400 brand colorimeter.  $L^*$  is the brightness value, 0 indicates black and 100 indicates white. Accordingly,  $a^*$  shows red,  $-a^*$  shows

green,  $b^*$  shows yellow and  $-b^*$  shows blue. Chroma value expresses the intensity (saturation) of the fruit skin color. The Hue° angle value indicates what the color of the fruit skin is. If Hue° angle is 0, the color is red, if 90 is yellow, if 180 is green, if 360 is blue. Hue° angle is the distance from the vertical axis of the point in the color space. It indicates the intensity of the color. In blackberry, color values were calculated for each fruit with three mutual measurements taken from the equator region of the fruit (Ertekin et al., 2006).

### 2.3. Determination of Biochemical Properties of Fruit

Determination of total phenolic and DPPH scavenging activity: To determine the total phenolic content (mg GAE/g), the microscale procedure reported by Waterhouse (2002) was used, with modifications. Briefly, 1600  $\mu\text{L}$  of distilled water and 50  $\mu\text{L}$  of Folin–Ciocâlțeu agent were added to 50  $\mu\text{L}$  of methanolic extract and mixed gently. Then, 300  $\mu\text{L}$  of 7% ( $w/v$ ) calcium carbonate solution was added and vortexed. After the mixture was left in the dark at room conditions for 2 h, its absorbance at 760 nm was read, using a UV–Vis spectrophotometer (SP-UV1100, DLAB, Beijing, China). The obtained absorbance values were converted to real content through the calculation of the equation obtained with the standard curve ( $R^2 = 0.99$ ) prepared using 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, and 6 mM gallic acid with the same procedure.

The 2,2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl obtained from Sigma-Aldrich (Darmstadt, Germany) was prepared in ethanol, with a final absorbance within the range of 0.7–0.8, to measure the DPPH scavenging activity. Then, the activity was measured using the following procedure. The most appropriate methanolic extract amount was determined through preliminary trials, with a final volume of 2 mL; 50  $\mu\text{L}$  sample, 1450  $\mu\text{L}$  ethanol, and 500  $\mu\text{L}$  of DPPH solution were added sequentially and vortexed. The prepared solution was measured at a 520 nm wavelength using a UV–Vis spectrophotometer after 15 min, and the DPPH scavenging capacity was calculated using the following formula (Güler ve ark., 2023).

$$\text{DPPH (\%)} = (A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}$$

Determination of total protein amount: The plant samples, which were previously prepared and stored at  $+4^\circ\text{C}$ , were diluted 10 times to measure their absorbance in the spectrophotometer. The diluted samples were read in triplicate against the blank cuvette at 595 nm with the Bradford Coomassie Blue stain. Obtained absorbance values were recorded and averaged, and protein concentrations were calculated for each sample using the standard curve (Bradford, 1976).

## 2.4. Statistical Analysis

Student's *t* (LSD) test was used in the analysis of agro-morphological and biochemical data. Experiments were carried out according to the randomized plot design with 3 replications and 15 plants in each replication. SAS Version 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) software was used to evaluate the data (Gentleman et al., 2004).

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Agro-Morphological Properties of Fruit

Türkiye has a very rich range of fruit species due to its geographical location. Blackberry fruit is one of the fruits that stand out with the important useful phytochemicals it contains. In this study, fruit samples of selected blackberry genotypes were taken and necessary measurements and analyzes were made to determine the morphological and physicochemical characteristics of the fruit. In the study, statistically significant differences were found between genotypes in terms of fruit weight ( $p \leq 0.001$ ). When genotypes were examined, the highest fruit weight (1.77 g) was found in 81KYN10 genotype, and the lowest fruit weight (0.80 g) was determined in 81KYN2 genotype. 81KYN10 (1.77 g), 81KYN8 (1.68 g), 81KYN6 (1.31 g), and 81KYN9 (1.31 g) genotypes stand out with high fruit weight, respectively (Table 1). Mikulic-Petkovsek et al. (2021) determined the highest fruit weight as 10.08 g and the lowest fruit weight as 5.95 g in blackberry fruit of the variety named 'Cacanska Bestrna'. Yilmaz et al. (2009) determined the maximum fruit weight of 5.4 g in blackberry fruit named 'Bursa 1'. Connor et al. (2005) observed the highest fruit weight of 10.10 g in blackberry fruit named 'Black Butte'. Makus (2011) stated that the highest fruit weight in blackberry fruit named 'Dewitt (black)' was 9.22 g. Duan et al. (2023) determined the highest fruit weight as 9.31 g and the lowest fruit weight as 7.57 g in the blackberry fruit they studied. Meyers et al. (2017) examined the maximum fruit weight of 3.6 g in blackberry fruit of the 'Navaho' variety. Garazhian et al. (2020) reported the highest fruit weight as 1.30 g in blackberry fruit with the 'Sepidan (Roodbal)' variety in Iran. Huang et al. (2022) recorded the highest fruit weight as 6.84 g in blackberry fruit of the 'Chester' variety. Milosevic et al. (2012) reported the highest fruit weight as 7.61 g in blackberry fruit with varieties named 'Čačanska Bestrna' and 'Loch Ness'. Memete et al. (2023) reported the highest fruit weight as 9.11 g in blackberry fruit with 'THRNF' variety. When the results of the above literature study related to fruit weight in blackberry were evaluated together with the results of this study, it was seen that significantly higher fruit weights were examined in the literature studies. The reason for this difference between this study and literature studies is related to factors such as differences in genotype and varieties.

**Table 1.** Fruit weight, fruit width, fruit length, leaf length and leaf width values from morphological characteristics of blackberry genotypes

Genotypes	Fruit Weight (g)	Fruit Width (mm)	Fruit Length (mm)	Leaf Length (mm)	Leaf Width (mm)
81KYN1	0.92 ± 0.08 a*	9.76 ± 0.49 a	11.29 ± 0.42 a	9.15 ± 0.05 a	7.30 ± 0.20 a
81KYN2	0.80 ± 0.03 c	9.05 ± 0.19 abc	11.09 ± 0.12 cd	10.05 ± 0.25 bc	7.40 ± 0.20 bc
81KYN3	1.04 ± 0.06 d	10.02 ± 0.31 bcd	12.08 ± 0.28 cd	10.90 ± 0.10 bc	9.55 ± 0.35 bc
81KYN4	1.06 ± 0.08 d	10.25 ± 0.39 cde	11.84 ± 0.21 cd	9.70 ± 0.10 bc	7.25 ± 0.25 bc
81KYN5	1.22 ± 0.04 de	10.84 ± 0.28 de	12.46 ± 0.26 d	11.40 ± 0.20 c	9.10 ± 1.00 bc
81KYN6	1.31 ± 0.09 ef	11.45 ± 0.40 de	12.45 ± 0.34 e	14.20 ± 0.10 c	11.95 ± 0.35 bc
81KYN7	1.18 ± 0.06 f	11.01 ± 0.35 ef	12.19 ± 0.25 f	15.60 ± 0.50 c	12.15 ± 0.85 c
81KYN8	1.68 ± 0.12 f	12.21 ± 0.30 fg	13.29 ± 0.27 f	14.50 ± 0.40 c	12.60 ± 0.10 c
81KYN9	1.31 ± 0.04 g	12.19 ± 0.22 g	12.74 ± 0.14 g	12.60 ± 0.60 c	9.60 ± 0.00 c
81KYN10	1.77 ± 0.21 a	13.55 ± 0.40 ab	14.26 ± 0.51 ab	14.30 ± 0.90 ab	11.80 ± 1.40 ab
81KYN11	1.21 ± 0.10 ab	11.75 ± 0.31 ab	12.39 ± 0.19 bc	7.25 ± 0.15 bc	6.45 ± 0.05 bc
81KYN12	1.24 ± 0.11 ab	11.56 ± 0.49 ab	11.94 ± 0.23 cd	14.50 ± 0.40 bc	12.70 ± 0.00 bc
81KYN13	1.08 ± 0.05 b	10.96 ± 0.23 ab	12.06 ± 0.15 cd	13.65 ± 0.05 bc	11.70 ± 0.10 bc

\*: The difference between the means indicated by the same letter in the same column is insignificant ( $P < 0.05$ ).

Differences between genotypes in terms of fruit width and fruit length were found to be statistically significant ( $p \leq 0.001$ ). When genotypes were examined, the highest fruit width (13.55 mm) was determined in 81KYN10 genotype, and the lowest fruit width (9.05 mm) was determined in 81KYN2 genotype. 81KYN10 (13.55 mm), 81KYN8 (12.21 mm), 81KYN9 (12.19 mm) genotypes stand out with high fruit width, respectively. When genotypes were examined, the highest fruit length (14.26 mm) was found in 81KYN10 genotype, and the lowest fruit length (11.09 mm) was determined in 81KYN2 genotype. 81KYN10 (14.26 mm), 81KYN8 (13.29 mm), 81KYN9 (12.74 mm) genotypes stand out with high fruit length, respectively (Table 1). Yilmaz et al. (2009) reported the highest fruit width value as 19.8 mm in blackberry variety named ‘Chester’. The same researchers determined the maximum fruit length value of 26.4 mm in fruit of another blackberry variety named ‘Bursa 1’. Duan et al. (2023) reported the maximum fruit width value as 25.59 mm and the maximum fruit length value as 31.41 mm in the blackberry fruit they studied. Huang et al. (2022) stated the maximum fruit width value as 23.22 mm and the maximum fruit length value as 27.35 mm in blackberry fruit of ‘Chester’ variety. Memete et al. (2023) reported the maximum fruit width value as 7.20 mm and the maximum fruit length value as 2.77 mm in blackberry fruit with ‘THRFR’ variety. According to the data of this study related to fruit width and length, the data of the above sample literature studies were significantly higher. It

is thought that this difference between studies may be caused by genotype/variety. Differences between genotypes in terms of leaf width and leaf length were found to be statistically significant ( $p \leq 0.001$ ). The highest leaf length (15.60 mm) was found in 81KYN7 genotype, while the lowest leaf length (7.25 mm) was determined in 81KYN11 genotype. 81KYN7 (15.60 mm), 81KYN8 (14.50 mm), and 81KYN12 (14.50 mm), 81KYN10 (14.30 mm) genotypes were in the foreground, respectively. The highest leaf width (12.70 mm) was detected in 81KYN12 genotype, while the lowest leaf width (6.45 mm) in 81KYN11 genotype. 81KYN12 (12.70 mm), 81KYN8 (12.60 mm), 81KYN7 (12.15 mm) genotypes are dominant with high leaf width, respectively (Table 1).

The differences between genotypes in terms of middle leaf length were found to be statistically significant ( $p \leq 0.001$ ). The highest middle leaf length (7.65 mm) was found in 81KYN7 genotype, while the lowest middle leaf length (3.50 mm) was determined in 81KYN11 genotype. The 81KYN7 (7.65 mm), 81KYN10 (7.55 mm), 81KYN8 (7.25 mm), 81KYN12 (7.20 mm) genotypes were in the foreground, respectively (Table 2).

**Table 2.** Middle leaf length, petiole length, soluble solids content (SSC), pH and titratable acidity (TA) values from morphological and physicochemical characteristics of blackberry genotypes

Genotypes	Middle Leaf Length (mm)	Petiole Length (mm)	SSC (%)	pH	TA (%)
81KYN1	4.35 ± 0.15 a*	3.10 ± 0.40 a	16.70 ± 0.40 a	3.88 ± 0.00 a	0.44 ± 0.37 a
81KYN2	4.55 ± 0.05 de	4.15 ± 0.05 abc	15.15 ± 0.05 bcd	3.85 ± 0.01 cde	0.38 ± 0.04 ab
81KYN3	4.95 ± 0.15 def	4.50 ± 0.40 abc	15.65 ± 0.25 cd	3.90 ± 0.02 def	0.41 ± 0.17 bc
81KYN4	4.25 ± 0.05 efg	3.80 ± 0.10 bcd	15.40 ± 0.10 cd	3.88 ± 0.00 def	0.41 ± 0.04 bc
81KYN5	5.05 ± 0.15 efg	4.35 ± 0.15 cd	16.20 ± 0.20 cd	4.57 ± 0.02 ef	0.19 ± 0.04 bc
81KYN6	6.90 ± 0.10 efg	5.50 ± 0.10 cd	15.10 ± 0.10 cd	3.95 ± 0.01 f	0.3 ± 0.25 bc
81KYN7	7.65 ± 0.45 fg	5.65 ± 0.05 cd	11.80 ± 0.20 cd	3.51 ± 0.02 f	0.52 ± 0.77 bc
81KYN8	7.25 ± 0.05 g	5.25 ± 0.25 d	15.30 ± 0.10 cd	4.24 ± 0.02 f	0.30 ± 0.67 bc
81KYN9	5.30 ± 0.10 h	5.30 ± 0.40 d	15.00 ± 0.10 d	4.07 ± 0.03 g	0.32 ± 0.42 c
81KYN10	7.55 ± 0.05 b	4.80 ± 0.30 ab	13.80 ± 0.10 a	3.91 ± 0.01 ab	0.32 ± 0.02 ab
81KYN11	3.50 ± 0.20 b	2.75 ± 0.05 ab	12.55 ± 0.25 ab	3.88 ± 0.03 bc	0.35 ± 0.17 ab
81KYN12	7.20 ± 0.00 c	5.25 ± 0.25 abc	15.30 ± 0.10 bc	4.24 ± 0.02 cd	0.30 ± 0.67 ab
81KYN13	6.10 ± 0.00 d	5.10 ± 0.00 abc	12.95 ± 0.05 bcd	3.82 ± 0.02 cd	0.51 ± 0.38 ab

\*: The difference between the means indicated by the same letter in the same column is insignificant ( $P < 0.05$ ).

The differences between genotypes in terms of petiole length were found to be statistically significant ( $p \leq 0.001$ ). The highest petiole length (5.65 mm) was found in 81KYN7 genotype, while the lowest petiole length (2.75 mm) was determined in 81KYN11 genotype. The 81KYN7 (5.65 mm), 81KYN6 (5.50 mm), 81KYN9 (5.30 mm), 81KYN8 (5.25 mm), and 81KYN12 (5.25 mm) genotypes were in the foreground, respectively (Table 2). No sample studies have been found in the literature regarding leaf width, leaf length, middle leaf length and petiole length, and it is thought that the data obtained in this study regarding these parameters may be useful for various researches.

When the data were evaluated in terms of SSC rate, the differences between genotypes were found to be statistically significant ( $p \leq 0.001$ ). The highest rate of SSC (16.70%) was found in the 81KYN1 genotype, while the lowest rate of SSC (11.80%) was found in the 81KYN7 genotype. The 81KYN1 (16.70%), 81KYN5 (16.20%), 81KYN3 (15.65%), 81KYN4 (15.40%) genotypes were in the foreground in terms of high SSC, respectively (Table 2). Yilmaz et al. (2009) determined the highest SSC rate of 14.1% in blackberry fruit named 'Navaho'. Makus (2011) stated that the highest SSC rate in blackberry fruit named 'White Plastic' was 11.5%. Duan et al. (2023) reported the highest SSC rate of 10.43% in the blackberry fruit they studied. Meyers et al. (2017) examined the highest SSC rate of 15.1% in blackberry fruit with the 'Navaho' variety. Milosevic et al. (2012) recorded the highest SSC rate of 13.50% in blackberry fruit with the 'Navaho' variety. The results of the above-mentioned literature regarding SSC and the results of the SSC obtained in this study were similar to each other.

When the data were analyzed in terms of fruit juice pH, statistically significant differences were found between the pH amounts of fruit juices belonging to blackberry genotypes ( $p \leq 0.001$ ). Among the genotypes, the highest pH value (4.57) was found in the 81KYN5 genotype. In addition, pH values observed in all genotypes in the study were found to be close to each other (between 3.51 and 4.57) (Table 2). Mikulic-Petkovsek et al. (2021) determined the highest fruit pH as 3.08 and the lowest fruit pH as 2.71 in blackberry fruit of named 'Cacanska Bestrna'. Yilmaz et al. (2009) found the highest pH value of 3.6 in the blackberry fruit with named 'Bursa 3'. Makus (2011) stated the highest pH value of 3.43 in blackberry fruit with named 'White Plastic'. Milosevic et al. (2012) recorded the highest pH value as 3.12 in blackberry fruit with 'Dirksen Thornless' variety. Memete et al. (2023) reported the highest pH value as 4.066 in blackberry fruit with 'OCHIT' variety. In terms of pH value, the results of the sample literature study given above and the pH value results in this study showed parallelism with each other.

When TA values of fruit juices belonging to genotypes of blackberry were examined, statistically significant differences were found ( $p \leq 0.001$ ). Among the genotypes, 81KYN7 genotype has the highest TA value (0.52%). This genotype was

followed by the 81KYN13 genotype with a TA value of 0.51%. The lowest TA value (0.19%) was recorded in the 81KYN5 genotype (Table 2). Yilmaz et al. (2009) determined the highest TA value in fruit of the blackberry variety named 'Bursa 2' as 1.4%. Makus (2011) stated the highest TA value as 1.29% in fruit of two blackberry varieties named 'None' and 'Dewitt'. Duan et al. (2023) reported the highest TA value as 1.91% in blackberry fruit they studied. Garazhian et al. (2020) investigated the highest TA value of 0.83% in blackberry fruit of the 'Namak Abrud 2' variety in Iran. Milosevic et al. (2012) recorded the highest TA value of 2.36% in blackberry fruit with 'Chester Thornless' variety. When the above sample literature results determined in terms of TA values in blackberry fruit were compared with the results of this study, it was seen that the studies were parallel to each other.

When the data were examined in terms of fruit skin color, statistically significant differences were found in terms of  $L^*$  value ( $p \leq 0.001$ ). According to the measurements, the lightest fruit color among the genotypes was detected in the 81KYN7 genotype with a  $L^*$  value of 13.88. This genotype was followed by 81KYN6 (13.67) and 81KYN5 (13.20) genotypes, respectively. The 81KYN9 genotype had the darkest fruit color with an  $L^*$  value of 11.73 (Table 3). Differences in  $a^*$  values in color measurements of blackberry genotypes were found to be statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). According to fruit color measurements, +a value indicates red color, -a value indicates green color. Among blackberry genotypes, 81KYN4 genotype had the highest  $a^*$  value with 1.34, while this genotype was followed by 81KYN3 genotype with 1.04  $a^*$  value. In addition, the 81KYN5 genotype had the lowest  $a^*$  value of 0.54 (Table 3). Differences in  $b^*$  value in color measurements of blackberry genotypes were found to be statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). While determining the fruit color, the +b value indicates that the color is yellow in the fruits and the -b value indicates that the color is blue. In the measurement of the samples taken, the 81KYN4 genotype with 1.12 had the highest  $b^*$  value, while the 81KYN6 genotype with 0.24 had the lowest  $b^*$  value. 81KYN4 genotype was followed by 81KYN1 genotype with a  $b^*$  value of 0.85 (Table 3). Chroma refers to the intensity (saturation) of the color. Differences in chroma values of blackberry genotypes in color value measurements were found to be statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). In color measurements, 81KYN4 genotype has the highest (1.77) chroma value, while 81KYN5 genotype has the lowest (0.67) chroma value. The 81KYN4 genotype was followed by the 81KYN1 genotype with a chroma value of 1.29 (Table 3). The hue° angle value, which indicates the intensity of the color, is the distance from the vertical axis of the point in the color space. Differences of blackberry genotypes in terms of hue° angle value in color measurements were found to be statistically significant ( $p \leq 0.01$ ). In the color measurements of the samples, the highest hue° angle value (40.63) was determined in 81KYN1 genotype, and the lowest hue° angle value (20.03) was determined in 81KYN6 genotype. 81KYN1 genotype was followed by 81KYN5 (36.27) and 81KYN4 (36.16) genotypes, respectively (Table

3). Duan et al. (2023) reported the highest L\* value as 17.72 in the blackberry fruit they studied. Escuredo et al. (2019) stated the highest L\* value in blackberry fruit as 73.46. When the results of the literature were compared with the results of this study in terms of color parameters, it was seen that other data showed parallelism with each other, except for the L\* and b\* values determined by Escuredo et al. (2019). On the other hand, it is thought that this partial difference in studies may be caused by genotype.

**Table 3.** Fruit color values of blackberry genotypes

Genotypes	L*	a*	b*	Chroma	Hue°
81KYN1	12.31 ± 0.31 a*	0.98 ± 0.03 a	0.85 ± 0.08 a	1.29 ± 0.07 a	40.63 ± 2.05 a
81KYN2	11.77 ± 0.36 bc	0.98 ± 0.10 bc	0.54 ± 0.06 cd	1.15 ± 0.10 bc	25.67 ± 2.12 a
81KYN3	12.03 ± 0.07 c	1.04 ± 0.15 bc	0.57 ± 0.15 cd	1.19 ± 0.20 cd	26.50 ± 3.51 b
81KYN4	12.30 ± 0.27 d	1.34 ± 0.25 bcd	1.12 ± 0.40 cd	1.77 ± 0.43 cde	36.16 ± 7.05 b
81KYN5	13.20 ± 0.45 de	0.54 ± 0.02 bcd	0.39 ± 0.02 cde	0.67 ± 0.01 cde	36.27 ± 2.95 bc
81KYN6	13.67 ± 0.33 ef	0.65 ± 0.04 bcd	0.24 ± 0.05 de	0.70 ± 0.03 def	20.03 ± 4.19 cd
81KYN7	13.88 ± 0.16 f	0.84 ± 0.30 cde	0.42 ± 0.14 def	0.93 ± 0.33 efg	27.02 ± 0.97 d
81KYN8	12.34 ± 0.22 f	0.98 ± 0.08 de	0.64 ± 0.02 ef	1.18 ± 0.07 fg	32.56 ± 1.07 d
81KYN9	11.73 ± 0.23 g	0.80 ± 0.12 e	0.51 ± 0.07 f	0.95 ± 0.13 g	32.54 ± 2.14 d
81KYN10	12.51 ± 0.35 ab	0.76 ± 0.15 a	0.57 ± 0.17 b	0.96 ± 0.22 b	34.46 ± 1.67 a
81KYN11	12.52 ± 0.11 ab	0.69 ± 0.04 b	0.29 ± 0.04 bc	0.75 ± 0.04 b	22.89 ± 3.03 a
81KYN12	12.34 ± 0.22 b	0.98 ± 0.08 b	0.64 ± 0.02 cd	1.18 ± 0.07 bc	32.56 ± 1.07 a
81KYN13	12.51 ± 0.16 b	0.75 ± 0.07 bc	0.38 ± 0.04 cd	0.84 ± 0.07 bc	27.49 ± 2.84 a

\*: The difference between the means indicated by the same letter in the same column is insignificant ( $P < 0.05$ ).

### 3.2. Total Phenolic, Total Antioxidant and Total Protein

Table 4 shows the total phenolic, total antioxidant and total protein amounts of blackberry genotypes. There were statistically significant differences at  $p \leq 0.001$  level between genotypes in terms of parameters. The highest total phenolic content (52.16 mg GAE/g) was found in 81KYN7 genotype, while the lowest total phenolic content (34.70 mg GAE/g) was found in 81KYN1 genotype. The 81KYN7 (52.16 mg GAE/g), 81KYN6 (47.55 mg GAE/g), 81KYN13 (46.31 mg GAE/g), 81KYN2 (45.77 mg GAE/g) genotypes stand out in terms of high phenolic content, respectively (Table 4).



Paczkowska-Walendowska et al. (2021) reported the highest total phenolic content as 71.29 mg GAE/g in blackberry fruit of the variety named 'Loch Tay'. Garazhian et al. (2020) determined the highest total phenolic content as 129.3 in blackberry fruit with 'Jade Haraz' variety in Iran. Gündoğdu et al. (2016) recorded the highest total phenolic content in blackberry fruit in Eastern Anatolia as 438.970 mg GAE/g. Milosevic et al. (2012) stated that the highest total phenolic content in blackberry fruit with the 'Black Satin' variety was 413.2. When the literature studies determined regarding the total phenolic amount were compared with the data of this study, it was seen that significantly higher total phenolic amounts were detected in the literature studies compared to this study. It is thought that this difference between the studies may be due to factors such as the differences in genotypes and varieties, the differences in cultural practices and the different geographical conditions in which the fruits are grown.

**Table 4.** Total phenolic content (TPC), DPPH total antioxidant capacity (TAC) and total protein content from bioactive compound contents of blackberry genotypes

Genotypes	TPC (mg GAE/g)	DPPH (%)	Total Protein Content (g/L)
81KYN1	34.70 ± 0.02 l*	29.30 ± 0.08 b	20.48 ± 0.15 bc
81KYN2	45.77 ± 0.10 d	30.57 ± 0.18 a	20.10 ± 0.06 de
81KYN3	38.68 ± 0.18 k	9.18 ± 0.16 d	20.60 ± 0.14 ab
81KYN4	39.36 ± 0.13 j	3.28 ± 0.10 k	19.79 ± 0.10 fg
81KYN5	41.82 ± 0.10 h	6.41 ± 0.23 e	20.87 ± 0.06 a
81KYN6	47.55 ± 0.08 b	3.73 ± 0.06 j	19.70 ± 0.09 fg
81KYN7	52.16 ± 0.15 a	4.14 ± 0.13 i	19.09 ± 0.08 h
81KYN8	43.80 ± 0.09 f	5.74 ± 0.07 fg	19.61 ± 0.06 g
81KYN9	40.23 ± 0.09 i	11.76 ± 0.07 c	19.90 ± 0.05 ef
81KYN10	43.13 ± 0.06 g	5.64 ± 0.12 g	20.35 ± 0.11 bcd
81KYN11	38.82 ± 0.09 k	5.12 ± 0.10 h	18.07 ± 0.06 i
81KYN12	44.19 ± 0.07 e	3.08 ± 0.07 k	20.28 ± 0.09 cd
81KYN13	46.31 ± 0.08 c	6.09 ± 0.08 ef	19.79 ± 0.07 fg

\*: The difference between the means indicated by the same letter in the same column is insignificant ( $P < 0.05$ ).

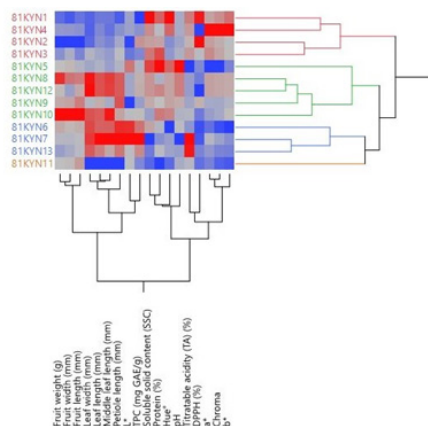
When genotypes were evaluated, the highest total antioxidant amount (30.57%) was found in 81KYN2 genotype, while the lowest total antioxidant amount (3.08%) was found in 81KYN12 genotype. The 81KYN2 (30.57%) and 81KYN1 (29.30%) genotypes stand out in terms of high antioxidant activity, respectively (Table 4). Gündoğdu et al. (2016) determined the highest total antioxidant amount as 48.900% in 'Cherokee' variety blackberries and the lowest total antioxidant amount

as 30.855% in 'Jumbo' variety. Garazhian et al. (2020) reported the highest total antioxidant amount as 88.08% in blackberry fruit of the 'Yasuj (Naregah)' variety in Iran. Gündoğdu et al. (2016) recorded the highest total antioxidant amount as 48.90% in blackberry fruit in Eastern Anatolia. Huang et al. (2022) reported the highest total antioxidant amount in blackberry fruit as 11.48%. Milosevic et al. (2012) stated that the highest total antioxidant amount in blackberry fruit with the 'Black Satin' variety was 312.72%. When the literature studies related to the total antioxidant amount were compared with the data of this study, it was seen that significantly higher total antioxidant amounts were examined in the literature studies compared to this study. It is thought that this difference between the studies may be due to factors such as the differences in genotypes and varieties, the differences in cultural practices and the different geographical conditions in which the fruits are grown.

The highest total protein amount (20.87 g/L) was found in 81KYN5 genotype, while the lowest total protein amount (18.07 g/L) was found in 81KYN11 genotype. The 81KYN5 (20.87 g/L), 81KYN3 (20.60 g/L), 81KYN1 (20.48 g/L) genotypes stand out with high total protein content, respectively (Table 4). No sample study has been found in the literature regarding the total protein amount, and it is thought that the data obtained in this study regarding this parameter may be useful for various studies to be carried out.

### 3.3. Clustering and Heat Mapping Analysis of Some Morphological and Biochemical Features

Hatmap analysis was performed to reveal some quality criteria and biochemical characteristics of blackberry genotypes. In the Hatmap analysis, the color change towards red in the color scale shows that the level of statistical significance has increased. The genotypes examined in the hierarchical cluster analysis were divided into four different clusters in total. The 81KYN11 genotype was found to be statistically insignificant (blue) in terms of agro-morphological and bioactive properties (Figure 1).



**Figure 1.** Clustering and heat map representation of some morphological and bioactive properties of blackberry genotypes. Blue to red color scale shows low to high values.

## CONCLUSION

In this study, morphological, physicochemical and biochemical properties of 13 blackberry (*Rubus* Linnaeus) genotype fruit grown in Düzce province were investigated. In the examinations made in terms of morphological and physicochemical content, 81KYN6, 81KYN8, 81KYN9 and 81KYN10 genotypes were found to be promising in terms of fruit weight. It was determined that 81KYN8, 81KYN9 and 81KYN10 genotypes were superior in fruit width and length determined in the study.

The content of SSC ratio in fruit is one of the basic criteria that is important in determining the maturity period of a fruit and therefore can directly affect consumption. In this study, 81KYN1, 81KYN3, 81KYN4 and 81KYN5 genotypes were significantly superior to other genotypes in terms of high SSC rate, and at least 15% SSC rate was investigated in these genotypes. In the study, the values observed in all genotypes in terms of pH value were found to be close to each other (between 3.51 and 4.57). In terms of the highest TA value, 81KYN7 and 81KYN13 genotypes were more dominant.

In the study, in terms of biochemical content, 81KYN2, 81KYN6, 81KYN7 and 81KYN13 genotypes were dominant in the highest total phenolic amount, 81KYN1 and 81KYN2 genotypes in the highest total antioxidant amount, and 81KYN1, 81KYN3 and 81KYN5 genotypes in the highest total protein amount were significantly more dominant. As a result of the study, it was concluded that the genotypes that stand out in terms of morphological, physicochemical and biochemical characteristics can be evaluated in functional blackberry production.

## Author Contribution Rates

Design of Study: AT( 100%)

Data Acquisition: AT( 100%)

Data Analysis: AT( 100%)

Writing up: AT( 100%)

Submission and Revision: AT( 100%)

## Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

## Ethics

This study does not require ethics committee approval.

