



# Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 38

Sayı/Issue: 2

Haziran/June: 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: 2

Haziran / June 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/pub/omuanajas>

**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**

e-ISSN: 1308-8769

2023 Cilt: 38 Sayı: 2

**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. Alfadhl Yahya KHALED  
Dr. Maria DATTENA  
Dr. Dinu GAVOJDIAN

**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**

e-ISSN: 1308-8769

2023 Volume: 38 Issue: 2

**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, Haziran / June 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. Fikretin ŞAHİN  
Yeditepe Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN  
Ahi Evran Üniversitesi/Kırőehir

Prof. Dr. Süleyman KODAL  
Ankara Üniversitesi/Türkiye

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

Prof. Dr. Nebahat SARI  
Çukurova Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Sedat SERÇE  
Niğde 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 MIHALİKOVA  
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. Kađan KÖKTEN  
Bingöl Üniversitesi/Türkiye

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

# İÇİNDEKİLER

## Araştırma Makalesi/Research Article

Yarı Nemli Bir Bölgede Günlük Referans Bitki Su Tüketiminin Tahmini İçin Üç Farklı Makine Öğrenimi Modellerinin Geliştirilmesi ve Karşılaştırılması ..... 235-254

*Development and comparison of three different machine learning models for estimating daily reference evapotranspiration in sub-humid region*

Sevda TAŞAN, Mehmet TAŞAN

Samsun İlindeki Fındık Harman Makinaları İmalat Sanayinin Sorunları ve Çözüm Önerileri ..... 255-266

*Problems and Solution Suggestions for the Hazelnut Threshing Machinery Manufacturing Industry in Samsun*

Züleyha Özkan KARASU, Hüseyin SAUK

Genetic Diversity Analysis of *Avena sterilis* L. Germplasm by Microsatellite Markers ..... 267-280

*Avena sterilis* L.'in Mikrosatellit İşaretleyicileri ile Genetik Çeşitlilik Analizi

Emine KAYA ALTOP

The Effect of Nitrogen and Humic Acid Treatments on Flower Yield and Its L-DOPA Content with Agronomic Characteristics of Faba Bean (*Vicia faba* L.) ..... 281-292

*Azot ve Hüyük Asit Uygulamalarının (Vicia faba L.)'nin Çiçek Verimi ve L-DOPA İçeriği ile Tarımsal Özelliklerine Etkisi*

Zehra Gül OĞUZ, Hatice BOZOĞLU

Sera Koşullarında Sıcaklık, Işık ve Farklı Budamaların Kavunda (*Cucumis melo* L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkileri ..... 293-314

*The Effects of Temperature, Lighting and Different Pruning on Growth, Development and Production of Melon (Cucumis melo L.) in Greenhouse Conditions*

Fikret ÖZKARAMAN

OHxF 97 ve OHxF 333 Armut Klon Anaçlarının Mikroçoğaltımı ..... 315-330

*Micropropagation of Pear Clone Rootstocks OHxF 97 and OHxF 333*

Yunus Emre TUNCEL, Bekir ŞAN

Farklı Ambalaj Materyallerinin Depolanan Fındıkların Geometrik ve Renk Özellikleriyle Aflatoksin Oluşumuna Etkisi ..... 331-352

*Effect of Different Packaging Materials on Geometric, Color Properties and Aflatoxin Formation of Stored Hazelnut*

Hasan KARAOSMANOĞLU

**İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Hatlarının Tane Kalite Özellikleri Yönünden Karakterizasyonu** ..... 353-372

*Characterization of Ispir Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines for Seed Quality Traits*

**Erdal ELKOCA, Cemil AYDOĞAN, Kamil HALİLOĞLU, Murat AYDIN**

**Türkiye’de İstilacı Kahverengi Kokarcanın [*Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)] Yerli Yumurta Parazitoiti *Telenomus turesis* (Walker)’in İlk Kaydı** ..... 373-384

*First Record of *Telenomus turesis* (Walker), Native Egg Parasitoid of Invasive Brown Marmorated Stink Bug [*Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)] in Turkey*

**İsmail Oğuz ÖZDEMİR**

**Competition Indices of Forage Turnip Cereal Mixtures in Different Seeding Ratio** ..... 385-396

*Yem Şalgamı Tahıl Karışımlarının Farklı Ekim Oranlarında Rekabet İndeksi*

**Erdem GÜLÜMSER, Hanife MUT**

**Determination of Nuclear DNA Content and Chromosome Number of *Verbascum scamandri* Murb. (Scrophulariaceae).** ..... 397-406

*Verbascum scamandri* Murb. (Scrophulariaceae) Türünün Çekirdek DNA İçeriğinin ve Kromozom Sayısının Belirlemesi

**Gülru YÜCEL, Ebru CAMBAZ, Nurşen ÇÖRDÜK**

**The Effect of Different Irrigation Water Salinity Levels on Rice Germination and Early Seedling Development** ..... 407-420

*Farklı Sulama Suyu Tuzluluk Seviyelerinin Çeltikte Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi*

**Hamide DUMAN, Elif ÖZTÜRK, Hasan AKAY**

**Screening of Some Registered Turkish Barley Cultivars Reactions Against *Rhynchosporium commune*** ..... 421-430

*Bazı Tescilli Çeşitlerin *Rhynchosporium commune* Hastalığına Karşı Reaksiyonlarının Değerlendirilmesi*

**Merve Nur ERTAS OZ, Emine Burcu TURGAY, Sibel BULBUL, Namuk ERGUN**

**İskorpit Balığı Kas Dokusundan Glutatyon S-Transferaz Enziminin Kısmi Saflaştırılması** ..... 431-440

*Partial Purification of Glutathione S-Transferase Enzyme from Muscle Tissue of Scorpionfish*

**Kübra IŞIK, Ercan SOYDAN**





# Yarı Nemli Bir Bölgede Günlük Referans Bitki Su Tüketiminin Tahmini İçin Üç Farklı Makine Öğrenimi Modellerinin Geliştirilmesi ve Karşılaştırılması

## Development and Comparison of Three Different Machine Learning Models for Estimating Daily Reference Evapotranspiration in Sub-Humid Region

Sevda TAŞAN<sup>1</sup>, Mehmet TAŞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun  
· sevda.safi@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-4335-4074

<sup>2</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun  
· mehmettasan17@gmail.com · ORCID > 0000-0002-5592-5022

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 29 Kasım/November 2022

**Kabul Tarihi/Accepted:** 07 Ocak/January 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 235-254

**Atıf/Cite as:** Taşan, S., Taşan, M. "Yarı Nemli Bir Bölgede Günlük Referans Bitki Su Tüketiminin Tahmini İçin Üç Farklı Makine Öğrenimi Modellerinin Geliştirilmesi ve Karşılaştırılması" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 235-254.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Sevda TAŞAN

## YARI NEMLİ BİR BÖLGEDE GÜNLÜK REFERANS BİTKİ SU TÜKETİMİNİN TAHMİNİ İÇİN ÜÇ FARKLI MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

### ÖZ

Su kaynaklarının planlanması ve tarımsal su yönetimi için referans bitki su tüketiminin ( $ET_0$ ) doğru tahmin edilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada üç farklı makine öğrenimi yönteminin, çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS), rassal ağaç (RT) ve gauss süreç regresyonu (GPR), yarı nemli iklim koşullarına sahip bir bölgeden alınan iklim verileri kullanılarak günlük  $ET_0$ 'ı tahmin etme performansları araştırılmıştır. Modelleri eğitmek ve test etmek için Bafra ilçesinde 2018–2020 döneminde toplanan günlük meteorolojik verilerin beş girdi kombinasyonu [günlük ortalama ( $T_{ort}$ ), maksimum ( $T_{max}$ ) ve minimum sıcaklık ( $T_{min}$ ), rüzgar hızı ( $u_2$ ), bağıl nem ( $RH_{ort}$ ) ve güneşlenme şiddeti ( $R_s$ ) hem tam hem de eksik kombinasyonları dahil] kullanılmıştır. Makine öğrenimi modellerinin performansı ise FAO-56 Penman Monteith (FAO-56 PM) standart denklemi ile karşılaştırılmıştır. Modellerin doğruluğunu değerlendirmek için dört farklı istatistiksel performans indeksi kullanılmıştır [belirleme katsayısı ( $R^2$ ), ortalama mutlak hata (MAE), hata kareleri toplamının karekökü (RMSE) ve Nash–Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE)]. Sonuçlar, genel olarak MARS modellerinin RT ve GPR modellerinden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Tüm verilerin girdi olarak kullanıldığı beşinci senaryo için MARS modeli tarafından tahmin edilen  $ET_0$  değerlerinin FAO-56 PM değerleri ile iyi bir uyum içinde olduğu belirlenmiştir ( $R^2=0.982$ , MAE=0.250, RMSE=0.305, NSE=0.965). Bununla birlikte meteorolojik veriler tam olmadığında bile sadece  $T_{ort}$ ,  $RH_{ort}$  ve  $R_s$  ile oldukça yüksek günlük  $ET_0$  tahminleri elde edilmiştir. Genel olarak, radyasyona dayalı makine öğrenimi modelleri, sıcaklığa dayalı makine öğrenimi modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Sonuçlar, yarı nemli iklim özelliklerine sahip bir bölgede MARS modelinin  $ET_0$ 'ı oldukça verimli ve doğru bir şekilde modellemek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri, Modelleme, Rassal Ağaç, Referans Bitki Su Tüketimi.



## DEVELOPMENT AND COMPARISON OF THREE DIFFERENT MACHINE LEARNING MODELS FOR ESTIMATING DAILY REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN SUB-HUMID REGION

### ABSTRACT

Accurate estimation of reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) is very important for water resource planning and agricultural water management. This study investigates the performance of three different machine learning methods, multivariate adaptive regression splines (MARS), random tree (RT), and gaussian process regression (GPR), for predicting daily  $ET_0$  using climate data from a sub-humid climate region. Five input combinations [including both complete and incomplete combinations of daily average ( $T_{avg}$ ), maximum ( $T_{max}$ ) and minimum ( $T_{min}$ ) temperature wind speed ( $u_2$ ), relative humidity ( $RH_{avg}$ ), and solar radiation ( $R_s$ )] of daily meteorological data collected in Bafra district during the 2018–2020 period were used for model training and testing. The performance of machine learning models was compared with the standard FAO-56 Penman-Monteith equation (FAO-56 PM). Four different statistical performance indices were used to evaluate the accuracy of the models [coefficient of determination ( $R^2$ ), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), and Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE)]. The results revealed that MARS models outperform the RT and GPR models. For scenario 5, using all data as input, the  $ET_0$  values estimated by the MARS models agreed well with the FAO-56 PM values ( $R^2=0.982$ ,  $MAE=0.250$ ,  $RMSE=0.305$ ,  $NSE=0.965$ ). However, even if the meteorological data are incomplete, very high daily  $ET_0$  estimates have been obtained using only  $T_{avg}$ ,  $RH_{avg}$ , and  $R_s$ . Overall, the radiation-based machine learning models outperformed the temperature-based machine learning models. The results show that the MARS model can be used effectively to model  $ET_0$  quite efficiently and accurately in a region with sub-humid climate characteristics.

**Keywords:** Multivariate Adaptive Regression Splines, Modeling, Random Tree, Reference Evapotranspiration.



## 1. GİRİŞ

Bitki su tüketimi, toprak yüzeyinden buharlaşma ve bitki yapraklarından terleme yoluyla atmosfere geçen su miktarının toplamı olup, bitkiler tarafından belirli bir süre boyunca ihtiyaç duyulan suyu temsil etmektedir (Aghelpour ve Norooz-Valashedi, 2022). Yüzey suyunun ortama göre bir ölçüsü olduğu için hidrolojik

döngüdeki en önemli bileşenlerden biri olarak kabul edilmektedir (Jing ve ark., 2019). Hidrolojik döngüdeki hayati rolü nedeniyle, bir bölgedeki sulama suyu miktarının hesaplanmasında ve programlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle bitki su tüketiminin doğru bir şekilde belirlenmesi, tarımsal amaçlı su kaynaklarının yöneticileri ve kullanıcıları için büyük önem taşımaktadır.

Bitki su tüketimi doğrudan Bowen oranı enerji dengesi yaklaşımı, girdap kovaryans teknikleri ve lizimetreler kullanılarak çeşitli deneysel yöntemlerle ölçülebilir (Roy ve ark., 2021). Alternatif olarak meteorolojik veriler kullanılarak referans bitki su tüketimi ( $ET_0$ ) hesaplanarak dolaylı olarak da elde edilebilir. Bu dolaylı yöntemde bitki su tüketimi, referans bitki su tüketimine ( $ET_0$ ) karşılık gelen bitki katsayısı ( $k_c$ ) ile çarpılmasıyla elde edilebilir (Allen ve ark., 1998). Bu nedenle bitki su tüketiminin doğru hesaplanabilmesi için  $ET_0$ 'ın doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.  $ET_0$ 'ı dolaylı olarak tahmin etmek için geliştirilen çok sayıda matematiksel model bulunmaktadır.  $ET_0$ 'ı hesaplamak için sıcaklık tabanlı Thornthwaite (1948), Blaney-Criddle (Blaney ve Criddle, 1950) ve Hargreaves-Samani (Hargreaves ve Samani, 1985), radyasyon tabanlı (Makkink 1957), Priestley-Taylor (Priestley ve Taylor, 1972) ve kombinasyon tabanlı FAO-56 Penman-Monteith (Allen ve ark., 1998) modelleri önerilmiştir. Bununla birlikte FAO-56 Penman-Monteith (FAO-56 PM) yönteminin, diğer denklemlerle karşılaştırıldığında üstün olduğu birçok çalışmada doğrulanmıştır (Djaman ve ark., 2016). Bu nedenle FAO-56 PM yöntemi, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Sulama Drenaj Komisyonu (ICID) ve ASCE-Evapotranspirasyon Sulama ve Hidroloji Komitesi (ASCE-EWRI, 2005) tarafından diğer modelleri değerlendirmek için standart model olarak önerilmektedir. Bu dolaylı yöntem, karmaşıklık veya maliyet nedeniyle doğrudan ölçümlerin mevcut olmadığı dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Allen ve ark., 1998). Ancak FAO-56 PM denklemini hesaplamak için maksimum ve minimum hava sıcaklığı, rüzgar hızı, bağıl nem ve net radyasyon gibi çeşitli iklim parametrelerine ihtiyaç vardır. Bu da FAO-56 PM modelinin dünya çapında uygulanmasını önemli ölçüde sınırlandırmaktadır.

$ET_0$ , doğrusal olmayan bir hidrolojik süreç olduğundan, çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri modellemek için başarı ile kullanılmıştır (Huang ve ark., 2019; Gocić ve Arab Amiri, 2021).  $ET_0$ 'ın tahmin doğruluğu, eksik veri bulunması durumunda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin üstesinden gelme konusundaki kapasiteleri nedeniyle makine öğrenmesi modelleri tarafından önemli ölçüde iyileştirilebilir. Çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri, dünyanın çeşitli iklim bölgelerinde  $ET_0$ 'ı tahmin etmek için önerilmiştir. Bunlar arasında en yaygın olanı nöron tabanlı yapay sinir ağlarıdır (YSA) (Makwana ve ark., 2023). Çekirdek tabanlı makine öğrenmesi algoritmaları arasında en yaygın kullanılan modeller gauss süreç regresyonu (GPR) ve destek vektör makineleridir (DVM). Bu modeller  $ET_0$  tahmini için büyük ölçüde uygulanmıştır (Karbasi, 2018; Yin ve ark., 2021).

Çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS) gibi eğri tabanlı makine öğrenmesi modelleri de  $ET_0$ 'ın tahmininde başarı ile kullanılmıştır (Dong ve ark., 2022). Mehdizadeh ve ark. (2017)'nin aylık ortalama  $ET_0$  tahmini için MARS, DVM, gen ekspresyon programlama (GEP) ve ampirik denklemlerin performansını karşılaştırdıkları çalışmada en iyi tahmin performansını MARS modelinin gösterdiği bildirilmiştir.  $ET_0$  tahmininde yaygın olarak kullanılan bir diğer algoritma ise ağaç tabanlı makine öğrenmesi algoritmalarıdır. Bunlar arasında en yaygın olanları rassal ağaç (RT) (Salam ve Islam, 2020) ve rassal orman (RF) (Wu ve ark., 2020) algoritmalarıdır. Salam ve Islam (2020) nemli bir iklim bölgesinde  $ET_0$ 'ı tahmin etmek için rassal ağaç (RT), rassal orman (RF) ve destek vektör makinesi (DVM) modellerini karşılaştırmıştır. Çalışmada RT modelinin,  $ET_0$ 'ı tahmin etmede diğer modellerden daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca rüzgar hızı ve güneş radyasyonu değişkenlerinin, gözlemlenen ve tahmin edilen  $ET_0$ 'ı en çok etkileyen iki değişken olduğunu bildirmişlerdir. Chen ve ark. (2014) beş ampirik model ve üç süreç tabanlı modelin (YSA, RT ve DVM) Çin ve komşu bölgelerindeki bitki su tüketimini tahmin etme performanslarını karşılaştırmışlardır. Süreç tabanlı modellerin daha yüksek tahmin performansı gösterdiği bildirilmiştir. Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda farklı iklim bölgeleri ve farklı girdi değişkenlerine göre modellerin tahmin performanslarının değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Bu sonuç muhtemelen, makine öğrenimi modellerinin farklı veri kümelerinde farklı performans göstermesinden kaynaklanmaktadır (Zhou, 2016). Dolayısıyla,  $ET_0$ 'ın tahmini için en doğru modelin seçimi konusunda ortak bir fikir birliği yoktur, bu nedenle yeni modeller gereklidir ve doğrulanmalıdır.

Bu çalışma, Türkiye'nin yarı nemli iklim özelliklerine sahip önemli tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği Bafra ovasında günlük referans bitki su tüketimini ( $ET_0$ ) tahmin etmek için yapılmıştır. Bu amaçla beş farklı girdi kombinasyonu altında üç farklı makine öğrenimi (MARS, RT ve GPR) modelinin tahmin performansları karşılaştırılmıştır. FAO-56 PM denklemi modellerden elde edilen  $ET_0$  tahminlerini karşılaştırmak için referans olarak kullanılmıştır. Çünkü bu, ölçülen bir lizimetre verisi yoksa, standart prosedür olarak kabul edilmektedir (Irmak ve ark., 2003). Çalışmanın ana hedefleri şunlardır: 1) tam ve eksik meteorolojik girdi değişkenleri ile günlük  $ET_0$  tahmini için bir makine öğrenimi modeli geliştirmek, 2) çeşitli makine öğrenimi modellerinin performanslarını karşılaştırmak ve 3) çalışma alanı için günlük  $ET_0$ 'ı tahmin etmek için en uygun makine öğrenimi modelini önermektir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı ve Verilerin Toplanması

Samsun ili, Bafra ilçesi Türkiye'nin kuzeyinde, Karadeniz bölgesinde 41° 28'-41° 45' kuzey enlemleri ve 35° 43'- 35° 58' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bölgede Karadeniz iklimi hakim olup, yarı nemli iklim özelliği göstermektedir. Bölgenin uzun yıllar ortalama en yüksek sıcaklık değeri Ağustos ayında 23 °C olup, ortalama en düşük sıcaklık değeri 5.7 °C ile Şubat ayında gerçekleşmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 794.2 mm'dir (Taşan, 2018). Bölgede yoğun olarak çeltik tarımı yapılmakla birlikte çeşitli yazlık (domates, biber, karpuz) ve kışlık (pırasa, kırmızı ve beyaz baş lahana) sebze ve buğday tarımı da yapılmaktadır.

Bu çalışmada referans bitki su tüketimini ( $ET_0$ ) farklı makine öğrenmesi yöntemleriyle tahmin etmek için, hava sıcaklığı (T), rüzgar hızı ( $u_2$ ), bağıl nem (RH) ve güneşlenme şiddetini (Rs) içeren günlük iklim verileri girdi olarak kullanılmıştır. İklim verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) bağlı Bafra Toprak Su Araştırma (TAGEM) meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Veriler Ocak 2018- Aralık 2020 tarihleri arasında kapsamakta olup, günlük değerlerdir. İstasyondaki eksik veriler doğrusal enterpolasyon yöntemi ile tamamlanmıştır (Zhu ve ark., 2020).