## REFERENCES

- Ağaoğlu, Y.S., 1986. Üzümsü meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 984: 377.
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-254.
- Clark, J.R., Finn, C.E., 2011. Blackberry breeding and genetics. *Global Science Books Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 5: 27-43.
- Clark, J.R., Finn, Ch.E., Strik, B.C., Thompson, E., 2012. Progress and challenges in primocane-fruited blackberry breeding and cultural management. *Acta Hort.*, 926: 387-392.
- Connor, A.M., Finn, C.E., Alspach, P.A., 2005. Genotypic and environmental variation in antioxidant activity and total phenolic content among blackberry and hybridberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science Jashs*, 130(4): 527-533.
- De Gomes, M.G., Del Fabbro, L., Goes, A.T.R., Souza, L.C., Donato, F., Boeira, S.P., Jesse, C.R., 2019. Blackberry juice anthocyanidins limit cisplatin-induced renal pathophysiology in mice. *Pathophysiology*, 26(2): 137-143.
- Demir, G., Aktaş, N., 2018. A research on functional food knowledge, preference and consumption of university students. *Journal of Human Sciences*, 15(4): 2387-2397.
- Di Palma, R., 2011. Piccoli frutti, grandi risorse: Lamponi, ribes, mirtilli. *Co. Parma Economica*, 3: 48.
- Duan, Y., Yang, H., Wei, Z., Yang, H., Fan, S., Wu, W., Lyu, L., Li, W., 2023. Effects of different nitrogen forms on blackberry fruit quality. *Foods*, 12(12): 2318.
- Ertekin, C., Gozlekci, S., Kabas, O., Sonmez, S., Akinci, I., 2006. Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *J. Food Eng.*, 75: 508-514.
- Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M.S., Rojo-Martínez, S., Seijo, M.C., 2019. Contribution to the chromatic characterization of unifloral honeys from Galicia (NW Spain). *Foods*, 8(7): 233.
- Eşitken, A., 1992. Erzincan'da yetistirilen Hasanbey, Salak ve Sekerpare kayısı cesitlerinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal degismeler ile hasat kriterlerinin saptanması üzerinde bir araştırma. Master Thesis, Ataturk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü: Ankara.
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi: 17 Temmuz 2023).
- Finn, Ch.E., Clark, J.R., 2012. Blackberry. *Fruit Breed*, 151: 190.
- Garazhian, M., Gharaghani, A., Eshghi, S., 2020. Genetic diversity and inter-relationships of fruit bio-chemicals and antioxidant activity in Iranian wild blackberry species. *Sci Rep.*, 10: 18983.
- Gentleman, R.C., Carey, V.J., Bates, D.M., Bolstad, B., Dettling, M., Dudoit, S., Ellis, B., Gautier, L., Ge, Y., Gentry, J., Hornik, K., Hothorn, T., Huber, W., Lacus, S., Irizarry, R., Leisch, F., Li, C., Maechler, M., Rossini, A.J., Sawitzki,

- G., Smith, C., Smyth, G., Tierney, L., Hanh, J.H.Y., Zhang, J., 2004. Bioconductor: Open software development for computational biology and bioinformatics. *Genome Biol.*, 5(10): 1-16.
- Gruner, L.A., 2019. Adaptive capabilities of blackberries in conditions of rel region *Sovremennoe Sadovodstvo. Contemporary Horticulture*, 3: 27-41.
- Güler, E., Kan, E., Ünal, M.S., 2023. The diversity in grapes of *Vitis labrusca* grown in Bolu (Türkiye) assessed by multivariate approaches. *Genes*, 14: 1491.
- Gündeşli, M.A., Kafkas, S., Zarıfkhosroshahi, M., Kafkas, N.E., 2019. Role of endogenous polyamines in the alternate bearing phenomenon in pistachio. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(3): 265-274.
- Gündoğdu, M., Kan, T., Canan, I., 2016. Bioactive and antioxidant characteristics of blackberry cultivars from East Anatolia. *Turk. J. Agric. For.*, 40(3): 344-351.
- Huang, X., Wu, Y., Zhang, S., Yang, H., Wu, W., Lyu, L., Li, W., 2022. Variation in bioactive compounds and antioxidant activity of *Rubus* fruit at different developmental stages. *Foods*, 11(8): 1169.
- Kalyoncu, I.H., 1996. Konya'nın yöresindeki kızılıçık (*Cornus mas* L.) tiplerinin bazı özellikleri ve farklı nem ortamlarındaki koklenme durumu üzerine bir araştırma. Doctoral Thesis, Selcuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı: Konya.
- Karacali, I., 2002. Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlaması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Karadeniz, T., Kalkışım, O., Balta, F., 1996. Vezirköprü'de yetisen kızılıçık (*Cornus mas* L.) tiplerinde bazı olgunluk parametreleri arasındaki ilişkiler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6: 205-214.
- Kolbas, N.Y., Silva, M.A., Teissendre, P.L., Reshetnikov, V.N., 2012. Anthocyanin and antioxidant activity of fruits certain representatives of genus *Rubus*. *Izvestiya NAN Belarusi = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Biological Series*, 1: 5-10.
- Lee, J., 2017. Chapter 4. Blackberry fruit quality components, composition, and potential health benefits. In: Hall H.K., Funt R.C. (Eds.) *Blackberries and Their Hybrids*, 49: 62.
- Makus, D.J., 2011. Use of synthetic ground covers to control weeds in blackberries. *International Journal of Fruit Science*, 11(3): 286-298.
- Memete, A.R., Sârac, I., Teusdea, A.C., Budău, R., Bei, M., Vicas, S.I., 2023. Bioactive compounds and antioxidant capacity of several blackberry (*Rubus* spp.) fruits cultivars grown in Romania. *Horticulturae*, 9(5): 556.
- Meyers, S., Jennings, K., Monks, D., Mitchem, W., 2017. Effect of weed-free strip width on newly established 'Navaho' blackberry growth, yield, and fruit quality. *Weed Technology*, 28(2): 426-431.
- Mikulic-Petkovsek, M., Veberic, R., Hudina, M., Zorenc, Z., Koron, D., Senica, M., 2021. Fruit quality characteristics and biochemical composition of fully ripe blackberries harvested at different times. *Foods*, 10(7): 1581.
- Milosevic, P.D.T., Mratinic, E., Milosevic, N., Glisic, I., Mladenovic, J., 2012. Segregation of blackberry cultivars based on the fruit physico-chemical attributes. *Journal of Agricultural Sciences*, 18(2): 100-109.
- Orzeł, A., Simlat, M., Danek, J., 2016. Directions in raspberry and blackberry breeding program conducted in NIWA Berry Breeding Ltd., Brzezna, Poland. *Acta Hort.*, 1133: 29-34.
- Özdağ, T., Sela, D.A., Xiao, J., Boyacıoğlu, D., Chen, F., Capanoglu, E., 2016. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility. *Nutrients*, 8(2): 78.
- Paczkowska-Walendowska, M., Gościński, A., Szymanowska, D., Szwajgier, D., Baranowska-Wójcik, E., Szulc, P., Dreczka, D., Simon, M., Cielecka-Piontek, J., 2021. Blackberry leaves as new functional food? Screening antioxidant, anti-inflammatory and microbiological activities in correlation with phytochemical analysis. *Antioxidants*, 10(12): 1945.
- Sarkar, D., Orwat, J., Hurburt, T., Woods, F., Pitts, J.A., Shetty, K., 2016. Evaluation of phenolic bioactive-linked functionality of blackberry cultivars targeting dietary management of early type-2 diabetes using in vitro models. *Scientia Horticulturae*, 212: 193-202.
- Selma, M.V., Beltrán, D., Luna, M.C., Romo-Vaquero, M., García-Villalba, R., Mira, A., Tomás-Barberán, F.A., 2017. Isolation of human intestinal bacteria capable of producing the bioactive metabolite isouroulinin A from ellagic acid. *Frontiers in Microbiology*, 8. doi.org/10.3389/fmicb.2017.01521
- Takeda, F., Glenn, D.M., Tworowski, T., 2013. Rotating cross-arm trellis technology for blackberry production. *J. Berry Res.*, 3: 25-40.
- Taş, A., Gundogdu, M., Ercisli, S., Orman, E., Celik, K., Marc, R.A., Buckova, M., Adamkova, A., Mlcek, J., 2023. Fruit quality characteristics of service tree (*Sorbus domestica* L.) genotypes. *ACS Omega*, 8: 19862-19873.
- Waterhouse, A.L., 2002. Determination of total phenolics. *Curr. Protoc. Food Anal. Chem.*, 6: 11.11-11.18.
- Yılmaz, K.U., Zengin, Y., Ercişli, S., Serçe, S., Gündüz, K., Şengül, M., Asma, B.M., 2009. Some selected physico-chemical characteristics of wild and cultivated blackberry fruits (*Rubus fruticosus* L.) from Turkey. *Romanian Biotechnological Letters*, 14(1): 4152-4163.



## Changes in Germination and Quality Characteristics of Mung Bean Seeds Stored for Different Times

Farklı Sürelerde Depolanan Maş Fasulyesi Tohumlarında Çimlenme ve Kalite Özelliklerindeki Değişim

Ruziye KARAMAN<sup>1</sup>, Cengiz TÜRKAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isparta University of Applied Sciences, Department of Field Crops, Isparta  
· ruziye.karaman@isparta.edu.tr · ORCID > 0000-0001-5088-8253

<sup>2</sup>Isparta University of Applied Sciences, Department of Field Crops, Isparta  
· cengiz3370turkay@gmail.com · ORCID > 0000-0003-3857-0140

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 07 Ağustos/August 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 20 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 581-596

**Atıf/Cite as:** Karaman, R., Türkay, C. "Changes in Germination and Quality Characteristics of Mung Bean Seeds Stored for Different Times" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 581-596.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ruziye KARAMAN

## CHANGES IN GERMINATION AND QUALITY CHARACTERISTICS OF MUNG BEAN SEEDS STORED FOR DIFFERENT TIMES

### ABSTRACT

Maintaining seed quality during long-term storage of plant genetic resources is crucial to avert projected food crises linked to a changing climate and a growing world population. However, seed viability caused by senescence during storage remains an unavoidable process that jeopardizes productivity in some traditional seed crop species. Therefore, this study aimed to determine the change in germination and quality characteristics of mung bean seeds stored under the same storage conditions for different periods of time. In the study, mung bean seeds numbered 02G05, 07A05 and 07G04 were used as seed material and stored under the same temperature and humidity conditions for 36, 48, 60, 72 and 96 months. In the study, germination rate, germination index, moisture content, water absorption capacity and water absorption index of mung bean seeds decreased as the storage period increased, while mean germination time, electrical conductivity, cooking time and dry matter loss during cooking increased. In the study, seeds of mung bean genotypes stored for 36 months showed better germination rate and germination index, followed by seeds stored for 48 and 60 months and significant decreases were determined in the following months. 02G05 genotype stood out in terms of germination characteristics and some quality characteristics and was the least affected by the prolonged storage period. In the study, the highest and positive correlation was determined between cooking time and dry matter loss during cooking, while the lowest negative correlation was determined between moisture content and electrical conductivity and between water absorption capacity and cooking time. As a result, it can be suggested that mung bean seeds can be stored for 60 months for germination characteristics and 36 months for quality characteristics without causing any negativity, but after these months, storage can be terminated as negativity in germination and quality characteristics will begin.

**Keywords:** Mung Bean, Storage, Germination, Cooking Time, Water Absorption Capacity.



# FARKLI SÜRELERDE DEPOLANAN MAŞ FASULYESİ TOHUMLARINDA ÇİMLENME VE KALİTE ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİM

## ÖZ

Bitki genetik kaynaklarının uzun süreli depolanması sırasında tohum kalitesinin korunması, değişen iklim ve artan dünya nüfusu ile bağlantılı öngörülen gıda krizlerini önlemek için çok önemlidir. Bununla birlikte, depolama sırasında yaşananmanın neden olduğu tohum canlılığı, bazı geleneksel tohumlu mahsul türlerinde üretkenliği tehlikeye atan kaçınılmaz bir süreç olmaya devam etmektedir. Bu nedenle çalışmada farklı sürelerde aynı depo şartlarında depolanmış maş fasulyesi tohumlarının çimlenme ve kalite özelliklerindeki değişim belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 02G05, 07A05 ve 07G04 nolu maş fasulyesi tohumları tohum materyali olarak kullanılarak, 36, 48, 60, 72 ve 96 ay boyunca aynı sıcaklık ve nem şartlarında depolanmıştır. Çalışmada depolama süresi arttıkça maş fasulyesi tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi, nem oranı, su alma kapasitesi ve su alma indeksi azalmış, ortalama çimlenme süresi, elektriksel iletkenlik, pişme süresi ve pişmede kuru madde kaybı artmıştır. Çalışmada 36 ay depolanmış maş fasulyesi genotiplerinin tohumları daha iyi çimlenme oranı ve çimlenme indeksi göstermiş bunu 48 ve 60 ay depolanmış tohumlar takip etmiş ve daha sonraki aylarda önemli azalmalar belirlenmiştir. 02G05 genotipi çimlenme özellikleri ve bazı kalite özellikleri yönünden ön plana çıkmış, depolama süresinin uzamasından en az etkilenen maş fasulyesi genotipi olmuştur. Çalışmada özellikler arasında en yüksek ve pozitif korelasyon pişme süresi ile pişmede kuru madde kaybında; en düşük negatif korelasyon ise nem oranı ile elektriksel iletkenlik arasında ve su alma kapasitesi ile pişme süresi arasında belirlenmiştir. Sonuç olarak maş fasulyesi tohumlarını çimlenme özelliklerinde 60 ay; kalite özelliklerinde 36 ay boyunca depolanması herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadan depolayabileceğini, bu aylardan sonra çimlenme ve kalite özelliklerinde olumsuzluklar başlayacağından depolamayı sonlandırmaları önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Maş Fasulyesi, Depolama, Çimlenme, Pişme Süresi, Su Alma Kapasitesi.



## 1. INTRODUCTION

Given the increasing global demand for food today, it is crucial to ensure the conservation of plant genetic resources for future food production (Hoban et al., 2013; Jacoban et al., 2013). By 2050, it is estimated that more than one billion peo-



ple will be added to the world population (WPP, 2023). Therefore, the food security problem will worsen with the increasing impact of hunger and poverty, especially in developing countries. The importance of seeds is increasing day by day to prevent food crises that may occur in the coming years. Seeds, which account for more than 80% of human nutrition (FAO, 2023), are important for biodiversity conservation as well as for economic aspects of trade and storage-related agricultural activities (Adetunji et al., 2021).

Although the lifespan of seeds varies according to plant species, they can generally remain viable for a period ranging from weeks to thousands of years. Seed senescence is as the loss of seed quality and viability over time (El-Maarouf-Bouteau, 2022). Various factors such as climatic conditions during seed production, moisture content, mechanical damages, storage time, relative humidity of the storage, diseases and pests affect the viability of seeds (Krishnan et al., 2003; Marshall and Lewis, 2004). During the aging of seeds, all physiological events of the cells are damaged, and the cells lose their functions and die. Physiological symptoms of seed deterioration include decreases in enzyme activity and respiration, and increases in the amount of leachate (electrolytes) and free fatty acids in seed soaking water (Copeland and McDonald, 2001). In addition, poor germination, abnormal seedling formation or non-germination are observed in old seeds. Seed vigour and viability decrease moderately in the early stages of storage, followed by a sharp decline and finally a gradual decrease in viability (Shaban, 2013). On the other hand, farmers keep harvested seeds in stock for months or even years before selling them or planting the next crop. Rapid seed aging and deterioration during storage is one of the major problems faced by farmers (Chan and Mohd, 2019). Rao et al. (2017) stated that under the same storage conditions, seeds of different genera, species, varieties or single plants often show differences in their storability. For these reasons, it is of great importance to determine how long the seeds of different plant species and varieties can be stored.

Mung bean is an important legume consumed all over the world, especially in Asian countries (Hou et al., 2019), and its production and consumption are increasing day by day in our country (Karaman and Türkay, 2022). It is known to be an excellent source of protein, dietary fiber, minerals, vitamins, and significant amounts of bioactive compounds including polyphenols, polysaccharides, and peptides (Gan et al., 2017; Hou et al., 2019), and its popularity as a functional food for improving health is increasing. Therefore, it is of great importance to determine the effect of aging on mung bean seed viability. Indeed, this could improve the storability and increase the productivity of mung bean seeds, thereby benefiting producers and national economies. In this study, it was aimed to determine the changes in germination and some quality characteristics of mung bean genotypes stored under the same temperature and humidity conditions in different years in order to maintain seed quality.

## 2. MATERIALS AND METHOD

Mung bean seeds obtained from Adıyaman (02 G 05; Gerger) and Antalya (07 A 05; Alanya and 07 G 01; Gazipaşa) provinces were used as seed material in the study (Karaman, 2019). The seeds used in the study were collected by survey study and grown in the same way every year and harvested in the first week of October. The seeds were then kept in storage at the same temperature and humidity (5°C and < 40% relative humidity). Palabıyık (2006) found that storage of bean seeds at +4 °C for up to 32 months did not have a negative effect on seed germination and field emergence rates, but if they were stored for longer periods such as 44 months, they suffered significant loss of viability. Considering these conditions, the storage period was started from the 36th month. In the study, the storage period started in October 2015 after harvesting in 2015 and ended in October 2022. Seeds were stored in the warehouse for 36, 48, 60, 72 and 96 months. The study was established according to the completely randomized design with 3 replications.

For each of the genotypes used in study, a total of 6000 seeds were stored, 2000 seeds per replicate. At the end of storage, 50 seeds for each replicate were left to germinate for 7 days at 20±1 °C according to ISTA (2012) rules for mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilzeck = *Phaseolus aureus* L.] paper seeds. During this period, seeds with rootlets reaching 2 mm in length every day were considered germinated (Murillo-Amador et al., 2002; Karaman and Kaya, 2017). When the germination period was completed (at the end of the 7th day), the number of germinated seeds was proportioned to the total number of seeds and multiplied by 100 to determine the germination rate. The germination index (Wang et al., 2004) was calculated by dividing the germinated seed rate by the number of counting days, and mean germination time (Ellis and Robert, 1980) was calculated by multiplying the number of germinated seeds per day by the number of germination days and dividing the sum by the total number of germinated seeds. While determining germination index and mean germination time, seeds were counted every day and the day when germination stabilized was determined as the last day of counting.

From the stored mung bean seeds, 1000 seeds for each replicate were weighed with a precision balance (M1) and the samples were placed in an oven at 105°C until the weight was fixed (17±1 hours) and moisture loss was ensured. The weights (M2) of the dehumidified samples were determined again. After these weights were determined, seed moisture content was determined according to the following formula (Eq.1) (ISTA, 1993).

$$\text{Moisture content} = [(M1 - M2) / M1] * 100 \quad (\text{Eq.1})$$

The weights of 100 seeds for each genotype were taken from the stored seeds, then the seeds were placed in a 250 ml beaker and 150 ml of distilled water was

added. The beakers were sealed and kept at room temperature for 16 hours. At the end of the period, the seeds in the beaker were drained and the excess water was removed with blotting paper. The seeds obtained were weighed and their wet weights were determined (Şehirali and Atlı, 1993). After separating the hard-shelled grains that were not swollen in the seeds whose wet weights were determined, the water absorption capacity (g/grain) of the weighed seeds was determined according to the following formulas (Eq.2; Eq.3).

$$\text{Water absorption capacity} = (Y - (X - (X/100) \times N2)) / (N1 - N2) \quad (\text{Eq.2})$$

Y = Wet weight after separation of non-swelling grains, X = Dry 100 grain weight, N1= Initial number of grains, N2= Number of non-swelling hard-shelled grains.

If there are no non-swelling grains;

$$\text{Water absorption capacity} = (\text{Wet weight} - \text{Dry weight}) / 100 \quad (\text{Eq.3})$$

The water absorption index was calculated by dividing the water absorption capacity by the single grain weight (Eq.4). The value calculated for each sample indicated the number of times a grain would take up water compared to its original weight.

$$\text{Water absorption index} = [(\text{Water absorption capacity}) / (\text{Grain weight (Dry weight}/100))] \quad (\text{Eq.4})$$

The seeds whose wet weights were determined were thrown into boiling water and the cooking time was calculated when the white spot on the cotyledons disappeared by checking every three minutes (Karayel, 2012). The cooked seeds were filtered after cooling and the cooking water was diluted to 200 ml with distilled water. 25 ml of the diluted cooking water was taken and placed in beakers. They were dried in an oven at 105°C until they stabilized and weighed with a precision balance (SA). The weighed seeds were proportioned to their weight before cooking (BS) and dry matter loss on cooking was determined according to the following formula (Eq.5) (Black et al., 1998).

$$\text{Dry matter loss on cooking (\%)} = [SA / (BA / \text{Number of seeds}) * 100] \quad (\text{Eq.5})$$

Among the stored seeds, 300 seeds were weighed and kept in pure water in a sealed jar for 24 hours. The electrical conductivity of pure water was determined before the seeds were added (EC1). At the end of the specified time, the seeds were removed and the amount of electrolyte leakage (EC2) of the remaining water was substituted in the following formula (Eq.6) and the electrical conductivity values of the seed batches were determined as  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  (Kulan, 2018).

$$\text{Electrical conductivity (EC) } (\mu\text{S/cm/g}) = [\text{EC}_2 - \text{EC}_1] / \text{Initial seed weight} \quad (\text{Eq.6})$$

The data obtained from the study were analyzed using the MINITAB statistical package program according to the completely randomized design. Tukey comparison test was used to determine the differences between storage periods and genotypes. In order to determine the relationship between the traits examined in the study, a heat map of the correlation analysis was created using the `plot.corr_coef` package program in the R program (RStudio 4.1.2).

## 3. RESULT AND DISCUSSION

### 3.1. Results

In the study, the seeds of mung bean genotypes were stored for different periods of time, and when the data obtained as a result were analyzed, genotypes were found to be statistically significant in germination rate, water absorption capacity, water absorption index, electrical conductivity, cooking time, dry matter loss during cooking; storage time was found to be statistically significant in all examined traits; genotype x storage time interaction was found to be statistically significant in moisture content, water absorption capacity, electrical conductivity and dry matter loss during cooking traits (Table 1; 2).

Germination rate, which is one of the main indicators of seed viability, was highest in 02G05 and lowest in 07G01 genotypes. It was determined that there was no statistical difference between 02G05 with 98.15% germination rate and 07A05 genotypes with 97.60% germination rate. In terms of the storage period, the highest germination rate was 100% in 36 months storage and the lowest germination rate was 93.78% in 96 months of storage. It was determined that there was no statistical difference between 36, 48 and 60 months storage periods. Although the genotype x storage period interaction was insignificant, the germination rate generally decreased as the storage period increased (Table 1). Although there was no statistical difference between the genotypes in the germination index, the highest value was determined in the 07G01 genotype. The highest germination index was 23.67 at 36 months and the lowest was 19.11 at 96 months. It was determined that there was no statistical difference between 36, 48 and 60 months, in the storage period germination rate (Table 1). When the storage period was taken into consideration in mean germination time, it varied between 0.73-0.95 days. The fastest germination was found in seeds stored for 36 months, and the latest germination was found in seeds stored for 96 months. In the study, no difference was observed in germination times when the seeds were stored for 36, 48 and 60 months. In general, mean germination time was lowest in the seeds stored for the least time and highest in the seeds stored for the longest time (Table 1).

**Table 1.** Mean values of germination characteristics and moisture content of mung bean genotypes stored for different times

Application		Germination Rate (%)	Germination Index (%)	Mean Germination Time (Day)	Moisture Rate (%)*
<b>Genotypes</b>					
02G05		98.13 a	21.60	0.86	7.98
07A05		97.60 a	21.27	0.85	8.17
07G01		95.47 b	22.43	0.81	7.83
<b>F-value /MS</b>		5.85**/29.87'	2.12 ns/5.42	1.05 ns/0.01	1.78 ns/0.44
<b>Storage Times (months)</b>					
36		100 a	23.67 a	0.73 b	8.96 a
48		98.22 ab	23.17 a	0.77 b	8.27 b
60		97.33 ab	22.67 a	0.85 ab	8.05 b
72		96.00 bc	20.22 b	0.91 a	7.66 bc
96		93.78 c	19.11 b	0.95 a	7.01 c
<b>F-value/MS</b>		9.68**/49.42	13.91**/35.89	7.72**/0.08	19.29**/4.72
<b>Interactions</b>					
02G05	36	100.00	23.50	0.73	8.82 ab
	48	100.00	23.00	0.79	8.46 ab
	60	97.33	23.33	0.92	8.09 a-c
	72	97.33	19.83	0.93	7.57 b-d
	96	93.33	18.33	0.94	6.95 cd
07A05	36	100.00	23.50	0.86	8.48 ab
	48	96.00	22.83	0.78	8.37 abc
	60	96.00	21.50	0.76	8.21 abc
	72	93.33	19.50	0.91	7.90 bc
	96	92.00	19.00	0.94	7.90 bc
07G01	36	100.00	24.00	0.60	9.59 a
	48	98.67	23.67	0.73	7.97 bc
	60	98.67	23.17	0.87	7.86 bc
	72	97.33	21.33	0.91	7.53 bcd
	96	96.00	20.00	0.96	6.17 d
<b>F-value /MS</b>		0.80 ns/4.09	0.34ns/0.87	1.69 ns/0.02	3.24*/0.79

\* The difference between the means in the same column and starting with the same letter was statistically insignificant according to the Tukey-HSD test ( $P < 0.05$ ). MS: Mean Square

The moisture content of the seeds of different genotypes decreased by 27.8% with the increase in storage period. The highest moisture content was determined in seeds stored for 36 months, and the lowest moisture content was determined in seeds stored for 96 months. When the genotype x storage period interaction was examined, the highest moisture content was determined in the seeds of genotype 07G01 stored for 36 months with 9.59% and the lowest was determined in the seeds of the same genotype stored for 96 months (6.17%) (Table 1).

It is very important to determine the water absorption characteristics during aging of seeds. The mean water absorption capacity and water absorption index of mung bean genotypes aged for different periods varied between 0.031-0.070 g/grain and 1.23-1.55, respectively. The highest value in water absorption capacity was determined in genotype 07G01, while the highest value in water absorption index was determined in genotypes 02G05 and 07G01. The smallest value in water absorption capacity and water absorption index was determined in genotype 07A05. The water absorption properties (water absorption capacity and index) generally decreased with the extension of the storage period (Table 2).

As a matter of fact, the highest water absorption capacity and index were determined in seeds at the end of 36th month and the lowest in seeds at the end of 96th month. However, the highest value in water absorption capacity was found in the seeds of genotype 02G05 at the end of 36th month and the lowest value was found in the seeds of genotype 07A05 at the end of 96th month (Table 2).

Electrical conductivity, which is a measure of seed quality, varied between 98.56-108.02  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  according to mung bean genotypes, with the highest mean electrical conductivity in genotype 02G05, followed by genotypes 07G01 and 02G05. The electrical conductivity values of mung bean seeds varied between 49.62-128.07  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  according to the storage period and the electrical conductivity values increased with the extension of the storage period (Table 2).

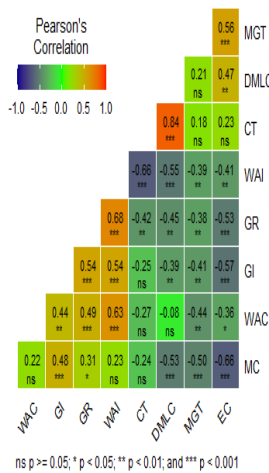
Cooking time of legumes is one of the quality criteria and it was determined that the cooking time of mung bean genotypes varied between 10.4-18.8 min. The shortest cooking time was 02G05 genotype and the longest cooking time was 07A05 genotype. The cooking time also increased with the prolongation of the storage period. As a matter of fact, the shortest cooking time was determined at 36th month and the longest cooking time was determined in mung bean seeds stored for 96th months. On the other hand, dry matter loss during cooking showed similar results to cooking time, with the lowest dry matter loss during cooking in genotype 02G05 (2.69%) and the highest value in genotype 07G01 (4.70%). Dry matter loss during cooking varied between 2.80-4.93% according to the storage periods, and an increase in dry matter loss during cooking was observed with increasing storage period (Table 2).

**Table 2.** Means of quality characteristics of mung bean genotypes stored for different times

Application	Water Absorption Capacity (g/grain)	Water Absorption Index	Electrical Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ )	Cooking Time (min)	Dry Matter Loss During Cooking (%)	
<b>Genotypes</b>						
02G05	0.051 b	1.55 a	108.02 a	10.4 c	2.69 c	
07A05	0.031 c	1.23 b	98.56 b	18.8 a	4.19 b	
07G01	0.070 a	1.50 a	103.82 ab	17.4 b	4.70 a	
<b>F-value/MS</b>	404.26**/0.01	44.24**/0.45	6.04**/337.15	300.93**/303.8	115.60**/16.4	
<b>Storage Times (months)</b>						
36	0.071 a	1.61 a	49.62 d	13.33 d	2.80 d	
48	0.052 b	1.54 ab	99.37 c	14.33 cd	3.61 c	
60	0.046 c	1.44 bc	115.99 b	15.67 bc	3.78 bc	
72	0.042 cd	1.32 cd	124.29 ab	16.00 b	4.16 b	
96	0.041 d	1.24 d	128.07 a	18.33 a	4.93 a	
<b>F-value/MS</b>	96.22**/0.00	20.39**/0.21	165.66**/9251.6	32.00**/32.3	38.70**/5.49	
<b>Interactions</b>						
02G05	36	0.095 a	1.72	68.49 e	9	2.10 f
	48	0.044 d	1.63	89.43 de	10	2.20 f
	60	0.042 de	1.52	114.05 abc	10	2.23 f
	72	0.037 def	1.51	132.29 a	11	2.90 def
	96	0.036 dfg	1.39	135.85 a	12	4.00 bcd
07A05	36	0.035 dfg	1.47	40.62 f	16	2.80 ef
	48	0.035 dfg	1.44	101.19 cd	18	4.07 bc
	60	0.031 efg	1.26	113.61 abc	19	4.47 bc
	72	0.028 fg	1.01	117.27 abc	19	4.72 b
	96	0.026 g	0.97	120.11 abc	22	4.88 ab
07G01	36	0.083 b	1.63	39.75 f	15	3.49 cde
	48	0.080 b	1.55	107.51 bcd	15	4.56 bc
	60	0.061 c	1.53	120.29 abc	18	4.65 b
	72	0.061 c	1.43	123.30 abc	18	4.86 ab
	96	0.061 c	1.35	128.26 ab	21	5.93 a
<b>F-value/MS</b>	30.83**/0.00	1.77 ns/0.02	5.00**/279.12	2.28ns/2.30	2.69*/0.38	

\* The difference between the means in the same column and starting with the same letter was statistically insignificant according to the Tukey–HSD test ( $P < 0.05$ ). MS: Mean Square.

The heat map of the correlation coefficients of the correlations between the traits examined in the study is given in Figure 1. The highest and positive correlation was determined between cooking time and dry matter loss during cooking (0.84\*\*\*); the lowest negative correlation was determined between moisture content and electrical conductivity (-0.66\*\*\*) and water absorption index and cooking time (-0.66\*\*\*). A positive and significant correlation was found between moisture content and germination rate and germination index, while a negative and significant correlation was found between electrical conductivity, mean germination time and dry matter loss during cooking. There was a positive and significant relationship between water absorption capacity and water absorption index, germination rate and germination index, and a negative and significant relationship with electrical conductivity and mean germination time. There was a positive and significant relationship between germination index and water absorption index, germination rate, moisture content, water absorption capacity and negative and insignificant relationship with cooking time. There was a positive and significant relationship between germination rate and water absorption index, and a negative and significant relationship with electrical conductivity, mean germination time, dry matter loss during cooking, and cooking time. A negative and significant relationship was determined between water absorption index and electrical conductivity, mean germination time, dry matter loss during cooking and cooking time. There was a positive and significant relationship between electrical conductivity and dry matter loss during cooking and mean germination time.



GR: Germination rate; GI: Germination Index; MGT: Mean Germination Time; MC: Moisture Content; WAC: Water Absorption Capacity; WAI: Water Absorption Index; EC: Electrical Conductivity; CT: Cooking Time; DMLC: Dry Matter Loss in Cooking

**Figure 1.** Heat map of the correlation coefficients between the properties examined in the study



### 3.2. Discussion

In this study, the changes in germination and some quality characteristics of mung bean genotypes stored under the same temperature and humidity conditions in different years were determined. Significant differences were determined in germination characteristics (germination rate, germination index, mean germination time), which is one of the best indicators of seed viability, according to the storage period. The germination rate and germination index decreased and the mean germination time increased with increasing storage time (Table 1). In addition, there was a positive and significant correlation between germination rate and germination index and water absorption characteristics (water absorption capacity and index) (Figure 1). Among the genotypes, statistical differences were determined only in germination rate. Indeed, genotypes 02 G 05 and 07 A 05 maintained their viability more than the seeds of genotype 07G01 during the storage period. This shows the negative effect of storage time on germination and it was concluded that it may differ according to mung bean genotypes (Table 1). Indeed, Rao et al. (2017) stated that the storability of seeds of different genera, species, varieties or individual plants stored in warehouses with the same storage conditions varies.

During storage, germination, which is one of the most important factors for evaluating seed quality, decreases even before the loss of quality and quantity of stored seeds is detected (Jian, 2022). In addition, after the physiological maturity period, which is the highest level of seed germination power and emergence performance in the field, the seeds begin to age depending on the environmental conditions. Then the germination power of the seed weakens and finally the seed loses its viability (İlbi and Geren, 2005; Palabıyık, 2006). In addition, Rajjou and Debeaujon (2008) reported that seeds that deteriorate during storage lose their strength and become more susceptible to stress during germination. Garoma et al. (2017) stated that maize seeds produced and stored for less than one year show better germination and emergence and this is also shown in the second years, but this varies according to maize lines and storage time. The researchers also reported that longer seed storage delayed the mean germination time, as well as decreased the germination index and seedling characteristics. Tatić et al. (2008) stored soybean varieties for 6 and 12 months (under normal and controlled conditions) and found that the germination rate decreased with increasing storage time and this difference varied according to varieties and storage conditions. However, many researchers (Basra et al., 2003; Verma et al., 2003; Mrđa et al., 2010) stated that the germination and emergence rate of seeds decreased with increasing storage time and this supports the findings of this study.

In the study, the moisture content of the seeds decreased with the extension of the storage period, the highest moisture content was determined in seeds of genotype 07 G 01 stored for 36 months and the lowest moisture content was determined

in seeds of the same genotype stored for 96 months. The aging rate of seeds is strongly influenced by environmental and genetic factors such as storage temperature, seed moisture content and seed quality (Walters et al., 2005). For stored cereal seeds, a decrease in moisture content or temperature is known to increase viability and hence safe storage time. However, even different varieties of seeds under the same storage conditions may have different moisture contents and therefore different germination and storage times. Cortelazzo et al. (2017) found that the moisture content of freshly harvested bean seeds stored in a refrigerator at 8 °C for 12 years was  $6.5\pm 0.3\%$  and they had lower moisture content than freshly harvested seeds ( $12.9\pm 1.2\%$ ). Similar to the findings of this study, many researchers (Berjak and Pammenter, 2008; Parkhey et al., 2014) reported that the moisture content of seeds decreased with the prolongation of storage time in different plant species.

During the storage of edible grain legumes, determination of water absorption capacity, water absorption index, electrical conductivity, cooking time and dry matter loss during cooking is important for determining the germination power and quality losses of seeds. In this study, water absorption capacity and water absorption index properties decreased, while electrical conductivity, cooking time and dry matter loss during cooking properties increased with increasing storage time. On the other hand, among the mung bean genotypes stored for different periods, genotype 02G05 stood out in terms of the quality criteria (except water absorption capacity) (Table 2). As a matter of fact, as a result of the decrease in water absorption properties and increase in electrical conductivity values with the prolongation of the storage period, germination rate and germination index decreased and the mean germination time was prolonged (Table 1; 2).

In addition, there was a negative and significant correlation between water absorption characteristics and electrical conductivity (Figure 1), which supports the other findings of the study (Table 1; 2). Singh et al. (2010) stated that the differences in hydration properties varied depending on the permeability of the seed coat and softer cotyledons. In this direction, it can be concluded that the permeability of the seed coat of mung bean seeds decreases with increasing storage time and this difference varies according to genotypes.

Seeds with high water absorption have higher electrical conductivity values because they secrete more cell solution (Palabıyık, 2006). As a matter of fact, in this study, the electrical conductivity values of the varieties with high water absorption were also high (Table 2). Electrical conductivity values are an indicator of seed secretion and are similar to water absorption rates of varieties (Kantar and Güvenç, 1995). Electrical conductivity and tetrazolium tests are defined as tests that determine seed quality more quickly and accurately and give more reliable results than germination tests (Kolasinska et al., 2000). Palabıyık (2006), in the study in which he stored bean varieties for different periods of time, stated that the

electrical conductivity value increased with the increase in storage time, while the germination rate decreased. As in the findings of this study, electrical conductivity decreases with increasing storage time in different plant species (Singh et al., 2015; Brar et al., 2019).

The cooking time of mung beans is one of the main factors affecting the ease and prevalence of consumption. The cooking time for mung bean grains ranges from 14-60 minutes (Dahiya et al., 2015) and has been attributed to the phenomenon of “hard cooking”, which is related to variety and storage conditions and storage time (Rodriguez and Mendoza, 1990). This has been attributed to the development of tissues that are difficult to cook. This leads to hardening of the bean cotyledon and although the beans are able to absorb water properly, it prevents the beans from softening and prolongs the cooking time (Shiga et al., 2004; Shiga and Lajolo, 2006). On the other hand, due to the long cooking time of legumes, the nutritional value of their proteins decreases (Bishnoi and Khetarpaul, 1993), thus the essential amino acid content decreases (Chau et al., 1997). Since an important nutrient passes into water during cooking, low dry matter loss is desired (Çulha and Bozoğlu, 2017). As a matter of fact, in this study, mung bean showed significant differences according to the varieties and storage time, and dry matter loss in cooking increased as the storage time increased. However, it was determined that there was a positive and significant relationship between cooking time and dry matter loss during cooking (Figure 1). These reasons are due to the prolonged cooking time of mung bean seeds during storage (Table 2).

## CONCLUSION

Quality losses occur in many processes throughout the viability of the seed. In agricultural production, seeds should be stored without losing their viability and germination power or with minimum loss. As a matter of fact, the study revealed significant differences in germination and quality characteristics of mung bean genotypes stored for different periods. In this study, seeds of mung bean genotypes stored for less than 36 months showed better germination rate and germination index, followed by seeds stored for 48 and 60 months. Genotype 02 G 05 stood out in terms of germination characteristics and some quality characteristics and was the least affected by storage periods. In addition, germination rate, germination index, moisture content, water absorption capacity and water absorption index of mung bean seeds decreased, while mean germination time, electrical conductivity, cooking time and dry matter loss during cooking increased as storage time increased. Since farmers need high quality seed that ensures germination of a high percentage and uniformity of seedlings under the required conditions, agricultural seed quality traits have a direct impact on seed quality. For this reason, it can be recommended that farmers can store mung bean seeds for 36 months without causing any negativity in germination characteristics, but after this month, storage should be terminated as negativity in germination and quality characteristics will start from the 60th month.

## Conflict of Interest

The author declare that there is no conflict of interest.

## Ethics

This study does not require ethics committee approval.

## Author Contribution Rates

Design of Study: RK (%80), CT (%20)

Data Acquisition: RK (%60), CT (%40)

Data Analysis: RK (%80), CT (%20)

Writing up: RK (%80), CT (%20)

Submission and Revision: RK(%100)

## REFERENCES

- Adetunji, A.E., Adetunji, T. L., Varghese, B., Sershen, Pammenter, N.W., 2021. Oxidative stress, ageing and methods of seed invigoration: an overview and perspectives. *Agronomy*, 11(12), 2369.
- Basra, S. M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., and Cheema, M.A., 2003. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. *Seed Science and Technology*, 31(3), 531-540.
- Berjak, P., and Pammenter, N.W., 2008. From Avicennia to Zizania: seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany*, 101(2), 213-228.
- Bishnoi, S., and Khetarpaul, N., 1993. Variability in physico-chemical properties and nutrient composition of different pea cultivars. *Food Chemistry*, 47(4), 371-373.
- Black, R.G., Singh, U., Meares, C., 1998. Effect of genotype and pretreatment of field peas (*Pisum sativum*) on their dehulling and cooking quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77, 251-258.
- Brar, N.S., Kaushik, P., Dudi, B.S., 2019. Assessment of natural ageing related physio-biochemical changes in onion seed. *Agriculture*, 9(8), 163.
- Chan, S.Y., Mohd, M.B., 2019. Effect of accelerated aging on mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) seed vigour. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 7(5), 114-123.
- Chau, C.F., Cheung, P.C.K. and Wong, Y.S., 1997. Effects of cooking on content of amino acids and antinutrients in three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75(4), 447-452.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B., 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA, 467.
- Cortelazzo, A.L., Coutinho, J., Granjeiro, P.A., 2017. Storage and ageing of french beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Effect on seed viability and vigor. *Journal of Morphological Sciences*, 22(2), 121-128
- Çulha, G., Bozoğlu, H., 2017. Amazon ve sırma börülce çeşitlerinin tane kalitesine farklı kültürel uygulamaların etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 362-366.
- Dahiya, P.K., Linnemann, A.R., Van Boekel, M.A.J.S., Khetarpaul, N., Grewal, R.B., Nout, M.J.R., 2015. Mung bean: Technological and nutritional potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5), 670-688.
- Ellis, R.H., Roberts, E.H., 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45(1), 13-30.
- El-Maarouf-Bouteau, H., 2022. The seed and the metabolism regulation. *Biology*, 11(2), 168.
- FAO, 2023. *FAO Seeds*. Available from URL: <http://www.fao.org/seeds/en/> (Erişim tarihi: 24 Temmuz 2023).
- Gan R.Y., Lui W.Y., Wu, K., Chan, C.L., Dai, S.H., Sui, Z.Q., Corke, H., 2017. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 1-14.
- Garoma, B., Chibsa, T., Keno, T., Denbi, Y., 2017. Effect of storage period on seed germination of different maize parental lines. *Journal of Natural Sciences Research*, 7(4), 8-14.

- Hoban, S.M., Hauffe, H.C., Pérez-Espona, S., Arntzen, J.W., Bertorelle, G., Bryja, J., Frith, K., Gaggiotti, O.E., Galbusera, P., Godoy, J.A., 2013. Bringing genetic diversity to the forefront of conservation policy and management. *Conservation Genetics Resources*, 5, 593-598.
- Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., Shen, Q., 2019. Mung bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits. *Nutrients*, 11(6), 1238.
- ISTA, 1993. International rules for seed testing proceedings. Int. Seed Testing Association Zurich Switzerland, 13, 300-520
- ISTA, 2012. International Rules for Seed Testing. Edition 2012. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- İlbi, H., Geren, H., 2005. Tohum Depolamanın Temel İlkeleri. Tohum Bilimi ve Teknolojisi, TOTEM Yayın, (3), 381-425.
- Jacobsen, S. E., Sørensen, M., Pedersen, S.M., Weiner, J., 2013. Feeding the world: Genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 651-662.
- Jian, F., 2022. A general model to predict germination and safe storage time of crop seeds. *Journal of Stored Products Research*, 99, 102041.
- Kantar, F., Guvenc, I., 1995. Seed quality in phaseolus bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in relation to seed colour. Ataturk Univ., *Journal of Agricultural College (Turkey)*.
- Karaman, R., 2019. Characterization of mung bean (*Vigna radiata* Wilczek) genotypes/local populations in terms of phenological, morphological, agronomic and some technological features in Isparta conditions. PhD Thesis, Isparta University of Applied Sciences, Graduate School of Education, Institute of Science, p.75, Isparta.
- Karaman, R., Kaya, M., 2017. Effect of different chloride salts and doses on early growth characters in lentil (*Lens esculanta* Moench). *Journal of Agricultural Sciences*, 23(1), 10-21.
- Murillo-Amador, R., Türkay, C., 2022. Characterization of mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes in Turkey in terms of emergence and seedling traits. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 27(3), 434-444.
- Karayel, R., 2012. Determination of some physicochemical components of pea genotypes sown in Samsun and evaluation of their suitability for breeding. PhD Thesis, Ondokuz Mayıs University, Institute of Science, p. 137, Samsun
- Kolasinska, K., Szyrmer, J., and Dul, S., 2000. Relationship between laboratory seed quality tests and field emergence of common bean seed. *Crop Science*, 40(2), 470-475.
- Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M.M.A.V., Moharir, A.V., 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. *Seed Science and Technology*, 31(3), 541-550.
- Kulan, H., 2018. Accelerated ageing test for determining seed vigor of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seed lots. Master Thesis, Eskişehir Osmangazi University, Institute of Science, p. 44, Eskişehir.
- Marshall, A.H., Lewis, D.N., 2004. Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate forage grasses. *Seed Science and Technology*, 32(2), 493-501.
- Mrda, J., Crnobarac, J., Dušanić, N., Radić, V., Miladinović, D., Jocić, S., Miklič, V., 2010. Effect of storage period and chemical treatment on sunflower seed germination. *Helia*, 33(53), 199-206.
- Palabıyık, B., 2006. Effects of seed storage periods on seed viability, seed yield and yield related characteristics in some common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Master Thesis, Ondokuz Mayıs University, Institute of Science, p. 85, Samsun.
- Parkhey, S., Naithani, S.C., Keshavkant, S., 2014. Protein metabolism during natural ageing in desiccating recalcitrant seeds of *Shorea robusta*. *Acta Physiologica Plantarum*, 36, 1649-1659.
- Rajjou, L., Debeaujon, I., 2008. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *Comptes Rendus Biologies*, 331(10), 796-805.
- Rao, P.S., Rani, M.S., Ankaiah, R., Rajasri, M., Kumari, K.M., 2017. Effect of seed coating with polymer, fungicide and insecticide on seed quality in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) during storage. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 8(2), 226-230.
- Rodriguez, F.M., Mendoza, E.M.T., 1990. Physicochemical basis for hardseededness in mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(1), 29-32.
- Shaban, M., 2013. Review on physiological aspects of seed deterioration. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 6(11), 627-631.
- Shiga, T.M., Lajolo, F.M., 2006. Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) - Composition and structure. *Carbohydrate Polymers*, 63(1), 1-12.
- Shiga, T.M., Lajolo, F.M., Filisetti, T.M., 2004. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. *Food Chemistry*, 84(1), 53-64.
- Singh, B., Bhuker, A., Mor, V.S., Dahiya, O.S., Punia, R.C., 2015. Effect of Natural Ageing on Seed Quality of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 1(4), 243-48.
- Singh, N., Kaur, N., Rana, J. C., Sharma, S.K., 2010. Diversity in seed and flour properties in field pea (*Pisum sativum*) germplasm. *Food Chemistry*, 122(3), 518-525.

- Şehirli, S., Atlı, A., 1993. Cooking properties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Tekirdag Faculty of Agriculture Publications, (161), 7-9.
- Tatić, M., Balešević-Tubić, S., Vujaković, M., Nikolić, Z., 2008. Changes of germination during natural and accelerated aging of soybean seed. In The Second Joint PSU-UNS International Conference on BioScience: Food, Agriculture and the Environment Jun 22-24, 2008 Novi Sad, Serbia (p. 254).
- Verma, S.S., Verma, U., Tomer, R.P.S., 2003. Studies on seed quality parameters in deteriorating seeds in Brassica (*Brassica campestris*). Seed Science and Technology, 31(2), 389-396.
- Walters, C., Wheeler, L.M., Grotenhuis, J.M., 2005. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. Seed Science Research, 15(1), 1-20.
- Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop science, 44(2), 535-541.
- WPP, 2023. United Nations World Population Prospects 2023. Available from URL: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>.(Erişim tarihi: 24 Temmuz 2023).



## Mekanik Püskürtme Paternatörü Tasarımı, Prototip İmalatı ve Pülverizatör Memelerinde Akış Testleri

Design of A Mechanical Spray Paternator,  
Prototype Manufacturing and Flow Tests  
on Spray Nozzles

Ruçhan ÇÖMLEK<sup>1</sup>, Bahadır SAYINCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun  
· [ruchan.comlek@omu.edu.tr](mailto:ruchan.comlek@omu.edu.tr) · ORCID > 0000-0002-2240-4343

<sup>2</sup>Şeyh Edebalı Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bilecik  
· [bahadir.sayinci@bilecik.edu.tr](mailto:bahadir.sayinci@bilecik.edu.tr) · ORCID > 0000-0001-7148-0855

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 28 Ağustos/August 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 23 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 597-618

**Atıf/Cite as:** Çömlek, R., Sayıncı, B. "Mekanik Püskürtme Paternatörü Tasarımı, Prototip İmalatı ve Pülverizatör Memelerinde Akış Testleri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 597-618.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ruçhan ÇÖMLEK

## MEKANİK PÜSKÜRTME PATERNATÖRÜ TASARIMI, PROTOTİP İMALATI VE PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE AKIŞ TESTLERİ

### ÖZ

Bu araştırmada pülverizatör memelerinin püskürtme paternini belirlemek ve akış düzgünlüğünü kontrol etmek için 60 kanallı 120×100 cm ölçülerinde 20 mm kanal açıklığına sahip tek noktadan püskürtmeli, yüksekliği ayarlanabilir tipte düşük maliyetli bir püskürtme paternatörünün tasarımı ve prototip imalatı yapılmıştır. Paternatörün ölçüm tablasında kullanılan kanallar paslanmaz çelik sacdan imal edilmiştir. Test sisteminin ana gövdesinde yapı çeliğinden üretilmiş profiller kullanılmıştır. Püskürtme sırasında her bir kanalda biriken sıvı, 25 ml hacimli ölçü silindirlerinde toplanmıştır. Her denemeden sonra ölçü silindirlerinde biriken akışkanı tahliye etmek için aç-kapa mekanizması geliştirilmiştir. Her bir ölçü silindirine yerleştirilen işaretleyciler sayesinde püskürtme paterni izlenebilmiştir. Püskürtme paternini sayısallaştırmak için görüntüleme yapılmış ve değerlendirmeler görüntü işleme tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Püskürtme testleri için 5 farklı orifis çapına (Ø1.0 mm, Ø1.2 mm, Ø1.6 mm, Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm) sahip konik hüzmeli meme plakaları kullanılmıştır. Püskürtme denemeleri sabit 8 bar işletme basıncında ve 55 cm püskürtme yüksekliğinde yapılmıştır. Denemeler her bir orifis çapı için 40 tekerrürlü yürütülmüştür. Deneme sonucunda püskürtme paterniyle ilgili arpıklık, basıklık, püskürtme paterninin varyasyon katsayısı (%CV), farklı meme aralıklarında (25 cm, 30 cm, 35cm, 40 cm, 45 cm ve 50 cm) enine dağılım düzgünlüğü (%CV), meme hüzmeye açısı ve meme örtme genişliği değişkenleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; paternatör prototipinde yapılan tüm püskürtme paterni testleri pratik bir şekilde yapılmış ve değerler başarılı bir şekilde alınmıştır. Hüzmeye açısı ortalamaları 78.1°-93.8° aralığında belirlenmiştir. Meme orifis çapı arttıkça püskürtme paterninin çarpıklığı azalmıştır. Püskürtme paternleri genelde normale göre üstten basık formda oluşmuştur. Ofisi apı Ø1.0 mm ve Ø1.2 mm olan meme plakalarının en düşük CV ortalaması; 25 cm ve 30 cm meme aralıklarında elde edilmiştir. Büyük orifis çaplı memelerde optimum bum yüksekliğinin belirlenmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dağılım Düzgünlüğü, Hüzmeye Açısı, Paternatör, Püskürtme, Pülverizatör.





## DESIGN OF A MECHANICAL SPRAY PATERNATOR, PROTOTYPE MANUFACTURING AND FLOW TESTS ON SPRAY NOZZLES

### ABSTRACT

In this research, to determine the spray pattern of the sprayer nozzles and to control the flow uniformity, the prototype of a 60-channel, 120×100 cm, single-point, height-adjustable, low-cost spray pattern with 20 mm channel opening was designed and manufactured. The channels used in the measuring table of the patternator are made of stainless-steel sheet. The profiles made of structural steel were used in the main body of the test system. The liquid accumulated in each channel during spraying was collected in 25 ml volume measuring cylinders. An open-close mechanism was developed to evacuate the fluid accumulated in the measuring cylinders after each attempt. The spray pattern could be monitored thanks to the markers placed on each measuring cylinder. The imaging was performed to digitize the spray pattern and the evaluations were performed by image processing technique. The hollow cone nozzles with 5 different orifice diameters (Ø1.0 mm, Ø1.2 mm, Ø1.6 mm, Ø2.0 mm and Ø2.4 mm) were used for the spray tests. The spraying trials were carried out at a constant operating pressure of 8 bar and a spray height of 55 cm. Trials were conducted with 40 replicates for each orifice diameter. As a result of the experiment, skewness, kurtosis, coefficient of variation of the spray pattern (%CV), transverse distribution uniformity (%CV), nozzle spray angle at different nozzle intervals (25 cm, 30 cm, 35cm, 40 cm, 45 cm and 50 cm) and the coverage width variables were determined. According to the research results; all the spray pattern tests on the spray patternator prototype were done practically and the values were taken successfully. The spray angle means were determined between 78.1°-93.8°. As the nozzle orifice diameter increased, the distortion of the spray pattern decreased. The spray patterns are generally formed in a flattened form from above compared to normal. The lowest CV average of nozzles with office diameters of Ø1.0 mm and Ø1.2 mm obtained at 25 cm and 30 cm nozzle intervals. For the nozzles with large orifice diameters, the optimum boom height must be determined.

**Keywords:** Beam Anglen, Patternator, Pulverizer, Spraying, Sprayer Uniformity.



## 1. GİRİŞ

Bitki koruma uygulamalarında en çok tercih edilen yöntem pestisitlerin kullanıldığı kimyasal mücadele yöntemidir. Hızlı ve kolay uygulanabilir olduğundan dolayı tercih edilen pestisitler, zararlı etmeni ortadan kaldırarak ürün kaybı riski-

ni minimize etmektedir. Kimyasal mücadelenin verimli, ekonomik ve çevre dostu olabilmesi için pestisit uygulama yöntemlerinin doğru seçilmesi ve bunların uygun işletme koşullarında kullanılması büyük önem taşımaktadır. Kimyasal mücadelede biyolojik etkinliğin yüksek olması, püskürtme sistemlerinin uygulamadaki başarısı ile doğrudan ilişkilidir. Pestisit uygulamalarında ana hedef; etkili maddeyi çevreyi kirletmeden hedefe iletmek ve uygulamayı önerilen dozda yapmaktır (Tuncer ve ark., 1998). Basınç etkisi altında püskürtme yapan sistemlerde basınç, meme ölçüsü, uygulama hacmi, püskürtme yüksekliği, uygulama hızı parametrelerinin atmosferik koşullara bağlı olarak seçilmesi ve uygulama öncesinde sistemin kalibre edilmesi gerekmektedir (Grisso, 1989). Aksi halde pestisitlerin önerilen dozda uygulanmaması ve damlaların hedef dışına sürüklenmesi, atmosfer ortamını ve toprağı kirleterek biyolojik dengeyi bozmakta ve insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturmaktadır (Younes ve Gorchev, 2000; Sayıncı ve Bastaban, 2008a).

Pestisit uygulamalarında püskürtme sistemi tarafından üretilen damlaların hedef yüzeye homojen bir şekilde yayılması gerekir (Sehsah ve Kleisinger, 2009). Ancak püskürtmeyi sağlayan memelerin kullanım süresine bağlı olarak aşınması ve orifis geometrisinin bozulması veya meme üretimi sırasında oluşan imalat kusurları, ideal püskürtme dağılımının değişmesine veya bozulmasına neden olmaktadır (Ergül ve Dursun, 2003b; Sayıncı, 2016). Bunun yanı sıra püskürtme memeleriyle birlikte kullanılan girdap plakası ve süzgeç gibi ek donanımlar bazı püskürtme özelliklerinin (meme debisi, damla çapı, püskürtme açısı) de değişmesine yol açabilmektedir (Sayıncı ve ark., 2013; Sayıncı ve Kara, 2014).

Pestisitlerin etkinliği, bitki koruma makinalarının uygulama başarısıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle pülverizatörler için geliştirilen test ve analiz sistemlerinde akışkan hacmi, püskürtme paterni, akış düzgünlüğü, hüzme açısı, püskürtme genişliği, damla çapı ve damla homojenliği gibi önemli püskürtme özellikleri belirlenmektedir. Bu alanda yaygın olarak kullanılan test ve analiz sistemlerinden birisi püskürtme paternatörleridir (Richardson, 1986). Paternatörler püskürtme sistemlerinin akış dağılımları hakkında bilgi verebilmekte ve bir veya çok noktadan akış sağlayan püskürtme sistemlerinin akış özellikleri püskürtme paternatörleriyle pratik bir şekilde belirlenebilmektedir (Spraying Systems Co. USA 2016).

Günümüzde püskürtme sistemlerini test ve analiz etmek için mekanik veya elektronik donanıma sahip çeşitli özelliklere sahip yatay ve dikey püskürtme paternatörleri geliştirilmiştir. Bu paternatörler, ölçme tekniği açısından birbirlerinden farklı olduğu gibi ölçme hassasiyeti, desenleme yöntemi, kullanım kolaylığı, hızlı ölçüm yapabilme ve üretim maliyeti yönleriyle farklılık göstermektedir. (Koh ve ark., 2006) tarafından yüksek basınçlı sistemlerde püskürtmeyi analiz etmek için optik bir paternatör geliştirilmiştir. Bu paternatörde yüksek basınçta püskürtmeyle oluşan dağılım, lazer ışınıyla taranmış ve püskürtme bölgesinden geçen ışınların miktarı bir CCD kamerayla belirlenerek püskürtme dağılımı incelenmiştir.

Optik yöntemle püskürtme paternini analiz eden bir paternatör de (Ullom ve Sojka, 2001) tarafından geliştirilmiş ve paternatörün püskürtme sistemlerinin kalite-kontrolü için basit, hızlı ve yüksek çözünürlüklü desenleme verileri sağlandığı belirtilmiştir. (McVey ve ark., 2012) tarafından gaz türbinlerinin yakıt enjektörleri tarafından yüksek basınçta oluşturulan püskürtmenin paternini analiz etmek için bir paternatör geliştirilmiştir. Püskürtmeyle oluşan kütle akışı, uzay geometrisi esas alınarak paternatörde analiz edilmiş ve desenleme çalışmaları yüksek çözünürlükte yapılmıştır. (Luck ve ark., 2016)'un araştırmalarında mekanik paternatörlerde otomatik bir püskürtme ölçüm sistemi geliştirmek için dijital sıvı seviye sensörü kullanılmıştır. Araştırmada manuel ve otomatik ölçümle alınan veri setleri arasındaki standart sapma oldukça düşük bulunmuş ve otomatik ölçüm sisteminin farklı meme konfigürasyonları için uygun sonuçlar sağladığı belirtilmiştir. Otomatik ölçüm sistemlerinden önce paternatörün toplam silindirlerinde biriken akışkanın kütesinin bilgisayara bağlı elektronik bir teraziyle tartılarak belirlendiği görülmektedir (Richardson ve ark., 1986). Standart tip mekanik paternatörlerde kullanılan sıvı toplama silindirlerinin manuel olarak değerlendirildiğini, verilerin kaydedilmesinde ve püskürtme paterninin analiz edilmesinde operatör duyarlılığının yüksek olduğunu ve desenleme çalışmalarının ortalama 34 dakikada tamamlandığını belirtmişlerdir. Bu gerçekçeyle araştırmalarında otomatik bilgisayarlı püskürtme modeli analiz sistemi geliştirilmiş ve püskürtme paterninin otomatik olarak zaman kaybı oluşmadan hızlı ve doğru bir şekilde belirlendiği vurgulanmıştır (Ozkan ve Ackerman, 1992).

Püskürtme kalitesi üzerine yapılmış bilimsel çalışmalarda paternatörlerin kullanımını oldukça eskiye dayanmaktadır (Rice, 1967). Günümüze kadar temel çalışma prensibi değişmeden püskürtme sisteminin yapısına uygun şekilde gereksinimleri karşılayan sadece yatayda değil, dikey oryantasyonda da test ve analizler yapan paternatörler geliştirilmiştir. Bu kapsamda ceviz ağaçlarında aksel fan ve radyal fan tertibatına sahip iki farklı hava akımlı bahçe pülverizatörünü püskürtme dağılımı açısından karşılaştırmak (Bock ve ark., 2023); elma ağacında konvansiyonel ve elektrostatik yüklemeli püskürtme sistemlerinin performansını belirlemek (Salcedo ve ark., 2023); yelpaze hüzmeli memelerde orifis büyüklüğü, çalışma basıncı ve memeler arası mesafenin hacimsel dağılıma olan etkisini ortaya koymak (Griesang ve ark., 2022) ve hava emişli yelpaze hüzmeli memelerin sürüklenme potansiyelini (Dafsari ve ark., 2021) belirlemek için paternatör kullanılmıştır. Araştırmalarda pestisit uygulama sistemlerinin hacimsel dağılım düzgünlüğü üzerinde rüzgar etmeni (rüzgar hızı ve yönü) ve pülverizatör işletme parametrelerinin (bum yükseklığı, püskürtme basıncı, meme konum açısı, memeler arası mesafe, hava hızı, uygulama hacmi vb.) etkisi incelenmekte ve püskürtme sistemleri sürüklenme açısından değerlendirilmektedir (Sehsah ve Kleisinger, 2009; Minoy ve ark., 2014; Pascuzzi ve ark., 2017; Grella ve ark., 2022; Palleja ve ark., 2023).

Paternatörler, pestisit uygulamalarında kullanılan püskürtme sistemlerinin performansını ortaya koyan önemli bir test ve analiz ekipmanıdır. Elektronik donanıma sahip paternatörler mekanik olanlara göre pratik ve oldukça hızlı sonuçlar sağlasa da üretim maliyetleri oldukça yüksektir. Bu araştırmada amaç; standart endüstriyel malzemeler kullanarak hassas ölçüm yapabilen, kullanımı kolay, işlevi pratik ve düşük maliyetli mekanik bir paternatör tasarlamak, prototip imalatını gerçekleştirmek ve bazı pülverizatör memelerinin değişen işletme koşulları altında akış testlerini yapmaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Paternatör Prototipinin İmalatında Kullanılan Malzemeler

Paternatörün modelleme çalışmaları için AutoCAD yazılımı kullanılmıştır. Ölçülü modellenen tek parçaların montajı gerçekleştirilmiş ve her birinin yapım resimleri hazırlanmıştır. Modellemede imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan standart boru, profil ve köşebent ölçüleri esas alınmıştır. Prototipin ana gövdesini oluşturmak için 80×40 mm ve 40×40 mm kutu profiller, 40×40×3 mm ve 30×30×2 mm ölçülerinde L köşebentler kullanılmıştır. Ana gövdede kullanılan tüm profil ve köşebentler S235 çeliğinden seçilmiştir. Paternatöre hareket özelliği kazandırmak için ana gövdenin tabanına 4 adet Ø125 mm çapında endüstriyel teker (rulmanlı) monte edilmiştir. Paternatörün kanal tablası 20×40 mm ölçülerinde dikdörtgen profilden (S235) imal edilmiştir. Kanallar için 0.5 mm kalınlığında ve 120 mm yüksekliğinde paslanmaz çelik (AISI 304) sac kullanılmıştır. Her bir kanalın önünde perde görevi görebilmesi için polipropilen (PP) boru kesitleri kullanılmıştır. Sıvı iletim hattında kullanılan silindirik borular delrin (polioksimetilen, POM) malzemedен imal edilmiştir. Akışkanın tahliye hattında kullanılan borular pirinç malzemedен imal edilmiştir. Ölçü tüpleri için 25 ml hacminde polistren malzemedен üretilmiş pipetler kullanılmıştır. Sıvı iletim hattı ile tahliye hattı birbirine iç çapı Ø6.0 mm olan kauçuk hortumlarla bağlanmıştır. Ölçü tüpleri için 40×40 mm ve 25×25 mm kutu profiller ve 25×25×2 mm ölçülerinde L köşebentler kullanılmıştır. Paternatörün tüm aksamında kaynaklı ya da civatalı birleştirme yapılmıştır.

### 2.2. Pülverizatör ve Güç Ünitesi

Paternatörde yürütölen denemelerde püskürtme hattı 200 litre depo (polietilen, PE) kapasiteli bir tarla pülverizatöründen (TP 200 Piton, Taral, İstanbul, TR) sağlanmıştır. Pülverizatörün standart donanımında 6 metre iş genişliğine sahip bum üzerinde 50 cm aralıklarla 12 adet tek çıkışlı membranlı tip meme gövdesi bulunmaktadır. Basınç regülatörü (maksimum 40 bar, 90 l dk<sup>-1</sup>, RG-7 Model) kademesiz olarak ayarlanabilir özelliktedir. İşletme basıncı 0-25 bar göstergeli gliserin dolgu bir manometreden (Pakkens Model, TR) kontrol edilmiştir. Pülverizatörün

pompası piston-membranlı tip (TAR30, 2 pistonlu, %67 verim, Taral, TR) olup 39.2 bar ( $40 \text{ l cm}^{-2}$ ) anma basıncında  $40 \text{ l dk}^{-1}$  anma debisine ulaşmaktadır.