### 2.2. Referans Bitki Su Tüketimi modeli (Tam Veri Seti ile FAO56 Penman-Monteith)

Makine öğrenmesi modellerinin performansını geliştirmek ve değerlendirmek için FAO tarafından önerilen FAO56 Penman Monteith denklemi ile hesaplanan referans bitki su tüketimi ( $ET_0$ ) değerleri referans olarak alınmıştır. Bu yöntem farklı iklimlerde  $ET_0$ 'ı tahmin etmek için evrensel olarak en çok kabul gören denklemdir (Fan ve ark., 2018).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

$ET_0$ , referans bitki su tüketimi (mm gün<sup>-1</sup>);  $R_n$ , bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup>); G, toprak ısı akış yoğunluğu (MJ m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup>); T, 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı (°C);  $u_2$ , 2 m yükseklikte rüzgar hızı (m s<sup>-1</sup>),  $e_s$ , doymuş buhar basıncı (kPa);  $e_a$ , gerçek buhar basıncı (kPa);  $e_s - e_a$ , doymuş buhar basıncı açığı (kPa);  $\Delta$ , buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C<sup>-1</sup>);  $\gamma$ , psikrometrik sabittir (kPa °C<sup>-1</sup>). FAO56 PM denkleminin ayrıntıları, Allen ve ark. (1998)'de bulunabilir.

## 2.3. Referans Bitki Su Tüketimini Tahmin Etmek için Kullanılan Makine Öğrenimi Algoritmaları

### 2.3.1. Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri (MARS)

Çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS) modeli, Friedman (1991) tarafından önerilen parametrik olmayan bir regresyon yöntemidir. Bu yöntemde hedef değişkeni tahmin etmek için esnek regresyon modelleri oluşturulur. Bu algoritmada girdi değişkenleri aralıklara (alt kümelere) ayrılır ve her aralığa bir temel fonksiyon uydurulur. Bağımsız değişkenler hakkındaki bilgiler temel fonksiyon ile temsil edilir. Bir temel fonksiyonun başlangıç ve bitiş noktaları düğüm olarak adlandırılır ve belirli bir aralıkta tanımlanır. Temel fonksiyonlar, girdi ve hedef değişkenler arasındaki ilişkiyi aşağıdaki gibi gösterir.

$$y = \max(0, x - c) \quad (2)$$

$$y = \max(0, c - x) \quad (3)$$

Burada  $c$  seçilen eşik değeri,  $x$  girdi değişkeni ve  $y$  ise hedef değişkendir.

Bu çalışmada oluşturulacak maksimum temel fonksiyon sayısı deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. Friedman (1991), ceza için en iyi değerin 2 ile 4 arasında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ceza değeri 2 olarak alınmıştır. Son derece karmaşık modellerden kaçınmak için etkileşim derecesi ( $\max\_degree$ ) 2 olarak ayarlanmıştır. MARS hakkında daha ayrıntılı bilgi Cheng ve Cao (2014)'de bulunabilir. Bu çalışmada MARS modelini eğitmek ve doğrulamak için R Studio programı *earth* (enhanced adaptive regression through hinges) paketi kullanılmıştır.

### 2.3.2. Rassal Ağaç (RT)

Rassal ağaç (RT) modeli, çok sayıda bireysel sınıflandırıcı üreten, değiştirilmiş bir topluluk öğrenme algoritmasıdır. Rassal ağaçlar ilk olarak Leo Breiman ve Adele Cutler tarafından tanıtılmıştır. RT modeli, orman olarak da bilinen bir ağaç tahmin edicileri topluluğudur. Bu yöntem, rassal orman (RF) ve torbalama olarak bilinen iki topluluk öğrenme algoritmasının birleşimidir (Mishra ve Ratha, 2016). Bu yöntemde bir karar ağacı oluşturmak için rastgele bir veri seti oluşturmak üzere bir torbalama fikri kullanır. Rassal bir ormanda, her düğüm, o düğümde rassal olarak seçilen tahmin edicilerin alt kümesi arasındaki en iyi kullanılan bölünür. Bu algoritma hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılabilir. RT modeli hakkında daha fazla ayrıntı Mishra ve Ratha (2016)'da bulunabilir. Bu çalışmada RT modelini eğitmek ve doğrulamak için Weka 3.8.5 yazılımı kullanılmıştır.

### 2.3.3. Gauss Süreç Regresyonu (GPR)

Gauss süreç regresyonu (GPR), birçok alanda geniş uygulama alanı olan Bayes teorisine dayalı bir çerçevedir. Bu model Rasmussen ve Williams (2006) tarafından ortak bir Gauss dağılımına sahip karmaşık bir rasgele değişkenler kümesi olarak tanımlanmıştır. GPR genellikle iki fonksiyonla açıklanır. Bunlar: ortalama ve kovaryans fonksiyonlarıdır. Ortalama fonksiyon bir vektör iken, kovaryans fonksiyonu bir matristir. Kovaryans değeri, girdiler ve çıktılar arasındaki korelasyonu belirlemektedir. GPR modeli, parametrik olmayan kernel tabanlı bir kara kutu tekniği olarak nitelendirilebilir. Bu çalışmada en iyi kernel fonksiyonu, deneme-yanılma yoluyla belirlenmiştir. GPR modeli hakkında daha fazla ayrıntılı bilgi Rasmussen ve Williams (2006)'da bulunabilir. Bu çalışmada GPR modelini eğitmek ve doğrulamak için Weka 3.8.5 yazılımı kullanılmıştır.

### 2.4. Girdi Kombinasyonları

Bu çalışmada makine öğrenmesi modellerinin eğitimi ve testi için Tort, Tmax, Tmin, RHort,  $u_2$  ve Rs dahil olmak üzere günlük meteorolojik değişkenlerin 5 farklı girdi kombinasyonu dikkate alınmıştır (Çizelge 1). Bu girdi kombinasyonları oluşturulurken radyasyon tabanlı modeller, sıcaklık tabanlı modeller ve kombinasyon modellerinde kullanılan girdi değişkenleri göz önüne alınmıştır. Böylece girdiler, hem tüm meteorolojik değişkenlerin kullanıldığı tam kombinasyondan (kombinasyon 5) hem de farklı değişkenlerin bir araya getirildiği eksik kombinasyonlardan (kombinasyon 1-4) oluşmaktadır (Çizelge 1). Eğitim aşamasından önce tüm veriler iki gruba ayrılmıştır: 2018 ve 2019 yılı verileri ( $n=730$ ) makine öğrenmesi modellerini eğitmek için kullanılırken, 2020 yılı verileri ( $n=366$ ) modelleri doğrulamak için kullanılmıştır. Her modelin optimal mimarileri ve hiperparametre özellikleri eğitim aşamasında deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Üç farklı makine öğrenmesi modeli için oluşturulan girdi kombinasyonları

**Table 1.** Input combinations created for three different machine learning models

Kombinasyonlar	Modeller			Girdi Değişkenleri
	MARS	RT	GPR	
1	MARS1	RT1	GPR1	Tort, Rs
2	MARS2	RT2	GPR2	Tort, Rs, RH
3	MARS3	RT3	GPR3	Tort, Tmin, Tmax
4	MARS4	RT4	GPR4	Tort, Tmin, Tmax, Rs
5	MARS5	RT5	GPR5	Tort, Tmin, Tmax, Rs, $u_2$ , RH



## 2.5. İstatistiksel Değerlendirme

Modellerin tahmin doğruluğunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan dört istatistiksel gösterge kullanılmıştır. Bunlar: belirleme katsayısı ( $R^2$ ), MAE (Ortalama Mutlak Hata), RMSE (Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü) ve Nash–Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) (Nash ve Sutcliffe, 1970)'dir. İstatistiksel göstergelerin matematiksel denklemleri aşağıda açıklanmıştır.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n ((O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}))^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum |O_i - P_i|}{n} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (6)$$

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (7)$$

Burada  $O_i$ ,  $P_i$ , sırasıyla belirli bir değişken için ölçülen ve tahmin edilen değerleri temsil eder ve,  $\bar{O}$ ,  $\bar{P}$  ve  $n$  sırasıyla ölçülen  $ET_0$ 'ın ortalaması, tahmin edilen  $ET_0$ 'ın ortalaması ve gözlem sayısıdır. Daha yüksek  $R^2$  ve NSE değerleri, daha iyi model performansını gösterirken, tersine daha düşük MAE ve RMSE değerleri ise daha iyi tahmin doğruluğunu göstermektedir.

Bu çalışmada makine öğrenmesi modellerinin gereksinimlerini karşılamak için modelin eğitiminden önce hem girdi hem de çıktı değişkenleri 0 ile 1 aralığında aşağıdaki gibi normalize edilmiştir.

$$X_{norm} = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (8)$$

Burada  $X_i$  ham girdi verisidir,  $X_{norm}$   $X_i$ 'nin normalize edilmiş değeridir,  $X_{max}$  ve  $X_{min}$  sırasıyla ham verilerin maksimum ve minimum değerleridir.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Veri Özeti İstatistikleri

Bu çalışmada referans bitki su tüketimi ( $ET_0$ ) tahmininde makine öğrenmesi modellerini geliştirmek için 1 Ocak 2018 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki günlük Tort,

Tmin, Tmax, Rs,  $u_2$  ve RHort değerleri kullanılmıştır. Modellerde kullanılan veri setleri iki alt kümeye ayrılmıştır. Bunlar, eğitim ve test veri kümelerini içermektedir. Eğitim veri seti 1 Ocak 2018 ile 31 Aralık 2019 tarihleri arasında ölçülen iklim verilerini içerirken, test veri seti ise 1 Ocak 2020 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki gözlemlenen verileri içermektedir. Eğitim ve test veri setleri için ortalama, minimum, maksimum, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık gibi istatistiksel parametreler ve  $ET_0$  ile iklim parametreleri arasındaki korelasyon katsayısı Çizelge 2'de özetlenmiştir. Tüm değişkenler için eğitim ve test veri setlerinin ortalama, en küçük ve en büyük değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir.  $ET_0$  ile en yüksek korelasyon Rs değişkeni arasında belirlenmiştir (Çizelge 2). Tort ve Tmax ile  $ET_0$  arasında oldukça iyi bir korelasyon belirlenmiştir. RHort ile  $ET_0$  arasında orta derecede negatif korelasyon belirlenmiştir. Liu ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. En düşük korelasyon ise  $ET_0$  ile  $u_2$  arasında belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Makine öğrenimi modellerinin eğitim ve test aşamalarında kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

**Table 2.** Descriptive statistics of variables used in the training and testing phases of machine learning models

Değişken	Veri Seti	AO	Max	Min	SS	VK	Çarpıklık	Basıklık	Korelasyon
Tort	Eğitim	15.36	27.60	1.90	6.50	42.35	0.01	-1.29	0.85
	Test	15.06	26.40	0.70	6.62	43.94	0.00	-1.40	0.83
Tmin	Eğitim	11.05	25.40	-3.10	6.21	56.15	0.07	-1.14	0.79
	Test	10.55	23.20	-2.70	6.15	58.25	0.06	-1.18	0.74
Tmax	Eğitim	20.29	31.80	3.10	7.27	35.84	-0.19	-1.20	0.85
	Test	20.04	33.20	3.50	7.48	37.35	-0.15	-1.33	0.84
RHort	Eğitim	72.61	99.00	36.80	11.83	16.30	0.52	-0.55	-0.30
	Test	74.01	95.20	31.90	10.05	13.58	-0.58	0.89	-0.52
$u_2$	Eğitim	2.45	7.70	0.70	1.11	45.22	1.12	1.23	-0.10
	Test	2.44	8.80	1.00	1.05	43.10	1.64	4.37	0.11
Rs	Eğitim	14.03	29.58	3.13	7.50	53.49	0.29	-1.11	0.88
	Test	14.74	29.93	3.13	8.07	54.73	0.25	-1.22	0.89
$ET_0$	Eğitim	2.74	6.14	0.30	1.51	55.13	0.41	-1.02	1.00
	Test	2.77	6.67	0.42	1.62	58.56	0.39	-0.93	1.00

Not: Tort: ortalama hava sıcaklığı (°C), Tmin: en düşük hava sıcaklığı (°C), Tmax: en yüksek hava sıcaklığı (°C), RHort: ortalama bağıl nem (%),  $u_2$ : 2 m yükseklikteki rüzgar hızı ( $m s^{-1}$ ), Rs: güneşlenme şiddeti ( $MJ m^{-2}gün^{-1}$ ),  $ET_0$ : günlük referans bitki su tüketimi ( $mm gün^{-1}$ ), AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı (%)

### 3.2. Beş Girdi Kombinasyonu Altında Üç Makine Öğrenimi Modelinin Performans Değerlendirmesi

Bu çalışmada üç farklı makine öğrenimi algoritmasının (MARS, RT ve GPR) günlük meteorolojik değişkenler olan  $T_{ort}$ ,  $T_{min}$ ,  $T_{max}$ ,  $R_s$ ,  $u_2$  ve  $RH_{ort}$  ile referans bitki su tüketimini ( $ET_0$ ) tahmin etme yetenekleri araştırılmıştır. Bu amaçla FAO-56 PM yönteminden tahmin edilen  $ET_0$  değerleri, test aşamasında makine öğrenmesi modellerinin performansını değerlendirmek için referans olarak kabul edilmiştir. Bafra'da günlük  $ET_0$ 'ı tahmin etmeye yönelik üç farklı makine öğrenimi modelinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5'de verilmiştir. Bu çizelgelerde hem eğitim hem de test aşamalarında beş girdi kombinasyonu altında sırasıyla MARS, RT ve GPR modellerinin istatistiksel analiz sonuçları sunulmuştur. Çizelgelerden görüldüğü gibi, tahmin edilen  $ET_0$  değerleri, araştırılan modele ve girdi kombinasyonlarına bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Genel olarak tüm modeller için en düşük tahmin performansını sadece sıcaklık verilerinin girdi olarak kullanıldığı üçüncü kombinasyon göstermiştir. Bununla birlikte en yüksek tahmin performansı tüm değişkenlerin girdi olarak kullanıldığı beşinci kombinasyonda gözlenmiştir. Sonuçlar, genel olarak MARS modelinin, RT ve GPR modelinden daha iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir.

Karşılaştırılan MARS modellerinin  $ET_0$ 'ı tahmin etmek için en iyi performansı tüm girdi değişkenlerinin kullanıldığı MARS5 için gözlenmiştir. Sadece hava sıcaklığı verilerinin girdi olarak kullanıldığı MARS3 modelinin test alt kümesi için  $R^2$  (0.703), MAE (0.844 mm gün<sup>-1</sup>), RMSE (1.078 mm gün<sup>-1</sup>) ve NSE (0.558) değerleri dikkate alındığında en düşük tahmin performansına sahip olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık verilerinin yanına güneşlenme şiddetinin ( $R_s$ ) eklenmesiyle test alt kümesi için MARS3 ve MARS4 modelleri karşılaştırıldığında  $R^2$  değeri %27 artmış, MAE ve RMSE değerleri sırasıyla %36.3 ve %40.4 azalmıştır. MARS1 ve MARS2 modelleri karşılaştırıldığında ise girdi olarak ortalama bağıl nem ( $RH_{ort}$ ) değişkeninin eklenmesi modelin  $R^2$  ve NSE'sini 0.895 ve 0.818'den 0.955 ve 0.916'a yükseltmiş, MAE ve RMSE'sini ise 0.600 ve 0.691'den 0.389 ve 0.470'e düşürmüştür. Bu sonuçlara benzer olarak Adnan ve ark. (2021) çalışmasında, makwa Dhaka istasyonu için  $ET_0$  tahmininde diğer değişkenlerin yanına RH değişkeninin eklenmesiyle modelin NSE'sinin 0.866'dan 0.922'ye yükseldiğini belirlemiştir. Son olarak MARS5'e rüzgar hızı ( $u_2$ ) ve bağıl nem (RH) birlikte eklendiğinde modelin  $R^2$ 'si %10 artmıştır. Rüzgar hızı ve bağıl nemin,  $ET_0$ 'ın karmaşık ve doğrusal olmayan davranışını modellemek için iyi bir girdi değişkeni olduğu bulunmuştur. Makwana ve ark. (2023), modele rüzgar hızının eklenmesiyle  $R^2$ 'nin %30 arttığını belirlemiş ve girdi kombinasyonuna rüzgar hızı değişkeninin eklenmesinin,  $ET_0$  üzerindeki adveksiyon etkisinden dolayı tahmin doğruluğunu iyileştirdiğini bildirmiştir.

**Çizelge 3.** Farklı girdi değişkenlerine sahip MARS modelinin eğitim ve test aşamasındaki istatistiksel değerleri

**Table 3.** Statistical values of the MARS model with different input variables during the training and testing phase

Model	Eğitim Veri Seti				Test Veri Seti			
	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE	NSE	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE	NSE
		(mm gün <sup>-1</sup> )	(mm gün <sup>-1</sup> )			(mm gün <sup>-1</sup> )	(mm gün <sup>-1</sup> )	
MARS1	0.901	0.358	0.475	0.901	0.895	0.600	0.691	0.818
MARS2	0.963	0.221	0.288	0.963	0.955	0.389	0.470	0.916
MARS3	0.833	0.496	0.615	0.833	0.703	0.844	1.078	0.558
MARS4	0.909	0.354	0.455	0.909	0.893	0.538	0.642	0.843
<b>MARS5</b>	<b>0.987</b>	<b>0.138</b>	<b>0.175</b>	<b>0.987</b>	<b>0.982</b>	<b>0.250</b>	<b>0.305</b>	<b>0.965</b>

Not: Tüm modeller arasındaki en iyi istatistiksel göstergeler koyu renkle işaretlenmiştir.

RT modelleri, MARS ve GPR modelleriyle karşılaştırıldığında tüm girdi kombinasyonları için eğitim veri setinde en yüksek R<sup>2</sup>'yi ve en düşük MAE ve RMSE'yi veren model olmuştur. Bunu sırasıyla MARS ve GPR modelleri izlemiştir. Test aşamasında ise RT modelleri daha düşük performans göstermiş ve üçüncü girdi kombinasyonu (GPR3) hariç diğer kombinasyonlar için MARS modeli, diğer iki makine öğrenmesi modelinden daha yüksek tahmin performansı göstermiştir. Bu durum RT modellerinde belirli ölçüde aşırı uyum sorunu olduğunu göstermiştir. Yukarıdaki durumun nedeni, ağaç algoritmalarının yapısı ile ilgili olabilir. En yüksek performans test alt kümesi için tüm girdi değişkenlerinin kullanıldığı RT5 modelinde elde edilmiş ve bu modelin R<sup>2</sup>, MAE, RMSE ve NSE değerleri sırasıyla 0.921, 0.388 mm gün<sup>-1</sup>, 0.499 mm gün<sup>-1</sup> ve 0.905 olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Sadece Tort, Tmin ve Tmax değişkenlerinin girdi olarak kullanıldığı RT3 modeli ise test aşamasında en düşük tahmin performansını vermiştir (R<sup>2</sup>=0.504, MAE=0.960 mm gün<sup>-1</sup>, RMSE=1.213 mm gün<sup>-1</sup>, NSE=0.440). Bununla birlikte RT modelleri, 5. kombinasyon haricinde ilk dört kombinasyon için RMSE'de %10.85 ile %22.27'lik bir artışla MARS modeliyle karşılaştırılabilir günlük ET0 tahminleri üretmiştir. Tüm girdi değişkenlerinin kullanıldığı kombinasyon 5'de ise MARS5 modeli, RT5 modellerinden oldukça yüksek tahmin performansı göstermiştir. YSA modeli ile karşılaştırıldığında RT modeli için RMSE'deki artış sırasıyla %63.61 olarak meydana gelmiştir.

**Çizelge 4.** Farklı girdi değişkenlerine sahip RT modelinin eğitim ve test aşamındaki istatistiksel değerleri

**Table 4.** Statistical values of the RT model with different input variables during the training and testing phase

Model	Eğitim Veri Seti				Test Veri Seti			
	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE	NSE	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE	NSE
		(mm gün <sup>-1</sup> )	(mm gün <sup>-1</sup> )			(mm gün <sup>-1</sup> )	(mm gün <sup>-1</sup> )	
RT1	1.000	0.010	0.019	1.000	0.821	0.630	0.808	0.752
RT2	1.000	0.013	0.022	1.000	0.926	0.419	0.521	0.897
RT3	1.000	0.007	0.016	1.000	0.504	0.960	1.213	0.440
RT4	1.000	0.011	0.020	1.000	0.805	0.611	0.785	0.765
<b>RT5</b>	<b>1.000</b>	<b>0.016</b>	<b>0.025</b>	<b>1.000</b>	<b>0.921</b>	<b>0.388</b>	<b>0.499</b>	<b>0.905</b>

Not: Tüm modeller arasındaki en iyi istatistiksel göstergeler koyu renkle işaretlenmiştir.