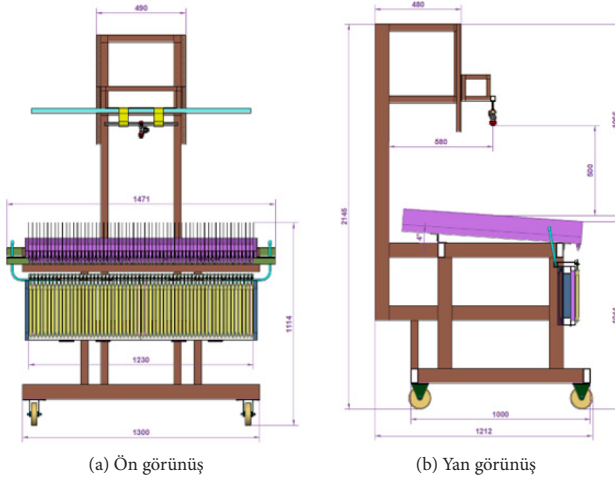
Deneme süresince pülverizatör pompası, anma gücü 2.2 kW (1405 rpm) olan bir elektrik motoru (AGM 100L 4a type, Gamak, TR) kullanılmıştır. Motor devri bir kayış-kasnak tertibatıyla 1/2.8 oranında düşürülmüştür. Pompa milinin devri optik bir takometreyle (Testo 465, KGaA) 500 rpm olarak ölçülmüştür.

### 2.3. Püskürtme Sistemi

Pülverizatörün pompa çıkışı 15 metrelik bir hidrolik hortumla paternatörün (60 kanallı, 125 cm genişlik, 100 cm uzunluk, 20.5 mm kanallar arası mesafe) akış hattına bağlanmıştır. Pülverizatör memesi paternatörün akış hattı üzerindeki üç çıkışlı membranlı tip meme gövdesine (Arag SRL 40642W7 Model, IT) monte edilmiştir. Püskürtme basıncı, memeye çok yakın bir noktada monte edilen maksimum 10 bar göstergeli gliserin dolgulı bir manometreden (Pakkens® MG050GRS1 Model, TR) kontrol edilmiştir. Akış kontrolü diyaframalı tip bir selenoid valf (SMS-TORK S1020 tip, TR) ile sağlanmıştır.

### 2.4. Paternatör Prototipinin Tasarımı ve İmalatı

Püskürtme paterni test ekipmanı olarak adlandırılan paternatör prototipi tek memeden püskürtme yapacak şekilde püskürtme yüksekliği ayarlanabilir özellikte imal edilmiştir (Şekil 1)

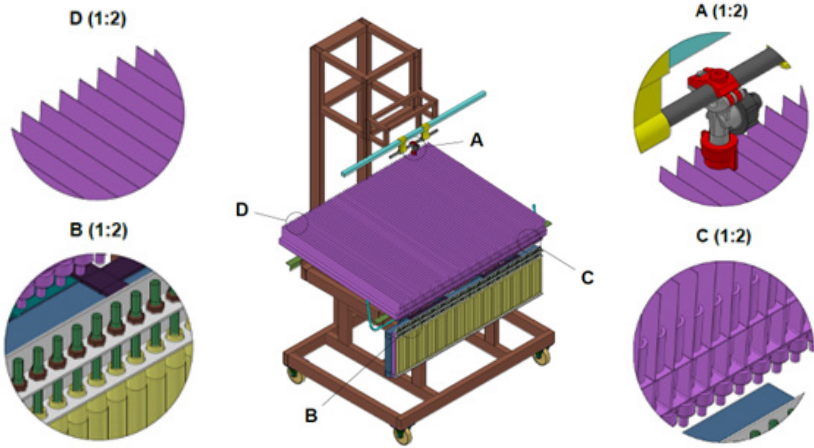


Şekil 1. Paternatörün ön ve yan görünüşleri ve genel ölçüleri

Figure 1. Front and side views and general dimensions of the paternator

Test ekipmanı, yeri değiştirilebilir özellikte planlandığından paternatör ölçü tüpleri standı, paternatör kanal tablası, püskürtme yüksekliği ayar çatısı, paternatörün ana gövdesine monte edilmiş ve tüm aksamın dört adet endüstriyel teker üzerinde hareket etmesi sağlanmıştır. Katı modeli oluşturulan paternatörün en büyük genişlik, yükseklik ve derinlik ölçüleri sırasıyla 147×215×121 cm olarak belirlenmiştir.

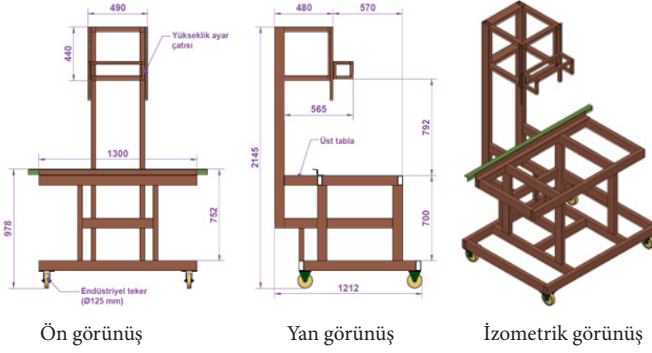
Püskürtme paterni test ekipmanının montajı yapılmış halde izometrik görünümü Şekil 2'de gösterilmiştir. Paternatörde bir adet membranlı tip meme gövdesi kullanılmıştır (Görünüm A). Paternatörün kanallarına giren sıvı (Görünüm D), eğimli duran tabladan sıvı iletim borularına (Görünüm C) ulaşmaktadır. Akışkan, kauçuk hortumlar vasıtasıyla sıvı tahliye borularına (Görünüm B) ulaşarak ölçü tüplerine akmakta ve enine düzlemde püskürtme paterninin oluşması sağlanmaktadır.



Şekil 2. Şekil Paternatör prototipinin izometrik görünümü ve bazı önemli kısımları

Figure 2. Isometric view and some important parts of the patternator prototype

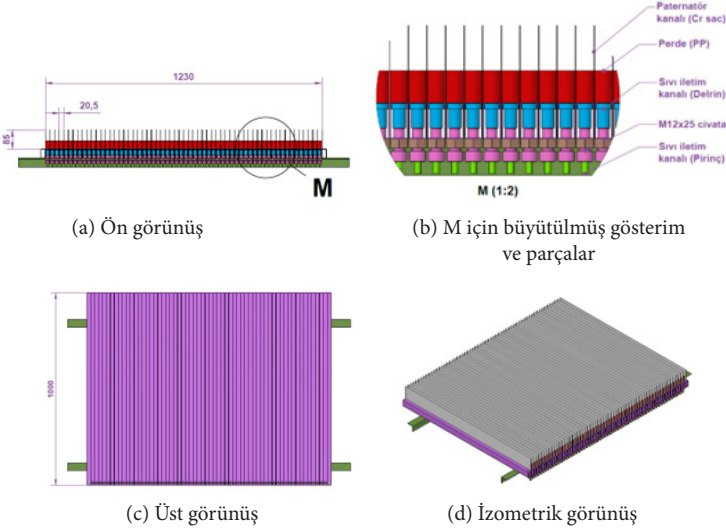
Paternatörün çatısı tüm aksamıyla yeri değiştirilebilir şekilde tasarlanmıştır. Bu amaçla yürüyen aksamda dört adet Ø125 mm çapında endüstriyel teker kullanılmıştır. Paternatör tablasının eğimli konumlandırılabilmesi için üst gövdeye lama ve köşebent yerleştirilmiştir. Püskürtme hattı ve pülverizatör memesinin montajını yapmak ve püskürtme yüksekliğini ayarlanabilir kılmak için ana gövdenin arkasına yüksek çatı yerleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Paternatör çatısının ön, yan ve izometrik görünüşleri

Figure 3. Front, side and isometric view of the paternator body.

Paternatör tablası 123×100 cm ölçülerinde imal edilmiştir. 60 kanallı imal edilen paternatörde kanallar arası mesafe 20.5 mm ve kanal yüksekliği 85 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Kanallarda toplanan akışkan, eğimli paternatör tablasından sıvı iletim kanalına ulaşırken perdenin önünde birikmektedir. Kanalın sonundaki orifisten sıvı iletim kanalına ulaşan akışkanın tahliye borusu aracılığıyla ölçü tüplerine iletilmesi sağlanmıştır. İletim hattı boyunca sızdırmazlığı sağlamak amacıyla kauçuk ve sıvı conta kullanılmıştır. Sıvı iletim ve tahliye hattını orifise bağlamak için M12 imbus civata kullanılmıştır. Bu amaçla civata şaftının ortası Ø9 mm çapında boydan boya delinmiştir.



(a) Ön görünüş

(b) M için büyütülmüş gösterim ve parçalar

(c) Üst görünüş

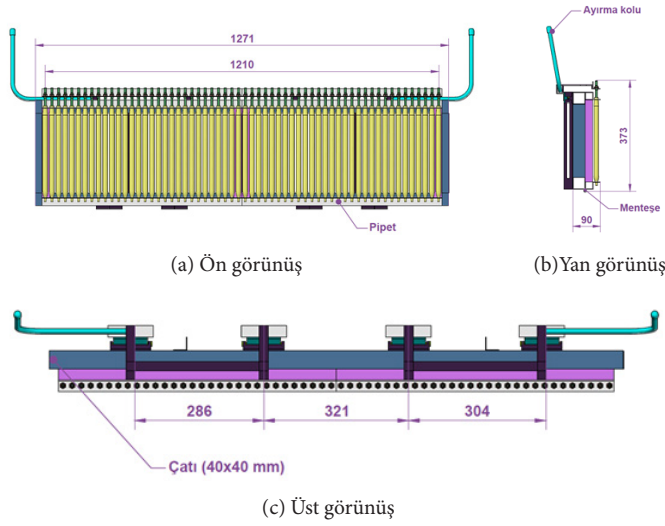
(d) İzometrik görünüş

Şekil 4. Paternatörün kanal tablası

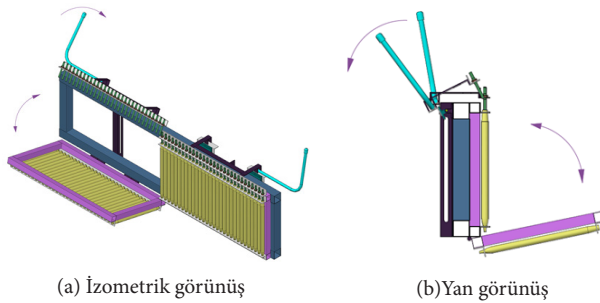
Figure 4. The channel table of the paternator



Paternatör ölçümlerinin pratik bir şekilde yapılabilmesi için ölçü tüplerinde biriken sıvının kolayca tahliye (boşaltım) edilebileceği bir aç-kapa mekanizması tasarlanmıştır. Bu mekanizmanın genel ölçüleri ve izometrik görünümü Şekil 5’de gösterilmiştir. Ölçü tüplerinin yerleştirildiği profil çatısı, ana çatı üzerinde menteşeli olarak monte edilmiştir. Akışkanı boşaltmak için öncelikle tahliye boruları, açma kolu vasıtasıyla geriye çekilerek ölçü tüplerinin içinden çıkarılmaktadır. Ölçü tüplerinin yerleştirildiği profil çatısı Şekil 6’da gösterildiği gibi ok yönünde hareket ettirilerek tüplerde biriken akışkan dışarı tahliye edilmektedir.



Şekil 5. Ölçü tüplerinde biriken akışkanı tahliye etmek için hazırlanan aç-kapa mekanizması  
Figure 5. On-off mechanism prepared to discharge the fluid accumulated in the measuring tubes



Şekil 6. Aç-kapa mekanizmasının çalışması (Akışkan transfer borularının geri çekilmesi ve tüp standının öne açılması)

Figure 6. The operation of the on-off mechanism (Retraction of fluid transfer tubes and forward opening of tube stand)



Katı modeli oluşturulan paternatör prototipinin yapım (imalat) resimleri oluşturularak malzeme gereksinimi belirlenmiş ve prototip imalat aşamasına geçilmiştir. İmalatı yapılan mekanik paternatör görselleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Her bir ölçü silindirinde biriken akışkanın birbirleri arasındaki seviye farklılıklarını gözlemlemek için her bir tüpe beyaz renkli işaret boncuğu (işaretleyici) bırakılmıştır. Akışkan silindire doldukça işaret boncuğu da yükselerek sıvı seviyesi gözlemlenebilmektedir.



(a) Genel görünüş



(b) Akışkan transfer hattı ve ölçü tüpleri



(c) Akışkanın aç-kapa mekanizmasıyla tahliye edilmesi

### Şekil 7. Paternatör prototipi

*Figure 7. Patternator prototype*

## 2.5. Püskürtme Paterni Testlerinde Kullanılan Memeler

Püskürtme paterni ve akış düzgünlüğünü kontrol etmek için orifis çapları  $\text{Ø}1.0$  mm,  $\text{Ø}1.2$  mm,  $\text{Ø}1.6$  mm,  $\text{Ø}2.0$  mm ve  $\text{Ø}2.4$  mm olan polioksümetilen (POM) malzemeden üretilmiş konik hüzmeli meme plakaları kullanılmıştır. Denemeler her bir çap grubundan şansa bağlı seçilen 40 adet meme plakasıyla yürütülmüştür. Meme plakalarının her birinde aynı girdap plaketi (POM, 2 girdap açıklığı, sarı renkli) ve aynı tip süzgeç (50 mesh, Cr-Ni, yuvarlak tip) kullanılmış ve test boyunca değiştirilmemiştir. Böylece girdap plaketi ve süzgeç kullanımının gerek debiye gerekse püskürtme karakteristiklerine olan etkisi elimine edilmiş ve mevcut donanımların varyasyona olan etkisi giderilmiştir. İncelenen parametreleri etkileyebilecek koşulların standardize edilmesi, hem düzgün akış vermeyen meme plakasını belirlemeyi, hem de meme plakalarında akışı bozan etmeni tespit etme açısından da önem kazanmıştır.

## 2.6. Meme Debisinin Ölçülmesi

Debi ölçümleri her meme plakası için sabit 8 bar işletme basıncında yapılmıştır. Ölçümler dijital göstergeli bir debi ölçerle (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL, ölçüm hassasiyeti:  $\pm\%2.5$ ; ölçüm aralığı:  $0.08-3.79 \text{ l dk}^{-1}$ ) yapılmış ve her ölçüm 3 kez tekrarlanmıştır. Debi değerleri; ortalama, standart sapma ve %95 güven aralıklarıyla birlikte verilmiştir.

## 2.7. Püskürtme Paterninin Görüntüleme Yöntemiyle Sayısallaştırılması

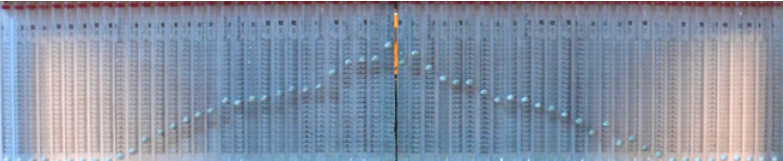
Pülverizatör memelerinin akış testlerinde paternatör kanallarında biriken sıvı, serbest rejimde ölçü silindirlerine dolmakta ve iki boyutlu (x-y) düzlemde bir patern oluşturmaktadır. Bu düzlemde oluşan paterni sayısallaştırmak için görüntüleme yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla ölçü silindirlerinin dizili olduğu tablaya 200 cm uzaklıkta dijital bir kamera (Panasonic Lumix DMC-FZ50, JP) yerleştirilmiştir. Test boyunca görüntüleme mesafesini sabitlemek için bir tripod kullanılmıştır. Görüntüleme sırasında titreşimi elimine etmek için kameraya harici bir deklanşör bağlanmıştır. Dijital kamerayla elde edilen püskürtme paterni örnekleri Şekil 8'de gösterilmiştir.



Örnek 1



Örnek 2



Örnek 3

**Şekil 8.** Dijital kamerayla elde edilen bazı püskürtme paterni görüntüleri

*Figure 8.* Some spray pattern images obtained from the digital camera

Akışkanın ölçü silindirlerinde birikerek beyaz renkli işaret toplarının oluşturduğu püskürtme paternini sayısallaştırmak için ImageJ (Wayne Rasband, v.1.38x, USA) görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır. Görüntüler programın arayüzünde açılmış ve her bir tüp içindeki işaretleyicilerin  $y$  koordinatı markörle işaretlenerek belirlenmiştir. Koordinatlar piksel cinsinden kaydedilmiş ve püskürtme paterni her ölçü silindirinde biriken akışkanın yüksekliğine göre sayısallaştırılmıştır.

## 2.8. Örtme Genişliği ve Hüzme Açısının Belirlenmesi

Püskürtme uygulamaları 55 cm yükseklikten yapılmıştır. Her bir meme plakası, sabit 8 bar işletme basıncında çalıştırılmış ve püskürtülen sıvının paternatör kanallarından ölçü silindirine akarak püskürtme paterninin oluşması sağlanmıştır. Örtme genişliği ( $b$ , cm), paternatörde iki kanal arası mesafe ( $m_k$ ), püskürtme paterninin elde edildiği tüp sayısı ( $n_k$ , adet) çarpılarak belirlenmiştir (Eşitlik 1). Meme hüzme açısını ( $\alpha^\circ$ ), sabit püskürtme yüksekliğinde ( $h$ , cm) hesaplamak için Eşitlik (2) kullanılmıştır.

$$b = m_k \cdot n_k \quad (1)$$

$$\alpha^\circ = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{b}{2 \cdot h} \right) \quad (2)$$

## 2.9. Püskürtme Paterninin Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü, Çarpıklık ve Basıklık Açısından Karşılaştırılması

Hacimsel dağılım düzgünlüğünü belirlemek için tek noktadan püskürtme yapılarak oluşan paternin verileri kullanılmıştır. Her bir püskürtme paternine ait veri setinin standart sapması ( $SS$ ), ortalamaya ( $\bar{x}$ ) oranlanmış ve hacimsel dağılım düzgünlüğü varyasyon katsayısı ( $\%CV$ ) olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 3).

Püskürtme paternlerinin normale göre simetrik dağılıp dağılmadığını veya daha basık olup olmadığını belirlemek ve buna göre dağılımın tanımını yapmak için her bir veri setinin çarpıklık ve basıklık istatistikleri incelenmiştir. Püskürtme paterninin çarpıklık katsayısının 0 olması dağılımın istatistiksel olarak normal olduğu anlamına gelmektedir. Çarpıklık katsayısının pozitif olması paternin sağa çarpık, negatif olması ise sola çarpık olduğunu göstermektedir. Pozitif çarpıklık durumunda ortalama medyandan büyük; negatif çarpıklık durumunda ise ortalama medyandan küçük değer almaktadır. Çarpıklık katsayısı  $\pm 0.5$  sınırları arasında dağılım “tamamen simetrik” ve  $\pm 1.0$  sınırları arasında ise dağılım “iyi derecede simetrik” kabul edildiği belirtilmiştir (Hatem ve ark., 2022).

Püskürtme paterninin basıklık katsayısı, dağılımın sivriliği ya da basıklığı hakkında bilgi vermekte olup normal dağılımda bu değerin 0 olması beklenmektedir. Basıklık katsayısı pozitif olduğunda dağılım normale göre daha sivri, negatif olduğunda normale göre daha basık bir dağılım oluşmaktadır (Kalaycı, 2006; Karagöz, 2016; Hatem ve ark., 2022).

$$\%CV = \frac{SS}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (3)$$

## 2.10. Enine Dağılım Düzgünlüğü

Farklı orifis çaplarına sahip konik hüzmeli memelerin yan yana 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm ve 50 cm aralıklarla yerleştirilmesi durumları için enine dağılım düzgünlüğü belirlenmiş ve bu amaçla Eşitlik (3)'de verilen varyasyon katsayısı (%CV) formülü kullanılmıştır. Hesaplamaları yapmak için Excel'de kişisel bir makro modül geliştirilmiştir. Bu modülde her bir meme aralığı için 5 adet meme yan yana dizilmiş ve her bir memenin püskürtme paterni verileri üst üste bindirme yapılarak toplanmıştır. Araştırma süresince püskürtme yüksekliği sabit olup 55 cm yükseklik için veriler toplanmıştır.

## 2.11. İstatistik Analiz

Meme plakası orifis çapının örtme genişliğine, hüzmeye açısına, hacimsel dağılım düzgünlüğüne, dağılımın çarpıklık ve basıklık istatistiklerine olan etkisini belirlemek için elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Önemli bulunan ortalamalar arasındaki fark %95 önem düzeyinde Tukey HSD testiyle belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 20.0 paket programında yapılmıştır.

# 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 3.1. Mekanik Paternatör Prototipinin Kullanımı

Prototip üzerinde çok tekrarlı püskürtme uygulamaları yapılmıştır. Paternatör tablası ve akışkan transferinde kullanılan tüm bağlantılar sızdırmazlık açısından kontrol edilmiştir. Tablanın altında, ölçü tüplerinde, hortum ve rekorlu bağlantılarda oluşan kaçaklar sıvı conta kullanılarak giderilmiştir. Püskürtmeden sonra kanallarda toplanan akışkanın kendi rejimiyle transfer borularına iletilebilmesi için tablanın %5'lik eğimi yetersiz bulunmuş ve eğim %8'e artırılmıştır. Akışkanın kanallardan akararak sıvı transfer borularından ölçü silindirlerine kayıp olmadan iletilebilmesi için boru çıkışının silindirin içinde kalması ve ölçü silindirine temas etmeden sabit bir konumda kalması sağlanmıştır. Ölçü silindirlerinde biriken akışkanı boşaltmak için kullanılan aç-kapa mekanizması, açık konumda yakla-

şık 150° açıyla sabitlenmiştir. Mekanizmanın kapalı konumda iken yerinde sabit kalabilmesi için gövdeye neodyum mıknatıs yerleştirilmiştir. Püskürtme paterni oluştuktan hemen sonra püskürtmeyi durdurmak için pompanın basma hattına normalde açık konumlu bir selenoid valf monte edilmiş ve valfin kontrolü bir elektrik anahtarıyla sağlanmıştır.

### 3.2. Meme Debisi

Konik hüzmeli meme plakalarının debi ortalamaları ve istatistikleri **Çizelge 1**'de verilmiştir. Farklı orifis çaplarına sahip konik hüzmeli meme plakalarında 8 bar işletme basıncında ölçülen debi ortalamaları 0.73-2.24 l dk<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. Orifis çapı ( $d$ , mm) ve debi ( $q$ , l dk<sup>-1</sup>) arasındaki ilişki ( $R^2=0.9995$ ) doğrusal eşitliği ile tanımlanmıştır.

**Çizelge 1.** Farklı orifis çaplı konik hüzmeli memelerde 8 bar işletme basıncında ölçülen debi istatistikleri (Kullanılan girdap: Yerli yapım sarı renkli plakette; Süzgeç tipi: 50 mesh yuvarlak tip)

**Table 1.** Flow statistics measured at 8 bar operating pressure in conical jet nozzles with different orifice diameters. (Swirl used: Locally made yellow plate; Strainer type: 50 mesh round type)

Orifis Çapı (mm)	Debi ort.±SS (l dk <sup>-1</sup> , @8 bar)	%95 Güven Aralığı
Ø1.0	0.73±0.02	0.72-0.73
Ø1.2	0.98±0.04	0.97-1.00
Ø1.6	1.39±0.05	1.37-1.41
Ø2.0	1.81±0.06	1.79-1.83
Ø2.4	2.24±0.08	2.21-2.27

### 3.3. Püskürtme Paterninin Örtme Genişliği ve Hüzme Açısı

Varyans analizi sonuçlarına göre meme plakalarında kullanılan farklı orifis çaplarının örtme genişliğine (HKO= 33,2; SD= 4; F= 63,3, p<0.000) ve hüzme açısına etkisi (HKO= 14,4; SD= 4; F= 61,3, p<0.000) istatistiksel açıdan çok önemli bulunmuştur.

Meme plakalarının örtme genişliği ve hüzme açısı ortalamaları **Çizelge 2**'de karşılaştırılmıştır. Orifis çapı Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm olan meme plakalarında örtme genişliği 70.6-72.7 cm ve hüzme açısı 78.1°-81.2° aralığında değişmiş ve ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. En büyük örtme genişliği ve hüzme açısı değerleri Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm orifis çaplı meme plakalarında saptanmış ve ortalamalar diğer küçük orifis çaplı memelere (Ø1.0

mm, Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm) göre önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Orifis çapı Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm olan memelerde örtme genişliği 79.5-80.8 cm ve hüzmeye açısı 91.7°-93.8° aralığında değişmiştir.

**Çizelge 2.** Farklı orifis çaplı konik hüzmeli meme plakalarında 8 bar işletme basıncı koşulunda elde edilen örtme genişliği ve hüzmeye açısı ortalamalarının karşılaştırılması.

**Table 2.** Comparison of the average coverage width and beam angle obtained in conical beam nozzle plates with different orifice diameters under 8 bar operating pressure condition.

Orifis Çapı (mm)	Örtme Genişliği (b, cm)	Hüzmeye Açısı ( $\alpha^\circ$ )
Ø1.0	72.7±4.7 a*	81.2±7.0 a
Ø1.2	70.6±3.6 a	78.1±5.1 a
Ø1.6	71.9±3.9 a	79.9±5.7 a
Ø2.0	79.5±3.4 b	91.7±5.4 b
Ø2.4	80.8±3.3 b	93.8±5.5 b

\*: Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütunda farklı harfle (a-b) gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır.

### 3.4. Püskürtme Paterninin Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü, Çarpıklık ve Basıklık Katsayıları

Varyans analizi sonuçlarına göre meme orifis çapı; püskürtme paterninin varyasyon katsayısını (HKO= 39,5; SD= 4; F= 6.278, p<0.000), çarpıklığını (HKO= 0.064; SD= 4; F= 7.550, p<0.000) ve basıklığını (HKO= 0.326; SD= 4; F= 6.335, p<0.000) istatistiksel açıdan çok önemli düzeyde değiştirmiştir.

Çizelge 3'te karşılaştırılan ortalamalarda meme orifis çapı arttıkça püskürtme paterninin hacimsel dağılımdaki varyasyonu artış göstermiştir. Özellikle yüksek debilerde varyasyon katsayısı artma eğiliminde olmasına karşın paternin çarpıklığı ise çok önemli düzeyde azalmıştır. Meme plakası delik çarpı arttıkça çarpıklık normal dağılıma yaklaşmıştır. Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm orifis çaplı meme plakalarının çarpıklık katsayısı istatistiksel diğerlerine göre belirgin düzeyde farklıdır. Tüm meme orifis çapları için çarpıklık katsayısı pozitif olduğundan dağılım sağa çarpık olarak gerçekleşmiştir. Ancak istatistiksel olarak çarpıklık katsayısı  $\pm 1.0$  sınırları arasında değiştiğinden elde edilen tüm dağılımlar "iyi derecede simetrik" olarak kabul edilmiştir (Hatem ve ark., 2022). Basıklık katsayısı en düşük ve dolayısıyla normal dağılıma en yakın meme plakası Ø1.0 mm'de elde edilmiştir. Diğer meme orifislerinin basıklık katsayıları arasındaki fark önemsizdir. Tüm basıklık katsayıları negatif olduğundan konik hüzmeli memelerinde normale göre basık bir dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır.

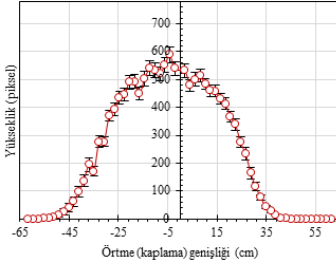
**Çizelge 3.** Püskürtme paterninin hacimsel dağılım düzgünlüğü, çarpıklık ve basıklık katsayılarının karşılaştırılması.

**Table 3.** Comparison of volumetric distribution uniformity, skewness and kurtosis coefficients of the spray pattern

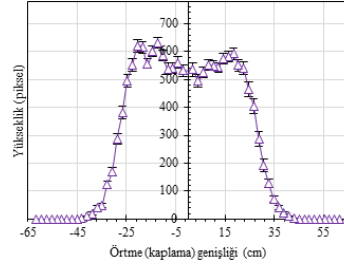
Orifis Çapı (mm)	Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü (%CV)	Çarpıklık	Basıklık
Ø1.0	59.7±6.1 a*	0.583±0.299 a	-0.842±0.832 a
Ø1.2	58.6±5.7 a	0.454±0.175 b	-1.364±0.379 b
Ø1.6	59.4±4.9 a	0.419±0.204 b	-1.416±0.442 b
Ø2.0	64.9±8.4 b	0.391±0.304 bc	-1.247±0.602 b
Ø2.4	61.4±5.7 ab	0.280±0.257 c	-1.281±0.487 b

\*: Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütunda farklı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır.

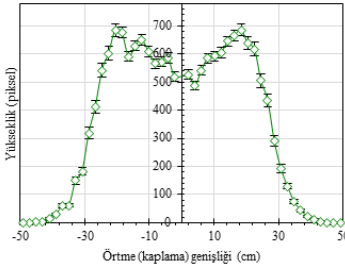
Şekil 9'a göre simetrik dağılımda püskürtme paterninin dikey orta eksenin her iki tarafında da aynı olması beklenmektedir. Püskürtme paternlerine göre orifis çapı Ø1.0 mm olan meme plakasında püskürtme paterni içi dolu konik hüzmeye şeklinde oluşurken, diğer orifis çaplarında ortası çukur çift tepeli yani içi boş konik hüzmeye şeklinde oluşmuştur. Ortalama değerler esas alınarak oluşturulan bu dağılım grafiklerinde orifis çapı Ø1.2 mm, Ø1.6 mm, Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm olan memelerde asimetric dağılımlar az ya da çok gözlemlenebilmektedir.



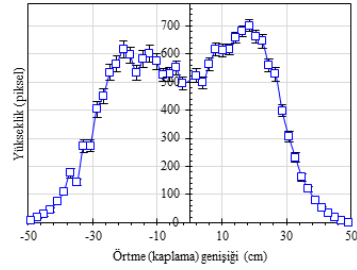
(a) Orifis apı Ø1.0 mm



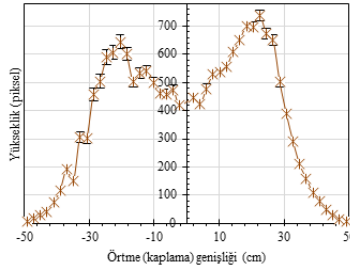
(b) Orifis apı Ø1.2 mm



(c) Orifis apı Ø1.6 mm



(d) Orifis apı Ø2.0 mm



(e) Orifis apı Ø2.4 mm

**Şekil 9.** Meme orifis çaplarına göre püskürtme paterninin değişimi (Ortalama±Standart hata)

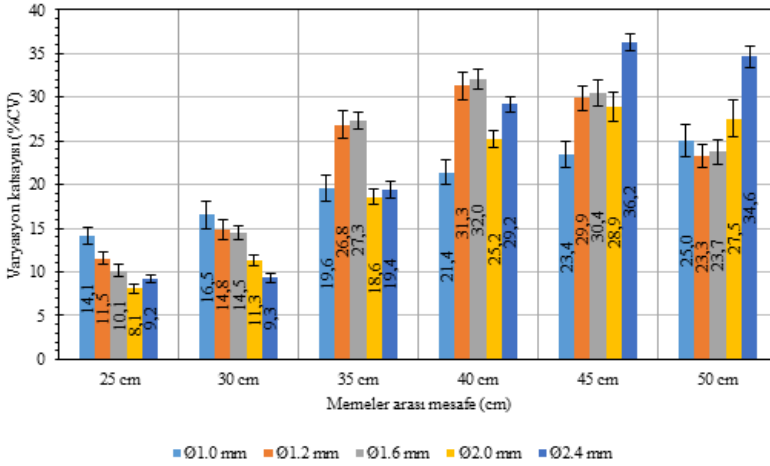
**Figure 9.** Variation of spray pattern according to the nozzle orifice diameters (Mean±Standard error)



### 3.5. Yan Yana Dizilişte Enine Dağılım Düzgünlüğü

Memeler arası mesafesinin 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm ve 50 cm olması koşullarında enine dağılım düzgünlüğünün (%CV) orifis çaplarına göre değişimi **Şekil 10**'da gösterilmiştir. Tüm meme plakalarında en düşük CV, 25 cm ve 30 cm meme aralıklarında elde edilmiştir. Memeler arası mesafe 25 cm ve 30 cm olduğunda orifis çapı arttıkça daha düşük CV değerlerine ulaşılmıştır. Memeler 35 cm ve daha büyük aralıklarla yerleştirildiğinde CV ortalamaları belirgin bir şekilde artmıştır.