Eğitim ve test alt kümeleri için günlük  $ET_0$ 'ı tahmin etmek amacıyla beş girdi kombinasyonu altında GPR'nin en iyi performansı, kernel fonksiyonu olarak radial temelli fonksiyon (rbf) kullanıldığında ve beşinci kombinasyonda gözlenmiştir ( $R^2=0.911$ ,  $MAE=0.532$  mm gün<sup>-1</sup>,  $RMSE=0.638$  mm gün<sup>-1</sup>,  $NSE=0.845$ ). GPR modelleri arasında en düşük tahmin performansını veren model ise Tort, Tmin ve Tmax değişkenlerinin kullanıldığı üçüncü kombinasyondan (GPR3) elde edilmiştir (test veri seti için  $R^2=0.687$ ,  $MAE=0.855$  mm gün<sup>-1</sup>,  $RMSE=1.005$  mm gün<sup>-1</sup>,  $NSE=0.616$ ). Bununla birlikte üçüncü girdi kombinasyonu için karşılaştırılan üç makine öğrenmesi modeli arasında ise en yüksek tahmin performansını GPR3 modeli göstermiştir. Bunun yanı sıra GPR modeli, 2. ve 5. kombinasyon haricinde diğer kombinasyonlar için RMSE'de %18.2 ile 21.41'lik bir artışla MARS modeliyle karşılaştırılabilir günlük  $ET_0$  tahminleri üretmiştir. Tüm girdi değişkenlerinin kullanıldığı kombinasyon 5'de ise MARS5 modeli, GPR5 modelinden oldukça yüksek tahmin performansı göstermiştir. MARS5 modeli ile karşılaştırıldığında GRP5 modeli için RMSE'deki artış %109.18 olarak meydana gelmiştir.

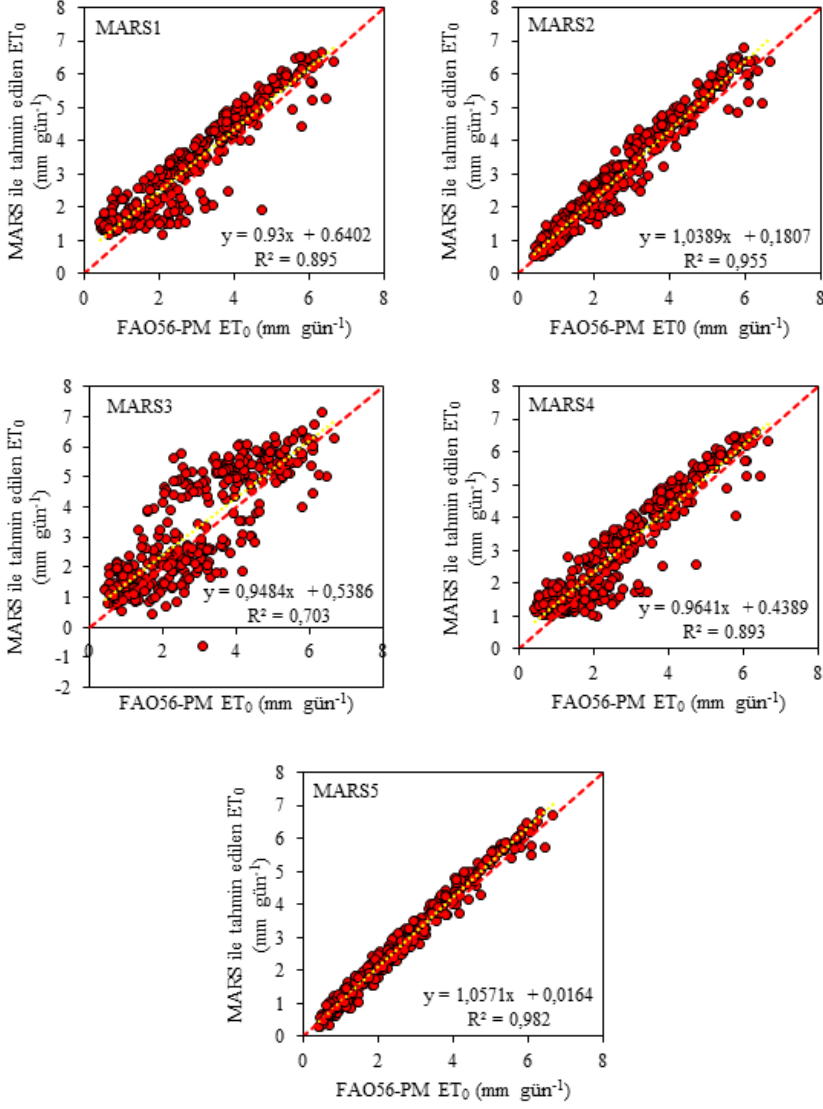
**Çizelge 5.** Farklı girdi parametrelerine sahip GPR modelinin eğitim ve test aşamasındaki istatistiksel değerleri

**Table 5.** Statistical values of the GPR model with different input variables during the training and testing phase

Model	Kernel	Eğitim Veri Seti				Test Veri Seti			
		R <sup>2</sup>	MAE (mm gün <sup>-1</sup> )	RMSE (mm gün <sup>-1</sup> )	NSE	R <sup>2</sup>	MAE (mm gün <sup>-1</sup> )	RMSE (mm gün <sup>-1</sup> )	NSE
GPR1	rbf	0.869	0.606	0.737	0.761	0.890	0.718	0.839	0.732
GPR2	rbf	0.926	0.560	0.669	0.803	0.931	0.635	0.734	0.795
GPR3	rbf	0.665	0.964	1.123	0.444	0.687	0.855	1.005	0.616
GPR4	rbf	0.854	0.546	0.670	0.802	0.863	0.637	0.759	0.781
<b>GPR5</b>	<b>rbf</b>	<b>0.910</b>	<b>0.482</b>	<b>0.590</b>	<b>0.847</b>	<b>0.911</b>	<b>0.532</b>	<b>0.638</b>	<b>0.845</b>

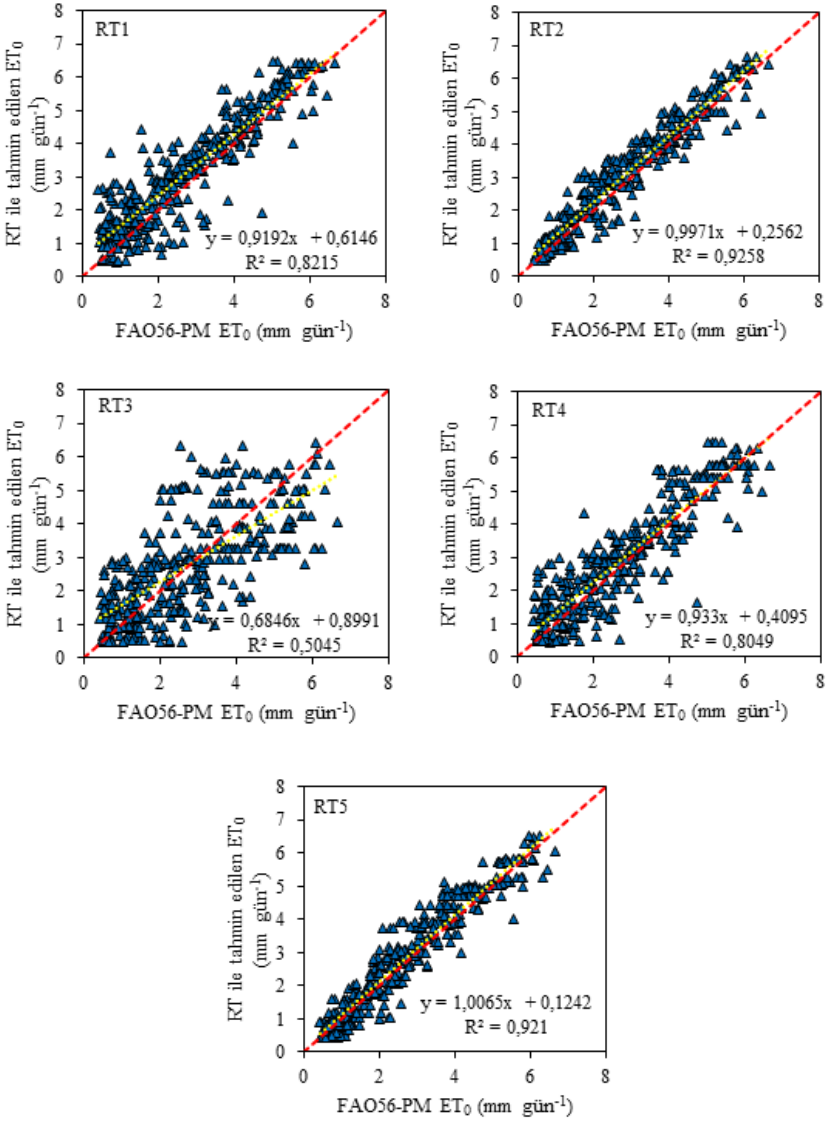
Not: Tüm modeller arasındaki en iyi istatistiksel göstergeler koyu renkle işaretlenmiştir.

Test aşamasında MARS, RT ve GPR modelleri tarafından tahmin edilen ET<sub>0</sub> değerleri ile bunlara karşılık gelen FAO56-PM değerleri arasındaki saçılım grafikleri sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir. MARS modeli kullanılarak tahmin edilen ET<sub>0</sub> değerlerinin, FAO56-PM yöntemi ile elde edilen ET<sub>0</sub> değerleriyle iyi bir uyum içinde olduğu saçılım grafiklerinden görülmektedir. Sonuçlar beş farklı girdi kombinasyonu karşılaştırıldığında MARS'ın diğer kombinasyonlardan daha iyi performans gösterdiğini açıkça göstermektedir. Genel olarak tüm modellerin performansları karşılaştırıldığında MARS modellerinin en iyi performansı gösterdiği, RT ve GPR modellerinin ise MARS modeli ile yakın tahmin performansı ürettiği görülmektedir.



**Şekil 1.** Test aşamasında beş girdi kombinasyonu için FAO56-PM değerlerine karşı MARS yöntemi ile tahmin edilen ET<sub>0</sub> değerlerinin saçılım grafikleri

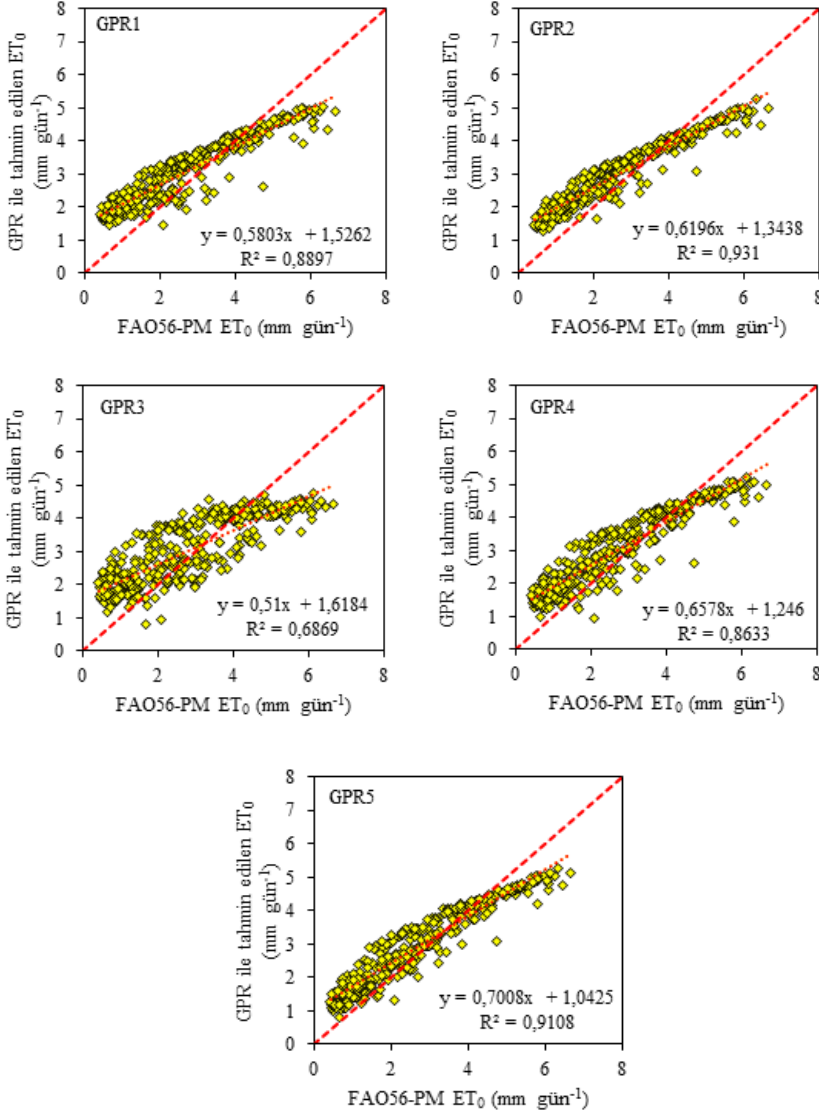
**Figure 1.** Scatter plots of ET<sub>0</sub> values estimated with the MARS method versus FAO56-PM values for five input combinations in the test phase



**Şekil 2.** Test aşamasında beş girdi kombinasyonu için FAO56-PM değerlerine karşı RT yöntemi ile tahmin edilen  $ET_0$  değerlerinin saçılım grafikleri

**Figure 2.** Scatter plots of  $ET_0$  values estimated with the RT method versus FAO56-PM values for five input combinations in the test phase





**Şekil 3.** Test aşamasında beş girdi kombinasyonu için FAO56-PM değerlerine karşı GPR yöntemi ile tahmin edilen ET<sub>0</sub> değerlerinin saçılım grafikleri

**Figure 3.** Scatter plots of ET<sub>0</sub> values estimated with the GPR method versus FAO56-PM values for five input combinations in the test phase

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada genel olarak, sıcaklık ve güneşlenme şiddetinin kullanıldığı radyasyona dayalı makine öğrenimi modelleri, sadece sıcaklık verilerine dayalı makine öğrenimi modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Bunun nedeni güneşlenme şiddetinin ( $R_s$ ), bitki su tüketimi için birincil enerji kaynağı olmasından kaynaklanabilir. Bu sonuç, Fan ve ark. (2018) ve Zhu ve ark. (2020)'nin bulgularıyla uyumludur. Minimum ve maksimum hava sıcaklıklarının girdi olarak kullanıldığı kombinasyon 4 ile bağıl nemin girdi olarak kullanıldığı kombinasyon 2 karşılaştırıldığında bağıl nemin model performansına katkısı daha fazla olmuştur. Bununla birlikte, sıcaklığa dayalı modellerle karşılaştırıldığında, bağıl nem ve rüzgar hızı gibi daha fazla iklimsel verinin girdi olarak kullanılmasıyla modellerin doğruluğu önemli oranda artmıştır. Bu sonuç, gerçek zamanlı sulama tahminleri için halen kullanılmakta olan sadece sıcaklığa dayalı referans bitki su tüketimi tahmin modellerinin dikkatli kullanılması gerektiğini doğrulamaktadır. Yapılan önceki çalışmalarda, meteorolojik girdi değişkenlerinin hepsinin kullanıldığı modellerin daha doğru tahmin sonuçları verdiği belirlenmiştir. Fan ve ark. (2018) girdi olarak kullanılan farklı meteorolojik değişkenlerin kombinasyonlarının, makine öğrenimi modelleriyle  $ET_0$ 'ın tahmin doğruluğunu belirlemede birincil rol oynadığını bildirmiştir. Shan et al. (2020) Güneybatı Çin'in yarı kurak bölgelerinde günlük  $ET$ 'yi tahmin etmek için MARS, YSA ve ampirik modelleri karşılaştırmıştır. Genel olarak, MARS modellerinin tüm büyüme aşamalarında diğer modellerden daha iyi performans gösterdiği bildirilmiştir.

Referans bitki su tüketimi, çok sayıda meteorolojik faktöre bağlı karmaşık, dinamik ve doğrusal olmayan bir hidrolojik olgudur. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, MARS modellerinin  $ET_0$  ile meteorolojik değişkenler arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri başarılı bir şekilde modelleyebildiğini göstermiştir. Bununla birlikte RT ve GPR modelleri,  $ET_0$ 'ı tahmin etmede MARS ile karşılaştırılabilir iyi bir performansa sahip olmuştur. Bu çalışmada oluşturulan MARS modelleri, eksik meteorolojik veri olması durumunda bile yarı nemli iklim özelliklerine sahip bölgelerde referans bitki su tüketimini tahmin etmek için önerilebilir. Tüm bunların sonucunda Türkiye'nin yarı nemli iklim özelliğine sahip Bafra Ovası'nda su kaynaklarının planlanmasında ve sulama suyu miktarının belirlenmesinde MARS modeli kullanılarak  $ET_0$ 'ın tahmin edilmesinin daha doğru olacağı sonucuna varılabilir.

## 5. SONUÇ

Referans bitki su tüketiminin doğru, hızlı ve güvenilir tahmini, bölgesel su yönetimi ve tarımsal planlama başta olmak üzere sulama uygulamalarının başarılı olabilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada Bafra Ovası için günlük  $ET_0$ 'ı tahmin etmek amacıyla farklı girdi kombinasyonlarında MARS, RT ve GPR makine öğrenmesi modelleri değerlendirilmiştir. FAO-56 PM denklemi, modellerden elde edilen  $ET_0$  tahminlerini karşılaştırmak için referans olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, tam veya eksik girdi değişkenlerinin modellerin performansını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Genel olarak, radyasyona dayalı makine öğrenimi modelleri, sıcaklığa dayalı makine öğrenimi modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Güneşlenme şiddeti ( $R_s$ ), rüzgar hızı ( $u_2$ ) ve bağıl nem (RH),  $ET_0$  tahmininde sıcaklık değişkenlerine oranla tahmin sonucunu daha çok etkilemiştir. Farklı performans indekslerine göre her üç modelin de tahmin performansı oldukça benzer ve yakın olmasına rağmen MARS modelinin RT ve GPR modellerinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. En doğru sonuçlar, diğer iki modele (RT ve GPR) kıyasla daha iyi tahmin performansı gösteren MARS ile ve altı girdi değişkeninin hepsinin kullanıldığı beşinci girdi kombinasyonu ile elde edilmiştir (Test veri seti için  $R^2=0.982$ ,  $MAE=0.250$  mm gün<sup>-1</sup>,  $RMSE=0.305$  mm gün<sup>-1</sup>,  $NSE=0.965$ ). Bu nedenle çalışma alanı gibi yarı nemli iklim özelliğine sahip alanlarda günlük  $ET_0$ 'ı tahmin etmek için MARS modeli tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmaların çoğu sınırlı iklim verisiyle  $ET_0$ 'ı tahmin etmeye odaklanmıştır. Oysa ki  $ET_0$ 'ın tahmin doğruluğunun geliştirilmesi de önemlidir. Bu amaçla gelecekteki çalışmalarda modellerin optimizasyon parametrelerinin belirlenmesinde biyolojik ilhamlı sezgisel algoritmalar araştırılabilir.