Prairie Tarım Makinaları Enstitüsü (PAMI, Kanada) tarafından durağan konumda paternatörde yapılan ölçümlerde %15 düzeyindeki enine dağılım için varyasyonun kabul edilebilir olduğu bildirilmektedir (Bode ve ark., 1983; Azimi ve ark., 1985). Buna karşın %10 düzeyindeki varyasyon için sıvı dağılımı "oldukça homojen" olarak tanımlanmıştır (Azimi ve ark., 1985; Krishnan ve ark., 1988). Kabul edilebilir enine dağılım düzgünlüğüne göre sınır koşullar olarak 8 bar işletme basıncı ve 55 cm püskürtme yüksekliği göz önüne alınırsa konik hüzmeli memelerin 25 cm aralıklarla yerleştirilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan Ø1.0 mm orifis çaplı meme hariç, diğer meme plakaları 30 cm aralıklarla yerleştirildiğinde kabul edilebilir CV değerlerine ulaşıldığı görülmüştür.



**Şekil 10.** Meme orifis çaplarına göre memeler arası mesafenin enine dağılım düzgünlüğüne etkisi (%CV), (Ortalamalar, standart hata değerleriyle gösterilmiştir)

**Figure 10.** The effect of the distance between the nozzles according to the nozzle orifice diameters on the evenness distribution uniformity (%CV), (Averages are shown with standard error values)

## SONUÇ

Standart paternatörlerde kanallar arası mesafe 25 mm'dir (Ozkan ve ark., 1992). Prototip olarak tasarlanan mekanik paternatörün kanal aralığı mevcut halde 20,5 mm olduğundan püskürtülen akışkanın dağılımı daha dar aralıklarla ölçülebilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde imal edilen prototipin ölçüm hassasiyetinin standart paternatöre göre daha yüksek olduğu kanısına varılmıştır. Prototip imalatı, araştırmanın amacına uygun şekilde düşük maliyetli olarak üretilmiştir. Ancak imalatta standart çelik malzemeler kullanıldığından sistemin toplam ağırlığı yüksek olmuştur. Çatıya monte edilen endüstriyel teker sayesinde sistemin hareketi tek bir operatör tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bu araştırma kapsamında geliştirilen görüntüleme yöntemi sayesinde püskürtme paterni grafikleri pratik olarak elde edilebilmiş ve kolayca sayısallaştırılmıştır. Geniş hüzmeye açılı püskürtme memelerinin kullanılması durumunda veya daha yüksek püskürtme yüksekliklerinde yapılacak akış testleri için daha büyük ölçülere sahip kanal tablasına gereksinim duyulmaktadır. Buna göre kanal tablasının en az 2.0×2.0 m (en×boy) ölçülerde olması önerilmektedir.

Süreklilik denklemine göre akış debisi, meme orifis çapının karesiyle doğru orantılıdır. Ancak bu çalışmada sabit basınç koşulunda meme debisindeki artış, orifis çapıyla orantılı olarak artmamıştır. (Sayıncı ve ark., 2013), orifis çapı arttıkça akış katsayısının azaldığını belirlemiştir. Akış katsayısı, aynı zamanda boşaltım katsayısı olup bu katsayının azalması, meme debisini sınırlandırmıştır.

Orifis çapı Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm olan meme plakaları dar hüzmeye açılı sınıfta kategorize edilebilir. Bu yönüyle küçük çaplı memelerin şeritsel ilaçlamada kullanılması tavsiye edilir. Orifis çapı Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm olan meme plakalarının ise yüzeysel ilaçlamada bum yüksekliğinin artırılarak (60-90 cm) kullanılması önerilir.

Meme orifis çapı arttıkça püskürtme paterninin çarpıklığı azalma eğilimindedir. Sabit basınçta meme orifis ölçüsündeki artış, debinin de artmasını sağladığından çarpıklığı iyileştirme yönünde etki göstermiştir. Basınlık değişkenine göre normale en yakın püskürtme paterni, orifis çapı Ø1.0 mm olan meme plakasında elde edilmiş ve püskürtme paterni içi dolu konik formda oluşmuştur. Diğer orifis gruplarının püskürtme paterni incelendiğinde içi boş konik hüzmeli dağılıma benzer bir patern oluştuğu gözlemlenmiştir.

İşletme basıncı 8 bar, püskürtme yüksekliği 55 cm ve memeler arası mesafe 25 cm ve 30 cm koşullarında küçük orifis çaplı memelerin varyasyon katsayısı çoğunlukla %15'in altındadır. Diğer büyük çaplı meme plakaları için optimum püskürtme yüksekliğinin belirlenmesi gerekmektedir.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: RÇ (%50), BS (%50)

Veri Toplanması: RÇ (%80), BS (%20)

Veri Analizi: RÇ (%50), BS (%50)

Makalenin Yazımı: RÇ (%50), BS(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: RÇ (%90), BS (%10)

## KAYNAKÇA

- Azimi, AH., Carpenter, TG., Reichard, DL., 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. *Transactions of the ASAE*, 28(5): 1410-1414. (doi: 10.13031/2013.32451)
- Bock, CH., Cottrell, TE., Hotchkiss, MW., 2023. Spray coverage profiles from pecan air-blast sprayers, with a radial air-flow and a volume-generated focused air-flow, as affected by forward speed and application volume. *Crop Protection*, 168: (doi: 10.1016/j.cropro.2023.106234)
- Bode, LE., Butler, BJ., Pearson, SL., Bouse, LF., 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. *Transactions of the ASAE*, 24(4): (doi: 10.13031/2013.34064)
- Dafsari, RA., Yu, S., Choi, Y., Lee, J., 2021. Effect of geometrical parameters of air-induction nozzles on droplet characteristics and behaviour. *Biosystems Engineering*, 209, 14-29. (doi: 10.1016/j.biosystemseng.2021.06.013)
- Grella, M., Marucco, P., Zwervaegher, I., Gioelli, F., Bozzer, C., Biglia, A., Manzone, M., Caffini, A., Fountas, S., Nuytens, D., Balsari, P., 2022. The effect of fan setting, air-conveyor orientation and nozzle configuration on airblast sprayer efficiency: Insights relevant to trellised vineyards. *Crop Protection*, 155: 105921. (doi: 10.1016/j.cropro.2022.105921)
- Griesang, F., Spadoni, ABD., Ferreira, PHU., Ferreira, MC., 2022. Effect of working pressure and spacing of nozzles on the quality of spraying distribution. *Crop Protection*, 151: (doi: 10.1016/j.cropro.2021.105818)
- Grisso, R., Dickey, E.C., Schulze, L.D., 1989. The cost of misapplication of herbicides. *Applied engineering in Agriculture*, 5 (3): 344-347. (doi: 10.13031/2013.26525)
- Hatem, G., Zeidan, J., Goosens, M., Moreira, C., 2022. Normality testing methods and the importance of skewness and kurtosis in statistical analysis. *BAU Journal-Science and Technology*, 3(2), Article 7. (doi: 10.54729/KTPE9512)
- Karagöz, Y., 2016. SPSS 23 ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler. Nobel Akademik Yayıncılık, İkinci Baskı, 1196 s. Ankara
- Koh, H., Kim, D., Shin, S., Yoon, Y., 2006. Spray characterization in high pressure environment using optical line patternator. *Measurement Science and Technology*, 17:8, 2159. (doi: 10.1088/0957-0233/17/8/015)
- Krishnan, P., Williams, TH., Kemble, LJ., 1988. Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. *Transactions of the ASAE*, 31(2): 386-389. (doi: 10.13031/2013.30719)
- Luck, JD., Schaardt, WA., Sharda, A., Forney, SH., 2016. Development and evaluation of an automated spray patternator using digital liquid level sensors. *Applied Engineering in Agriculture*. 32(1): 47-52. (doi: 10.13031/aea.32.11381)
- McVey, JB., Russell, S., Kennedy, JB., 1987. High-resolution patternator for the characterization of fuel sprays. *Journal of Propulsion and Power*, 3:3, 202-209. (doi: 10.2514/3.22975)
- Minoy, V., Cointault, F., Vangeyete, J., Pieters, J.G., Nuytens, D., 2014. Spray nozzle characterization using a backlighted high speed imaging technique. *Aspects of Applied Biology*, 122 (1): 353-361.
- Ozkan, HE., Ackerman, KD., 1992. An automated computerized spray pattern analysis system. *Applied Engineering in Agriculture*, 8(3): 325-331. (doi: 10.13031/2013.26072)

- Palleja, T., Tresanchez, M., Llorens, J., Saiz-Vela, A., 2023. Design and characterization of a real-time capacitive system to estimate pesticides spray deposition and drift. *Computers and Electronics in Agriculture*, 207: 107720. (doi: 10.1016/j.compag.2023.107720)
- Pascuzzi, S., Cerruto, E., Manetto, G., 2017. Foliar spray deposition in a "tendone" vineyard as affected by airflow rate, volume rate and vegetative development. *Crop Protection*, 91: 34-48. (doi: 10.1016/j.cropro.2016.09.009)
- Rice, B., 1967. Spray distribution from ground-crop sprayers. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 12(3): 173-177. (doi: 10.1016/S0021-8634(67)80015-5)
- Richardson, R.G., Combella, J.H., Andrew, L., 1986. Evaluation of a spray nozzle patternator. *Crop Protection*, 5(1): 8-11. (doi: 10.1016/0261-2194(86)90032-3)
- Salcedo, R., Sánchez, E., Zhu, H., Fàbregas, X., García-Ruiz, F., Gil, E., 2023. Evaluation of an electrostatic spray charge system implemented in three conventional orchard sprayers used on a commercial apple trees plantation. 167: 106212. (doi: 10.1016/j.cropro.2023.106212)
- Sayinci, B., 2016. Poliasetal (POM) meme plakalarının orifis geometrisinde üretim Kusurlarının eliptik fourier tanımlayıcılarıyla tespiti. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1): 57-73.
- Sayinci, B., Bastaban, S., 2008. Biyolojik mücadele etmenlerinin uygulanmasında ilaçlama ünitesinin rolü. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (1): 151-157.
- Sayinci, B., Bozdoğan, N.Y., Yıldız, C., Demir, B., 2013. Konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9 (1): 9-20.
- Sayinci, B., Kara, M., 2014. The effects of strainer types on Flow Characteristics of anti-drift. *Journal of Agricultural Sciences*, 21 (4): 558-571. (doi: 10.1501/Tarimbil\_0000001357)
- Sehsah, E.M.E., Kleisinger, S., 2009. Study of some parameters affecting spray distribution uniformity pattern. *Irrigation and Drainage*, 26 (1): 69-93. (doi: 10.21608/mjae.2009.109864)
- Tuncer, A., Güler, H., 1998. Meyve bahçesi ve bağlarda kullanılan pülverizatörlerin deney yöntemleri. *Türkiye Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi*, Cilt 1, 470-480, 17-18 Eylül Tekirdağ
- Ullom, M.J., Sojka, P.E., 2001. A simple optical patternator for evaluating spray symmetry. *Review Scientific Instruments* 72: 2472-2477. (doi: 10.1063/1.1353196)
- Younes, M., Gorchev, H., 2000. Pesticides in Drink. *Food and Chemical Toxicology*, 38 (1): 87-90.(doi: 10.1016/S0278-6915)





## Integrated Control of *Echinochloa crus-galli* Resistant to ALS and ACCase Inhibitor Herbicides

ALS ve ACCase İnhibitörü Herbisitlere  
Dayanıklı *Echinochloa crus-galli*'nin  
Entegre Mücadelesi

Emine KAYA ALTOP<sup>1</sup>, Hüsrev MENNAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuzmayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Samsun  
· kayae@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0987-9352

<sup>2</sup>Ondokuzmayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Samsun  
· hmennan@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-1410-8114

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 18 Temmuz/July 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 25 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 619-636

**Atrf/Cite as:** Kaya Altop, E., Mennan, H. "Integrated Control of *Echinochloa crus-galli* Resistant to ALS and ACCase Inhibitor Herbicides" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 619-636.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Emine KAYA ALTOP

## INTEGRATED CONTROL OF *ECHINOCHLOA CRUS-GALLI* RESISTANT TO ALS AND ACCASE INHIBITOR HERBICIDES

### ABSTRACT

Rice is an important cereal crop, both due to its high domestic consumption and its significant role in global food security. The challenges of crop rotation and the difficulty of fallow-free cultivation in rice production have led to the emergence of competitive weed species that have a rapid reproductive capacity and are adapted to aquatic environments. The adverse effects of these weeds on rice yield and farm profits have created a demand for cost-effective weed management strategies. Prolonged use of herbicides with the same mode of action has rapidly increased the number and population of herbicide-resistant weed species. So integrated weed control is the only method and an important solution in managing the rice weeds that should be developed according to the countries' production systems. *Echinochloa crus-galli* (barnyardgrass) is one of the earliest resistant weeds adapted to rice production areas. In this study, the aim was to determine the interaction between cultivation methods, water management, and rice varieties (Osmançık, Gönen, Koral) for effective weed management. The experiments were conducted in Turkey's Marmara and Black Sea Regions with four replications. The water level, especially high water levels, not only had a highly suppressive effect on weeds but also contributed to the growth and yield of rice. Deep and moderate water levels increased the tillering number and dry weight of rice. The data obtained indicated that maintaining the water level in rice cultivation areas can lead to better rice growth and higher yields. The development of competitive and local rice varieties is considered a viable approach in an integrated herbicide-resistant weed control program.

**Keywords:** *Echinochloa crus-galli*, Cultural Control, Rice, Integrated Management.



## ALS VE ACCASE İNHİBİTÖRÜ HERBİSİTLERE DAYANIKLI *ECHINOCHLOA CRUS-GALLI*'NİN ENTEGRE MÜCADELESİ

### ÖZ

Çeltik, yüksek iç tüketimi ve küresel olarak gıda güvenliği açısından önemli bir tahıl ürünüdür. Üretiminde münavebe ve nadassız ekimin zorluğu nedeniyle, hızlı üreme kapasitesine sahip, suya adapte olmuş rekabetçi yabancı ot türleri sorun haline gelmiştir. Yabancı otların çeltik verimi ve çiftlik kârları üzerindeki olumsuz et-

kileri, uygun maliyetli yabancı ot yönetim stratejileri için bir talep yaratmıştır. Aynı etki mekanizmasına sahip herbisitlerin uzun süreli kullanımı herbisitlere dayanıklı yabancı ot türlerinin sayısı ve popülasyonunu hızla artırmıştır. Dolayısıyla entegre yabancı ot kontrolü, ülkelerin üretim sistemlerine göre geliştirilmesi gereken ve çeltik yabancı otlarıyla mücadelede önemli bir çözümdür. *Echinochloa crus-galli* (darıcan), çeltik üretim alanlarına uyum sağlamış en önemli yabancı otlarından biridir. Bu çalışmada, etkili yabancı ot yönetimi adına yetiştirme yöntemi, su yönetimi ve çeltik çeşitleri (Osmancık, Gönen, Koral) arasındaki etkileşimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler Türkiye'nin Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde, dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Su seviyesi (özellikle yüksek su seviyesi) sadece yabancı ota karşı oldukça baskılayıcı bir etkiye sahip olmakla kalmayıp, aynı zamanda çeltiğin büyümesini ve verimini artırmaya da yardımcı olmuştur. Derin ve orta su seviyeleri, çeltiğin kardeşlenme sayısı ve kuru ağırlığını artırmıştır. Elde edilen veriler, çeltik ekim alanlarında su seviyesinin korunması ile daha iyi çeltik gelişimi ve yüksek verim elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Rekabetçi ve yerel çeltik çeşitlerinin geliştirilmesi, herbisite dayanıklı yabancı otlarla entegre mücadele programında geçerli bir yaklaşım olarak görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Echinochloa crus-galli*, Kültürel Mücadele, Çeltik;Entegre Mücadele.



## 1. INTRODUCTION

The rice production system necessitates a completely aquatic environment, which results in a limited but significant number of weed species that are adapted to this system. Among the most problematic weed species in rice cultivation areas across Asia, America, and Europe, the majority belong to the *Echinochloa* genus. These weed species pose substantial challenges in rice-growing regions and are notoriously difficult to control (Holm et al., 1977; Ruiz-Santaella et al., 2006; Talbert and Burgos, 2007; Mennan et al., 2012). Within this genus, *Echinochloa crus-galli* stands out as the most prominent species that presents challenges for weed management both globally and in our country (Işık and Mennan, 2001; Damalas et al., 2008; Mennan and Kaya-Altop, 2012). The significant negative impact of weeds on rice yield and farm profitability has spurred a demand for cost-effective weed management strategies. It has been reported that weed-related losses in rice yield account for approximately 40% of total production worldwide (Chauhan and Abugho, 2013).

Yield losses resulting from weed competition not only lead to increased labor costs but also contribute to water shortages, prompting producers to explore alternative weed control methods. Selective herbicides have been widely adopted



due to their ease of application, high effectiveness, and cost efficiency when compared to alternative approaches. However, the global use of herbicides has raised concerns about the potential development of herbicide-resistant weeds, shifts in weed populations, environmental contamination, and impacts on human health (Johnson and Mortimer, 2005).

Rice weed control primarily relies on chemical-based methods, predominantly employing ALS and ACCase inhibitor herbicides. However, the issue of herbicide resistance is on the rise, particularly among species within the *Echinochloa* genus. A comprehensive analysis of herbicide resistance across various product groups has identified resistance in 267 weed species since the initial reports, with 154 categorized as dicotyledons and 113 as monocotyledons. Taking into account the number of biotypes within the same species, this figure has expanded to 513. When evaluating the mechanisms of action of herbicides in these studies, the highest resistance has been observed against ALS (Acetolactate Synthesis Enzyme) inhibitory herbicides in 167 species, followed by Photosystem II inhibitor herbicides in 103 species and ACCase (Acetyl-CoA Carboxylase Enzyme) inhibitor herbicides in 49 species. *Echinochloa crus galli* tops the list of the ten most resistant species to herbicides. In the context of herbicide resistance in rice, 89 out of 171 cases are associated with the *Echinochloa* and *Cyperus* genera, and 60 of these cases involve ALS and ACCase resistance records (Anonymous, 2022). It has been determined by Mennan et al. (2012) that *E. crus-galli* exhibits resistance to at least one or both inhibitor groups of ALS and ACCase inhibitor herbicides in approximately 50% of rice cultivation areas in Turkey's Marmara and Black Sea regions, a problem that is growing over time.

The emphasis on integrated control stems from the dual objectives of maintaining yields and reducing unsustainable herbicide applications. Integrated Weed Management (IWM), encompassing various weed control methods, can aid in rice weed control by delaying resistance development and/or enabling the management of herbicide-resistant weeds. Research has shown that farmers are transitioning to the seedling planting method to address weed concerns, leading to significant investments in machinery. Hence, an integrated control system seeks to establish a connection between planting methods, water management, rice varieties, and weed control. Studies have highlighted the importance of planting methods and water management in weed control (Azmi et al., 1994; Chauhan, 2013). It is imperative to determine the effectiveness of weed suppression, especially as rice planting using the seedling method has recently gained traction.

Given these findings, the goal is to contribute to the development of local integrated control techniques and implement them to manage *E. crus-galli* populations resistant to ALS and ACCase inhibitor herbicides.

## 2. MATERIAL AND METHOD

Trials were conducted in farmers' fields with the aim of developing a culturally integrated control program to manage herbicide resistance, representing both the Marmara and Black Sea Regions. Careful consideration was given to the selection of trial sites, with a focus on fields previously confirmed to have herbicide-resistant weeds. Several trial factors were taken into account, including the sowing method (broadcast sowing and seedling transplantation), water management (5-7 cm, 10-15 cm, and submergence in winter at 15-20 cm), and rice varieties (Osmancık, Koral, and Gönen). The experiments were carried out with four replications, and the plots were subdivided according to the experimental design. Plot dimensions were set at 50 m<sup>2</sup> (10 m x 5 m), leaving a 2 m safety strip. Once the weeds had emerged, *Echinochloa crus-galli* (barnyardgrass) was intentionally left within the experimental setup, while other weed species were treated with herbicides based on their susceptibility. The average weed density was standardized to 25 plants per m<sup>2</sup> across all plots. In the trials representing the Black Sea Region, rice was planted at a rate of 200 kg/ha in the third week of May in both 2015 and 2016, specifically in the Bafra district of Samsun. In the trials representing the Marmara Region in Edirne Center, adjustments were made during seedling transplantation to achieve a density of 140 plants per m<sup>2</sup>. Fertilization and maintenance practices followed regional guidelines. After sowing and planting, various observations were made regarding barnyardgrass and rice varieties, and the potential for weed control was assessed, following criteria established by Estorninos et al. (2005). Various parameters were assessed to understand the competitiveness of rice plants and their interaction with weed control methods. These parameters included:

**Seedling Growth Rate:** Approximately 21 days after sowing and seedling transplantation, rice plants were carefully removed from a 0.25 m<sup>2</sup> area, and their fresh and dry biomass weights were determined in the laboratory. This data was then used to investigate the relationship between seedling growth rate and competitiveness.

**Leaf Area:** In each plot, 10 rice plants were selected and brought to the laboratory, where their leaf areas were measured using a leaf area meter, following the method outlined by Gibson et al. (2003b). This assessment aimed to determine whether leaf area had any impact on competition between rice and weeds.

**Number of Tillering:** Tillering, or the production of additional shoots from the base of the rice plant, is known to play a significant role in competition among rice cultivars. To evaluate this, plants in a 1 m<sup>2</sup> area were counted 6 weeks after emergence, and the tillering numbers were manually counted during the harvest. A logistic function was applied to determine the number of tillers with T representing tillering number, T<sub>m</sub> as the maximum tillering number, T as the number of days after sowing, and T<sub>a</sub> and T<sub>b</sub> being fixed parameters of the function.

$$T = T_m / (1 + \exp (T_a - T_b t))$$

**Plant Height:** Plant height was measured at 30, 60, and 90 days after emergence, with ten randomly selected rice plants from each plot and rice cultivar. A logistic function was utilized to explore the competitive relationship, with H representing plant height, H<sub>m</sub> as the maximum plant height, t as the number of days, and H<sub>a</sub> and H<sub>b</sub> as fixed parameters of the function.

$$H = H_m / (1 + \exp (H_a - H_b t))$$

**Root Weight:** At intervals of 30, 60, and 90 days after emergence, ten rice plants from each plot and rice variety were randomly harvested. After washing and sorting, the root parts were separated, and their wet weights were recorded. Subsequently, these roots were dried in an oven at 65°C for 72 hours to determine their dry weights, following the procedure described by Ottis et al. (2005).

**Yield:** Yield values were obtained by harvesting rice varieties from each plot within a 10 m<sup>2</sup> area. The mean values obtained in the experiment were subjected to statistical analysis using Fisher's protected test with LSD (Least Significant Difference). Arcsine transformations were applied to improve homogeneity before conducting variance analysis (ANOVA) on the obtained weed control percentage values.

### 3. RESULT

#### *3.1 The Effects of Competition of E. Crus-Galli on Seedling Growth with Different Cultivars in Different Rice Growing Systems*

In both the Black Sea Region and the Marmara Region, the data from both years, 2015 and 2016, were found to be statistically nonsignificant in the trials. However, a significant difference between the two regions was identified ( $P < 0.05$ ). Therefore, the results from both years were combined to provide a comprehensive overview of the trial outcomes.

Table 1 presents the percentage of dry biomass loss caused by herbicide-resistant *Echinochloa crus-galli* at a density of 25 plants/m<sup>2</sup> across different rice varie-

ties, planting methods, and water levels for the Black Sea Region, averaging data from 2015 and 2016. Statistical analysis of the two-year averages indicated that the year itself was not a significant factor, allowing for the presentation of combined data. It was observed that planting methods and water levels played a crucial role in rice seedling biomass formation. Notably, the competitive ability of *E. crus-galli* was heightened due to its very early emergence, with the seedling method offering a substantial advantage in early-stage competition. Broadcasting at a water level of only 5-7 cm resulted in intense competition, leading to the highest biomass loss. Conversely, it was noted that biomass loss was reduced at other water levels. The Gönen variety exhibited the highest biomass loss among seedlings at all water levels, with an observed decrease in competition as the water level increased. Turning to the results obtained in the Marmara Region, it is evident that competition was more intense, yielding similar outcomes as shown in Table 2.

These findings shed light on the dynamics of competition between rice and herbicide-resistant *E. crus-galli* under various conditions, emphasizing the importance of planting methods and water management in influencing rice seedling biomass and weed competition.

**Table 1.** Seedling biomass loss caused by herbicide-resistant *E. crus-galli* in different varieties at 25 plants/m<sup>2</sup> density, different planting methods and water levels, the average of 2015 and 2016 for the Black Sea Region (%).

Planting Methods	Variety	Water Level (cm)			LSD P<0.05
		5-7	10-15	UVV (15-20)	
Seedling Biomass Loss (%)					
Broadcasting	Osmancık	5.1	2.3	0	0.8
	Koral	5.6	3.0	1.2	1.5
	Gönen	10.6	6.1	5.3	1.1
Transplanting	Osmancık	3.7	0	0	NS
	Koral	2.9	0	0	NS
	Gönen	8.1	5.1	0	1.9

NS; LSD P<0.05 not significant

UVV; under water in winter

**Table 2.** The percentage of dry biomass loss caused by herbicide-resistant *E. crus-galli* in different varieties at 25 plants/m<sup>2</sup> density, different planting methods and water levels, the average of 2015 and 2016 for the Marmara Region (%).

Planting methods	Variety	Water Level (cm)			LSD P<0.05
		5-7	10-15	UVV (15-20)	
Seedling Biomass Loss (%)					
<b>Broadcasting</b>	Osmancık	7.1	3.4	2.1	1.9
	Koral	5.9	4.2	1.1	0.8
	Gönen	11.6	8.7	5.7	2.1
<b>Transplanting</b>	Osmancık	3.9	2.4	0	NS
	Koral	3.3	2.1	0	NS
	Gönen	8.2	9.4	6.3	1.2

NS; LSD P<0.05 not significant

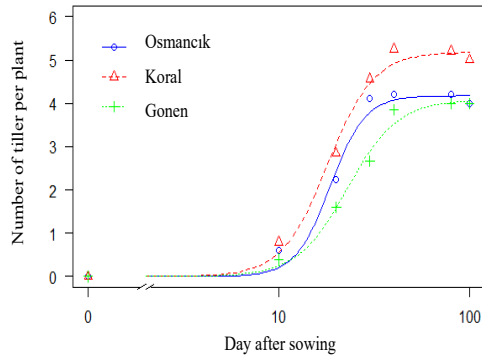
UVV; under water in winter

### 3.2. Effects of Competition of *E. Crus-Galli* on Tillering of Different Cultivars in Different Rice Growing Systems

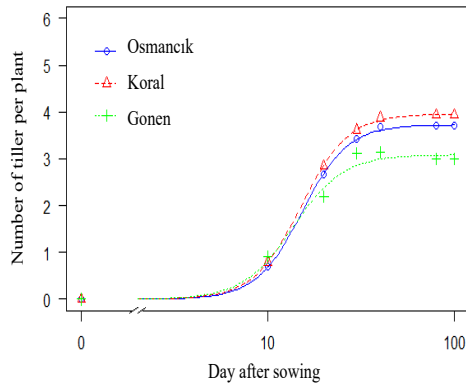
Upon combining the results of the studies conducted in 2015 and 2016, the log-logistic model for tillering was found to be significant for both broadcasting and transplanting methods, as illustrated in Figure 1 and Figure 2. The analysis revealed that, on average, there were 4 tillers per plant for the Osmancık variety and 5 tillers per plant for the Koral variety. In the case of the Gonen cultivar, an average of 3.85 tillers was observed (Figure 1). Similarly, when examining the tillering numbers in seedlings, they were lower than expected and consistent with the 2015 results (Figure 2).

Modeling proved to be particularly significant for broadcasting when considering the two-year average. Referring to the tillering numbers in the Black Sea Region from Table 3, it becomes evident that the transplanting method and water level played crucial roles in terms of competition. The highest tillering loss occurred at a water level of 5-7 cm, reaching 23% for the Gonen variety. In contrast, this rate was reduced to 12.4% when transplanting was adopted at the same water level and with the same variety.

This analysis underscores the significant advantage of the seedling method in early-stage competition. However, it is important to note that the cumulative effects observed during the yield phase indicate that this approach may not be the most economically efficient in the long run.



**Figure 1.** The log-logistic model of tillering numbers obtained in the control plots in the broadcasting system according to the averages of 2015 and 2016 in the Black Sea Region.



**Figure 2.** The log-logistic model of tillering numbers obtained in the control plots in the transplanting system according to the averages of 2015 and 2016 in the Black Sea Region.

The tillering rates obtained from the control plots were lower than in the Black Sea Region, as in 2015, and the planting method and water level played an important role in the competition and affected the number of tillers in rice varieties (Table 3). In the results obtained from the Marmara Region, it was seen that the competition of *E. crus-galli* was more intense in both planting methods (Table 4).

**Table 3.** Tillering number loss by herbicide-resistant *E. crus-galli* in different varieties at 25 plants/m<sup>2</sup> density, different planting methods and water levels, the average of 2015 and 2016 for the Black Sea Region (%).

Planting Methods	Variety	Water Level (cm)			LSD P<0.05
		5-7	10-15	UVV (15-20)	
Tillering Number Loss (%)					
Broadcasting	Osmancık	10.2	6.3	3.1	2.6
	Koral	14.9	4.4	2.3	3.1
	Gönen	23.1	14.2	9.7	2.7
Transplanting	Osmancık	8.1	4.5	1.1	NS
	Koral	7.7	9.8	1.3	3.1
	Gönen	12.4	8.1	14.1	NS

NS; LSD P<0.05 not significant

UVV; under water in winter

**Table 4.** The percentage of tillering number loss caused by herbicide-resistant *E. crus-galli* in different varieties at 25 plants/m<sup>2</sup> density, different planting methods and water levels, the average of 2015 and 2016 for the Marmara Region (%).

Planting Methods	Variety	Water Level (cm)			LSD P<0.05
		5-7	10-15	UVV (15-20)	
Tillering Number Loss (%)					
Broadcasting	Osmancık	12.2	2.4	1.1	1.7
	Koral	11.9	6.8	0.9	2.1
	Gönen	18.7	18.9	15.9	NS
Transplanting	Osmancık	10.1	2.0	0	3.8
	Koral	10.9	3.7	5.4	4.7
	Gönen	21.6	15.5	14.9	NS

NS; LSD P<0.05 not significant

UVV; under water in winter

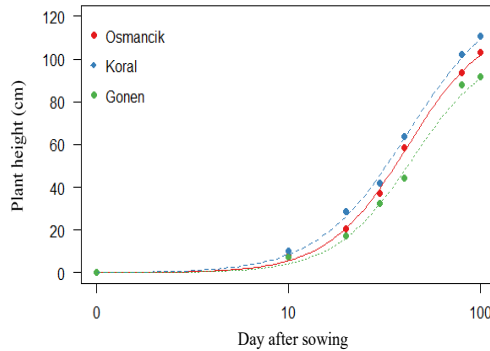
### 3.3. The Effects of Competition of *E. Crus-Galli* on Leaf Area with Different Cultivars in Different Rice Growing Systems

The flag leaf area has revealed that it is not important in competition in different planting methods and in different water levels in 2016, as in 2015. This is thought to be due to the varieties used.

### 3.4. The Effects of Competition of *E. Crus-Galli* on Plant Height with Different Cultivars in Different Rice Growing Systems

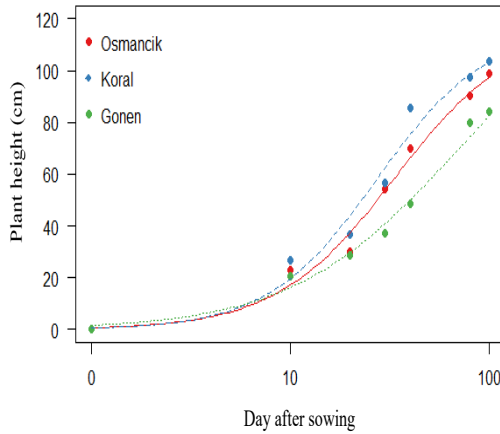
The results of the log-logistic modeling and variance analysis conducted on the average plant heights from control plots in the Black Sea and Marmara Regions revealed significant differences ( $P < 0.01$ ) between planting methods and rice cultivars, as depicted in Figure 3 and Figure 4.