### 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): ST(%50), MT(%50)

Veri Toplanması (Data Acquisition): ST(%20), MT(%80)

Veri Analizi (Data Analysis): ST(%80), MT(%20)

Makalenin Yazımı (Writing Up): ST(%70), MT(%30)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): ST(%70), MT(%30)

## KAYNAKLAR

- Adnan, R.M., Mostafa, R.R., Islam, A.R.M.T., Kisi, O., Kuriqi, A., Heddam, S., 2021. Estimating reference evapotranspiration using hybrid adaptive fuzzy inferencing coupled with heuristic algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 106541. doi:10.1016/j.compag.2021.106541
- Aghelpour, P., Norooz-Valashedi, R., 2022. Predicting daily reference evapotranspiration rates in a humid region, comparison of seven various data-based predictor models. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1-23. doi:10.1007/s00477-022-02249-4
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO - Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 300(9), D05109.
- ASCE-EWRI, 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Standardization of reference evapotranspiration task committee final report, R. G. Allen, I. A. Walter, R. L. Elliott, T. A. Howell, D. Itenfisu, M. E. Jensen, and R. L. Snyder, eds., ASCE, Reston, VA, (<http://www.asce.org/Product.aspx?id=2147485918>), 216.
- Blaney, H.F., Criddle, W.D., 1950. Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological Irrigation Data. Technical Paper No. 96, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.C., 48 pp.
- Cheng, M.Y., Cao, M.T., 2014. Accurately predicting building energy performance using evolutionary multivariate adaptive regression splines. *Applied Soft Computing*, 22, 178-188. doi: 10.1016/j.asoc.2014.05.015
- Djaman, K., Tabari, H., Balde, A. B., Diop, L., Futakuchi, K., Irmak, S., 2016. Analyses, calibration and validation of evapotranspiration models to predict grass-reference evapotranspiration in the Senegal river delta. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 8, 82-94. doi:10.1016/j.ejrh.2016.06.003
- Dong, J., Zhu, Y., Jia, X., Han, X., Qiao, J., Bai, C., Tang, X., 2022. Nation-scale reference evapotranspiration estimation by using deep learning and classical machine learning models in China. *Journal of Hydrology*, 604, 127207. doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.127207
- Fan, J., Yue, W., Wu, L., Zhang, F., Cai, H., Wang, X., Lu, X., Xiang, Y., 2018. Evaluation of SVM, ELM and four tree-based ensemble models for predicting daily reference evapotranspiration using limited meteorological data in different climates of China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 225-241. doi:10.1016/j.agrformet.2018.08.019
- Gocić, M., Arab Amiri, M., 2021. Reference evapotranspiration prediction using neural networks and optimum time lags. *Water Resources Management*, 35(6), 1913-1926. doi:10.1007/s11269-021-02820-8
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2), 96-99. doi:10.13031/2013.26773
- Huang, G., Wu, L., Ma, X., Zhang, W., Fan, J., Yu, X., Zeng, W., Zhou, H., 2019. Evaluation of CatBoost method for prediction of reference evapotranspiration in humid regions. *Journal of Hydrology*, 574, 1029-1041. doi:10.1016/j.jhydrol.2019.04.085
- Irmak, S., Irmak, A., Allen, R. G., Jones, J. W., 2003. Solar and net radiation-based equations to estimate reference evapotranspiration in humid climates. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 129(5), 336-347. doi:10.1061/(ASCE)10733-9437
- Jing, W., Yaseen, Z.M., Shahid, S., Saggi, M.K., Tao, H., Kisi, O., Salih, S.Q., Al-Ansari, N., Chau, K.W., 2019. Implementation of evolutionary computing models for reference evapotranspiration modeling: short review, assessment and possible future research directions. *Engineering applications of computational fluid mechanics*, 13(1), 811-823. doi:10.1080/19942060.2019.1645045
- Karbasi, M., 2018. Forecasting of multi-step ahead reference evapotranspiration using wavelet-Gaussian process regression model. *Water resources management*, 32(3), 1035-1052.
- Liu, X., Xu, C., Zhong, X., Li, Y., Yuan, X., Cao, J., 2017. Comparison of 16 models for reference crop evapotranspiration against weighing lysimeter measurement. *Agricultural Water Management*, 184, 145-155. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.01.017>
- Makkink, G.F., 1957. Testing the Penman formula by means of lysimeters. *J. Inst. Water Eng.*, 11(3): 277-288
- Makwana, J.J., Tiwari, M.K., Deora, B.S., 2023. Development and comparison of artificial intelligence models for estimating daily reference evapotranspiration from limited input variables. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100115. doi:10.1016/j.atech.2022.100115
- Mehdizadeh, S., Behmanesh, J., Khalili, K., 2017. Using MARS, SVM, GEP and empirical equations for estimation of monthly mean reference evapotranspiration. *Computers and electronics in agriculture*, 139, 103-114. doi:10.1016/j.compag.2017.05.002
- Mishra, A.K., Ratha, B.K., 2016. Study of random tree and random forest data mining algorithms for microarray data analysis. *International Journal on Advanced Electrical and Computer Engineering*, 3(4), 5-7.

- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V., 1970. "River Flow Forecasting through Conceptual Models: Part I. A Discussion of Principles." *Journal of Hydrology* 10 (3): 282-90. doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6
- Priestley, C.H.B., Taylor, R.J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, 100(2): 81-92. doi:10.1175/1520-0493
- Rasmussen, C.E., Williams, C.K.I., 2006. *Gaussian Processes for Machine Learning*, in: Adaptive Computation and Machine Learning series, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, ISBN 0-262-18253-X, 2005.
- Roy, D.K., Saha, K.K., Kamruzzaman, M., Biswas, S.K., Hossain, M.A., 2021. Hierarchical fuzzy systems integrated with particle swarm optimization for daily reference evapotranspiration prediction: A novel approach. *Water Resources Management*, 35(15), 5383-5407. doi:10.1007/s11269-021-03009-9
- Salam, R., Islam, A.R.M.T., 2020. Potential of RT, Bagging and RS ensemble learning algorithms for reference evapotranspiration prediction using climatic data-limited humid region in Bangladesh. *Journal of Hydrology*, 590, 125241. doi:10.1016/j.jhydrol.2020.125241
- Shan, X., Cui, N., Cai, H., Hu, X., Zhao, L., 2020. Estimation of summer maize evapotranspiration using MARS model in the semi-arid region of northwest China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105495. doi:10.1016/j.compag.2020.105495
- Taşan, S., 2018. Bafra ovası sağ sahil topraklarının sulama açısından bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimin modeller ile tahmini. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 346s, Samsun.
- Thorntwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1), 55-94.
- Wu, M., Feng, Q., Wen, X., Deo, R. C., Yin, Z., Yang, L., Sheng, D., 2020. Random forest predictive model development with uncertainty analysis capability for the estimation of evapotranspiration in an arid oasis region. *Hydrology Research*, 51(4), 648-665. <https://doi.org/10.2166/nh.2020.012>
- Yin, L., Tao, F., Chen, Y., Liu, F., Hu, J., 2021. Improving terrestrial evapotranspiration estimation across China during 2000–2018 with machine learning methods. *Journal of Hydrology*, 600, 126538.
- Zhou, Z. H., 2016. Learnware: on the future of machine learning. *Frontiers Comput. Sci.*, 10(4), 589-590.
- Zhu, B., Feng, Y., Gong, D., Jiang, S., Zhao, L., Cui, N., 2020. Hybrid particle swarm optimization with extreme learning machine for daily reference evapotranspiration prediction from limited climatic data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173, 105430. doi:10.1016/j.compag.2020.105430



# Samsun İlindeki Fındık Harman Makinaları İmalat Sanayinin Sorunları ve Çözüm Önerileri

Problems and Solution Suggestions for the  
Hazelnut Threshing Machinery Manufacturing  
Industry in Samsun

Züleyha Özkan KARASU<sup>1</sup>, Hüseyin SAUK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun  
· zuleyhakarasuozkan@gmail.com · ORCID > 0000-0001-6455-1432

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun  
· hsauk@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-5622-6170

## Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 19 Aralık/December 2022

**Kabul Tarihi/Accepted:** 14 Şubat/February 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 255-266

**Atıf/Cite as:** Karasu Özkan, Z., Sauk, H. "Samsun İlindeki Fındık Harman Makinaları İmalat Sanayinin Sorunları ve Çözüm Önerileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 255-266.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Hüseyin SAUK

## SAMSUN İLİNDEKİ FINDIK HARMAN MAKİNALARI İMALAT SANAYİNİN SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

### ÖZ

Samsun'da faaliyet gösteren fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin sorunları ve çözüm önerileri bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Araştırma verileri, anket yöntemiyle, tam sayım yapılarak elde edilmiştir. Hazırlanan anket formları, belirlenen 12 işletmeye gidilerek, yönetici ve çalışanlarla karşılıklı görüşmeler yoluyla gerekli bilgi ve veriler elde edilerek doldurulmuştur. Anket kapsamında, fındık harman makinası imalatçılarının alet ve makina varlığı, mevcut üretim ve teknik kapasiteleri, sermaye ve ham madde durumları, enerji tüketimleri, üretim şekilleri, pazarlama imkanları ile karşılaştıkları sorunlar ve çözüm önerileri ele alınmıştır. Anket formları, verilen bilgi ve gözlemlere dayalı olarak doldurulmuştur. Çalışmada elde edilen veriler 2022 yılı imalat dönemini içermektedir. Elde edilen anket sonuçlarına göre; imalatçı firmaların mevcut üretim durumu bölgenin ihtiyaç duyduğu fındık harman makinası gereksinimini yeterli düzeyde karşıladığı, destek ve hibe konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıkları belirlenmiştir. Ayrıca, imalatçı firmalar üretim işlerinde yeterli düzeyde ve kalitede kalifiye eleman bulamadıklarını bildirmişlerdir. Bu amaçla, yetişmiş elemanların teknik bilgi ve beceri yönünden eğitilmeleri, bununla birlikte firmaların girişimci ve yenilikçi yönlerini geliştirebilmeleri için bilgilendirilme yapılarak teşvik edilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fındık Harman Makinası, Tarım Makinaları, İmalat, Samsun.



## PROBLEMS AND SOLUTION SUGGESTIONS FOR THE HAZELNUT THRESHING MACHINERY MANUFACTURING INDUSTRY IN SAMSUN

### ABSTRACT

The problems and solution proposals of the firms that manufacture hazelnut threshing machines operating in Samsun are evaluated within the scope of this study. The survey method obtained the research data by making a complete census. The prepared questionnaires were filled in by visiting 12 selected businesses and obtaining necessary information and data through mutual interviews with managers and employees. Within the scope of the survey, the problems faced by the hazelnut threshing machine manufacturers with the availability of tools and machinery, current production and technical capacities, capital and raw material situations, energy consumption, production methods, and marketing opportunities were dis-

cussed. Survey forms were filled out based on the information and observations given. The data obtained in the study include the manufacturing period of 2022. According to the survey results, it has been determined that the manufacturing firms current production situation meets the region's hazelnut threshing machine requirement at a sufficient level, and they do not have enough information about support and grants. In addition, manufacturing firms reported that they could not find sufficient and quality qualified personnel in their production works. For this purpose, personnel should be trained in terms of technical knowledge and skills, and firms should be informed and encouraged to develop their entrepreneurial and innovative aspects.

**Keywords:** Hazelnut Thresher Machinery, Agricultural Machinery, Manufacturing, Samsun.



## 1. GİRİŞ

Türkiye yaklaşık 700 bin ha ile dünya fındık dikim alanlarının %74.50'sine sahiptir. Kabuklu fındık olarak üretim miktarı ise yaklaşık 665 bin ton olup dünya fındık üretiminin %76'sını karşılamaktadır. Fındık ihracatı ise yaklaşık 500 bin ton olup dünya fındık ihracatının %75'ini gerçekleştirmektedir (TÜİK, 2022). Bununla birlikte fındık, yaklaşık 500 bin dolayında çiftçi ailesinin tek geçim kaynağını oluşturmaktadır.

Türkiye'de yetiştirilen fındık çeşitleri, genellikle meyveyi sıkıca saran uzun zuruflara sahiptir. Bu nedenle, olgun meyveler kendiliğinden zuruftan ayrılmamakta ve çotanaklar halinde dökülmektedir (Ayfer, 1986). Daldan veya yerden çotanaklar halinde toplanan fındıklar, zuruf soyma işlemi yapılabilmesi için açık havada kurutulmak üzere harman yerlerine serilmektedir. Türkiye'de, fındık harman makineleri üzerinde ilk araştırmalar 1939 yılında başlamış ise de, 1970'li yılların başına kadar fındıkta zuruf soyma işleminde yaygın olarak kullanılan yöntem, zurufları iyice kurutulmuş çotanakların, ahşap tırmıklarla dövülmesi şeklinde olmuştur. Yine, bazı bölgelerde, yöre imalatçıları tarafından geliştirilmiş insan veya motor gücüyle çalıştırılan düşük performans karakteristiklerine sahip basit makineler de kullanılmıştır. Söz konusu yöntemler, topoğrafik yapı nedeniyle ulaşımı güç olan yörelerde azda olsa halen kullanılmaktadır (Beyhan ve ark., 2008).

1973 yılında, yöre imalatçıları tarafından, zuruf soyucu ünitesi sürtünme ve ovma etkisiyle çalışan yüksek kapasiteli fındık harman makinası geliştirilmiştir. Fındık üretim alanlarının hızlı bir şekilde düz ve düze yakın arazilere kayması nedeniyle, verim ve üretim miktarlarındaki artış, bu makinaya olan ilgiyi arttırmıştır. Makina, pahalı olması nedeniyle, çoğunlukla makina işletmecileri tarafından satın alınmış ve



ücret karşılığında çalıştırılmaya başlanmıştır. Günümüzde, toplam 4887 adet olduğu bildirilen (TÜİK, 2022) fındık harman makinalarının büyük çoğunluğunu oluşturan bu makina, traktörlerin ulaşabildiği tüm alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tarım makinaları imalat sektörü birkaç büyük firma dışında, genel olarak küçük ölçekli işletmelerden meydana gelmektedir. Küçük ölçekli işletmeler yeterli çalışma alanına sahip olmadıklarından atölyelerine gerekli olan tezgah, ekipman ve makine yerleştiremediklerinden modern teknikler kullanamamaktadır. Bu nedenle işletmelerin çoğunda teknik bilgi ve beceriye sahip eleman çalıştırılmamaktadır. Ayrıca, kalifiye elemanların nitelsiz işçilere göre daha yüksek ücret talep etmeleri ve imalathanelerin ekonomik olarak yeterli düzeyde olmamaları nedeniyle istihdam edilmeleri zor olmaktadır. Bu alandaki açığın kapatılması, tarım makinaları imalat sektörünün geleceği açısından oldukça önemlidir.

Fındık harman makinalarının gerek imalatı ve gerekse kullanımı sırasında yaşanan problemlerin çözümüne yönelik araştırmalara rastlanılmakla birlikte bu alandaki gelişmelere daha kalıcı çözüm önerilmesi de üzerinde durulması gereken önemli konular olarak gündemde tutulması gerekmektedir. Bu alanda yaşanan problemlerin tespiti ve çözüme kavuşturulması ile fındık harmanlanmasında makinaların tasarımına ve kullanımına ilişkin somut veriler sunulabilir.

Türkiye’de iller bazında tarım makinaları imalatının durumu, sorunları ve çözüm önerileri konusunda birçok araştırmalar yapılmıştır (Zeren ve Bayat, 1990; Ergüneş ve ark., 1994; Demir ve ark., 1995; Pınar ve ark., 1995; Tarakçıoğlu ve ark., 1995; Çakmak, 1999; Aybek ve ark., 2001; İçöz, 2001; Gezer ve ark., 2001; Demircan ve ark., 2003; Kara ve Kalyoncu, 2005; Altuntaş ve ark., 2006; Bayraktar 2007; Ünal ve ark., 2007; Keskin, 2007; Bayhan ve ark., 2007; Paksoy ve Güleş, 2007; Kahya, 2008; Can, 2010; Çalışkan, 2011; Artan, 2016; Sağlam ve Çetin, 2016). Ancak fındık harman makinası imalatçıların sorunlarına yönelik şu ana kadar herhangi bir çalışmanın yapılmadığı söylenebilir.

Samsun’da faaliyet gösteren fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin sorunları ve çözüm önerileri bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Araştırma verileri, anket yöntemiyle, tam sayım yapılarak elde edilmiştir. Hazırlanan anket formları, belirlenen 12 işletmeye gidilerek, yönetici ve çalışanlarla karşılıklı görüşmeler yoluyla gerekli bilgi ve veriler elde edilmiştir. Anket kapsamında, fındık harman makinası imalatçılarının alet ve makina varlığı, mevcut üretim ve teknik kapasiteleri, sermaye ve ham madde durumları, enerji tüketimleri, üretim şekilleri, pazarlama imkânları ile karşılaştıkları sorunlar ele alınmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Samsun ili Terme ilçesinde fındık harman makinaları imalatı yapan işletmeler araştırmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Bu amaçla, verilerin ilgili firmalardan elde edilmesi için bir anket formu oluşturulmuştur. Araştırma verileri, anket yöntemiyle tam sayım yapılarak tespit edilmiştir. İşletmelerin mevcut üretim durumu, makina teçhizat varlıkları ve teknik üretim kapasiteleri ile ilgili verileri 2022 yılına aittir.

Bu çalışma, üniversite etik kurulunun 27.05.2022 tarih ve 2022-499 karar sayılı onayı ile fındık harman makinası imalatı yapan 12 işletmeye gidilerek, yönetici ve çalışanlarla karşılıklı görüşmeler yoluyla gerekli bilgi ve veriler elde edilmiştir. Anket kapsamında, fındık harman makinası imalatçıların alet ve makina varlığı, mevcut üretim ve teknik kapasiteleri, sermaye ve ham madde durumları, enerji tüketimleri, üretim şekilleri, pazarlama imkânları, yapısal özellikleri ile karşılaştıkları sorunlar ele alınmıştır. Anket formları, verilen bilgi ve gözlemlere dayalı olarak doldurulmuştur.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. İşletmelerin Genel Yapısı ve Özellikleri

Anket yapılan fındık harman makinası imalatı yapan firmaların üretime başladığı yıllar, kapalı alan varlığı ve dağılımları çizelge 1'de verilmiştir.

#### Çizelge 1. İşletmelerin üretime başladığı yıl, kapalı alan varlığı ve dağılımları

**Table 1.** Year the firms started production, closed area presence, and distribution

Üretime Başlama Yılı	Firma Sayısı (adet)	Dağılım (%)
1980 öncesi	4	33.34
1980-2000 arası	5	41.66
2000 sonrası	3	25.00
Toplam	12	100

Kapalı Alan Varlığı (m <sup>2</sup> )	Firma Sayısı (adet)	Dağılım (%)
≤100	3	25.00
101-200	2	16.66
201-400	6	50.00
≥401	1	8.34
Toplam	12	100

Çizelge 1’de görüldüğü üzere, 12 işletmenin %34.34’ü 1980 ve öncesine, %41.66’sı 1980-2000 yılları arasında ve %25’i 2000 yılı sonrasında üretime başlamıştır. Kapalı alan varlığı bakımından  $\leq 100$  m<sup>2</sup>’lik alana sahip işletmelerin sayısal oranı %25, 101-200 m<sup>2</sup>’lik alana sahip işletmelerin sayısal oranı %16.66, 201-400 m<sup>2</sup>’lik alana sahip işletmelerin sayısal oranı %50 ve  $\geq 401$  m<sup>2</sup>’lik alana sahip işletmelerin sayısal oranı ise %8.34’e karşılık gelmektedir. Kapalı alan varlığı bakımından en büyük oran %50 ile 201-400 m<sup>2</sup>’dir. Ayrıca işletmelerin %25’i kiraladıkları işletme tesislerinde, %75’i ise mülkiyeti kendilerine ait olan tesislerde üretim yapmaktadır. Elde edilen verilere, işletmeler küçük ölçekli işletmeler olduğunu göstermektedir.

İşletmeler yapılanma şekli bakımından incelendiğinde, 12 işletmenin %67’si aile işletmesi, %25’i limitet şirketi ve %8’i anonim şirketi olarak faaliyetlerine devam etmektedir.

### 3.2. İşletmelerin Personel Durumu

Fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin personel sayısı ve dağılımı çizelge 2’de verilmiştir.

#### Çizelge 2. İşletmelerin personel sayısı ve dağılımı

*Table 2. Number of personnel and distribution of firms*

Personel Durumu	Çalışan Sayısı (adet)	İşletme Sayısı (adet)
İdari Personel	12	12
Tarım Makinaları Mühendisi	1	1
Teknik Ressam	3	3
Teknisyen/Tekniker	7	2
Usta	42	12
İşçi	120	5

Çizelge 2’den de görüldüğü üzere, 12 işletmede toplam 185 çalışan sayısı bulunmaktadır. Personel durumu işletmelere bağlı olarak farklılık göstermektedir. 12 işletmede 12 idari personel ve 42 usta bulunmakla birlikte, sadece 1 işletmede tarım makinaları mühendisi çalışmaktadır. Yine, 3 işletmede 3 teknik ressam, 2 işletmede 7 teknisyen/tekniker ve 5 işletmede 120 işçi olduğu görülmektedir.

Personelin eğitim durumları dikkate alındığında %42’si ilkokul, %8’i orta-okul, %25’i lise ve %25’i üniversite mezunudur. İşletmelerin çalışma sürelerine bakıldığında, işletmelerin %58’i 9 saat/gün, %42’si 10 saat/gün çalıştığı belirlenmiştir.

Fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin personele sunduğu imkanlar göz önüne alındığında, işletmelerin %58'i ikramiye, %42'si servis, %92'si yemek ve %58'i de giyecek imkanı sunmaktadır. İşletmelerde güvenli olarak üretimin yapılabilmesi ve uygun koşulların sağlanması, bu koşulların iyileştirilmesi, yaşam ve sağlık hakkını garanti altına almak için bütün çalışanlar sigortalı olarak çalıştırılmaktadır (Çizelge 3).