In plots where the seedling method was employed, plant heights were notably shorter compared to field planting. Notably, variations were observed in the changes in plant height due to competition between the Black Sea Region and the Marmara Region (Tables 5 and 6). Overall, it was observed that competition intensified as water levels decreased. The highest loss in plant height was recorded in the *Echinochloa crus-galli* Gönen variety, amounting to 10.6% at a density of 25 plants/m<sup>2</sup>. Moreover, it was evident that the seedling method resulted in greater plant height loss, with the Gönen cultivar experiencing the highest loss at 12.4%. Conversely, an increase in water levels correlated with reduced losses in plant height. These findings underscore the impact of planting methods, water levels, and competition on plant height in rice cultivation, with significant variations observed between regions and varieties.



**Figure 3.** The log-logistic model of plant height was obtained in the control plots in the broadcasting system according to the averages of 2015 and 2016 in the Black Sea Region.





**Figure 4.** The log-logistic model of plant height was obtained in the control plots in the broadcasting system according to the averages of 2015 and 2016 in the Black Sea Region.

**Table 5.** Plant height loss caused by herbicide-resistant *E. crus-galli* in different varieties at 25 plants/m<sup>2</sup> density, different planting methods and water levels, the average of 2015 and 2016 for the Black Sea Region (%).

Planting Methods	Variety	Water Level (cm)			LSD P<0.05
		5-7	10-15	UVV (15-20)	
Plant Height Loss (%)					
Broadcasting	Osmancık	4.3	2.2	1.5	NS
	Koral	6.9	3.8	2.3	1.7
	Gönen	10.6	9.3	10.8	NS
Transplanting	Osmancık	7.3	2.6	0	2.0
	Koral	4.7	3.9	0	1.1
	Gönen	11.9	12.4	9.7	NS

NS; LSD P<0.05 not significant

UVV; under water in winter

**Table 6.** The percentage of plant height loss caused by herbicide-resistant *E. crus-galli* in different varieties at 25 plants/m<sup>2</sup> density, different planting methods and water levels, the average of 2015 and 2016 for the Marmara Region (%).

Planting Methods	Variety	Water Level (cm)			LSD P<0.05
		5-7	10-15	UVV (15-20)	
Plant Height Loss (%)					
<b>Broadcasting</b>	Osmancık	6.2	3.9	2.6	NS
	Koral	5.9	7.8	0	1.9
	Gönen	10.1	8.6	5.9	2.2
<b>Transplanting</b>	Osmancık	6.4	5.1	1.2	1.2
	Koral	8.1	2.1	3.9	1.9
	Gönen	14.6	11.4	9.3	NS

NS; LSD P<0.05 not significant

UVV; under water in winter

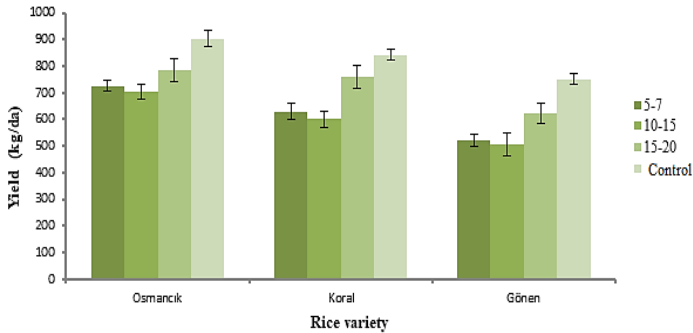
### 3.5. The Effects of Competition of *E. Crus-Galli* on Root Weight with Different Cultivars in Different Rice Growing Systems

Based on the first-year results obtained, there was no observed interaction between root fresh and dry weights, planting methods, and water levels in rice cultivars. These findings suggest that rice varieties may not play a significant role in weed competition in this context. Consequently, specific data related to these parameters are not presented.

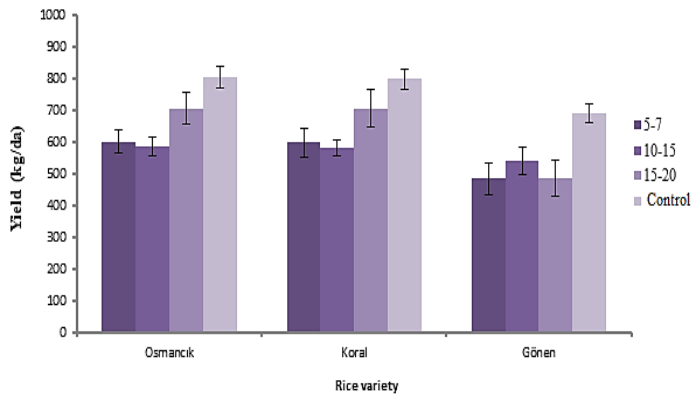
### 3.6. The Effects of Competition of *E. Crus-Galli* on Yield with Different Cultivars in Different Rice Growing Systems

The average yield values of *Echinochloa crus-galli*, obtained from the trials conducted in the Black Sea Region in 2015 and 2016, focusing on the competition between rice cultivation methods and water levels, are presented in Figure 5 and Figure 6. Among the rice cultivars, the highest grain yield of 903 kg da<sup>-1</sup> was achieved with the Osmancık variety in the control plots using the pre-germinated and broadcast sowing method. The Koral variety followed closely with a yield of 841 kg da<sup>-1</sup>. In contrast, the Gonen cultivar exhibited the lowest yield, particularly in the 5-7 cm and 10-15 cm water regimes (Figure 5). Considering the first-year results, there was a significant interaction between Region, Variety, and Water regime (Table 7). Notably, the Gonen variety suffered a product loss of over 20% at the lowest water level, highlighting the sensitivity of this variety to water availability. Regarding seedling yield, it was consistently lower across all cultivars and other factors (Figure 6). The highest yield among seedlings was recorded at 804 kg da<sup>-1</sup> in the control plots for the Osmancık variety, which employed a sprinkling method.

Following closely, the Koral variety achieved a yield of 799 kg da<sup>-1</sup>. Importantly, there was no significant difference between these two cultivars in terms of control plots, indicating their similar competitive abilities. Conversely, the lowest seedling yield of 485 kg da<sup>-1</sup> was observed in the Gonen variety under the 5-7 cm water regime (Figure 6). These findings illustrate the impact of rice cultivar, cultivation method, and water level on grain yield and highlight the importance of water management in achieving optimal crop yields.

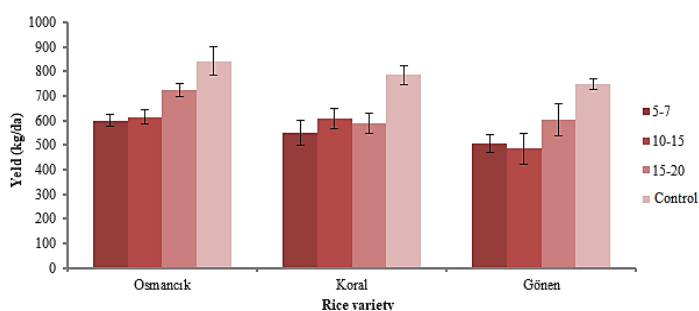


**Figure 5.** According to the averages of 2015 and 2016 in the Black Sea Region, the broadcasting method of *E. crus-galli* at a density of 25 plants/m<sup>2</sup> and the yield loss in varieties at different water levels.

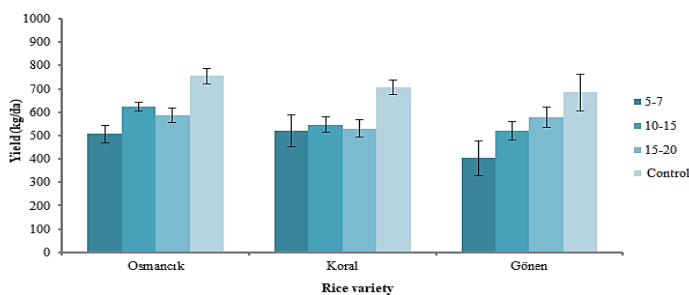


**Figure 6.** According to the averages of 2015 and 2016 in the Black Sea Region, the transplanting method of *E. crus-galli* at a density of 25 plants/m<sup>2</sup> and the yield loss in varieties at different water levels.

The yields obtained from the Marmara Region, as depicted in Figures 7 and 8, demonstrated outcomes similar to those observed in the Black Sea Region. Significant differences were identified, as in the Black Sea Region, with respect to weed competition involving planting methods, rice cultivars, and water levels. Upon examining the results for the seedling method, although similar trends were observed, it became apparent that *Echinochloa crus-galli* exhibited more pronounced competition with rice varieties. These findings underscore the consistent impact of planting methods, rice cultivars, and water levels on crop yields across different regions, emphasizing the importance of these factors in weed management and optimizing rice production.



**Figure 7.** According to the averages of 2015 and 2016 in the Marmara Region, the broadcasting method of *E. crus-galli* at a density of 25 plants/m<sup>2</sup> and the yield loss in varieties at different water levels.



**Figure 8.** According to the averages of 2015 and 2016 in the Marmara Region, the transplanting method of *E. crus-galli* at a density of 25 plants/m<sup>2</sup> and the yield loss in varieties at different water levels.

**Table 7.** The importance levels of the competition of *E. crus-galli* with different cultivars according to the ANOVA results in different rice growing systems in Marmara and Black Sea Regions according to the average of 2015 and 2016.

Variation Source	Df	Seedling Fresh Biomass	Seedling Dry Biomass	Tillering Number	Flag Leaf Area	Plant Height	Root Fresh Weight	Root Dry Weight	Yield
Year (Y)	1	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS
Region (R)	1	NS	*	*	NS	*	NS	NS	**
Variety (V)	2	NS	*	*	NS	**	NS	NS	**
Water regime(W)	2	NS	**	**	NS	**	NS	NS	**
R x Y	1	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R x V	2	NS	NS	***	NS	***	NS	NS	***
Y x V	2	*	NS	**	NS	NS	*	NS	NS
R x W	2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
V x W	4	NS	*	**	NS	**	NS	NS	**
Y x V x W	4	*	NS	*	NS	**	NS	NS	*
R x V x W	4	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	**
Y x R x V x W	4	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	**

NS; not significant

\*P<0.05 significant

\*\*P<0.01 significant

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSION

Despite the widespread use of intensive herbicides for weed control in rice cultivation globally, there remains a significant yield loss of 25-35% (Özer, 1993; Radosevich and Holt, 1984; Savary et al., 1997; 2000). If left uncontrolled, this loss can range from 45% to 90% depending on ecological and climatic conditions in different cultivated plants (Ampong-Nyarko and De Data, 1991; Moody, 1996). Developing integrated control systems that rely less on chemical control is crucial in managing weeds resistant to ALS and ACCase inhibitor herbicides (Watanabe et al., 1997; Itah et al., 1999; Fischer et al., 2000). Studies investigating integrated control possibilities for *Echinochloa crus-galli* populations resistant to ALS and ACCase inhibitor herbicides have emphasized the importance of the interaction between water levels, rice cultivars, and planting methods based on cultural pra-

ctices. Comparing sowing methods, it has been observed that broadcast sowing results in higher yields than seedling planting and demonstrates greater competitive ability against these types of weeds. This advantage is often attributed to the increased tillering of rice and its relationship with competition and yield.

Water levels have also emerged as a critical factor in weed control. Research has consistently shown that maintaining the water level at around 20 cm is essential for effective weed management. Variations in competition among rice varieties have been documented in previous studies. Fischer et al. (1997) found that competition between *Echinochloa* species and different rice varieties can lead to yield differences ranging from 27% to 60%. Other researchers have also noted that certain rice varieties exhibit varying characteristics in terms of yield and weed suppression (Callaway and Forcella, 1992; Rutger et al., 1993; Pester et al., 1999; Gibson et al., 2003b). In regions where weed competition is more pronounced, such as Asia, differences of up to 75% in weed suppression by rice varieties have been observed (Garity et al., 1992). Additionally, some researchers have found differences within the same rice type and between species (Gealy et al., 2003). Given the challenges posed by cultivation systems and weed control, using rice varieties with high competitiveness is essential (Saito et al., 2010; Chauhan and Johnson, 2011; Mennan et al., 2012).

When examining factors influencing competition between rice varieties and ALS and ACCase inhibitor herbicide-resistant *E. crus-galli*, parameters such as tillering number and rice height were identified as crucial. These parameters yielded similar results in both locations where the experiments were conducted. Overall, factors such as seedling growth rate, flag leaf area, plant height, tillering number, and leaf and root development have been recognized as important in assessing competition between different rice varieties and weeds (Fischer et al., 1997; 2001; Gibson et al., 2003a).

In conclusion, the water level has emerged as a pivotal factor in rice weed competition, and effective weed control hinges on proper water management. Given the potential challenges posed by climate change and water scarcity, it is essential to maintain the water level in rice fields at an optimal level, typically around 20 cm. Furthermore, the development of competitive and locally adapted rice varieties is considered a promising approach in integrated herbicide-resistant weed control programs.

### **Conflict of Interest**

The authors declare that there is no conflict of interest.

### **Ethics**

This study does not require ethics committee approval.

## Author Contribution Rates

Design of Study: EKA(%50), HM(%50)

Data Acquisition: EKA(%50), HM(%50)

Data Analysis: EKA(%50), HM(%50)

Writing up: EKA(%100)

Submission and Revision: EKA(%100)

## Acknowledgements

This research supported by TUBİTAK with the project number TOVAG 2140446.

## REFERENCES

- Anonymous, 2022, <http://www.weedscience.org>. (Accession date: 10.04.2023)
- Ampong-Nyarko, K., De Data, S.K., 1991. Handbook for weed control in rice. Int. RiceResearch Inst. Manila, Philippines.
- Azmi M., Watanabe, H., Abdullah, M.Z. 1994. Morphological characteristics of padi angin. In: Padi Angin Workshop. MARDI. Penang, Malaysia, 54.
- Callaway, M.B., Forcella, F. 1992. 'Crop tolerance to weeds'. In: Callaway, M.B., Francis, C.A. (Eds.), Crop Improvement for Sustainable Agriculture. University of Nebraska Press, Lincoln, NE, pp. 100-131.
- Caton, B.P., Cope, A.E., Mortimer, M. 2003. Growth traits of diverse rice cultivars under severe competition: implications for screening for competitiveness. *Field Crop Res* 83, 157-172.
- Chauhan, B.S., Johnson, D.E. 2011. Row spacing and weed control timing affect yield of aerobic rice. 121:2. 226-231.
- Chauhan, B.S., Abugho S.B. 2013. Effect of crop residue on seedling emergence and growth of selected weed species in a sprinkler- irrigated zero-till dry-seeded rice system. *Weed Science*, 61, 403-409.
- Damalas, C.A., Dhima, K.V., Eleftherohorinos, I.G. 2008. Bispyribac-sodium efficacy on early watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) as affected by co application of selected rice herbicides and insecticides. *Weed Technology*, 22, 622-627.
- Ekeleme, F., 2009. 'Response of upland rice cultivars to weed competition in the savannas o West Africa. *Crop Protection*, 28, 90-96.
- Estorninos, L.E., Gealy, E.E., Gbur, R.E., Talbert, M.R. McClelland., 2005. Rice and red rice interference. II. Rice response to population densities of three red rice (*Oryza sativa*)". *Weed Science*, 53, 683-689.
- FAO, 2022. "FAO Statistical Databases". <http://faostat.fao.org/>. (Accession date: 01.02.2023).
- Fischer, A.J., Ramirez, H.V., Lozano, J., 1997. Suppression of jun- glerice [*Echinochloa colona* (L.) Link] by irrigated rice cultivars in Latin America. *Agron. J.* 89, 516e552.
- Fischer, A.J., Bayer, D.E., Carriere, M.D., Ateh, C.M., Yim K.O., 2000. Mechanisms of Resistance to Bispyribac-Sodium in an *Echinochloa phyllopogon*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 68, 156-165.
- Garrity, D.P., Movillon, M., Moody, K., 1992. Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. *Agron. Journal*, 84, 586-591.
- Gealy, D.R., Wailes, E.J., Estorninos Jr, L.E., Chavez, R.S.C., 2003. Rice cultivar differences in suppression of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and economics of reduced propanil rates. *Weed Science*, 601-609.
- Gibson, K.D., Fischer, A.J. Foin, T.C., Hill, J.E., 2003a. Crop traits related to weed suppression in water-seeded rice (*Oryza sativa* L). *Weed Science*, 51, 87-93.
- Gibson, K.D., Fischer, A.J., 2003b. Competitiveness of rice cultivars as a tool for crop-based weed management. In Inderjit, ed. *Weed Management in Agroecosystems*. New York: Kluwer.
- Holm, L., Plucknett D., Pancho, J., Herberger, J., 1977. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. University of Hawaii Press, Honolulu. xii + 609 pp.
- Işık D., Mennan, H., 2001. Çeltikte darıcan (*Echinochloa crus-galli*) (L. P. Beauv), Kurbağa kaşığı (*Alisma plantago-aquatica* L.) ve sandalye sazının (*Scirpus ucranarus* Pollich) rekabet yeteneklerinin araştırılması. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 42, 47-57.
- Itah, K., Wang, G.X., Ohba, S., 1999. Sulfonylurea resistance in *Lindernia micrantha* an annual paddy weed in Japan. *Weed Research*, 39, 413-423.
- Johnson, D.E., Mortimer, A.M., 2005. Issues for weed management in direct seeded rice and the development of decision-support framework. In "Direct-Seeding of Rice and Weed Management in the Irrigated Rice-W-

- heat Cropping System of the Indo Gangetic Plains”(Y. Singh, G. Singh, V. P. Singh, P. Singh, B. Hardy, D. E. Johnson, and M. Mortimer,Eds.), p. 20. Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture andTechnology, Pantnagar, India.
- Mennan, H., Doğan, M.N., Yılmaz, Kutluk, N.D., Çankaya, S., Gönen, O., 2012. Çeltik ekim alanlarında sorun olan önemli bazı yabancı otların genetik çeşitliliklerinin belirlenmesi ve ALS-ACCCase inhibitörü herbisitlere dayanlı biotiplerinin moleküler ve bioassay yöntemlerle saptanması?. TÜBİTAK TOVAG Kesin Sonuç Raporu. 1080371,1-144.
- Mennan, H., Kaya-Altop, E., 2012. Molecular techniques for discrimination of late watergrass (*Echinochloa oryzicola*) and early watergrass (*Echinochloa oryzoides*) species in Turkish rice production. *Weed Science*, 60(2) 525-530.
- Moody, K., 1996. Weed management in upland rice. In Auld, B.A. and Kim, K.V. (Eds). *Weed management in rice food and Agric. Organ of the United Nation*, s.89-98, Rome.
- Ottis, B.V., Smith, K.L., Scott, R.C., Talbert, R.E., 2005. Rice (*Oryza sativa* L.) yield and quality as affected by cultivar and red rice (*Oryza sativa* L.) density. *Weed Science*, 53, 499-504.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H., Tursun, N., 2001. Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 20 Kitap Seri No: 10, Tokat.
- Pester, T.A., Burnside, O.C., Orf, J.H., 1999. Increasing crop competitiveness to weeds through crop breeding. Pages 59-76 in D. Buhler, ed. *Expanding the Context of Weed Management*. New York: Haworth.
- Radosevich, S.R., Holt, J.S., 1984. *Weed ecology: implications for management*. New York: John Wiley & Sons, 265 p.
- Rutger, J.N., 1993. New World hybridization candidates for cultivated rice. In M. T Clegg, L. V. Giddings, C. S. Lewis, and J. H. Barton, eds. *Rice Biosafety*. World Bank Technical Paper. Biotechnology Ser. 1. Washington, DC: USDA-APHIS. Pp. A-21-A-22.
- Ruiz-Santaella, J.P.R., Bastida, F.F., A.R., De Prado R., 2006. Morphological and Molecular Characterization of Different *Echinochloa* spp. and *Oryza sativa* Populations. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 54, 1166-1172.
- Saito, K., Azoma, K., Rodenburg, J., 2010. Plant characteristics associated with weed competitiveness of rice under upland and lowland conditions in West Africa. *Field Crops Research*, 116, 308-317.
- Savary, S., Srivastava, R.K., Singh, H.M., Elazegui, F.A., 1997. A characterisation of rice pests and quantification of yield losses in the rice-wheat system of India. *Crop Protection*, 16, 387-398.
- Savary, S., Willocquet, L., Elazegui, F.A., Castilla, N.P., Teng, P.S., 2000. Rice pest constraints in tropical Asia: quantification of yield losses due to rice pests in a range of production situations. *Plant Disease*, 84, 357-369.
- Talbert, R.E., Burgos, N.R., 2007. History and management of herbicide-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas rice. *Weed Technology*, 21:324-331.
- Watanabe, H., Ismail, M.Z., Ho, N., 1997. A Response of 2,4-D resistant biotype of *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl. To 2,4-D dimethylamine and its distribution in the Mudo Plain, Peninsular Malaysia. *Weed Research*, 42, 240-249.





## Using Mannitol as Drought Stress Agent on Globe Artichoke [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori]

Enginarıda [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori]  
Kuraklık Stresi Ajanı Olarak Mannitol Kullanımı

Tugce OZSAN KILIC<sup>1</sup>, Timur TONGUR<sup>2</sup>, Ahmet Naci ONUS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Antalya  
· tugceozsan@akdeniz.edu.tr · ORCID > 0000-0002-3265-6886

<sup>2</sup>Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Antalya  
· timurtongur@akdeniz.edu.tr · ORCID > 0000-0003-3030-8930

<sup>3</sup>Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Antalya  
· onus@akdeniz.edu.tr · ORCID > 0000-0001-8615-1480

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 31 Ağustos/August 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 25 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 637-656

**Atıf/Cite as:** Ozsan Kılıc, T., Tongur, T., Onus, A.N. "Using Mannitol as Drought Stress Agent on Globe Artichoke [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori]" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(3), Ekim 2023: 637-656.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Tugce OZSAN KILIC

## USING MANNITOL AS DROUGHT STRESS AGENT ON GLOBE ARTICHOKE [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) FIORI]

### ABSTRACT

The globe artichoke [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori], one of the special members of the Asteraceae family, has been consumed by people for their culinary and health advantages since ancient times. Global agricultural output and production efficiency are both hampered by adverse environmental conditions, notably drought. In order to promote breeding studies, it is crucial to use plants that are adaptable to drought stress, which negatively impacts plant productivity. It is crucial to understand the changes taking place in plants under drought stress. In the present study, artichoke seeds were initially kept in mannitol, which is a commonly used drought stress agent, in three different concentrations (50, 100, and 250 mg L<sup>-1</sup>) for 8 hours and later on obtained seedlings were subjected to same mannitol concentrations with 15 days intervals. Later on some seed germination and vegetative growth parameters, such as number of leaves, root length, stem height, plant height, chlorophyll, proline, leaf-related water contents, and total phenol-antioxidant contents in three globe artichoke cultivars (Sakız OP, Bayrampaşa OP, and Olympus F.) were investigated under drought stress. Results revealed that the impact of drought stress on artichoke seeds and seedlings varied depending on cultivars and pre-treatment and treatment concentrations

**Keywords:** Abiotic Stress, Stress Agent, Growth Parameters, Total Phenol, Content, Total Antioxidant.



## ENGİNARDA [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) FIORI] KURAKLIK STRESİ AJANI OLARAK MANNİTOL KULLANIMI

### ÖZ

Asteraceae familyasının önemli üyelerinden biri olan enginar [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori], eski çağlardan beri mutfak ve sağlık açısından faydaları nedeniyle insanlar tarafından tüketilmektedir. Küresel tarımsal üretim ve üretim verimliliği, başta kuraklık olmak üzere olumsuz çevre koşulları nedeniyle sekteye uğramaktadır. Bitki verimliliğini olumsuz etkileyen kuraklık stresine dayanıklı bitkilerin kullanılması, ıslah çalışmalarının teşvik edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Kuraklık stresi altında bitkilerde meydana gelen değişiklikleri anlamak çok önemlidir. Bu çalışmada enginar tohumları ilk olarak yaygın olarak kullanılan kuraklık stres ajanı olan mannitol içerisinde üç farklı konsantrasyonda

(50, 100 ve 250 mg L<sup>-1</sup>) 8 saat süreyle bekletilmiş ve daha sonra elde edilen fideler 15 gün aralıklarla aynı mannitol konsantrasyonlarına tabi tutulmuştur. Daha sonra üç enginar çeşidinde (Sakız, Bayrampaşa ve Olympus F<sub>1</sub>) yaprak sayısı, kök uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki boyu, klorofil, prolin, yaprağa bağlı su içeriği ve toplam fenol-antioksidan içeriği gibi bazı tohum çimlenmesi ve vejetatif büyüme parametreleri kuraklık stresi altında araştırılmıştır. Sonuçlar, kuraklık stresinin enginar tohumları ve fideleri üzerindeki etkisinin çeşitlere, ön işleme ve uygulama konsantrasyonlarına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Abiyotik Stres, Stres Ajanı, Büyüme Parametreleri, Toplam Fenol İçeriği, Toplam Antioksidan İçeriği.



## 1. INTRODUCTION

The globe artichoke [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori] is an important perennial species and a crop alternative medicine. It has been extensively cultivated, particularly in the various countries of the Mediterranean basin.

The alterations that arise in the environmental circumstances of the plants and the changes that impact all developmental phases in an unfavorable sense are expressed as 'biological stress'. Stress factors are categorized as 'biotic' such as bacteria and viruses, or 'abiotic' such as salinity, drought, etc., and may have serious negative effects on plants at all stages of their lifespan. Stress factors not only have a detrimental impact on plant growth and development, but they also reduce production and yield. Abiotic stress factors are thought to have alarming dangers that threaten the sustainability of agriculture and the ability to meet future generations' food needs (He et al., 2018). While 20% of irrigated fields and more than 6% of the world's cultivated land struggle with salinity challenges, the fact that 45% of them are under drought stress and it makes the severity of the situation quite clear (Ashraf and Foolad, 2007; Munns and Tester, 2008; Kuşvuran, 2010).

Plants are subjected to a drought stress restricts plant growth and causes a variety of physical, physiological, biochemical, and molecular problems in plants (Gong et al., 2005; Martinez et al., 2007; Sankar et al., 2008). The photosynthetic process of plants is negatively influenced by drought stress, and various qualitative and quantitative variations in the components of chlorophyll occur. Therefore, while the accumulation of reactive oxygen species (ROS) increases and the balance in the cells' defense mechanisms is upset, the plant-water relationship deteriorates as a result of the disruptions in the plants' photosynthetic order and the irregularity of their nutrient intake (Munns and Tester, 2008; Kuşvuran, 2010; Choudhury et al., 2017). All of these circumstances hinder plants growing and developing nor-

mally, cause yield and quality losses, and, probably more crucially, threaten food safety (Mancosu et al., 2015; Cao et al., 2018; Dawood et al., 2021).

In their study, Mozdzeń et al. (2015) examined the impact of mannitol, a polyhydric alcohol that is used to induce osmotic stress in plants as a result of drought in maize. According to the findings of their investigation, mannitol adversely affected corn plant germination, decreased water intake, and delayed plant growth and development. It was also noted that it affected the amount of chlorophyll and gas exchange in the leaves.

The present study is focused on revealing the effects of different dosages of mannitol as drought stress agent on seed germination and some vegetative growth parameters (number of leaves, root length, stem and plant heights, contents leaf-related water, chlorophyll, proline, and total phenol-antioxidant in three globe artichoke cultivars.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Plant Materials, Growing Conditions and Treatments

The present study was carried out at Akdeniz University, Faculty of Agriculture, and Department of Horticulture. Seeds of two open-pollinated (OP) globe artichoke cultivars namely Sakız and Bayrampaşa and, one F<sub>1</sub> hybrid cultivar, Olympus, were employed as plant material in the current study. For these objective, plastic pots with 35 cm diameter – 13 cm lengths were used. As growing medium, a combination of peat: perlite (2:1, v/v) was utilized. Starting 2 days before the seed sowing, the peat: perlite mixture was irrigated with tap water. Irrigation was continued every day in order to keep soil moisture at field capacity. Five seeds of three artichoke cultivars were sown in each plastic growing pot, and then as the first true leaf emerged, plants were reduced to two plants in each plastic pot.

### 2.2. Pre-Treatment Process of Seeds

The seeds of artichoke cultivars were subjected to surface sterilization with 0.1% mercury (II) chloride (mercuric chloride) for 5 minutes, and then rinsed 4 times with sterile distilled water (Dawood et al., 2021). For the pre-treatment of drought stress, after the sterilization process, the seeds were kept in 50 mg L<sup>-1</sup> (M 50), 100 mg L<sup>-1</sup> (M 100), and 250 mg L<sup>-1</sup> (M 250) concentrations of mannitol for 8 hours. Then, pre-treated seeds and control group seeds were sown in plastic pots. After sowing seeds, all pots were treated with 100 mL of semi-strength Hoagland nutrient solution (Dawood et al., 2021) and the same solution was applied on the

10<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> days during the growth processes of the plants. The prepared nutrient solution pH was adjusted to 5.5 with 0.1 mM KOH. The measurements of the seedlings in the pots were made in accordance with the determined parameters and recorded as the first measurement values.

### 2.3. Treatment of Mannitol to Seedlings and Measurements

Following the seed sowing, mannitol treatments to seedlings were conducted on the plants with three or four true leaves. A total of 200 mL mannitol solution was given at 50 mg L<sup>-1</sup> (M 50), 100 mg L<sup>-1</sup> (M 100), and 250 mg L<sup>-1</sup> (M 250) concentrations, with 15 days intervals (day 0, day 15, day 30), while the control group was treated with only distilled water. At the end of the 45<sup>th</sup> day, observations about some growth parameters (length of shoot and root, shoot diameter, fresh and dry weights of leaves) were recorded. The evaluation of the obtained data as a result of the treatments was recorded as a second measurement.

After sowing, seed emergence time, emergence rates, first true leaf emergence time, and germination percentages of seeds were recorded. At the end of the mannitol treatments, measurements were taken regarding growth parameters. Accordingly, from 10 randomly selected plants; length of shoots and roots, shoot diameters, fresh weights of the leaves were measured. Finally, after keeping the leaves in an oven set at 70 °C for 72 hours, dry weights were scaled. To measure the amount of chlorophyll in the leaves, a portable chlorophyll meter called the SPAD (SPAD-502, Minolta Corporation, Ltd., Osaka, Japan) was employed. To ascertain the SPAD values, measurements were conducted at the leaf center. Twenty random readings were performed for each application, averaged, and then transformed into a single SPAD value. Using a digital scale (0.0001 g), the weights of the leaves, while they were fresh and dried, were calculated.

### 2.4. Determination of the Leaf Relative Water Content (LRWC)

The fresh weights of leaf samples taken randomly from plants under mannitol treatments and control groups were scaled. Removed leaves were transferred to petri dishes containing pure water, kept under low light intensity for 4 hours, and turned into turgor. At the end of the 4 hours, the weight of the turgor leaves was measured and recorded as “turgid weight”. Afterward, the turgid leaves were kept in an oven set at 65 °C for 48 hours, then weighed and their “dry weight” was expressed in g. Accordingly, the relative water contents (%) of these leaf samples were calculated based on down stated formula (1) (Sanchez et al., 2004; Kuşvuran, 2010);

$$\text{LRWC (\%)} = [(\text{Fresh weight} - \text{Dry weight}) / (\text{Turgid weight} - \text{Dry weight})] \times 100 \quad (1)$$

## 2.5. Biochemical Analyses

### 2.5.1. Quantification of Chlorophyll (by spectrophotometer)

A total of 200 mg fresh leaf samples were grounded in 80% acetone prepared in dark and homogenized. After filtering the homogeneous leaf samples acetone was added to extract to make it up to 10 mL, then chlorophyll amounts of leaf samples were measured at 652 nm with a spectrophotometer device (Kuşvuran, 2010).