### Çizelge 3. İşletmelerin personele sunduğu imkanlar

Table 3. Opportunities offered by firms

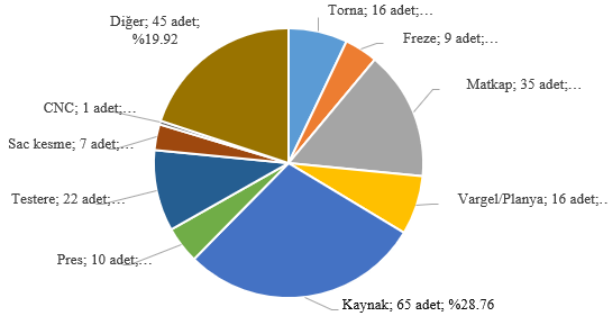
Sunulan İmkanlar	İşletme Sayısı (adet)	Dağılım (%)
Sigorta	12	100
İkramiye	7	58
Servis	5	42
Yemek	11	92
Giyecek	7	58

Çalışanların yıl olarak deneyim durumu incelendiğinde, 5 yıldan daha fazla iş deneyimi olan kişilerin %55.13'lük bir dağılım gösterdiği ve deneyim grupları yıl olarak yükseldikçe personel sayısının azaldığı görülmüştür. Pınar ve Tekgüler (1995), 5 yıldan daha az deneyimi bulunan işçilerin deneyimsiz kabul edildiğini bildirmektedirler. Buna göre, 1-5 yıl arasında deneyimi bulunan %44.87 oranındaki işçi, deneyimi yetersiz personel olarak belirlenebilir. Bunlar, eğitilmelerine gereksinim duyulan kişilerdir. Çalışanlar kendilerini ayrıca çırak, kalfa veya usta olarak tanıtmışlardır. Personelin %42.42'i çırak, %30.31'i kalfa ve %27.27'ini de usta oluşturmaktadır.

Görüldüğü üzere, fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerde, teknik eleman olarak mühendis sadece bir işletmede bulunmakta, profesyonel yönetici ise hiç bulunmamaktadır. Ayrıca, muhasebe ve pazarlama konusunda eğitim görmüş personel bulunmamaktadır.

### 3.3. İşletmelerin Teçhizat ve Makina Varlığı

Fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin kullandıkları teçhizat ve makina varlığı Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** İşletmelerin teçhizat ve makina varlığı

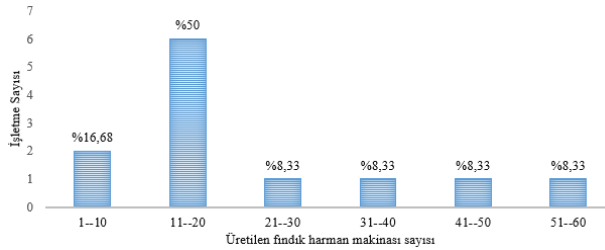
**Figure 1.** Equipment and machinery availability of firms

Şekil 1'den de görüldüğü üzere, en fazla sahip olunan makinalar; %28.76 ile kaynak makinası, %15.48 ile matkap ve %9.74 ile testere gelmektedir. Sadece 1 firmada CNC torna tezgahı bulunmaktadır.

İşletmecilerin genel sorunlarının başında alet, ekipman ve makina boyutları göz önüne alındığında kapalı çalışma alanlarının yüzölçümünün küçük olması gelmektedir. Buna bağlı olarak da, imkanları olmasına rağmen alet, ekipman ve makina alamadıklarını söylemişlerdir.

### 3.4. İşletmelerde Üretilen Fındık Harman Makinası Sayısı

İşletmelerin yıllık aldıkları malzeme miktarı, ürettikleri yıllık harman makina sayısı makinelerin kapasiteleri Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** İşletmelerin yıllık fındık harman makinası üretim kapasitesi

**Figure 2.** Annual hazelnut threshing machine production capacity of firms

Şekil 2'den de görüldüğü üzere, 12 işletmenin %50'si yılda 11-20 adet, %16.68'i yılda 1-10 adet, %8.33'ü yılda 21-30 adet, %8.33'ü yılda 31-40 adet, %8.33'ü yılda 41-50 adet ve %8.33'ü yılda 51-60 adet fındık harman makinası ürettiğini bildirmişlerdir. İşletme sahipleri ürettikleri makina sayısının alınan siparişe göre belirlendiğini söylemişlerdir. Malzeme fiyatlarının yüksek olması nedeniyle sipariş üzerine çalıştıklarını, satamadıkları ürünleri stok yaptıklarını belirtmişlerdir.

### 3.5. İşletmelerin Malzeme Temini, Üretim Şekli ve Enerji Tüketimi

Malzemeleri kendi üreten ve aynı zamanda yan sanayi ürünlerini kullanan işletmelerin oranı yaklaşık %84'dür. İşletmeler, yan sanayi ürünlerini Samsun'dan tedarik ettiklerini belirtmişlerdir. İşletmelerin hem seri hem de siparişe göre üretim yapma oranı ise %66.66'dır.

Fındık harman makinası imalatı yapan işletmeler de sadece elektrik enerjisi kullanılmaktadır. İşletmelerin yıllık elektrik enerjisi tüketimleri, 12 işletmenin %16.66'sı 1-3000 kWh/yıl, %16.66'sı 3000-6000 kWh/yıl, %16.66'sı 6000-9000 kWh/yıl, %33.33'ü 9000-15000 kWh/yıl ve %16.66'sı  $\geq 15000$  kWh/yıl'dır.

İşletmeler ham madde temin etme konusunda da bazı sorunlar yaşamaktadır. Bu sorunlar; fiyatların yüksek olması, o ay içerisinde aldığı malzemeyi diğer ay farklı fiyattan alması, depolama ve nakliye gibi sorunları sıralanabilir.

### 3.6. İşletmelerin Üretimde Kullandığı Standartlar

Yapılan anket çalışmasında ilçedeki fındık harman makinası imalatçıların tamamı ISO ve CE belgesi standartlarını kullanmaktadır. Sadece işletmelerin %33.33'de TSE belgesi bulundurmaktadır. Bu sayının az olmasının sebebi ise TSE belgesinin masraflı ve zor alınıyor olması şeklinde açıklanabilmektedir.

### 3.7. İşletmelerde Finans ve Pazarlama

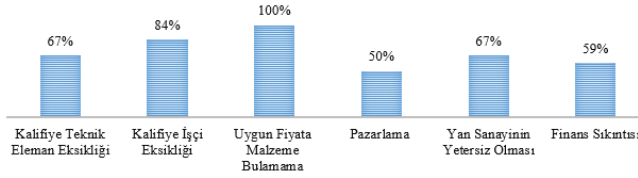
Fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin pazar yeri ve pazarlama ağı durumları incelendiğinde, işletmelerin sadece %6'sı Tarım Kredi Kooperatifi aracılığı ile satış yapmaktadır. Bunların dışında, %12'si bayilerle, %23'ü internet aracılığı ile %59'u ise doğrudan satış yoluyla ürettikleri fındık harman makinalarının satışını yapmaktadır.

İşletmelerin kredi kullanım göstergeleri ise, kredi kullanmayan işletmelerin oranı %41.66 olup kendi sermayeleriyle işlerini sürdürmektedir. İşletmelerin %58.34'ü ise kredi kullanmaktadır. İşletmelerin sadece %16.66'sı Ticaret ve Sanayi Odasına, %83.34'ü ise Esnaf ve Sanatkarlar Odasına üyelikleri bulunmaktadır.

İşletmelerin hiçbiri fuarlarda stand açmamışlardır. Son yıllarda birçok işletme gibi bu yöredeki işletmelerde internet erişim ağı ile ürünlerini tanıtmaya ve yurtdışı ile bağlantı kurmaya başlamışlardır. İşletmelerin %65'i Gürcistan, Azerbaycan gibi ülkelere ihracat yapmaktadır.

### 3.8. İşletmelerin Mevcut Sorunları

Fındık harman makinası imalatı yapan işletmelerin karşılaştıkları sorunlar Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. İşletmelerdeki başlıca sorunlar

*Figure 3. The main problems in firms*

Şekil 3'den de görüldüğü üzere, işletmeleri %67'si kalifiye eleman eksikliği olduğunu, %84'ü kalifiye işçi eksikliği olduğunu, %100'ü uygun fiyata malzeme bulamadıklarını, %50'si pazarlama sorunu olduğunu, %67'si yan sanayinin yetersiz olduğunu ve %39'u da finansman sıkıntısı olduğunu belirtmişlerdir.

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonucunda, fındık harman makinası imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin büyük çoğunluğunun kurumsallaşma sürecini tamamlayamamış küçük ve orta ölçekli aile şirketi olduğu görülmektedir. Bu işletmelerde ustalık kültürünün egemen olduğu, mühendislik kültürünün ise henüz olgunlaşmadığı belirlenmiştir. İmalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin hiçbirinde Ar-Ge çalışması yürütülmemektedir. Bu duruma neden olacak yatırımlar için yeni-ileri imalat teknolojilerinin kullanılmasının yüksek maliyet gerektirmesi ve nitelikli işgücünün bulunmaması söylenebilir.

Genel olarak, fındık harman makinası imalat sektörünün temel problemlerin finansal problemler olduğu bunun yanında da ham madde ve pazarlama konularında ciddi sorun yaşadıkları görülmektedir. Bu problemlerin kısa vadede üretilebilecek en önemli çözüm, destek ve teşvik programlarından etkin bir şekilde yararlanmaları olduğu söylenebilir. Bahsedilen problemlerin çözüme kavuşturulması amacıyla paydaşlara (üniversite, sivil toplum örgütleri vb.) önemli sorumluluklar ve görevler düşmektedir,

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

## Etik

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi etik kurulunun 27.05.2022 tarih ve 2022-499 karar sayılı onayı ile yapılmıştır.

## Yazarların Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): ZKÖ(%40), HS(%60)

Veri Toplanması (Data Acquisition): ZKÖ(%50), HS(%50)

Veri Analizi (Data Analysis): ZKÖ(%20), HS(%80)

Makalenin Yazımı (Writing Up): ZKÖ(%40), HS(%60)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): ZKÖ(%20), HS(%80)

## KAYNAKLAR

- Altuntaş, E., Ögüt, H., Taşer, Ö. F., 1997. Ülkemizin coğrafik bölgelerine göre tarımsal mekanizasyon durumu, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, (s. 68-75). Tokat.
- Artan, S., 2016. Söke ilçesindeki tarım makineleri imalatçıların yapısal durumunun ve sorunlarının belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Aydın.
- Aybek, Ali., Arslan, S., Korlaelçi, M., 2001. Kahramanmaraş ilinde tarım alet ve makineleri imalatı yapan işletmelerin profili ve beklentileri. Fen ve Mühendislik Dergisi, (C 4, S 2).
- Ayfer, M., Uzun, A., Baş, F., 1986. Türk fındık çeşitleri. Karadeniz Bölgesi Fındık İhracatçıları Birliği, Giresun.
- Bayhan, A. K., Yaşlı, O., Gökdoğan, O., 2007. Isparta ilindeki tarım alet-makine üretimi yapan firmalar ve sorunları. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, (s. 79-85). Kahramanmaraş.
- Bayraktar, A., 2007. İzmir, Manisa, Aydın ve Balıkesir illerinde küçük ve orta ölçekli tarım makineleri imalatçıların durumu sorunları ve çözüm önerileri, Ege Üniversitesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Beyhan, M.A., Tekgüler, A., Yıldız, T., Sauk, H., 2008. Investigation of the performance of a hazelnut husker design used in Turkey. 103 (2009) 159-166, Biosystems Engineering.
- Can, E., 2010. Polatlı İlçesinde Tarım makineleri imalat durumu, sorunları ve çözüm önerileri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çakmak, B., 1999. Yerli yapımı bazı tarım makinelerinde malzeme bakımından kalite kavramı ve kalitenin iyileştirilmesi üzerinde bir araştırma. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Bölümü. İzmir
- Çalışkan, H., 2011. Konya'da tarım makineleri imalat sanayisi. 1. Konya Sempozyumu, (26-27 Kasım). Konya.
- Demir, L., İ. K. Tunçer, V. Kirişçi, C. Elmas, 1995. Kahramanmaraş ilindeki tarım makineleri imalatçıları ve sorunları. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, (s. 25-34). Bursa.
- Demircan, V., Akbolat, D., 2003. Adana ili tarım makineleri imalat sanayisinin mevcut durumu ve sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Adana
- Ergüneş, G., Dılmaç, M., Özgöz, E., 1994. Tokat yöresindeki tarım alet ve makine imalatçıların durumu ve sorunları üzerinde bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, (20-22 Eylül), (s. 446-454). Antalya.
- Gezer, I., Atay, S., Aydemir, E., 2001. Malatya ilinde tarım makineleri imalat sanayinin durumu ve sorunları, Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, (13-15 Eylül) (s. 47-52). Şanlıurfa.
- İçöz, L., Eker, B., 2001. Dünyadaki küreselleşme sürecinde Türkiye'deki tarım makineleri üretiminin sorunları ve çözüm önerileri. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, Şanlıurfa.



- Kahya, E., 2008. Trakya bölgesindeki tarım makineleri üreticileri bilişim altyapıları ve bilgisayar kullanımları üzerine bir araştırma. Akademik Bilişim. Onsekiz Mart Üniversitesi, (30 Ocak- 01 Şubat), Çanakkale.
- Kara, Y., ve Kalyoncu, M., 2005. Makina tasarım ve imalat uygulamalarında teknolojik yeterliliğin ve mühendislik sorunlarının incelenmesine yönelik bir saha araştırması. Mühendis ve Makina (s. 51-57).
- Keskin, H., 2007. Tarım alet ve makineleri sanayi yapısı ve problemleri. Konya'da Tarım ve Tarımsal Sanayi Sorunlarının Tespiti Sempozyumu, (25-26 Mayıs), Konya.
- Paksoy, T., Güleç, H. K., 2007. Konya'da makina imalat sektöründe faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmelerde tedarik zinciri yönetimi sürecinde yeni teknolojilerin kullanım düzeyi üzerine bir araştırma. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi (C 25, S 2, s. 149-160). Konya
- Pınar, Y., Tekgüler, A., 1995. Samsun'da tarım alet ve makineleri imalatının durumu, sorunları ve çözüm önerileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, (s. 141-152). Samsun.
- Sağlam, C., Çetin, N., 2016. Kayseri İli tarım makinaları imalat sanayinin mevcut durumu ve sorunları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, S:117-125.
- Tarakçıoğlu, N., Akdemir, A., Afacan, H., 1995. Selçuk Üniversitesi ve Konya Sanayi Odası İşbirliği ile Konya Sanayi Potansiyelinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu Proje No: 93/058, Konya.
- TÜİK, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri. [https://data.tuik.gov.tr/Kategori\\_\(Erişim: Kasım, 2022\)](https://data.tuik.gov.tr/Kategori_(Erişim: Kasım, 2022)).
- Ünal, H.G., Saçılık, K., Gök, A., Gök, K., 2007. Türkiye'deki tarım makineleri üreticilerine farklı bir bakış. Tarım Makinaları Dergisi, (C 3, s. 11-16).
- Zeren, Y., Bayat, A., 1990. Tarım alet ve makineleri imalat sanayisinin imalat sanayi içindeki durumu, ekonomiye katkısı, sorunları ve öneriler. 4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, (s.27-35). Adana.





# Genetic Diversity Analysis of *Avena sterilis* L. Germplasm By Microsatellite Markers

*Avena sterilis* L.'in Mikrosatellit İşaretleyicileri ile  
Genetik Çeşitlilik Analizi

Emine KAYA ALTOP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Samsun  
· kayae@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0987-9352

## Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 16 Kasım/November 2022

**Kabul Tarihi/Accepted:** 27 Şubat/February 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 267-280

**Atıf/Cite as:** Altop Kaya, E. "Genetic Diversity Analysis of *Avena sterilis* L. Germplasm By Microsatellite Markers"  
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(2), Haziran 2023: 267-280.

## GENETIC DIVERSITY ANALYSIS OF *AVENA STERILIS* L. GERMPLASM BY MICROSATELLITE MARKERS

### ABSTRACT

*Avena sterilis* is an important grassy weed that causes problems in wheat cultivation areas, and herbicides are used intensively to control this weed. The knowledge of genetic diversity is important to have information on the effect of weed species on environmental factors and herbicides. The high level of genetic diversity within the species is a guarantee for adaptation to changing environmental conditions. This study was conducted based on complaints of the loss of effectiveness during the chemical control. Analyses were carried out on 24 selected populations collected from wheat cultivation areas in Turkey's central Black Sea region. Seventy-seven alleles from microsatellite loci were detected, and the average number of alleles per locus was determined as five using 17 microsatellite primers. The average genetic diversity (GD) and polymorphism information content (PIC) values were 0.894 and 0.732, respectively. According to the UPGMA dendrogram generated using Average Linkage, the populations were clustered into two main groups. A high degree of diversity was found among the studied sterile oat genotypes, and it has been observed that there is no geographical isolation. It is understood that this situation is primarily caused by the adaptation of sterile oat seeds transferred between regions in several ways. Although they are highly self-pollinating species, they may also have some cross pollination mechanism as well. It was concluded that there might be gene escape between resistant and susceptible sterile oat populations, as resistant weeds can show high genetic diversity. According to these findings, issues such as crop rotation, cultural control methods, encouraging the use of certified seeds, and the use of herbicides with different mechanisms of action can be listed among the measures that can be taken to control the high genetic diversity, which is an indicator of herbicide resistance.

**Keywords:** Sterile Oat, Wheat, Genetic Diversity, SSR.



### *AVENA STERILIS* L.'İN MİKROSATELLİT İŞARETLEYİCİLERİ İLE GENETİK ÇEŞİTLİLİK ANALİZİ

#### ÖZ

*Avena sterilis*, buğday ekim alanlarında sorun olan önemli bir yabancı ot olup, mücadelesinde yoğun herbisit kullanımı söz konusudur. Herbisitlerin ve çevresel faktörlerin yabancı ot türleri üzerindeki etkisi hakkında bilgi sahibi olmak açısın-

dan genetik çeşitlilik çalışması önem taşır. Türler içindeki yüksek düzeyde genetik çeşitlilik, değişen çevre koşullarına adaptasyonun garantisidir. Bu çalışma ile *A. sterilis*'in kimyasal mücadelesindeki etkinlik kaybına ilişkin üretici şikayetleri doğrultusunda, genetik çeşitliliğin belirlenerek herbisit dayanıklılık potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Analizler Türkiye'nin Orta Karadeniz bölgesindeki buğday ekim alanlarından toplanan 24 seçilmiş popülasyon üzerinden gerçekleştirilmiştir. 17 mikrosatellit primeri kullanılarak yapılan çalışmada, lokuslarda toplam 77 allel tespit edilmiş, lokus başına ortalama allel sayısı beş olarak belirlenmiştir. Ortalama gen çeşitliliği (GD) ve polimorfizm bilgi içeriği (PIC) değerleri sırasıyla 0.894 ve 0.732'dir. Average Linkage kullanılarak oluşturulan UPGMA dendrogramına göre popülasyonlar iki ana gruba ayrılmıştır. İncelenen kısır yabancı yulaf genotipleri arasında yüksek derecede çeşitlilik tespit edilmiş olup, coğrafi izolasyonun olmadığı görülmüştür. Bu durumun öncelikle yabancı ot tohumların çeşitli yollarla taşınarak o coğrafi bölgelere adaptasyonu ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Dayanıklı yabancı otlar yüksek genetik çeşitlilik gösterebileceğinden, dirençli ve duyarlı steril yulaf popülasyonları arasında gen kaçışı olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bulgulara göre; ekim nöbeti, kültürel kontrol yöntemleri, sertifikalı tohum kullanımının teşvik edilmesi, farklı etki mekanizmalarına sahip herbisitlerin kullanımı gibi hususlar, herbisit dayanıklılığında göstergesi olan yüksek genetik çeşitliliğin kontrol altında tutulması için alınabilecek önlemler arasında sıralanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kısır Yabancı Yulaf, Buğday, Genetik Çeşitlilik, SSR.



## 1. INTRODUCTION

Wheat is a widely grown grain product and major staple foods in several countries worldwide. Common wheat (*Triticum aestivum* L.), durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and club wheat (*Triticum compactum* Host) are the most important wheat genotypes among thousands of known wheat varieties. Wheat is grown as a cash crop as it gives a good yield per unit area, grows well in a temperate climate with a moderately short growing season and is a versatile crop. Wheat, which constitutes 20% of the calories taken from food worldwide and is the staple food of 35% of the population, is also vital to Turkey (Yağdı et al., 2020).

Wheat is the second most produced cereal grain after maize, and the global trade of wheat is greater than all other crops combinedly (FAO, 2022). In the 2020-2021 production season, while the worldwide grain production is 2.7 billion tons, 28% of this is wheat. In the 2019-2020 production season, while the world has a planting area of 217 million hectares and a wheat production of 764 million tons, Turkey constitutes 3.2% of the world's wheat cultivation area and ranks tenth with a production of approximately 20 million tons (FAO, 2022).

Wheat production is limited by many biotic and abiotic factors. It is stated that the yield loss caused by biotic factors such as disease agents, pests (fungi, bacteria, nematodes, viruses, insects, etc.) and weeds can exceed 30% worldwide (Özer et al., 2001). Since the competitiveness of weeds is generally high, cereal products remain weak and yield decreases. Yield loss in cereals due to weed competition varies between 20-40% on average in the world (Günčan, 2010).