### 2.5.2. Determination of Proline Content

The acid-ninhydrin method and the spectrophotometric approach were both employed to calculate the proline concentration. The following protocol has been employed to serve the purpose. A total 100 mg fresh leaf sample weighed, and crushed in liquid nitrogen. The powdered materials were extracted in 2 mL of 40% methanol. One mL of glacial acetic acid, 6 M orthophosphoric acid and 25 mg of ninhydrin were added on top of the 1 mL obtained extract. This mixture was incubated at 100 °C for one hour. After adding 5 mL of toluene, the tubes were thoroughly mixed, and then were allowed to cool down. After cooling down two distinct phase forms were obtained as a consequence. The upper phase was examined with a spectrophotometer at a wavelength of 528 nm to determine the proline quantity. After drawing calibration curves and expressing them as mmol g<sup>-1</sup> proline fresh weight, the proline quantity in the leaves was calculated using the L-proline standard.

### 2.5.3. Determination of Total Phenol-Antioxidant Contents

The leaf sample's total phenol content was calculated using the Singleton et al. (1999) approach. The Folin-Ciocalteu reagent (FCR) was used to accomplish the goal. Ethanol was used to dilute the leaf sample extracts to a 500 g mL concentration before adding 0.5 mL of FCR. After shaking the extracts for three minutes to homogenize, 0.5 mL of saturated Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution was added, which was followed by adding 5 mL of diluted de-ionized water. After completing these steps, the mixture was placed in the dark for two hours, and then absorbance readings were calculated using a spectrophotometer set at 760 nm. The outcomes were presented as gallic acid equivalent (mg GAE/g extract), which was done by making a calibration curve for gallic acid.

The following method was used for estimating the total antioxidant content of leaf samples. One mL of each buffer solution of copper (II), neocuproin, and ammonium acetate were added to each test tube containing the leaf sample extracts. Then, antioxidant solution and distilled water were added to each test tube to complete the total volume to 4.1 mL. A spectrophotometer was used to determine the absorbance values at 450 nm after they had been well agitated and kept at room temperature for 30 minutes.

## 2.6. Statistical Analyses

An entirely randomized factorial design with three replications was used to conduct the current experiment and the statistical software JMP version 5.0.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was used to analyze the data.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

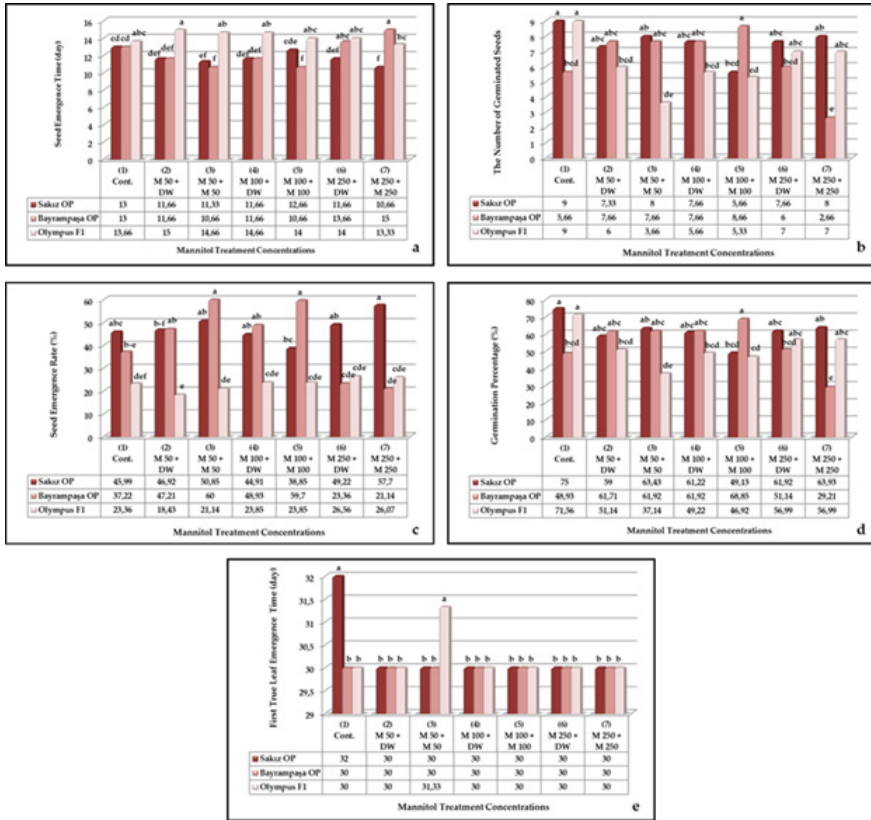
### 3.1. Effects of Mannitol on Seeds From Emergence to Germination

There were statistically significant differences among cultivars and mannitol treatment concentrations regarding their respond to mannitol applications based on data obtained on seed emergence times, number of germinated seeds, seed emergence rates (%) and germination percentage (%). Application of 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol solution ended with statistically significant differences on seed emergence times of Sakız OP and Bayrampaşa OP cultivars in a comparison to control treatment (Figure 1a). It was determined that the applied mannitol concentrations suppressed the number of germinated seeds, and the seeds in the control group germinated better than all other mannitol applications (Figure 1b). Results revealed that seed emergence rate of Sakız OP cultivar was not adversely affected by increasing mannitol concentration. In many studies, it has been reported that the regression detected in seed development was due to the increase in the dose of mannitol (Sadeghian and Yavari, 2004; Younis et al., 2010). In the present study, it was determined that the treatment Bayrampaşa OP cultivar seeds with 50 mg L<sup>-1</sup> and 100 mg L<sup>-1</sup> of mannitol solutions did not have any negative affect on seed emergence rate. However, in present study at the highest mannitol application concentration (M 250 + M 250) resulted with the highest seed emergence rate for Sakız OP cultivar, clearly indicating cultivar response to mannitol treatments may vary based on the cultivar used (Figure 1c).

In terms of germination percentage (%), the seeds of Sakız OP and Olympus F<sub>1</sub> cultivars had the highest germination percentage in the control application, while the seeds of Bayrampaşa OP cultivar demonstrated the highest germination percentage at 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol pre-treatment (Figure 1d). It clearly shows that although there are differences in germination percentages in terms of their response to pre-treatment on the basis of cultivars, Bayrampaşa OP cultivar is more tolerant to drought conditions compared to the other two cultivars. The negative effect of germination by applied mannitol as a drought agent has been reported in previous studies. The rate of germination decreased when drought stress was introduced. The study's findings are not in line with those of other studies (Gholamin and Khatnezhad, 2010; Jorenush and Rajabi, 2015), maybe due to cultivar differences.

Considering the first true leaf emergence times were negatively affected for Sakız OP cultivar with the control group and Olympus F<sub>1</sub> cultivar with 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol pre-treatment (Figure 1e). This clearly shows that there are differences between the first true leaf emergence times in terms of their response to pre-treatment on the basis of cultivars, and some cultivars do not positively respond to low mannitol solution. As it is known, water is an essential component of photosynthesis, a fundamental transporter of nutrients, and has a role in ensuring the optimal plant growth and development. Water stress is often defined as either abundance or an absence of water that significantly affects the biochemical and physiological functions of plants. It becomes apparent in the early stages of the life cycle of plants and inhibits seed germination (Możdżeń et al., 2015). However, in the current study, it was determined that drought pre-treatments on seeds did not have negative effects at certain concentrations, but on the contrary, showed positive effects in some growth parameters such as first true leaf emergence. So, it is thought that the negative effect of drought stress on the life cycles of plants is related to the severity of drought stress and the tolerance levels of varieties.





(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

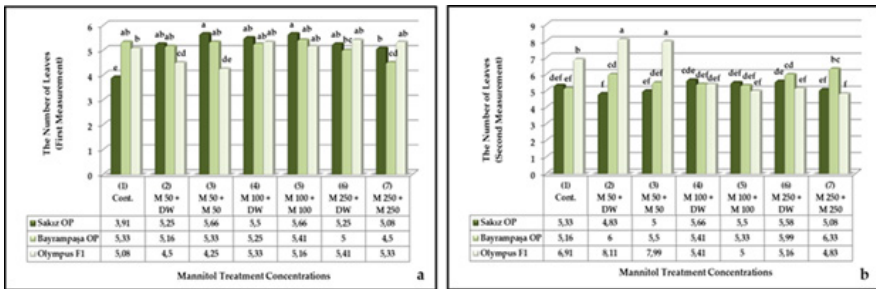
(2): (a) LSD cultivars\* = 0,620; LSD treatments = 0,947; LSD cult. x treat.\* = 1,641; (b) LSD cultivars\* = 0,901; LSD treatments = 1,376; LSD cult. x treat.\* = 2,384; (c) LSD cultivars\* = 5,954; LSD treatments = 9,095; LSD cult. x treat.\* = 15,753; (d) LSD cultivars\* = 5,966; LSD treatments = 9,114; LSD cult. x treat.\* = 15,785; (e) LSD cultivars = 0,312; LSD treatments\* = 0,476; LSD cult. x treat.\* = 0,825.

(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 1.** Effect of mannitol as drought agent on; (a) seed emergence times, (b) the number of germinated seeds, (c) seed emergence rates (%), (d) germination percentage (%), (e) first true leaf emergence times.

### 3.2. Effects of Mannitol on Growth Parameters

When the effects of mannitol treatment on the number of leaves of the cultivars were evaluated, there was no statistical difference among the cultivars in the first measurement, although there was in the second, while there were statistically important differences among the mannitol treatments, for both measurements. As can be seen from the Figure 2, Sakız OP cultivar had the highest number of leaves in the first measurements of 50 mg L<sup>-1</sup> and 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol concentrations. However, in the second measurement, the response of the Olympus F<sub>1</sub> cultivar to 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol solution was found to be better than the other cultivars and among mannitol treatment doses. Results clearly show that although there was no negative effect of drought pre-treatment in early stage of life cycles, those pre-treatments may lead negativities in later stage of life cycles.



(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

(2): (a) LSD cultivars = 0,203; LSD treatments\* = 0,311; LSD cult. x treat.\* = 0,539; (b) LSD cultivars\* = 0,261; LSD treatments\* = 0,399; LSD cult. x treat.\* = 0,692.

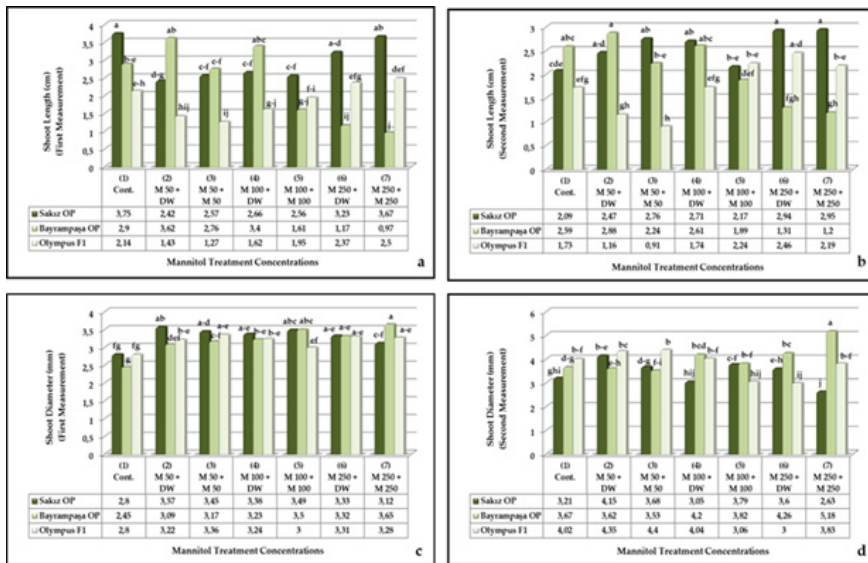
(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 2.** Effect of mannitol as drought agent on the number of leaves: (a) first measurement, (b) second measurement.

Considering the shoot lengths of the seedlings of the cultivars, statistical differences were determined among cultivars and mannitol concentrations in both measurements taken. In Figure 3a and 3b, although there were statistically significant differences among cultivars and application concentrations, it was seen that pre-treatment did not have a positive effect on shoot length, except for 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol concentrations in Sakız OP cultivar and 50 mg L<sup>-1</sup> in Bayrampaşa OP cultivar. However, looking at the second measurement data, it is clearly seen that 250

mg L<sup>-1</sup> of mannitol application or the addition of distilled water positively affects the shoot length in the 250 mg L<sup>-1</sup> pre-treatment Sakız OP cultivar.

Considering shoot diameters of the seedlings, no difference was determined among the cultivars in the first measurement, but all treatments were found to be effective. In the second measurement, statistical differences were recorded among the cultivars and treatments. Bayrampaşa OP cultivar with 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol treatment came to the fore regarding shoot diameter among other treatments and cultivars (Figure 3c and d).



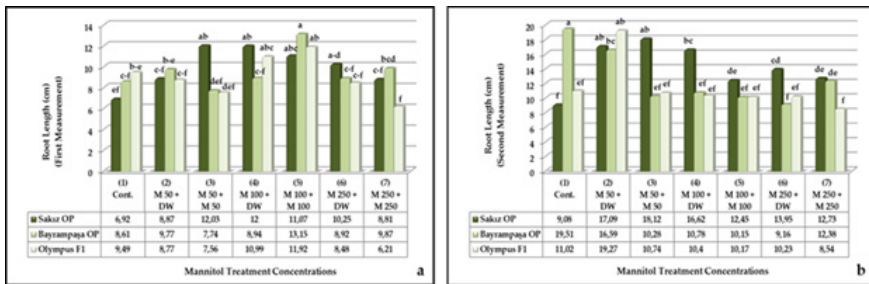
(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

(2): (a) LSD cultivars\* = 0,316; LSD treatments\* = 0,484; LSD cult. x treat. \* = 0,838; (b) LSD cultivars\* = 0,228; LSD treatments = 0,349; LSD cult. x treat. \* = 0,605; (c) LSD cultivars = 0,149; LSD treatments\* = 0,228; LSD cult. x treat.\* = 0,395; (d) LSD cultivars\* = 0,216; LSD treatments = 0,330; LSD cult. x treat. \* = 0,573.

(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 3.** Effect of mannitol as drought agent on shoot lengths; (a) first measurement, (b) second measurement; shoot diameters (c) first measurement, (d) second measurement.

Regarding the root lengths, there was no difference among the cultivars in the first measurement, but a statistically significant difference was determined in the second measurement and the Sakız OP cultivar had the longest root length. Accordingly, 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol pre-treatment on Bayrampaşa OP seeds had positive effect on root length, while there were no positive effects of various mannitol concentrations on root length in the all second measurements (Figure 4). Due to the fact that roots are in direct contact with the soil and absorb water from the soil, root length is one of the most significant drought stress features. Because of this, root length is a crucial indicator of how a plant will react to drought stress (Mostafavi et al., 2011).



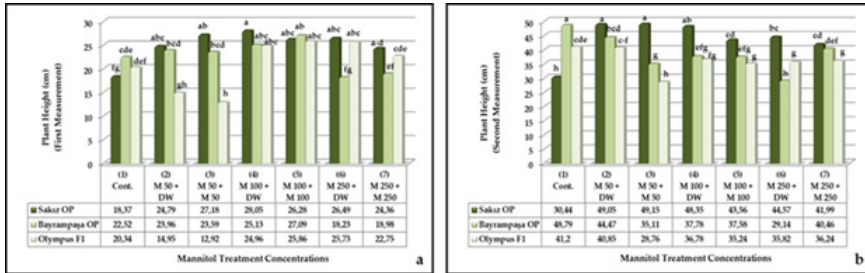
(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

(2): (a) LSD cultivars = 1,105; LSD treatments\* = 1,688; LSD cult. x treat.\* = 2,923; (b) LSD cultivars\* = 1,041; LSD treatments\* = 1,590; LSD cult. x treat.\* = 2,755.

(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 4.** Effect of mannitol as drought agent on root lengths; (a) first measurement, (b) second measurement.

Considering plant heights, statistically significant differences were found among cultivars and mannitol treatments. Mannitol pre-treatment concentrations did not produce positive results on plant height, excluding pre-treatment of 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol concentration with Sakız OP cultivar. However, it is clearly seen from Figure 5 that the responses of cultivars to mannitol treatments were different. Applying 50 mg L<sup>-1</sup> of mannitol or distilled water to the 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol pre-treated Sakız OP cultivar resulted with satisfactory results on plant height.



(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

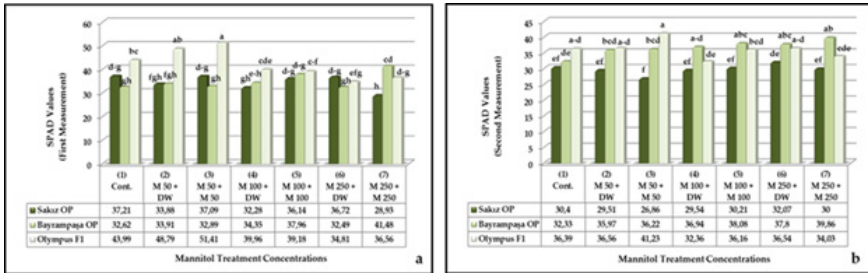
(2): (a) LSD cultivars\* = 1,514; LSD treatments\* = 2,313; LSD cult. x treat.\* = 4,00; (b) LSD cultivars\* = 1,546; LSD treatments\* = 2,361; LSD cult. x treat.\* = 4,090.

(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 5.** Effect of mannitol as drought agent on plant heights; (a) first measurement, (b) second measurement.

One of the primary abiotic stress factors that may limit plant growth as well as affect the biochemical structure of plants is drought stress (Anjum et al., 2012; Grand et al., 2014). Due to its high foliage yield and lengthy production cycle, artichokes demand a lot of water, but once they develop after the first year, they are quite drought tolerant and can endure low water conditions (Fernández et al., 2006). The reduction or absence of nutrition transfer from seed-storage tissues to embryos during drought circumstances is one of the mechanisms that led to a drop in shoot length. Additionally, during drought stress, seeds absorb less water, resulting in with a decrease on hormone and enzyme output, which consequently hinders seedling development on root and shoot development of seedlings. Regarding the findings of the current study on seedling growth parameters, it was seen that applied mannitol concentrations negatively affected seedling growth and development. However, it has been clearly revealed that the pre-treatment of artichoke seeds with 50 mg L<sup>-1</sup> or 100 mg L<sup>-1</sup> of mannitol solution positively affected seedling growth and development.

Related to SPAD values of leaves, it was determined that there were statistical differences among cultivars and mannitol treatments in both measurements. Olympus F<sub>1</sub> cultivar showed the highest SPAD values with 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol application in both pre-treatment of seeds and further mannitol treatment (Figure 6).



(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

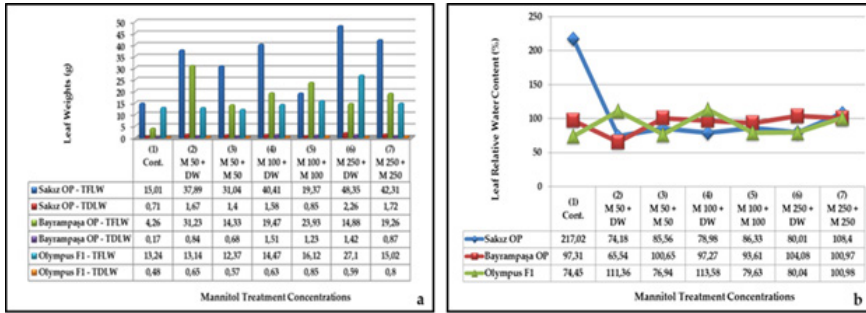
(2): (a) LSD cultivars\* = 2,145; LSD treatments\* = 3,276; LSD cult. x treat.\* = 5,675; (b) LSD cultivars\* = 1,880; LSD treatments = 2,873; LSD cult. x treat.\* = 4,976.

(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 6.** Effect of mannitol as drought agent on; SPAD values, (a) first measurement, (b) second measurement.

### 3.3. Leaf Relative Water Content (LRWC)

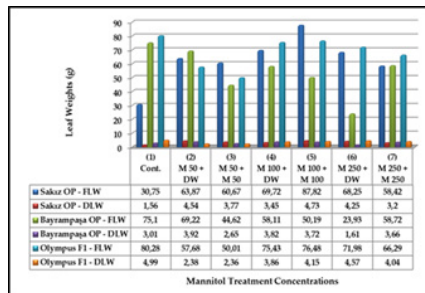
Turgid fresh (TFLW) and dry leaves (TDLW) were recorded, and the changes in the weights were presented in the charts below (Figure 7a). The relative water content (%) of the leaves belonging to the cultivars was presented in the following graphic (Figure 7b). The relative water content, which depicts the water status of plant tissues under water stress, is another stress level indicator. The relative water content of artichoke leaves was affected by different mannitol concentrations applied. Although relative water content is known to decrease in conditions of water scarcity or extreme stress, it was shown that this drop was cultivar-specific in the current study. The relative water content relates to cell volume and represents the balance between absorbed water and water consumed by transpiration (Hassanzadeh et al., 2009). The relationship between retaining high relative water content and tolerance to drought stress is the key factor that provides better conditions for a plant's metabolic functions via osmotic regulation (Nouraei et al., 2018).



**Figure 7.** Effect of mannitol as drought agent on; (a) Turgid fresh (TFLW) and dry leaf (TDLW) weights; (b) Leaf relative water content.

### 3.4. Biochemical Analyses

After the measurements, the fresh and dry weights of the leaves (fresh leaf weight ‘FLW’, dry leaf weight ‘DLW’) were recorded, and the changes in the weights were presented in the Figure 8.



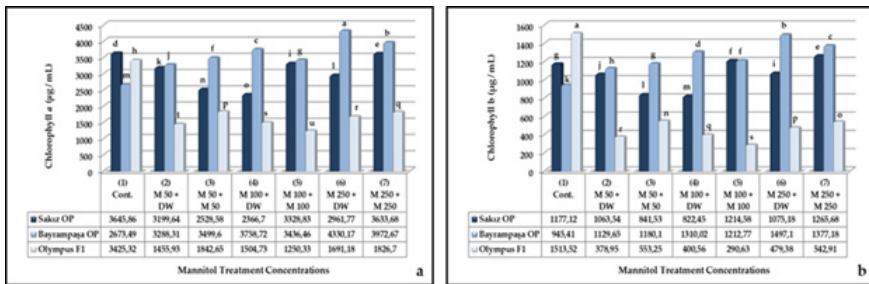
**Figure 8.** Effect of mannitol as drought agent on; artichoke fresh leaf weight ‘FLW’, dry leaf weight ‘DLW’.

In order to reveal the effects of different doses of mannitol applied to the seedlings, biochemical analyses were carried out after determining the fresh and dry weights of the leaf samples of the cultivars.

Considering the effects of mannitol treatments in terms of chlorophyll *a* and *b* contents in artichoke leaves, statistically significant differences were determined among both cultivars and mannitol treatment doses (Figure 9). In light of the obtained data, the highest amount of chlorophyll *a* was recorded in 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol pre-treated Bayrampaşa OP cultivar, while the highest chlorophyll *b* obtained in the control group of Olympus F<sub>1</sub> cultivar. Considering drought stress, the redu-



ctions in chlorophyll levels in the leaves of artichokes and chickpeas were determined by Mafakheri et al. (2010) and Nouraei et al. (2018), respectively, while the chlorophyll content of potatoes has not changed according to Masoudi-Sadaghiani et al. (2011). Results of present study clearly shows there was no positive effect of mannitol treatments on chlorophyll *a* formation while, there was a positive effect of mannitol pre-treatment at high volume concentrations. Regarding chlorophyll *b*, there was no increase on chlorophyll *b* formation for both mannitol pre-treatment and treatments.



(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

(2): (a) LSD cultivars\* = 2,631; LSD treatments\* = 4,02; LSD cult. x treat.\* = 6,962; (b) LSD cultivars\* = 1,901; LSD treatments\* = 2,904; LSD cult. x treat.\* = 5,030.

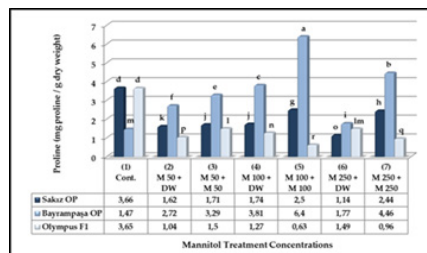
(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 9.** Effect of mannitol as drought agent on; (a) Chlorophyll *a* and (b) Chlorophyll *b* contents in artichoke leaves.

When the results of mannitol treatments in terms of proline amount were examined, statistically significant differences were determined among cultivars and mannitol treatments (Figure 10). It was determined that the highest amount of proline was obtained in Bayrampaşa OP cultivar with 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol treatment. The rise of the proline concentration levels in globe artichoke leaves based on mannitol treatment doses and time is in agreement with other researches on different crops such as *C. annuum*, *M. pomifera*, *A. thaliana* (Anjum et al., 2012; Spirdouli and Moustakas, 2012; Khaleghi et al., 2019). Due to proline's dual roles as an osmotic agent and a radical scavenger, its production and accumulation have been linked to plants' ability to withstand drought stress. Proline acts as an osmo-compatible substance as well as a non-enzymatic antioxidant (Gill and Tuteja, 2010; Kauer and Asthir, 2015). When cells are under stress, proline can assist



reduce their osmotic capacity and protect proteins by maintaining their chemical composition (Hossain et al., 2014). Proline may act as a free radical scavenger and also it may have performed a crucial role in the plant amelioration process after stress conditions (Khaleghi et al., 2019).



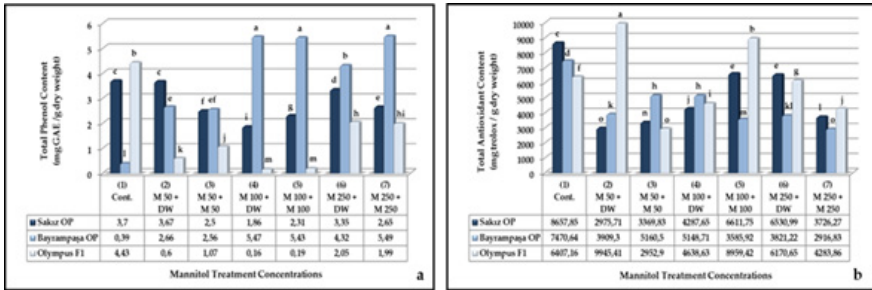
(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

(2):  $LSD\ cultivars^* = 0,00940$ ;  $LSD\ treatments^* = 0,014$ ;  $LSD\ cult.\ x\ treat.^* = 0,024$ .

(3): Abbreviations: M50 =  $50\ mg\ L^{-1}$  mannitol, M100 =  $100\ mg\ L^{-1}$  mannitol, M250 =  $250\ mg\ L^{-1}$  mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 10.** Effect of mannitol as drought agent on proline amount of artichoke leaves.

Considering the total phenol and total antioxidant contents, statistical differences were determined among cultivars and mannitol treatments, as can be seen in Figure 11. In the current study, drought stress led to an increase in phenolic content. It is thought that the increase detected in the total polyphenol content may be related to the lignification of the cell wall and the production of specific amino acids in order to provide osmotic regulation. Therefore, the increase is perceived as a biochemical response of plants when they encounter various stress conditions (Salem et al., 2014; Okunlola et al., 2017). On the other hand, in the current study, the highest total antioxidant content among mannitol treatments was recorded in the control group. Similarly, in the studies conducted by Nouraei et al. (2018) and Lucini et al. (2016), they stated that flavonoids decreased in artichoke leaves when they were subjected to stress conditions. Therefore, it was thought that it caused changes in the levels of genes that had important roles in the biosynthesis of flavonoids, which lead to a change on antioxidant content under drought conditions and also decreases the beneficial components of artichoke leaves (Yuan et al., 2012; Nouraei et al., 2018).



(1): Different letters among cultivars and mannitol treatments denote significant differences (LSD test,  $p < 0.05$ ).

(2): (a)  $LSD_{cultivars}^* = 0,055$ ;  $LSD_{treatments}^* = 0,084$ ;  $LSD_{cult. \times treat.}^* = 0,146$ ; (b)  $LSD_{cultivars}^* = 40,852$ ;  $LSD_{treatments}^* = 62,403$ ;  $LSD_{cult. \times treat.}^* = 108,086$ .

(3): Abbreviations: M50 = 50 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M100 = 100 mg L<sup>-1</sup> mannitol, M250 = 250 mg L<sup>-1</sup> mannitol; DW = Distilled water; Cont. = Control.

**Figure 11.** Effect of mannitol as drought agent on; (a) Total phenol, (b) Total antioxidant contents.

## CONCLUSION

Findings of current study clearly revealed that different mannitol treatment concentrations largely affected globe artichoke physiological and biochemical characteristics. Results of the present study also indicated that response to mannitol treatments relating to seed and seedling growth parameters, chlorophyll, proline, total phenol, and total antioxidant contents varied based on cultivar differences. Considering the results of the second measurement obtained from the treatment, it is thought that the obtained results might have been affected by the pre-treatment. Therefore, it is recommended to use different mannitol concentrations and various drought-tolerant cultivars for future studies.

### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

### Ethics

This study does not require ethics committee approval.

## Author Contribution Rates

Design of Study: TOK (%60), ANO (%40)

Data Acquisition: TOK (%50), TT (%15), ANO (%35)

Data Analysis: TOK (%50), TT (%30), ANO (%20)

Writing up: TOK (%65), ANO (%35)

Submission and Revision: TOK (%60), ANO (%40)

## Acknowledgments

Thanks to Assoc. Prof. Mehmet Ali SARIDAS from Çukurova University for his contribution to statistical analysis.

## REFERENCES

- Anjum, S.A., Farooq, M., Xie, X., Liu, X., Ijaz, M.F. 2012. Antioxidant defense system and proline accumulation enables hot pepper to perform better under drought. *Sci. Hortic.*, 140: 66-73.
- Ashraf, M., Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. and Experim. Bot.*, 59: 206-216.
- Cao, D., Li, Y., Liu, B., Kong, F., Tran, L.S.P. 2018. Adaptive mechanisms of soybean grown on salt-affected soils. *Land Degrad. Dev.*, 29: 1054-1064.
- Choudhury, F.K., Rivero, R.M., Blumwald, E., Mittler, R. 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *Plant J.*, 90: 856-867.
- Dawood, M.F.A., Al Mamun Sohad, A., Tahjib-Ul-Arif, M., Abdel Latef, A.A.H. 2021. Hydrogen sulfide priming can enhance the tolerance of artichoke seedlings to individual and combined saline-alkaline and aniline stresses. *Plant Phys. and Biochem.*, 159: 347-362.
- Fernández, J., Curt, M. D., Aguado, P.L. 2006. Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses. *Indian Crop Production*, 24: 222-229.
- Gholamin, R., Khayatnezhad, M. 2010. Effects of polyethylene glycol and NaCl stress on two cultivars of wheat (*Triticum durum*) at germination and early seeding stages. *American – Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 9: 86-90.
- Gill, S.S., Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Bioch.*, 48: 909-930.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., Chenglie, Z. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Sci.*, 169(2): 313-321.
- Grand, K. J., Kreyling, L. F. H., Dienstbach, C., Beierkuhnlein Jentsch, A. 2014. Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of a temperate grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 186: 11-22.
- Hassanzadeh, M., Ebadi, A., Panahyan-e-Kivi, M., Eshghi, A.G., Jamaati-e-Somarin, S.H., Saeidi, M., Zabi-hi-e-Mahmoodabad, R. 2009. Evaluation of drought stress on relative water content and chlorophyll content of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes at early flowering stage. *Res. J. Environ. Sci.*, 3: 345-350. <http://doi.org/10.3923/rjes.2009.345.350>.
- He, M., He, C.Q., Ding, N.Z. 2018. Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multi stress tolerance. *Front. Plant Sci.*, 9: 1771.
- Hossain, M.A., Hoque, M.A., Burritt, D.J., Fujita, M. 2014. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms. In *Oxidative damage to plants*. pp 477-522 (Academic Press: Cambridge, MA, USA).
- Jorenush, M.H., Rajabi, M. 2015. Effect of drought and salinity tensions on germination and seedling growth of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 3: 297-302.
- Kauer, G., Asthir, B. 2015. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. *Biol. Plantarum.*, 59: 609-619.