Weeds pose a major problem in wheat cultivation as in other cultivated plants. Among these weeds, *Lolium* spp., *Bromus tectorum* L., *Alopecurus myosuroides*, *Phalaris* spp., *Avena sterilis* L., *Raphanus raphanistrum*, *Vicia sativa* L., *Sinapis arvensis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Convolvulus arvensis* L., *Fumaria officinalis* L., *Galium aparine* L., *Matricaria chamomilla* L., *Papaver rhoas* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medical, *Cirsium arvense* (L.) Scop, *Avena fatua* L. and many narrow and broad-leaved weeds cause significant losses in wheat cultivation areas (Aksoy et al., 2005).

The species belonging to the genus *Avena*, which is a problematic weed in wheat cultivation areas, especially *A. sterilis* (Sterile oat), are among the first weeds that pose problem in wheat-growing areas in Turkey as well as all over the world (Anonymous, 2017). Chemical control is the most effective control method to reduce yield loss caused by weeds in wheat cultivation areas. The emergence of resistance in weeds due to the continuous use of chemical herbicides carries a significant risk (Anonymous, 2017).

Herbicide resistance is a situation that emerges due to the use of the same effective substances against the target weed for many years in a row and the application of high doses (Demirkan, 2009). Excessive use of herbicides leads to an increase in the cost of production, changes in the natural ecosystem, environmental pollution problems and the formation of resistant populations in weeds, loss of effectiveness of current control methods and severe yield losses.

In Turkey, wheat ranks first among the plants in which herbicides are used intensively, and as a result, resistance develops among these weeds (Türkseven, 2015; Kaya Altop et al., 2017 a,b; Kaya Altop et al., 2022). Resistance to herbicides started with sterile oats (*Avena sterilis* L.) in wheat cultivation areas for the first time in Turkey (Uludağ et al., 2001). Afterwards, resistant populations of sterile oat continued to emerge in several new populations as well.

Herbicide resistance has become an increasingly common problem. With the increased resistance to herbicides worldwide, weeds have become one of the important problems in agricultural production. Currently, there are 266 herbicide-resistant weed species (153 broad-leaved and 113 narrow-leaved) worldwide (Heap, 2022).

With the increase in resistance to herbicides, the concern that chemical warfare is insufficient in the fight against weeds is increasing, and there is a need for more advanced methods to be used in the diagnosis and identification of these weeds (Kaya, 2008).

Like many weed species, *A. sterilis* shows high genetic differences due to its reproduction and morphological characteristics depending on the area where it grows. There are differences between the genotypes of a species in terms of morphological, anatomical, physiological, biochemical and behavioural characteristics.

Variations between populations derive from alleles of a gene and the different frequency distributions of these alleles among populations. All of the genetic differences within a species are called genetic diversity. Determining genetic diversity, one of the components of biological diversity, is one of the most important conditions for healthy and efficient ecosystems and their sustainable operation. The high level of genetic diversity within the species is a guarantee for adaptation to changing environmental conditions. Species and races with high genetic diversity can adapt more successfully to changing ecological conditions according to time and place (Işık, 1997). Genetic diversity is undesirable for weeds. When evaluated in this context, the high genetic diversity plays a triggering role in the phenomenon of resistance to herbicides. Also, it supports the increase in the adaptation abilities of resistant populations (Kaya, 2008).

Genetic variation studies not only evaluated in an evolutionary context but also assist as an essential part of research in eradication and weed control (Sun, 1997). With knowing the genetic diversity of species that spread very rapidly, the geographical origins can be determined (Meekins et al., 2001), and it is possible to select biocontrol agents with this information (Nissen et al., 1995). Genetic variation should be determined to choose the biological control agents to be applied against strains that have developed resistance. Different molecular DNA marker techniques are used to reveal this genetic variation among plants (Yalım, 2005; Kaya, 2008; Yılmaz, 2021). The simple sequence repetition (SSR) markers are used in many fields such as the evolution of plants, genetic diversity studies, genetic linkage mapping, etc. (Özden Çiftçi and Altinkut Uncuoğlu, 2019; Yorgancılar et al., 2015).

Genetic diversity study is essential to know how herbicides and environmental factors affect weed species (Sterling et al., 2004). Studies on detecting genetic variation in many weed species, as well as in species belonging to the genus *Avena*, using the SSR method are being carried out rapidly around the world. Although *A. sterilis* is a self-pollinating plant, cross pollination, which is seen at a low rate, may cause genetic differentiation of this species.

This study was conducted with the prediction that genetic differentiation may cause an increase in herbicide resistance of sterile oats. In order to develop more effective control methods against *A. sterilis*, genetic diversity was determined and its effect on the resistance phenomenon was investigated.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Sampling and Breeding of Populations

Seeds of *A. sterilis* were collected from 150 different locations of wheat cultivation areas of Samsun (60), Sinop (10), Çorum (25), and Amasya (55) provinces. While collecting samples that survived after the herbicide application during the wheat growing period from the locations belonging to the same province, care was taken to ensure that the distance between the locations was at least 5-10 km (Barret, 1982).



**Figure 1.** Survey locations

Collected samples were kept at +4°C for three months for cooling requirements. For the pre-germination process, the seeds of each population were placed in Petri dishes with a diameter of 9 cm with a double layer of moistened blotter paper and germinated in the incubator at +22 °C at a 12/14 light period. Germination was achieved in 24 out of 150 populations and these populations were grown in sterile soil under controlled conditions in the greenhouse. Twenty-four populations (4 Samsun (SAM-19, SAM-35, SAM-8, SAM-58), 1 Sinop (SIN-4), 13 Çorum (COR-1, COR-3, COR-7, COR-10, COR-12, COR-14, COR-15, COR-17, COR-19, COR-



20, COR-21, COR-22, COR-24), 6 from Amasya (AMS-3, AMS-5, AMS-8, AMS-12, AMS-50, AMS-55) were included for further study (Figure 1).

## 2.2. DNA Extraction and PCR Application

When the plants grown under greenhouse conditions reached the 4-6 leaf stage leaves samples were taken and genomic DNAs were extracted using the DNeasy DNA extraction kit (Qiagen, Germany) according to the kit protocol. Genomic DNA extraction was performed from 100 mg of fresh leaves tissues. The DNAs obtained following the applied DNA protocol were stored at -80 °C until the SS-R-PCR application.

The PCR applications in which the SSR molecular marker tests were carried out in a total volume of 25 µL. PCR reaction mix; 2 µl (1.0 ng/µL-1) genomic DNA, 1 µl (25 ng) of each forward and reverse primers ((Table 1), Li et al., 2007) PCR master mix 2x: 12.5 µl, 8.5 µl sdH<sub>2</sub>O. The temperature values and times to be applied for PCR were established as follows: (1) 94 °C → 3 min., First step; 5 cycles (2) 94 °C → 1 min., (3) 55 °C → 1 min. (decreased 1 °C per cycle up to 40 degrees), (4) 72 °C → 1 min., Second step; 30 cycles (5) 94 °C → 1 min., (6) 55 °C → 1 min., (7) 72 °C → 10 min. and (8) 72 °C → 10 min. (last incubation). 1 x TBE buffer (100 mM Tris, 100 mM boric acid, 2 mM EDTA, pH 8.3) for 3.5% agarose gel for analysis of DNA fragments formed after PCR, 2 g agarose (Serva Agarose) (Serva, Germany) was carried out on a horizontal type maxi electrophoresis device (BioRad) using 1.5 g micropore agarose (Nusseive GTG Agarose) (Combrex, USA). Photographs of the bands obtained under the reference of 1Kb DNA marker (New England Biolabs®UK) were taken with the help of a gel imaging device (Vilberlurm).

**Table 1.** SSR primers used in the study

Locus	Repeat Motif	Primer Sequence (5'-3')	Tm (°C)
LOC1	(AG) <sub>21</sub> (CAGAG) <sub>6</sub>	F: GGATCCTCCACGCTGTGTA R: CTCATCCGTATGGGCTTTA	46
LOC2	(AG) <sub>34</sub>	F: GGTAAGGTTTCGAAGAGCAAAG R: GGGCTATATCCATCCCTCAC	48
LOC3	(AG) <sub>21</sub>	F: GTGAGCGCCGAATACATA R: TTGGCTAGCTGCTTGAACCT	48
LOC4	(AG) <sub>19</sub>	F: CAAAGCATTTGGGCCCTTGT R: GGCTTTGGGACCTCCTTTCC	48
LOC5	(AC) <sub>13</sub>	F: CGAGATTTGGGTGTAGAC R: CCGGGAATTAACGGAGTC	44

LOC6	(AC)3 (AC)6 (AC)5 (AC)7	F: ATAGAACGGCATGATAACGAAATA R: GCGCGACAACAGGACCTTC	48
LOC7	(TG)10 (CG)5	F: TGTCGATTCTTTAGGGCAGCACT R: TCGCGAGAAAGATGAAAAGGAGA	50
LOC8	(AT)5 (AC)5 (AC)5	F: ACGTTGGTCTCGGGTTGG R: AAATCCTTGACTTCGCTCTGA	46
LOC9	(AC)22	F: ATTGTATTGTAGCCCCAGTTC R: AAGAGCGACCCAGTTGTATG	46
LOC10	(AC)19	F: TCTTTAAGGATTTGGGTGGAG R: AATCTTCGAGGGTGAGTTTCT	45
LOC11	(AAG)5 (TCA)5	F: GTTATTGATTTCTGATGTAGAGA R: AGAGCCAAGAAAGCAACTG	45
LOC12	(AC)8 (AC)4 (CT)4	F: AGCCTGGACATGTAATCTGGT R: AGCCCTGGTCTTCTTCAACA	47
LOC13	(AAG)10	F: CAAAGGCCAAATGGTGAG R: CCGCAAAGTCATATGGAGCAT	45
LOC14	(GAA)8	F: GACCTCTTGAGTAAGCAACG R: TGGTCTTCCATCCACAATG	46
LOC15	(GAA)9	F: TCCCGCAAATCATCACGA R: AAGGGAGCATTGGTTTTGTT	43
LOC16	(GAA)14	F: TGAAGATAGCCATGAGGAAC R: GTGCAAATTGAGTTTACCG	43
LOC17	(GAA)23	F: GCAAAGGCCATATGGTGAGAA R: CATAGGTTTGCCATTTCGTGGT	47

### 2.3. Statistical Analysis

The genetic diversity of sterile oat was assessed by using 17 microsatellite (SSR) primers. The band images obtained from the gel were evaluated with reference to the marker sizes, and band matrices were created. The number of alleles, gene diversity (GD) and polymorphism information content (PIC) was calculated using the genetic analysis program NTSYSpc2.1 software. Further processing of data was done by carrying out sequential agglomerative hierarchical non-overlapping clustering (SAHN) on a squared Euclidean distance matrix. Dissimilarity matrices were used to construct the UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic average) dendrogram. In addition, the genetic relationships among genotypes were represented using a PCA (Backhaus et al., 1989) analysis with SPSS 21.0 software (IBM Corp. Released, 2012) (Claerhout et al., 2015; Karn and Jasieniuk, 2017).

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The genetic diversity of twenty-four sterile oat populations collected from wheat cultivation areas in the central Black Sea region of Turkey was determined using 17 microsatellite primers. All microsatellites showed inter and/or intraspecific polymorphism. The total number of alleles per locus detected in sterile oat is given in Table 2.

A total of 77 alleles from microsatellite loci were detected, and these alleles ranged from 2 to 10 alleles per locus. The average number of alleles was determined as five. In a genetic diversity study with SSR analysis of sterile oats, Li et al. (2007) detected 36 alleles from nine microsatellite loci in *A. fatua*, with the number of alleles per locus ranging from 2 to 12. The average number of alleles per microsatellite locus is 4.0. The same as Li et al. (2000) identified 3.8 alleles/loci in 12 *Avena* species and 3.4 alleles/loci in 20 *Avena sativa* populations. Data (5 alleles/locus) from this study were higher than Li et al. (2000; 2007). These results showed that microsatellite markers of cultivated oat cultivars have high efficiency in examining and determining their genetic diversity.

In the studies, aiming at detecting genetic diversity in different species., it was seen that SSR analysis revealed strong gene expression (Randazzo et al., 2019; Xiong et al., 2019; Singh et al., 2020; Guo et al., 2022). When the genetic makeup of *Centaurea corymbosa*, an endemic plant, was compared, it was stated that SSR analysis using six microsatellite loci revealed a broad differentiation between populations. These microsatellites were founded more potent than allozyme loci in detecting gene flow coverage (López-Vinyallonga et al., 2011).

The gene diversity of *A. sterilis* ranged from 0.764–1.199. Polymorphism information content values changed from 0.381-1.018. The average gene diversity and PIC values were 0.894 and 0.732, respectively (Table 2). Different studies confirm the high genetic diversity detected in different populations. These studies investigating genetic variation, population structure and diversity of *A. sterilis* alleles have generally concluded that resistance develops by differentiation in the process, and resistance is distributed through gene flow (Menchari et al., 2006; 2007). Weed species with high levels of genetic diversity exhibit considerable potential for weed adaptation; therefore, the effectiveness of frequently used weed-control techniques may be reduced (Dekker, 1997; Holtand Hochberg, 1997).

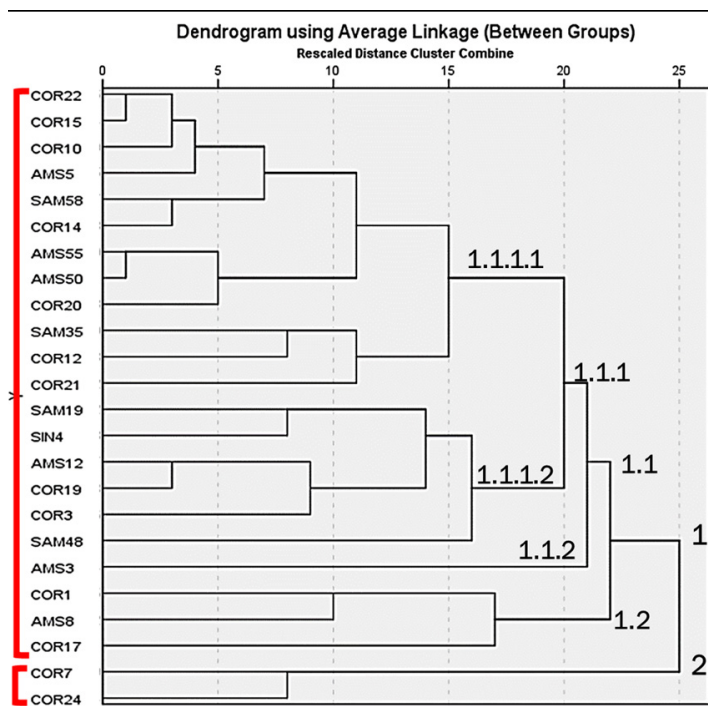
Naghavi et al., (2009) studied 21 SSR primers to determine the genetic relationship between 52 *Triticum aestivum* and 13 *Aegilops* species using SSR markers. Boylu and Kaya Altop, (2021) looked at 11 SSR primers to assess the genetic relationship of 40 *Alopecurus myosuroides* populations. Çağlar (2010) used 3 SSR primers in his study and it was seen that the genetic similarity rate in the *Centaurea*

*nivea* biotype varied between 26%- 76%. In another study conducted with 5 SSR primers, the genetic diversity ratio among 62 *Echinochloa oryzoides* populations supported the results of the current study (Altop et al., 2018).

**Table 2.** Genetic characterization of *A. sterilis* populations

Locus	Number of Alleles	GD	PIC Value
LOC1	4	0.995	0.764
LOC2	8	0.902	0.511
LOC3	8	0.764	0.441
LOC4	3	1.199	1.018
LOC5	3	0.770	0.674
LOC6	3	0.920	0.987
LOC7	3	0.854	0.971
LOC8	3	1.025	0.893
LOC9	2	0.804	0.658
LOC10	5	0.782	0.639
LOC11	2	0.809	0.893
LOC12	3	0.826	0.830
LOC13	6	0.851	0.619
LOC14	5	1.002	0.686
LOC15	3	0.927	0.846
LOC16	10	0.782	0.381
LOC17	6	0.993	0.635
<b>Mean</b>	<b>5</b>	<b>0.894</b>	<b>0.732</b>

According to the UPGMA dendrogram, constructed using the Average Linkage, populations divided into two major clusters. Genetic distance ranged from 0 to 0.25. The first cluster formed different levels of branching and included 22 of the 24 populations (Figure 2). This main cluster was characterized by a wide geographical distribution. It is not possible to talk about clear geographical isolation. The second main cluster consisted of COR7 and COR24 populations (belonging to Çorum province).

**Figure 2.** Dendrogram created by hierarchical cluster analysis method

When the correlation matrix created according to the SSR-PCR band and results of *A. sterilis* populations were examined, the correlation between populations representing the second main group was determined as 83% (Table 3). Amasya, AMS55-AMS50 and Çorum COR22-COR15 populations were defined as genetically closest populations. Genetic similarity was considered to be expected since the distance between them was relatively close. But, despite belonging to the same province COR1 and COR20 populations, only 2% similarity was observed. These results showed that geographical distance could not lead to a clear inference in interpreting genetic differences. In addition, COR7 with SIN4 from Sinop province (distance of about 478 km) and SAM48 (Samsun's population) with COR17 (distance of about 250 km) were genetically the most distant populations. Cluster analysis results of the US and Chinese populations of *Avena* also supported our findings (Li et al., 2007).

**Table 3.** Correlation matrix of *A. sterilis* populations created according to SSR-PCR band results

	SAM	SAM	SIN	AMS	COR	COR	AMS	COR	COR	SAM	COR	COR	COR	COR	AMS	COR	SAM	COR	COR	AMS	AMS	AMS	COR	COR		
	48	19	4	3	1	3	12	19	7	35	17	21	12	24	5	22	58	14	10	55	50	8	20	15		
SAM48	1.00																									
SAM19	0.17	1.00																								
SIN4	0.14	0.41	1.00																							
AMS3	0.06	0.09	0.06	1.00																						
COR1	0.08	0.07	0.08	0.19	1.00																					
COR3	0.06	0.21	0.17	0.28	0.37	1.00																				
AMS12	0.07	0.17	0.14	0.23	0.12	0.41	1.00																			
COR19	0.06	0.06	0.06	0.28	0.37	0.21	0.65	1.00																		
COR7	0.14	0.03	0.01	0.43	0.10	0.18	0.13	0.18	1.00																	
SAM35	0.04	0.24	0.19	0.54	0.15	0.24	0.19	0.24	0.55	1.00																
COR17	0.03	0.06	0.03	0.28	0.54	0.06	0.17	0.38	0.33	0.64	1.00															
COR21	0.04	0.24	0.19	0.43	0.15	0.24	0.19	0.24	0.45	0.68	0.54	1.00														
COR12	0.05	0.26	0.21	0.46	0.03	0.26	0.37	0.08	0.49	0.72	0.47	0.61	1.00													
COR24	0.11	0.08	0.05	0.46	0.03	0.26	0.21	0.08	0.78	0.61	0.36	0.50	0.65	1.00												
AMS5	0.09	0.13	0.10	0.30	0.07	0.13	0.28	0.13	0.41	0.51	0.36	0.51	0.68	0.41	1.00											
COR22	0.07	0.17	0.14	0.39	0.12	0.17	0.14	0.17	0.53	0.64	0.47	0.64	0.52	0.52	0.83	1.00										
SAM58	0.12	0.15	0.12	0.19	0.09	0.07	0.12	0.15	0.22	0.43	0.41	0.43	0.61	0.17	0.75	0.51	1.00									
COR14	0.14	0.41	0.36	0.23	0.08	0.17	0.14	0.06	0.27	0.49	0.32	0.49	0.68	0.37	0.65	0.57	0.71	1.00								
COR10	0.07	0.17	0.14	0.23	0.08	0.17	0.14	0.06	0.40	0.49	0.32	0.64	0.52	0.52	0.65	0.79	0.31	0.57	1.00							
AMS55	0.09	0.13	0.10	0.30	0.07	0.13	0.10	0.13	0.41	0.51	0.36	0.51	0.41	0.41	0.68	0.83	0.41	0.46	0.65	1.00						
AMS50	0.06	0.46	0.23	0.24	0.04	0.09	0.06	0.09	0.33	0.54	0.40	0.54	0.46	0.34	0.59	0.72	0.50	0.56	0.56	0.87	1.00					
AMS8	0.09	0.11	0.08	0.27	0.53	0.11	0.08	0.11	0.15	0.22	0.44	0.22	0.12	0.12	0.33	0.43	0.22	0.25	0.25	0.63	0.54	1.00				
COR20	0.11	0.24	0.04	0.19	0.02	0.07	0.04	0.07	0.26	0.36	0.23	0.36	0.28	0.28	0.51	0.64	0.29	0.34	0.49	0.77	0.77	0.47	1.00			
COR15	0.07	0.06	0.07	0.23	0.12	0.06	0.07	0.17	0.40	0.49	0.47	0.49	0.37	0.37	0.65	0.79	0.51	0.36	0.57	0.65	0.56	0.25	0.49	1.00		

### 4. CONCLUSION

A high degree of diversity was detected among the investigated *A. sterilis* genotypes, and there was no geographical isolation among genotypes. The main reason of this situation is the adaptation ability of sterile oat seeds transferred from different regions. Although they are highly self-pollinating species, they may also have some cross pollination. In addition, it has been concluded that resistant weeds may cause high genetic diversity and a high probability that gene escape may occur between resistant and susceptible populations. This study can shed light on the next researchers and issues. Suggestions for the solutions to these problems, which emerged as a result of the findings, can be listed as follows; a) Crop rotation should be done in wheat fields. b) Cultural control methods (soil cultivation, use of clean seeds, selection of early or late varieties according to the growing period of the weed, fallow application, good soil preparation, and attention to the cleanliness of the used equipment) must be applied. c) Seeds should be well controlled within the country. d) The use of herbicides with different mechanisms of action should be recommended.

## Conflict of Interest

The author declare that there is no conflict of interest.

## Ethics

This study does not require ethics committee approval.

## REFERENCES

- Aksoy, E., ve Bülbül, F., 2005. Çukurova'da buğday tarlalarında görülen önemli yabancı otlar ve mücadelesi el kitabı-1. Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, 01321 Yüreğir ADANA.
- Altop, E.K., Jabran, K., Mennan, H., 2018. Determination of morphological and genetic diversity of ALS (Acetolactate Synthase)-herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* populations in rice. International Journal of Agriculture and Biology, 20: 628-636.
- Anonymous, 2017. Buğday entegre mücadele teknik talimatı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Çankaya/ANKARA [www.tarim.gov.tr](http://www.tarim.gov.tr)
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R., 1989. Multivariate analysis methods. Springer Verlag, s. 418.
- Barret, S.C.H., 1982. Crop mimicry in weeds. Economic Botany, 37, 255-282.
- Boylu, D., and Kaya Altop, E., 2021. Determination of morphological and genetic diversity of *Alopecurus myosuroides* Huds. in wheat. Turkish Journal of Weed Science, 24 (2): 108-127.
- Claerhout, S., Reheul, D., De Cauwer, B., 2015. Sensitivity of *Echinochloa crus-galli* populations to maize herbicides: a comparison between cropping systems. Weed Science, 55, 470-481.
- Çağlar, E., 2010. Mikrosatellit Temelli markörlerle *Centaurea nivea*'daki genetik çeşitliliğin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Demirkan, H., 2009. Herbisitlere dayanıklılık konusunda dünyada yapılmış bildirimlerin değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 46 (1):71-77 ISSN 1018 – 8851.
- FAO, 2022. FAO Statistical Databases. <http://faostat.fao.org/> (Erişim tarihi 1 Şubat 2022).
- Guo, Y., Liu, L., Yue, Y., Fan, X., Teng, W., Zhang, H., Gao, K., Guan, J., Chang, Z., Teng, K., 2022. Development of SSR markers based on transcriptome sequencing and verification of their conservation across species of *Ornamental pennisetum* Rich.(Poaceae). Agronomy, 12(7), 1683.
- Güncan, A., 2010. Yabancı Ot Mücadelesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Genişletilmiş ve ilave 2. Baskı, Konya, 278.
- Heap, I., 2022. <https://www.weedscience.org/Home.aspx> (Erişim tarihi:08.04.2022).
- IBM Corp. Released (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- İşık, K., 1997. Biyolojik Çeşitlilik (Biodiversity). TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 30 (350): 84-87.
- Karn, E., Jasieniuk, M., 2017. Genetic diversity and structure of *Lolium perenne* ssp. *multiflorum* in California vineyards and orchards indicates potential for spread of herbicide resistance via gene flow. Evolutionary Applications, 10, 616-629.
- Kaya, E., 2008. Farklı Çeltik Ekim Alanlarından Toplanan *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. (Darıcan) Populasyonlarının Morfolojik ve Genetik Farklılığının Saptanması. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kaya Altop, E., Mennan, H., Isık, D., Haghnama, K., 2017a. Resistance to acetolactate synthase (ALS) inhibitors herbicides of *Galium aparine* L. (Catchweed bedstraw). Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 34 (3), 91-99 .
- Kaya Altop, E., Mennan, H., İşık, D., 2017b. PCR based detection of resistance to ALS inhibiting herbicides of *Bifora radicans* Bieb. (Bifra) in wheat fields. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 32 (2), 153-163 .
- Kaya Altop, E., Erken Meral, S., Zandstra, B.H., Mennan, H., 2022. Target-site point mutation conferring resistance to als herbicides in italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). Phytoparasitica 50, 1133-1142.
- Li, C.D., Rossnage, B.G., Scoles, G.J., 2000. The development of oat microsatellite markers and their use in identifying relationships among *Avena* species and oat cultivars. Theor Appl Genet 101:1259-1268
- Li, R., Wang, S., Duan, L., Li, Z., Christoffers, M.J., Mengistu, L.W., 2007. Genetic diversity of wild oat (*Avena fatua*) populations from China and the United States. Weed Science, 55(2), 95-101.
- López-Vinyallonga, S., López-Alvarado, J., Constantinidis, T.S., Alfonso Garcia, J.N., 2011. Microsatellite cross-species amplification in the genus *Centaurea* (Compositae). Collectanea Botanica, 30: 17-27.

- Meekins, J.F., Ballard, H.E., McCarthy, B.C., 2001. Genetic variation and molecular biogeography of a North American invasive plant species (*Alliaria petiolata*, (Brassicaceae). *International Journal of Plant Science*, 162 (1): 161-169.
- Menchari, Y., Camilleri, C., Michel, S., Brunel, D., Dessaint, F., Le Corre, V., 2006. Weed response to herbicides: regional-scale distribution of herbicide resistance alleles in the grass weed *Alopecurus myosuroides*. *New Phytologist*, 171: 861-873.
- Menchari, Y., Délye, C., Le Corre, V., 2007. Genetic variation and population structure in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) a successful herbicide-resistant annual grass weed of winter cereal fields. *Molecular Ecology*, 16: 3161-3172.
- Naghavi, M.R., Aghaei, M. J., Taleei, A.R., Omid, M., Mozafari, J., Hassani, M.E., 2009. Genetic diversity of the D-genome in *T. aestivum* and *Aegilops* species using SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56:499-506.
- Nissen, S.J., Masters, R.A., Lee, D.J., Rowe, M.L., 1995. DNA-based markers systems to determine genetic diversity of weedy species and their application to biocontrol. *Weed Science*, 43, 504-513.
- Özden Çiftçi, Y., and Altunkut Uncuoğlu A., 2019. Bitki Biyoteknolojisinde Güncel Yaklaşımlar. Palme, Ankara, ISBN: 9786052823040
- 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.
- Randazzo, C. P., Ferri, A. M., Carabajal Paladino, L., Andres, A. N., Ingala, L. R. 2019. Cross-species transfer of SSR markers in *Setaria sphacelata* and *Trichloris crinita* sp. *Agronomía Colombiana*, 37(2), 112-119.
- Singh, R.B., Mahenderakar, M.D., Jugran, A. K., Singh, R. K., Srivastava, R. K. 2020. Assessing genetic diversity and population structure of sugarcane cultivars, progenitor species and genera using microsatellite (SSR) markers. *Gene*, 753, 144800.
- Sun, M., 1997. Populations genetic structure of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*), colonizing weed in the western United States. *Canadian Journal of Botany*, 1470-1478.
- Sterling, T.M., Thompson, D.C., Abbott, L.B., 2004. Implications of invasive plan variation for weed management. *Weed Technology*, 18, 1319-1324.
- Türkseven, S., Nemli, Y., 2015. Türkiye'de *Avena fatua* L.'nin herbisitlere dayanıklılığı ile ilgili ilk kayıt. *Turkish Journal of Weed Science*, 18(2): 1-11.
- Uludağ, A., Nemli, Y., Rubin, B., 2001. Yabani yulafta (*Avena sterilis* L.) cladionof'a dayanıklılık üzerine çalışmalar. Türkiye II. Herboloji Kongresi Bildiri Özetleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü.
- Xiong, Y., Liu, W., Xiong, Y., Yu, Q., Ma, X., Lei, X., Li, D., 2019. Revelation of genetic diversity and structure of wild *Elymus excelsus* (Poaceae: Triticeae) collection from western China by SSR markers. *Peer Journal*, 7, e8038.
- Yağdı, K., Kurt Polat, P.Ö., 2020. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinde SSR (mikrosatelit) markörü kullanılarak kahverengi pas dayanıklılık geni lr10'un belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (4): 850-858.
- Yalım, D., 2005. Türkiye'de yetişen arpa çeşitlerinde genetik çeşitliliğin ISSR (Basit Dizilim Tekrarları) moleküler markör tekniği ile saptanması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA.
- Yılmaz, A., 2021. The importance of molecular markers in plant breeding. 2. Uluslararası uygulamalı bilimler kongresi, 5 Ocak, Adana.
- Yorgancılar, M., Yakışır, E., Tanur Erkoyuncu, M., 2015. Moleküler markörlerin bitki ıslahında kullanımı. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 4 (2):1-12, 2015 ISSN: 2148-3205.







## The Effect of Nitrogen and Humic Acid Treatments on Flower Yield and Its L-DOPA Content with Agronomic Characteristics of Faba Bean (*Vicia faba* L.)

Azot ve Hümk Asit Uygulamalarının (*Vicia faba* L.)'nin  
Çiçek Verimi ve L-DOPA İçeriği ile Tarımsal  
Özelliklerine Etkisi

Zehra Gül OĞUZ<sup>1</sup>, Hatice BOZOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Samsun  
· zehraguloguz@gmail.com · ORCID >0000-0003-3373-4652

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Samsun  
· hbozoglu@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0003-4776-2566

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 5 Ekim/October 2022

**Kabul Tarihi/Accepted:** 27 Şubat/February 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 281-292

**Atıf/Cite as:** Oğuz, Z.G., Bozoğlu, H. "The Effect of Nitrogen and Humic Acid Treatments on Flower Yield and Its L-DOPA Content with Agronomic Characteristics of Faba Bean (*Vicia faba* L.)"  
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(2), Haziran 2023: 281-292.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Zehra Gül OĞUZ

## THE EFFECT OF NITROGEN AND HUMIC ACID TREATMENTS ON FLOWER YIELD AND ITS L-DOPA CONTENT WITH AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF FABA BEAN (*VICIA FABA L.*)

### ABSTRACT

In addition to its agricultural characteristics, the faba bean plant is remarkable due to its L-DOPA content. In this study, the effects of 3 different humic acid doses (H0: control, H1:2 l da-1, H2:6 l da-1) and nitrogen fertilizer (5 kg da-1) treatments on some characteristics of Lara and Maçka genotypes and L-DOPA content in its flowers were investigated. The trial was carried out in the Strip Plots Trial Design in Samsun for one year. According to the findings, the effect of HA treatments on the amylose content in the seed was found to be statistically significant, and the values obtained from the treatments were equivalent to the control values in other examined properties. It has been determined that there are statistically significant differences between genotypes in many of the characteristics examined; It was determined that the flower yield and the amount of L-DOPA transferred to the tea water were higher in Maçka genotype.

**Keywords:** Faba Bean, Nitrogen, Humic Acid, Flower, Flower Tea, L-Dopa.



## AZOT VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ (*VICIA FABA L.*)'NİN ÇİÇEK VERİMİ VE L-DOPA İÇERİĞİ İLE TARIMSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

### ÖZ

Bakla bitkisi tarımsal özelliklerinin yanısıra L-DOPA içeriği nedeniyle dikkat çekici bir bitkidir. Bu çalışmada, 3 farklı hümitik asit dozu (H0: kontrol, H1:2 lt da-1, H2:6 lt da-1) ve azotlu gübre (5 kg da-1) uygulamasının Lara ve Maçka genotiplerinin bazı özellikleri ile çiçek, çiçekteki L-DOPA içeriğine etkisi araştırılmıştır. Deneme Samsun'da Şerit Parseller Deneme Deseninde bir yıl süre ile yürütülmüştür. Elde edilen bulgulara göre; H uygulamaların istatistiki açıdan tanede amiloz içeriğine etkisi önemli bulunmuş olup diğer incelenen özelliklerde uygulamalardan elde edilen değerler kontrol değerleriyle benzer bulunmuştur. İncelenen birçok özellikte genotipler arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiş; çiçek verimi ve çay suyuna geçen L-DOPA miktarının Maçka genotipinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bakla, Azot, Hümitik Asit, Çiçek, Çiçek Çayı, L-DOPA.



## 1. INTRODUCTION

The faba bean plant, which is one of the cool climate legumes, is an important legume plant due to its strong growth ability, high nitrogen fixation ability, and its ability to be planted in the winter in Samsun conditions and grown without the need for irrigation. When planted in winter, the high L-DOPA content in its flowers and the fact that flower harvests can be made in mid-April and May (Bozoğlu and Bezmen, 2021; Oğuz 2022) allow summer crops to be planted in the region. In the region, the fresh harvest period coincides with May and the dry harvest at the end of June. After the dry seed harvest, it is possible to plant field crops such as corn and soybean as a second crop, and to grow many vegetables such as leek, spinach, and cabbage.

Bezmen and Bozoğlu (2021) reported that the flowers of the plant, which are poured because they cannot turn into pods and therefore considered as a loss of energy, can be dried and used based on our herbal tea culture, and L-DOPA is transferred to the tea water when the tea is brewed. Topal et al. (2016) determined the L-DOPA content of 4.23%, 0.98% and 0.076%, respectively, in flowers, pollen and honey obtained in a greenhouse environment where only pods were grown. Pollen and honey from bees feeding on both faba bean flower tea and flowers can be considered sources of L-DOPA. Therefore, in this study, although L-DOPA is found in leaves and fresh pods (Topal and Bozoğlu, 2016), especially flower yield and L-DOPA content were emphasized, and yield and quality-enhancing practices were tried.

Humic acids (H) are components with high organic matter content used in agriculture as fertilizers, inhibitors against diseases and pests, and remedies that increase the cation exchange capacity of the soil and facilitate the uptake of nutrients by the plant. Humic acid is effective in the root development of plants, reproduction of soil microorganisms, decomposition of the stubble in the field in a short time, increasing the water holding power of light soils and germination of seeds in a short time. It is also known that humic acid facilitates the uptake of plant nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, iron and zinc, and has positive effects on improving the structure of heavy clay soils, preventing salt accumulation in soils and aeration of soils (Kaya et al. 2005). In some studies on different types of plants, with different treatment methods and doses, humic acid treatments have a positive effect on nutrient intake (Sarwar et al. 2012, Demirtaş et al. 2013, Gezgin et al. 2013) and in some studies, it provides an increase in yield (El-Bassiony et al. 2010, Khan et al. 2010, Kaptan and Aydın 2012, Gürsoy et al. 2016) are reported. Roudgarnejad et al. (2021), according to the research, H treatment to faba bean (*Vicia faba* L.) resulted in positive effects on plant height, seed yield, protein, moisture and nutrient content of the seed. According to some research results, the expected results for the increase in yield from H treatments in legumes

could not be obtained (Öktem 2017, Çakmak 2019, Sarılar 2021). However, humic acids are substances with a complex structure and their effects should be evaluated from multiple perspectives. Therefore, even if it does not directly increase yield, it may have positive effects on soil biology, diseases and pests, and product quality. Dawood et al. (2019), reported that foliar treatment of humic acid to faba bean (*Vicia faba* L.) caused significant increases in carbohydrate content, total phenolic content, proline, and free amino acids compared to the control.

We have been working to increase the diversity of use of the faba bean, emphasizing that it is an important plant with its L-DOPA content and easy to grow for the region. In this study, it was aimed to investigate the effects of humic acid doses treated foliar and nitrogen fertilization which is the classical recommendation dose to the plant in the field, on some properties of faba bean and L-DOPA content in its flowers.

## 2. MATERIAL AND METHOD

The soil of the trial field was found to be clayey, pH neutral, salt-free, organic matter content of 1.88%, and high P content. In the trial period, the lowest temperature was in January and it was 0.8 °C higher than the long years. According to the data of many years, while the total amount of rainfall was 504.6 mm in the vegetation period, 478.3 mm of rainfall fell in the trial year. Before sowing, the precipitation that saturated the soil with water and coincided with the interval between the first emergence and the vegetative growth period of the plant was sufficient for plant growth.

In this study, Lara variety ( $G_1$ ) and Maçka genotype ( $G_2$ ), which varieties that were found to have high L-DOPA content in their flowers in a study conducted in the same region in previous years were used. Lara ( $G_1$ ) is a registered variety developed for fresh consumption; it is purple and the Maçka ( $G_2$ ) is a cream-brown coloured line that we brought from this region and selected. The trial was carried out in strip plots trial design with 3 replications in the 2019-2020 growing season. In the trial, the genotypes were placed in vertical strips and the treatments (K: control, N: nitrogen at 5 kg da<sup>-1</sup>, H<sub>1</sub>: humic acid at 2 lt da<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub>: humic acid at 6 lt da) in horizontal strips. Seeds were sown manually in 4 rows and in plots with 2 m row length and 60 cm row spacing on November 22, 2019. In March, when the rainfall decreased and the temperature increased, H were treated to the leaf, and ammonium sulfate with 21% N was treated from the soil around the root of the plant. As H, a liquid form commercial product of Leonardite origin (Black Strong HUM VET) was used at the doses recommended by the company for legumes. H content; total humic and fulvic acids are 18%, total organic matter is 13%, water-soluble potassium oxide is 3.9%, pH is 8-10. When necessary, weed control was done, and watering and any pesticide treatment were not considered necessary.

Variance analysis was performed with the MSTATC package program, DUNCAN multiple comparison test was used to compare the means. The correlations between the characteristics to take into account the mean of all data were determined by using the SPSS21 program by correlation analysis.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

According to the results of the analysis of variance, the significance of the genotype difference and the effects of the treatments on the characteristics and the groupings are given in Table 1 and Table 2 and the relations between the characteristics are given in Table 3.

Faba bean is a tall and upright legume. In previous studies in the ecology where this research was conducted, the plant height of different faba bean genotypes was found to be 56-123 cm (Pekşen, 2007; Bezmen, 2019). Bezmen (2019) determined the plant height as 66.26 cm and 81.73 cm, respectively, in Lara and Maçka genotypes. In this study, the Lara mean was 80.3 cm, and the Maçka selected from a local material was 104.3 cm long, and this difference was found to be statistically significant ( $P < 0.01$ ) (Table 1).

Maçka had higher values than Lara in other investigated agromorphological characteristics except for seed yield per decare. Bezmen (2019), the mean seed yield per decare for Lara and Maçka was found to be respectively 743.58 and 891.97 kg genotypes. In the study, 872.78 kg for Lara and 746.12 kg for Maçka. Although the effect of HA and N treatments on seed yield was not found to be statistically significant, the responses of genotypes to treatments ( $P < 0.01$ ) differ. While Lara gave the highest value in control, Maçka was positively affected by N and H1 treatments (Table 1).

Biological yield includes all organic content produced by the plant. Pekşen (2007) reported the variation range of biological yield in 15 different genotypes of faba bean (*Vicia faba* L.) plant, 1620.33-173.33 kg da<sup>-1</sup>. Biological yield in Lara and Maçka genotypes, Bezmen (2019) determined 1150 and 1747 kg, respectively, and they are close to the values in this study. Although the difference between genotypes and the effect of treatments on biological yield were not statistically significant, it was determined that biological yield decreased in both genotypes in H<sub>2</sub> treatment (Table 1).