- Khaleghi, A., Naderi, R., Brunetti, C., Maserti, B.E., Salami, S.A., Babalar, M. 2019. Morphological, physiochemical and antioxidant responses of *Maclura pomifera* to drought stress. *Scientific Reports*, 9: 19250. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55889-y>.
- Kuşvuran, Ş. 2010. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar, 356 s.
- Lucini, L., Borgognone, D., Roupael, Y., Cardarelli, M., Bernardi, J., Colla, G. 2016. Mild potassium chloride stress alters the mineral composition, hormone network, and phenolic profile in artichoke leaves. *Front. in plant sci.*, 7: 948.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Aust. J. Crop Sci.*, 4: 580-585. <http://doi.org/10.11658.100>.
- Mancosu, N., Snyder, R.L., Kyriakakis, G., Spano, D. 2015. Water scarcity and future challenges for food production. *Water*, 7: 975-992. <http://dx.doi.org/10.3390/w7030975>.
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F., Pinto, M. 2007. Effects of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Eur J Argon*, 26: 30-38.
- Masoudi-Sadaghiani, F., Abdollahi-Mandoulakani, B., Zardoshti, M.R., Rasouli-Sadaghiani, H., Tavakoli, A. 2011. Response of proline, soluble sugars, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) to different irrigation regimes in greenhouse condition. *Aust. J. Crop Sci.*, 5: 55-60.
- Mostafavi, K., Sadeghi Give, H., Dadresan, M., Zarabi, M. 2011. Effects of drought stress on germination indices of corn hybrids (*Zea mays* L.) *Int J AgriSci*, 1(2):10-18.
- Możdżeń, K., Bojarski, B., Rut, G., Migdałek, G., Repka, P., Rzepka, A. 2015. Effect of drought stress induced by mannitol on physiological parameters of maize (*Zea mays* L.) seedlings and plants. *J Microbiol Biotech Food Sci*, 4(2): 86-91.
- Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol.*, 59: 651-681.
- Nouraei, S., Rahimmalek, M., Saeidi, G. 2018. Variation in polyphenolic composition, antioxidants and physiological characteristics of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* Hayek L.) as affected by drought stress. *Scientia Hort.*, 233: 378-385.
- Okunlola, G.O., Olatunji, O.A., Akinwale, R.O., Tariq, A., Adelusi, A.A. 2017. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. *Sci. Hortic.*, 224: 198-205. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.020>.
- Sadeghian S.Y., Yavari, N. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. *J. Agronomy & Crop Science*, 190: 138-144.
- Salem, N., Msaada, K., Dhifi, W., Sriti, J., Mejri, H., Limam, F., Marzouk, B. 2014. Effect of drought on safflower natural dyes and their biological activities. *Excli. J.*, 13: 1-18. <http://doi.org/10.17877/DE290R-15490>.
- Sanchez, F.J., Andres, E.F., Tenorio, J.L., Ayerbe, L. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Res.*, 86: 81-90.
- Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvan, R. 2008. Relative efficacy of water use in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. under water limited conditions. *Biointerfaces*, 62: 125-129.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and anti-oxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth. in Enzym.*, 299: 152-178.
- Sperdouli, I., Moustakas, M. 2012. Interaction of proline, sugars, and anthocyanins during photosynthetic acclimation of *Arabidopsis thaliana* to drought stress. *Plant Physiol.*, 169: 577-585.
- Younis, M.E., Hasaneen, M.N.A., Kazamel, A.M.S. 2010. Exogenously applied ascorbic acid ameliorates detrimental effects of NaCl and mannitol stress in *Vicia faba* seedlings. *Protoplasma*, 239: 39-48. <http://dx.doi.org/10.1007/s00709-009-0080-5>.
- Yuan, Y., Liu, Y., Wu, C., Chen, S., Wang, Z., Yang, Z., Qin, S., Huang, L. 2012. Water deficit affected flavonoid accumulation by regulating hormone metabolism in *Scutellaria baicalensis* Georgi roots. *PLoS One*, 7: e42946. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0042946>.





## Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'de Zamana Bağlı Kütle Kayıpları Üzerine Kurutma Metotlarının Etkisi

Effect of Drying Methods on Time-Dependent  
Mass Losses in Basil (*Ocimum basilicum* L.)

Mithat AKGÜN<sup>1</sup>, Şevket Metin KARA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojisi Bölümü, Ordu  
• makgun@odu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-5514-1236

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu  
• smkara@odu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7755-1394

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 19 Eylül/September 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 28 Eylül/September 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 657-666

**Atıf/Cite as:** Akgün, M., Kara, Ş.M. "Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'de Zamana Bağlı Kütle Kayıpları Üzerine Kurutma Metotlarının Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 657-666.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Mithat AKGÜN

## FESLEĞEN (*Ocimum basilicum* L.)'DE ZAMANA BAĞLI KÜTLE KAYIPLARI ÜZERİNE KURUTMA METOTLARININ ETKİSİ

### ÖZ

Fesleğenin hasat dönemi nemli ve yağışlı geçen bölgelerde güneşte kurutma tercih edilmez, bunun yerine yaygın olarak konveksiyonel kurutucular kullanılır. Bu çalışmada yeni bir kurutma yöntemi olan LED'li (Light Emitting Diode; ışık yayan diyot) kurutma ilk defa fesleğen bitkisinde denenmiştir. Ayrıca karşılaştırmak için fesleğen yaprakları tünel tipi konveksiyonel kurutucuda, güneşte ve gölgede kurutulmuştur. LED'li kurutucu 3 renk sıcaklığında (3000 K, 4000 K ve 6500 K) doğal taşınım ile kurutma yaparken, konveksiyonel kurutucu 3 hava hızında (0, 0.6 ve 1.2 ms<sup>-1</sup>) ve 40 °C sıcaklıkta çalıştırılmıştır.

3000 K renk sıcaklığında yapılan kurutma ile 4000 K renk sıcaklığındaki kurutma eğrileri yaklaşık aynı olup, 6500 K renk sıcaklığındaki LED'lerden kurutma süresi %22 daha kısadır. LED'li kurutucularda kabin iç sıcaklığı maksimum 52 °C'ye çıkmıştır. Tünel tipi konveksiyonel kurutucuda, hava hızının artması kurutma süresini kısaltmış ancak hava hızı artış oranına (%100) göre kurutma süresinin kısalması (%15) yetersiz kalmıştır.

Gölgede kurutmaya göre güneşte kurutma, konveksiyonel kurutma (1.2 ms<sup>-1</sup>) ve LED'li kurutma (3000 K renk sıcaklığı) karşılaştırıldığında sırasıyla %48, %71 ve %85 daha kısa sürede tamamlanmıştır. 3000 K renk sıcaklıklı LED'li kurutma doğal taşınım ile olmasına rağmen, kuruma süresi 1.2 ms<sup>-1</sup> hava hızındaki kanal tipli konveksiyonel kurutucudan (T=40 °C sıcaklıkta) %50 daha kısa olmuştur.

Bu çalışma, verilen kurutma şartlarında, LED'li kurutmanın konveksiyonel kurutuculara, güneş ve gölgede kurutmaya göre zaman ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu yönünden daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fesleğen, Gıda Kurutma, LED, Konveksiyonel Kurutucular, Gıda Özellikleri.



## EFFECT OF DRYING METHODS ON TIME-DEPENDENT MASS LOSSES IN BASIL (*Ocimum basilicum* L.)

### ABSTRACT

In regions with humid and rainy harvesting season, sun drying of basil it is not preferred; instead, convection dryers are commonly used. In this study, a new drying method, LED (Light emitting diode) drying, was tried for the first time on basil plants. Additionally, for comparison, basil leaves were dried in a tunnel type convective dryer, in the sun and in the shade. While the LED dryer was working by natural convection at three color temperatures (3000 K, 4000 K and 6500 K), the convection dryer was operated at 3 air speeds (0, 0.6 and 1.2 ms<sup>-1</sup>) and a temperature of 40 °C.

The drying curves at 3000 K and 4000 K color temperatures are approximately the same and the drying time is 22% shorter than LEDs at 6500 K color temperature. In LED dryers, the cabin interior temperature increased to a maximum of 52 °C. In the tunnel type convective dryer, increasing the air speed shortened the drying time, but the shortening of the drying time (15%) was insufficient compared to the air speed increase rate (100%). LED drying (3000 K color temperature) was completed in 48%, 71% and 85% shorter times, as compared to shade drying, sun drying and convection drying (1.2 ms<sup>-1</sup>), respectively. Although the LED drying with 3000 K color temperature was operating by natural convection, drying was completed in 50% shorter time than the channel type convection dryer (at T = 40 °C temperature) with 1.2 ms<sup>-1</sup> air speed.

The present study revealed that, under the given drying conditions, LED drying is more advantageous for both time and energy saving in drying basil compared to convection dryers and sun and shade drying.

**Keywords:** Basil, Food Drying, LED, Convection Dryers, Food Properties.



### 1. GİRİŞ

Lamiaceae familyasından tek yıllık bir bitki olan Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), çok eski zamanlardan beri dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Özcan ve ark., 2005). Dünyanın sıcak ve güneşli bölgelerinde doğal olarak yayılım gösteren fesleğen, özellikle Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Türkiye'de batı ve Güney Anadolu'da sıklıkla küçük ev bahçelerinde fesleğen yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çok yönlü kullanımı olan bitkilerden birisi olan fesleğen,



içerdiği uçucu yağlardan dolayı tıbbi ve aromatik amaçlı kullanımının yanı sıra baharat ve gıda katkısı olarak çok çeşitli ürünlerde yer almaktadır (Özcan ve Chalchat, 2002; Karaca ve ark., 2017).

Gıdaların kurutulması sonradan kullanımı için saklanması ilk çağlardan beri tercih edilen bir yöntemdir. Kurutma bitkilerin uzun süreli saklanması yanında depolama kolaylığı sağlar ve nakliyyede hem hacim hem de kütle azalması sebebiyle en uygun gıda taşıma yöntemidir. Gıda kurutmada ilk başlarda sadece gıdanın uzun süreli korunması önemli iken bugün gıda özelliklerinin korunması, hijyeni, müşteri memnuniyeti, kurutma maliyeti ve süresi önemli hale gelmiştir (Günaydın ve ark., 2022).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutulması, bitkilerin kullanım ömrünü uzatmak ve uçucu yağların korunmasını sağlamak için önemlidir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutma yöntemleri arasında doğal kurutma (güneşte ve gölgede), konveksiyonel kurutma, mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma gibi yöntemler yer almaktadır (Aksüt ve ark., 2023).

Gıda ürünlerinin kurutulmasında en basit ve en yaygın olarak kullanılan yöntem açık havada güneş altında gerçekleştirilen kurutma olmakla birlikte bu yöntemin gıda özelliklerinde bozulmaya sebebiyeti ve kuruma süresinin uzun olması dolayısıyla kurutma şartlarının kontrol edilebildiği ve hijyenik konveksiyonel yöntemlere geçilmiştir (Özcan ve ark., 2005; Danso-Boateng, 2013; Topdemir, 2019).

Konveksiyonel kurutma, fırın veya kurutma makinesi gibi ısı kaynakları kullanılarak yapılmaktadır. Bu yöntemde gıda özelliklerini koruyacak şekilde kurutma prosesinde kurutucu havanın sıcaklığı, nemi ve hızı ayarlanabilir, müşteri isteklerine uygun (renk, koku, şekil) ve hijyenik olarak ürünün kurutulması sağlanır (Akgün ve ark., 2017; Topdemir, 2019). Mikrodalga kurutma ise, mikrodalga enerjisinin kullanıldığı bir yöntem olup diğer kurutma metodlarına göre daha kısa sürede kuruma gerçekleştirilir (Di Cesare, 2003; Aksüt ve ark., 2023).

Kurutma sıcaklığı, kurutma süresi ve kurutma yöntemi bitkilerin kalitesini etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklar, bitkilerin uçucu yağ içeriğini azaltabilir, vitamin değerlerinde ve mineral özelliklerinde değişime sebep olabilmektedir (Hassanpourghdam et al., 2010).

Akgün ve ark. (2018) erik meyvesini LED, fırın (43 °C) ve güneşte kurularak zamana bağlı kütle kaybı ile birlikte gıda özelliklerinin bu yöntemlere bağlı değişimini araştırmışlardır. Çalışmada, 3 farklı LED sıcaklığındaki kuruma süresinin, güneşte kurutma ve fırınında kurutma süresinden daha kısa olduğunu belirlenmiştir. Güneşte ve LED’le kurutulmuş erik meyvelerinin C vitamini değeri fırında kurumaya göre daha yüksek bulunmuştur.

Akgün ve Kandemir (2019), doğal taşınımında LED ile fındık arasındaki mesafenin (5, 10, 15 cm) ve fındık boyutunun ( $\emptyset$  14-15,  $\emptyset$  16-17,  $\emptyset$  18 mm ve üstü) tombul fındığın kuruma süresine etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. LED renk sıcaklığının (3000 K, 4000 K, 6500 K), LED mesafesinin ve fındık boyutunun artması fındığın kuruma süresini uzatmıştır. Doğal taşınımında konveksiyonel kurutucuya göre LED'li (3000 K, 4000 K, 6500 K) kurutma sırasıyla %53, %44 ve %35 daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Kurutma süresinin kısalması aynı oranda enerji ve işçilik maliyetlerini de düşürmüştür.

Enerji maliyetlerinin ve arzının önemli olduğu günümüzde daha kısa sürede daha az enerji ile gıda özelliklerini koruyacak yeni metodların kurutmada kullanımını cazip hale gelmiştir. İklim şartlarının geleneksel kurutmaya (Güneşte kurutma) müsade etmediği nemli ve yağışlı bölgelerde imalatı kolay, enerji maliyeti düşük, kuruma süresi kısa ve aynı zamanda gıda özelliklerine zarar vermeyen yenilikçi konveksiyonel kurutma yöntemlerinin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu amaçla Güneşin modellendiği ısı etkisi yanında ışınım etkisinden yararlanıldığı LED'li kurutma yöntemi birkaç farklı ürünlerde denenmiş, ancak fesleğende kullanılmamıştır. Bu çalışma, LED 'din doğal taşınımında fesleğenin kuruma davranışına etkisini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

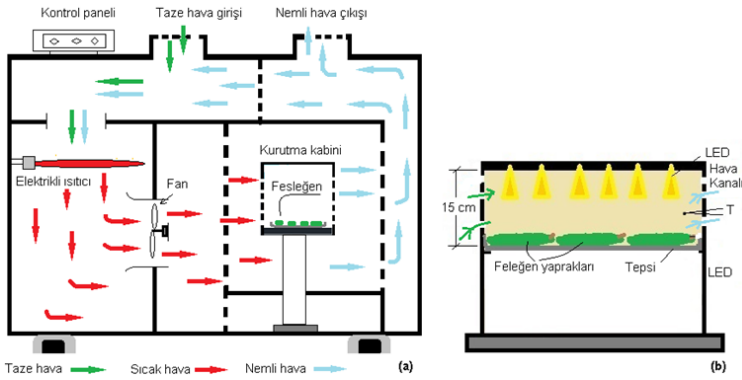
## 2. METARYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Ordu ilinden hasat edilen Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) kullanılmıştır. Taze fesleğen yaprakları dalından ayıklanmış şekilde bir tepsi üzerine serilerek Şekil 1'de verilen LED'li ve tünel tipi kurutucuda kurutulmuştur. Yeni bir kurutma yöntemi olan LED'li kurutucularla karşılaştırmak amacıyla fesleğenler konveksiyonel kurutucuda, güneşte ve gölgede kurutulmuştur. Şekil 1(a)'da verilen tünel tipi konveksiyonel kurutucuda hava 3 farklı hızda (0, 0.6 ve 1.2 ms<sup>-1</sup>) ve 40 °C sıcaklıkta fesleğenin üzerinden geçirilmiştir.

Bu çalışma için LED'lerin ışınlama ısı transferi etkisinden yararlanarak düşük enerji maliyetli ve uzun süre kullanım ömrü olan LED'li kurutma sistemi tasarlanarak üç adet imal edilmiştir. İmal edilen LED'li kurutma sisteminin Şematik resmi Şekil 1 (b)'de kurutma kabinin fotoğrafı Şekil 2'de verilmiştir. Her bir kabinde 3000 K renk sıcaklığı (Sabit akım 15 cm mesafe için 35100 lx, 4299 lm), 4000 K renk sıcaklığı (Sabit akım 15 cm mesafe için 36200 lx, 4334 lm) ve 6500 K renk sıcaklığına (Sabit gerilim 37250 lx, 4563 lm) sahip yaklaşık sabit lm değerlerinde üç farklı çubuk LED'ler bulunmaktadır. LED'ler alüminyum tabla (33x33 cm) üzerine yerleştirilmiştir. LED'le fesleğen yaprakları arasındaki mesafe ortalama 15 cm olup Şekil 2'de verilmiştir. Bu sistemde kurutucu hava baskın olarak ışınım etkisiyle ısıtıldığı için kurutucu ortam sıcaklığı LED renk sıcaklığına ve havanın hızına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle kurutma kabini içerisindeki ortam sıcaklığı zamana bağlı olarak K tipi termoeleman çifti ile ölçülmüştür. LED'li kurutma sisteminde fesleğenden havaya olan kütle transferi doğal dolaşım (hava hızı yaklaşık sıfır kabul edilmiştir) gerçekleşmiştir. Tüm kurutma metodlarında

fesleğenler polietilen tepsiler üzerine yerleştirilmiş ve her saat başı karıştırılarak hassas terazi ile tartılmıştır. Güneşte kurutmada fesleğen yaprakları üzerindeki sıcaklık infrared termometre ile ölçülmüştür.

Fesleğenin nemi, Precisa marka XM60 model infrared nem tayin cihazı (max sıcaklık 110 °C) ile belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan fesleğen yapraklarının ilk nemi  $88 \pm 1$  iken, kurutma deneylerine literatüre (Danso-Boateng, 2013) uygun olarak nemi  $19 \pm 1$  düşürülünceye kadar devam edilmiştir.



**Şekil 1.** Konveksiyonel tünel tipi kurutucu (a) ve LED'li kurutma sisteminin (b) şematik görünüşü

**Figure 1.** Schematic view of conventional tunnel type dryer (a) and LED drying system (b)

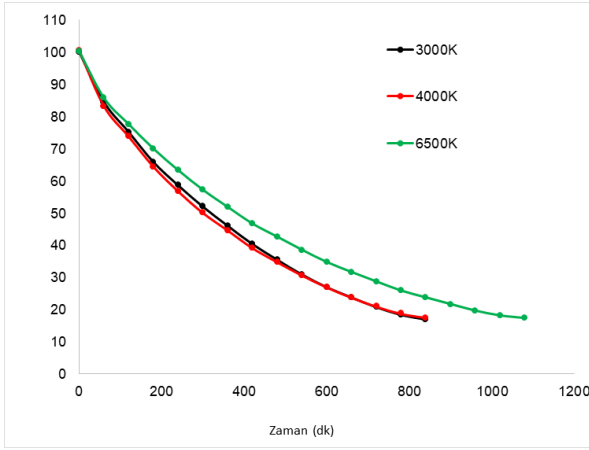


**Şekil 2.** LED'li kurutma kabini

**Figure 2.** Drying cabinet with LED

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

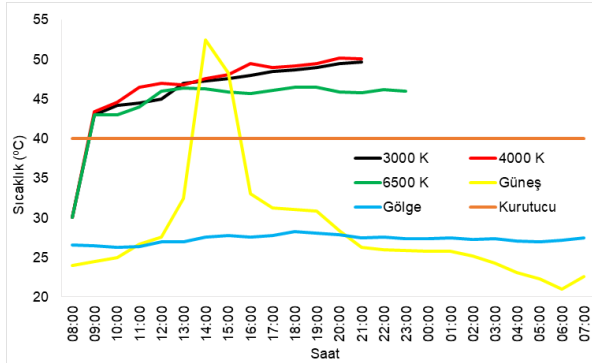
Fesleğenin üç farklı renk sıcaklığındaki LED'le kurutulması sonucunda zamana bağlı kütle kaybı Şekil 3'de verilmiştir. Eğrilerden görüldüğü gibi 3000 K ve 4000 K renk sıcaklığına sahip kurutucular yaklaşık 840 dakikada %84 su kaybetmişken 6500 K renk sıcaklığına sahip kurutucu 1080 dk'da kurutma işlemini yapmıştır. 6500 K renk sıcaklıklı kurutucuya göre 3000 K ve 4000 K renk sıcaklığına sahip kurutucular %22 daha kısa sürede fesleğeni kurutmuştur. Bu durum Akgün ve arkadaşlarının (2018) erik kurutulmasında aldığı sonuçlar ile benzerdir.



Şekil 3. Fesleğenin LED ile kurutulmasında zamana bağlı kütle kaybı

Figure 3. Mass loss dependent on time in drying basil with LED

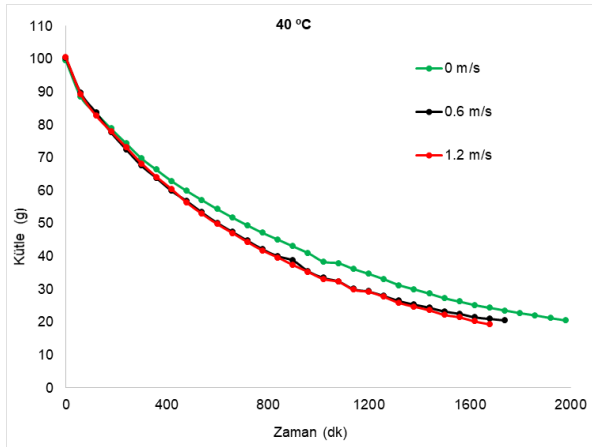
Fesleğenin farklı metotlarda kurutulması sırasında maruz kaldığı sıcaklıkların 24 saatlik değişimi Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi LED'li kurutmada literatürlerde verilen fesleğen sıcaklık üst değeri (50 °C) aşılmamıştır. Bu sistemde fan olmamasına rağmen (kütle transferi tamamen doğal taşınım ile gerçekleşmiştir). Verilen lümen değerleri için ortam sıcaklığı 4000 K'de 50.1 °C'ye çıkmıştır. 3000 K ve 4000 K renk sıcaklığına sahip kurutuculardaki kurutucu iç sıcaklıkları yaklaşık aynı (ort. 49 °C) iken 6500 K renk sıcaklığındaki max. sıcaklık 46.5 °C olmuştur. 6500 K renk sıcaklığında kabin sıcaklığının düşük olması fesleğende kuruma süresinin diğer LED'lere göre %22 oranında uzun olmasına sebep olmuştur. Bina içerisinde gölgede kurutmada sıcaklık ortalama 27.5 °C civarında iken güneşte fesleğen yaprakları üzerindeki sıcaklık 21 °C ile 52.4 °C arasında değişim göstermiştir. Maksimum sıcaklık öğle arasında kısa süreli olarak gerçekleşmiştir. Güneşte kurutmada kütle kaybı ortam sıcaklığından daha çok güneşin ışıma etkisi etkili olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 5'deki eğrilerden de anlaşılmaktadır. Güneşte kurutmada maksimum kütle kaybı sıcaklığın arttığı saatlerde gerçekleşmiştir.



**Şekil 4.** Fesleğene uygulanan sıcaklığın yöntemine göre değişimi

**Figure 4.** Variation of temperature applied to basil according to method

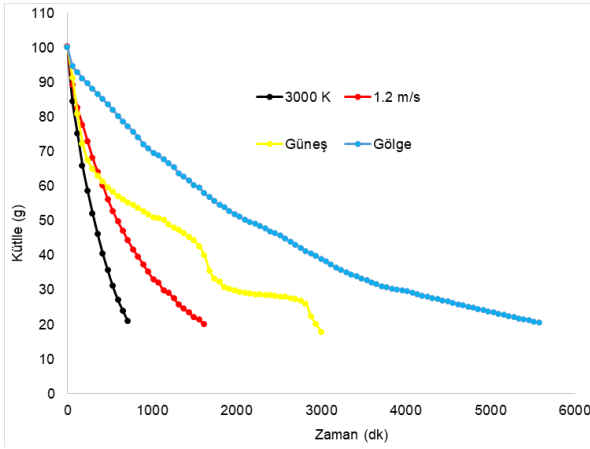
Konveksiyonel kurutucuda fesleğenin zamana bağlı kütle kaybı eğrileri Şekil 5'te verilmiştir. Elde edilen eğriler Aksüt ve ark., (2023) elde ettiği eğrilere benzer şekildedir. Konveksiyonel kurutucular için bu beklenen durumdur. Burada fırın sıcaklığı 40 °C seçilmiştir. Kanal tipi kurutucu içerisinde hava sirkülasyonu olmadığında ( $v=0 \text{ ms}^{-1}$ ) fesleğen 1980 dakikada kururken  $0.6 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında 1740 dakikada,  $1.2 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında 1680 dakikada kurumıştır. Doğal taşınımına göre  $0.6 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında kurutma %12,  $1.2 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında kurutma %15 daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Kurutucu Hava hızının artmasının kuruma süresini kısaltması Akgün ve ark. (2017) ve Darıcı ve Şen (2011)'nin farklı ürünlerde yapmış olduğu çalışmalarla da uyumludur. Hava hızının  $0.6 \text{ ms}^{-1}$ 'den  $1.2 \text{ ms}^{-1}$ 'ye 2 kat artması kuruma süresini ancak %3.5 kısaltmıştır.



**Şekil 5.** Konveksiyonel kurutucuda fesleğenin zamana bağlı kütle kaybı

**Figure 5.** Time-dependent mass loss of basil in convection dryer

Fesleğenin dört farklı metotla kurutulmasında zamana bağlı kütle kayıplarının karşılaştırılma grafikleri Şekil 6'da verilmiştir. Burada verilen eğriler yapılan deneylerde en kısa sürede kurumayı sağlayan şartların değerlendirilmesini sağlayacak şekilde karşılaştırma yapılması amaçlı verilmiştir. En uzun süreli kurutma 5820 dakika ile gölgede gerçekleşmiştir. Gölgede kurutmaya göre güneşte kurutma, konveksiyonel kurutma ( $1.2 \text{ ms}^{-1}$ ) ve LED'li kurutma (3000K renk sıcaklığı) karşılaştırıldığında sırasıyla %48, %71, %85 daha kısa sürede kurumuştur. Beklenildiği gibi gölgede ve güneşte kurutma uzun zaman almaktadır. Bu hem sanayici için hem bölge çiftçileri için gölgede ve güneşte kurutmanın uygun kurutma yöntemi olmadığını göstermektedir. 3000 K renk sıcaklığındaki LED'li kurutma doğal taşınımına olmasına rağmen  $1.2 \text{ ms}^{-1}$  hava hızındaki kanal tipli konveksiyonel kurutucudan ( $T=40 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta) %50 daha kısa sürede kurutmuştur. Bu durum göstermektedir ki hem fan kullanmadan hem de yüksek sıcaklıklara çıkmadan yapılan LED'li kurutma daha kısa sürede kurumayı gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak LED'li sistemler hem enerjiden hem de işçilik zamanından tasarruf sağlamaktadırlar. Bunun yanı sıra LED'li sistemler kurutma makinalarının birim makine başına üretim kapasitesinin de artmasını sağlamaktadır.



**Şekil 6.** Fesleğenin zamana bağlı kütle kaybının dört farklı yöntemle karşılaştırılması

**Figure 6.** Comparison of time-dependent mass loss of basil according to four different methods

## SONUÇ

Geleneksel yöntemlerin bazı dezavantajları, özellikle enerji maliyetleri ve kuruma süresi açısından daha az verimli olmaları, modern kurutma yöntemlerinin cazip hale gelmesine yol açmıştır. LED ile kurutma gibi yenilikçi yöntemler, enerji tasarrufu sağlayarak aynı zamanda ürünlerin kalitesini koruyarak hijyenik bir kurutma süreci sunabilir. LED teknolojisinin gelişimi, iklim koşullarının geleneksel kurutma yöntemlerine uygun olmadığı bölgelerde bile gıda endüstrisine sürdürülebilir ve etkili bir kurutma alternatifi sunma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, sağlıklı kurutma yöntemleri ve LED ile kurutma gibi yenilikçi yaklaşımların gıda endüstrisinde daha fazla kullanılması hem enerji tasarrufu sağlamak hem de ürün kalitesini yükseltmek açısından önemlidir. Bu çalışmada özetle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Doğal taşınımına göre  $0.6 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında kurutma %12,  $1.2 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında kurutma %15 daha kısa sürede gerçekleşmiştir.
2. Kabin sıcaklığının 6500 K renk sıcaklıklı LED'de düşük olması fesleğenin kuruma süresinin diğer LED'lere göre daha %22 uzun olmasına sebep olmuştur.
3. LED'le kurutma süresinin kısalması aynı zamanda enerji ve işçilik maliyetini de azaltacaktır.
4. LED'le kurutma süresinin gölge, güneş ve fırında kurumaya göre kısa olması bu yöntemin geleneksel ve konveksiyonel kurutuculara bir alternatif olduğunu göstermektedir.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: MA (%70), ŞMK (%30)

Veri Toplanması: MA (%70), ŞMK (%30)

Veri Analizi: MA (%60), ŞMK (%40)

Makalenin Yazımı: MA (%50), ŞMK (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: MA (%70), ŞMK (%30)

## KAYNAKÇA

- Akgün, M., Özer, Ş., Kandemir, L., 2017. Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile Kurutmanın Fındığın (*Corylus avellana* L.) Kuruma Karakteristiklerine Etkisi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(2), 266 – 274. e-ISSN: 2146-6459
- Akgün, M., Kandemir, L., Öztürk, B., 2018. Effect of Led Drying on Drying Behavior of *Prunus domestica* L. Fruit. Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research, 52(4), 115-118. doi:10.5530/ijper.52.4s
- Akgün, M., Kandemir, L., 2019. Alternatif Fındık Kurutma Sitemlerinde LED Renk Sıcaklığı ve Mesafenin Kuruma Süresi ve Ortam Sıcaklığına Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Academic Perspective Procedia, 2(3), 1077-1088. doi:10.33793/acperpro/02.03.120
- Aksüt, B., Dinçer, E., Saraçoğlu, O., Polatçı, H., 2023. Kurutma Yöntemi ve Sıcaklık Değerlerinin Mor Reyhanın Kuruma Kinetiği ve Renk Kalitesi Üzerine Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 2023, 38 (1), 187-198. doi:10.7161/omuanajas.1163973
- Danso-Boateng, E., 2013. Effect of drying methods on nutrient quality of Basil (*Ocimum viride*) leaves cultivated in Ghana. International Food Research Journal, 20(4), 1569-1573. URL: [http://www.ifrj.upm.edu.my/20%20\(04\)%202013/8%20IFRJ%2020%20\(04\)%202013%20Eric%20\(450\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/20%20(04)%202013/8%20IFRJ%2020%20(04)%202013%20Eric%20(450).pdf)
- Darıcı, S., Şen, S., 2011. Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Havası Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi. Tesizat Mühendisliği, 230, 51-58. URL: [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/yayin\\_dosyalar/tesizat-130-temmuz-agustos-2012.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/yayin_dosyalar/tesizat-130-temmuz-agustos-2012.pdf)
- Di Cesare, L. F., Forni, E., Viscardi, D., & Nani, R. C. 2003. Changes in the chemical composition of basil caused by different drying procedures. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(12), 3575-3581. doi:10.1021/jf021080o
- Günaydın, S., Sağlam, C., Çetin, N., 2022. Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Yöntemleri. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 5(1), 30 – 45. doi:10.55257/ethabd.1096697
- Hassanpouraghdam, M. B., Hassani, A., Vojodi, L., Farsad-Akhtar, N., 2010. Drying Method Affects Essential Oil Content and Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 13 (6), 759 – 766. doi:10.1080/0972060X.2010.10643892
- Karaca, M., Kara, Ş. M., Özcan, M. M., 2017. Bazı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Popülasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7 (2), 160-169. URL:<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/384624>.
- Özcan, M., Chalchat, J. C., 2002. Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum minimum* L. in Turkey. Czechoslovak Journal of Food Science, 20(6): 223-228. <https://www.old-aj.cz/publicFiles/50917.pdf>
- Özcan, M., Arslan, D., Ünver A., 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Food Engineering, 69 (3): 375-379. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.08.030
- Topdemir, A., 2019. Mikroçoğaltımla Üretilmiş Fesleğenin (*Ocimum basilicum* L.) Tepsili Kurutucuda Kuruma Karakteristiğinin Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi, 31(2): 545-550. doi: 10.35234/fumbd.580212