**Table 1.** Means of some agro-morphological characteristics of faba bean genotypes treated with nitrogen and different H doses

Genotype (G)	Treatments				G <sub>MEANS</sub>	Treatments				G <sub>MEANS</sub>
	N	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		N	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	
	Plant Height (cm)				**	Biological Yield (kg da <sup>-1</sup> )				
G <sub>1</sub>	78.30	75.60	79.90	87.40	80.3 b	1347.87	1445.10	1440.58	1250.03	1370.89
G <sub>2</sub>	94.87	93.77	131.10	97.70	104.3 a	1710.52	1713.56	1598.28	1463.24	1621.40
T <sub>MEANS</sub>	86.58	84.68	105.50	92.55		1529.20	1579.33	1519.43	1356.63	
	Number of Pods (per plant)					Seed Yield (kg da <sup>-1</sup> )				
G <sub>1</sub>	12.67	16.00	14.67	12.67	14.00	755.91	872.78	843.98	728.65	800.33
G <sub>2</sub>	16.33	13.67	15.00	13.00	14.50	824.92	746.12	793.82	707.91	768.19
T <sub>MEANS</sub>	14.50	14.83	14.83	12.83		790.41	809.45	818.90	718.28	
	100 Seed Weight (g)				**	Crude Protein Ratio in Seed (%)				**
G <sub>1</sub>	105.68	101.51	106.01	100.84	103.5 b	19.86	21.64	20.47	21.41	20.84b
G <sub>2</sub>	120.70	123.26	124.59	131.50	125.0 a	22.79	22.72	22.85	21.49	22.46a
T <sub>MEANS</sub>	113.19	112.38	115.30	116.17		21.33	22.18	21.66	21.45	

\*P&lt;0.05, \*\*P&lt;0.01

Flower harvests were made 3 times at one-week intervals, and the total dry flower yield (kg) per decare was calculated. The flower yield of Lara decreased in the 2nd harvest but increased in the 3rd harvest. On the other hand, Maçka increased flowering after the 2nd and 3rd harvest (Table 2). According to the results of the correlation analysis, the 2nd and 3rd flower harvests are in an important and positive relationship with the previous harvests. Flower plucking stresses the plant and encourages re-bloom. According to the statistical analysis, while the treatments did not have a significant effect on the flower yield, a significant difference was found in terms of both the flower yield (P<0.01) and L-DOPA (P<0.05) content of the genotypes. In the study conducted under similar conditions and techniques, Bezmen (2019) reported the mean dry flower yield as 20.40 kg per decare. While the dry flower yield per decare was 36.29 kg in the Lara variety, it was 46.72 kg in Maçka by a wide margin. Bezmen (2019) determined the highest L-DOPA amount in the Lara genotype (8.25%) among 18 genotypes. The researcher reported that the Maçka genotype (7.73%) is one of the genotypes with the potential to be a candidate for registration due to its high flower yield and high L-DOPA content.

Based on the hypothesis that tea can be made from flowers due to the rich L-DOPA content in faba bean flowers, the effect of the treatments on the L-DOPA content in the tea prepared with the infusion method with different amounts of flowers was not found to be statistically significant. However, the difference between genotypes was significant (P<0.05) and the L-DOPA content of the Maçka was found to be higher (Table 2). Bozoğlu and Bezmen (2021) determined the amount

of L-DOPA in tea to be 8.04% on the mean. In this study, when the number of flowers added to the water was 100 mg, the L-DOPA content was 8.33% on the mean in the control, which is similar to the value reported by Bozoğlu and Bezmen (2021). In this study, when the number of flowers used in tea was increased to 200 mg, it was determined that the L-DOPA diffusion increased, and the amount of L-DOPA became 20.84% in tea water (Table 2).

Topal (2012), determined that the crude protein ratio in flowers varies between 27.08% and 62.17%, and the mean is 36.26% in 26 faba bean genotypes sown in winter. In this study, the difference between the proteins in the flowers of the genotypes was found to be statistically significant ( $P < 0.05$ ). This value was 26.05% for Lara and 27.50% for Maçka in the control, and the effect of the treatments was not found to be significant (Table 2). In addition, Topal (2012) determined that the relationship between protein and L-DOPA contents is positive and important. However, such a relationship could not be determined in this study. As a result of the correlation analysis, there was a positive correlation between the protein ratio in the seed and the protein in the flower ( $r = 0.605^{**}$ ), L-DOPA in 100 mg flower tea ( $r = 0.516^{**}$ ) and L-DOPA in 200 mg flower tea ( $r = 0.521^{**}$ ), a significant relationship was determined (Table 3).

**Table 2.** Means of flower yield and quality of faba bean genotypes treated with nitrogen and different H doses

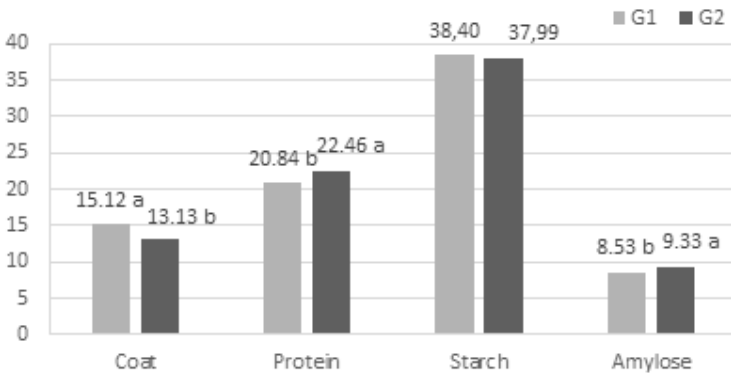
Genotype (G)	Treatment				G <sub>MEANS</sub>	Treatment				G <sub>MEANS</sub>
	N	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		N	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	
	1st Harvest Flower Yield (g plant <sup>-1</sup> )					Flower Crude Protein Ratio (%)				*
G <sub>1</sub>	0.72	0.73	0.80	0.78	0.76	25.31	26.05	25.45	25.53	25.59 b
G <sub>2</sub>	0.80	0.68	0.90	1.01	0.85	26.16	27.50	26.83	25.92	26.60 a
T <sub>MEANS</sub>	0.76	0.71	0.85	0.90		25.73	26.78	26.14	25.73	
	2nd Harvest Flower Yield (g plant <sup>-1</sup> )				**	L-DOPA in 100 mg Tea (%)				*
G <sub>1</sub>	0.40	0.51	0.47	0.37	0.44 b	8.15	8.13	7.53	8.48	8.13 b
G <sub>2</sub>	0.89	0.71	0.92	0.95	0.87 a	8.43	8.54	9.05	8.78	8.54 a
T <sub>MEANS</sub>	0.64	0.61	0.69	0.66		8.29	8.33	8.29	8.63	
	3rd Harvest Flower Yield (g plant <sup>-1</sup> )				**	L-DOPA in 200 mg Tea (%)				*
G <sub>1</sub>	0.59	0.94	0.96	0.77	0.81 b	20.33	20.36	18.88	21.20	20.19 b
G <sub>2</sub>	1.57	1.41	1.61	1.66	1.56 a	21.05	21.33	22.68	21.93	21.75 a
T <sub>MEANS</sub>	1.08	1.17	1.28	1.21		20.69	20.84	20.78	21.57	
	Dry Flower Yield (kg da <sup>-1</sup> )				**					
G <sub>1</sub>	28.41	36.29	37.13	31.94	33.44 b					
G <sub>2</sub>	54.28	46.72	57.02	60.35	54.59 a					
T <sub>MEANS</sub>	41.34	41.51	47.07	46.15						

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$

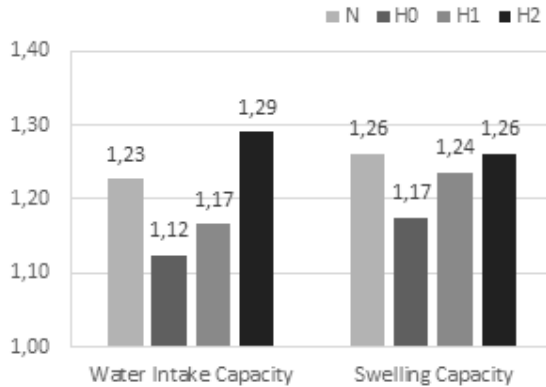


The most important quality characteristics of legumes are the coat ratio of the seed, their water intake and swelling capacity, and protein, starch and amylose contents. As the seed coat ratio increases, the water intake rate decreases, thus delaying both cooking and germination. Genetic differences are an effective factor in coat ratios. According to the analysis of variance, it was determined that the coat ratio, crude protein ratio in the seed and amylose content in the seed showed statistical differences ( $P<0.05$ ) in the genotypes. Maçka gave high values in the three characteristics. A previous study with similar techniques in the same ecology, Bezmen (2019) determined the mean protein and starch content in seeds to be 23.33% and 36.38%, respectively. In this study, the protein and starch contents of the seed were determined respectively as 20.84% and 38.40% in Lara, 22.46% and 37.99% in Maçka. (Figure 1). Seed content is directly related to the genetic structure as well as the nutrient content obtained from the soil. Neither nitrogen nor humic acid treatments did not change the coat, protein and starch content of the seed. Differently, the effect of the treatments on the amylose content in the seed was found to be significant ( $P<0.05$ ). While the amylose content was 8.42% in control, it increased to 10.05% with the N treatment (Figure 3). In order to reduce the risk of diabetes, cardiovascular diseases, insulin resistance and obesity, foods with a low glycemic index and high amylose content come to the fore. Considering the use of faba beans as a food, the content of amylose is considered important.

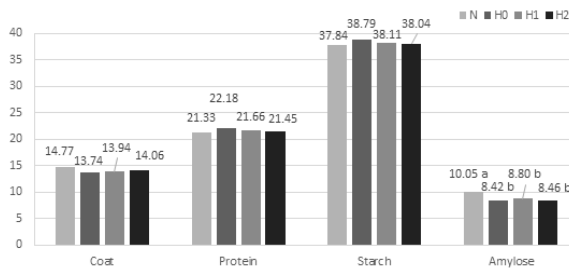
The water intake and swelling capacity of the seed were positively affected by the treatments, and the lowest water intake capacity value was seen in the control with 1.12 g seed<sup>-1</sup>. The highest value was given by H2 treatment with 1.29 g seeds<sup>-1</sup> (Figure 2).



**Figure 1.** Means of some seed characteristics of Lara (G1) and Maçka (G2) genotypes



**Figure 2.** The effect of N and H treatments on the water intake and swelling capacity of the seed



**Figure 3.** The effect of N and H treatments on the coat, protein, starch and amylose ratios of seed

According to the correlation analysis we conducted to determine the relationships between characteristics, positive and very important relationships were found between seed yield and biological yield ( $r=0.758^{**}$ ), similar to the results reported by Pekşen (2007) and Bezmen (2019). Again, a significant and positive relationship was determined between biological yield and the number of pods ( $r=0.726^{**}$ ), and also between the number of pods and seed yield ( $r=0.829^{**}$ ) (Table 3).

As the coat ratio decreases, which is one of the most important characteristics that will affect the cooking time, the swelling of the seed increases (Karayel, 2012). A positive and significant relationship was determined between hundred seed weight and water intake capacity ( $r=0.657^{**}$ ) and swelling capacity ( $r=0.752^{**}$ ), but a negative and significant correlation with seed coat ratio ( $r=-0.652^{**}$ ) (Table 3).

The relationship between flower yield in the 2nd harvest ( $r=0.646^{**}$ ), flower yield in the 3rd harvest ( $r=0.644^{**}$ ) and total dry flower yield ( $r=0.631^{**}$ ) with 100 seed weight was found to be positive and significant (Table 3).

**Table 3.** Relationships between some characteristics of faba bean

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	-.206	1															
3	.000	.726 <sup>**</sup>	1														
4	-.290	.829 <sup>**</sup>	.758 <sup>**</sup>	1													
5	.287	.064	.512 <sup>*</sup>	.141	1												
6	.118	-.009	-.109	.067	.229	1											
7	.362	.105	.276	-.024	.646 <sup>**</sup>	.570 <sup>**</sup>	1										
8	.225	.372	.573 <sup>**</sup>	.322	.644 <sup>**</sup>	.489 <sup>*</sup>	.853 <sup>**</sup>	1									
9	.270	.253	.405 <sup>*</sup>	.198	.631 <sup>**</sup>	.672 <sup>**</sup>	.935 <sup>**</sup>	.961 <sup>**</sup>	1								
10	.361	.117	.239	.022	.328	.237	.336	.313	.338	1							
11	.493 <sup>*</sup>	.165	.256	.091	.189	.265	.355	.370	.385	.267	1						
12	.483 <sup>*</sup>	.177	.257	.102	.191	.276	.354	.373	.389	.270	.999 <sup>**</sup>	1					
13	.156	-.283	.030	-.057	.657 <sup>**</sup>	.298	.389	.286	.352	-.046	.195	.196	1				
14	.247	-.153	.131	-.036	.752 <sup>**</sup>	.332	.493 <sup>*</sup>	.368	.441 <sup>*</sup>	.054	.059	.063	.839 <sup>**</sup>	1			
15	-.405 <sup>*</sup>	-.054	-.398	.012	-.652 <sup>**</sup>	-.143	-.669 <sup>**</sup>	-.573 <sup>**</sup>	-.578 <sup>**</sup>	-.358	-.146	-.138	-.214	-.333	1		
16	.430 <sup>*</sup>	.372	.412 <sup>*</sup>	.175	.396	.108	.261	.304	.284	.605 <sup>**</sup>	.516 <sup>**</sup>	.521 <sup>**</sup>	.007	.137	-.362	1	
17	-.179	-.406 <sup>*</sup>	-.343	-.440 <sup>*</sup>	-.132	-.427 <sup>**</sup>	-.185	-.215	-.273	-.194	-.278	-.279	.128	-.133	.062	-.373	1
18	-.025	.066	.314	.140	.352	-.015	.316	.273	.260	-.168	.162	-.152	.326	-.326	-.170	.023	.011

1: Plant Height. 2: Number of Pods. 3: Biological Yield. 4: Seed Yield. 5: 100 Seed Weight. 6:1st Harvest Flower Yield. 7: 2nd Harvest Flower Yield. 8: 3rd Harvest Flower Yield. 9: Dry Flower Yield. 10: Crude Protein Ratio in Flower. 11: L-DOPA in 1. Dose Flower Tea 12: L-DOPA in 2. Dose Flower Tea. 13: Water Intake Capacity. 14: Swelling Capacity. 15: Seed Coat Ratio. 16: Crude Protein Ratio in Seed. 17: Starch Ratio in Seed. 18: Amylose Ratio in Seed.

## 4. CONCLUSION

Thanks to their nitrogen fixation abilities, legumes not only meet their own needs, but also feed the soil, especially in terms of nitrogen. In this sense, the use of synthetic fertilizers is different from other plant groups. The economic and ecological disadvantages of fertilizers lead to the use of organic materials such as humic acids. Humic acids are used as both fertilizer and remedy. Therefore, in this study, the effects of N treatment, which is the recommended dose for legumes, and H doses on some characteristics of faba bean were investigated. According to the findings, N and H treatments showed similar results with the control in most of the

characteristics examined in both genotypes. In other words, while the effect of the H doses we chose was not significant compared to the control, it was determined that the N given with the calculation of 5 kg da<sup>-1</sup> did not make a difference either. Based on the studies on different legumes in the literature, it was concluded that humic acid and nitrogen fertilizer treatments should be evaluated by examining both the soil and plant protective-healing effects rather than the increase in yield. The faba bean plant can be easily grown in Samsun ecological conditions without the need for additional inputs. In addition to the use of the plant as food, research on the possibilities of using it as medicinal plant due to its L-DOPA content continues.

In this study, it was observed that the flower yields of the faba bean and the L-DOPA contents in the tea obtained from the flowers were remarkable. We think that cheap and natural methods that encourage flowering and L-DOPA synthesis should be studied in order to increase the L-DOPA yield per unit area in the case of using pod flowers due to their high L-DOPA content. In this study, H was treated once foliar with the onset of flowering in March, when the climatic conditions became favourable. Our observations indicate that different treatment times and doses should be investigated as the climate permits. The differences between the Lara variety used in the trial and the Maçka genotype were found to be significant in many of the characteristics examined. The biological yield of the Maçka genotype is higher, and the flower yield is remarkable due to its high L-DOPA content. With these characteristics, it stands out in this research that it is a genotype that can be nominated for a variety.

### **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 : ZO(%30), HB(%70)

Data Acquisition : ZO(%80), HB(%20)

Data Analysis : ZO(%80), HB(%20)

Writing Up : ZO(%50), HB(%50)

Submission and Revision : ZO(%50), HB(%50)

## REFERENCES

- Bezmen, M., (2019). Samsunda yetiştirilen bakla (*Vicia faba* L.) genotiplerinde çiçekte L-DOPA (L-3, 4-Dihydroxyphenylalanine) içeriği ve tarımsal özellikler ile ilişkisi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, s 75, Samsun.
- Bozoğlu, H., ve Bezmen, M., (2021). Determination of the L-DOPA (L-3, 4- Dihydroxyphenylalanine) content in faba bean (*Vicia faba* L.) flowers and faba bean flower tea. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 9(4), 733- 739.
- Çakmak, Ö., (2019). Hümik asit ve çinko uygulamalarının soya (*Glycine Max* L.) bitkisinin verim ve bazı bitkisel özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, 50, Ordu.
- Dawood, M. G., Abdel-Baky, Y. R., El-Adawi, M. E. S., and Bakhoun, G. S., (2019). Enhancement quality and quantity of faba bean plants grown under sandy soil conditions by nicotinamide and/or humic acid application. Bulletin of the National Research Centre, 43(1), 1-8.
- Demirtaş, E. I., Arı, N., Asri, F. Ö., and Zıpac, M., (2013). TKİ-Hümas kullanımının domatesin beslenme durumu üzerine etkileri, 6. Ulusal Bitki Besleme and Gübre Kongresi, Nevşehir, 518-519.
- El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Baky, M. M. H., and Mahmoud, A. R., (2010). Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 6 (2), 169-175.
- Gezgin, S., Yılmaz, F. G., Dursun, N., Sezgin, Ö., and Zıpac, M., (2013). TKİ-Hümas uygulamasının çeltik bitkisinin verim ve bazı besin elementleri kapsamına etkisi, 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre kongresi, Nevşehir, 27-30
- Gürsoy, M., Nofouzi, F., ve Başalma, D., (2016). Hümik asit uygulama zamanı ve dozlarının kışlık kolzada verim ve verim öğelerine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel Sayı-2), 131-136.
- Kaptan, M. A., ve Aydın, M., (2012). Hümik asidin pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) gelişimi ve kalite özellikleri üzerine etkileri. SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 14 (1), 291-299.
- Karayel, R. (2012). Samsun'da ekilen bezelye genotiplerinin bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve ıslah materyali olarak uygunluğunun değerlendirilmesi. Basılmamış Doktora Tezi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 162, Samsun.
- Kaya M., Atak M., Çiftçi C. Y., ve Ünver S., (2005). Çinko ve humik asit uygulamalarının ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.)'da verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3).
- Khan, R. U., Rashid, A., Khan, M. S., and Ozturk, E., (2010). Impact of humic acid and chemical fertilizer application on growth and grain yield of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Agricultural Research, 23, (3-4), 113-121.
- Oğuz, Z. G., (2022). Asetik asit ve hümik asit uygulamalarının bakla (*Vicia faba* L.)'nın tarımsal özellikleri ve L-DOPA (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Bölümü, s. 73. Samsun.
- Öktem, A. G., Nacar, A. S., ve Öktem, A., (2017). Sıvı olarak toprağa uygulanan hümik asit miktarlarının kırmızı mercimek bitkisinde (*Lens culinaris Medic.*) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26, 119-124.
- Pekşen, E., (2007). Bakla (*Vicia faba* L.)'da özellikler arasındaki ilişkiler ve tane verimi bakımından seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 22(1), 73-78.
- Roudgarnejad, S., Samdeliri, M., Mirkalaei, A. M., and Moghaddam, M. N., (2021). The role of humic acid application on quantitative and qualitative traits of faba bean (*Vicia faba* L.). Gesunde Pflanzen, 73(4), 603-611.
- Sarılar, N., (2021). Samsun ekolojik şartlarında kışlık ve yazlık ekilen bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinde tohum uygulanan hümik asidin bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisi Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 97, Samsun.
- Sarwar, M., Akhtar, E., and Hyder, S. I., (2012). Effect of humic acid and phosphorus on yield, nutrient availability in soil and uptake by peas, Prime Journal of Physical Science (PJPS), 1 (5), 53-57.
- Topal, N., (2012). Farklı kültürel uygulamalarla yetiştirilen bakla (*Vicia faba* L.) genotiplerinin L-DOPA (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) içeriklerinin tespiti. Basılmamış Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Topal, N., and Bozoğlu, H., (2016). Determination of L-DOPA (L-3, 4- dihydroxyphenylalanine) content of some faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Journal of Agricultural Sciences, 22: 145-151.





## Sera Koşullarında Sıcaklık, Işık ve Farklı Budamaların Kavunda (*Cucumis melo* L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkileri

The Effects of Temperature, Lighting and Different Pruning on Growth, Development and Production of Melon (*Cucumis melo* L.) in Greenhouse Conditions

Fikret ÖZKARAMAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Meslek Yüksekokulu, Seracılık Programı, Samsun  
· ozfikret@gmail.com · ORCID > 0000-0002-9907-4848

### Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 27 Aralık/December 2022

Kabul Tarihi/Accepted: 23 Mart/March 2023

Yıl/Year: 2023 | Cilt-Volume: 38 | Sayı-Issue: 2 | Sayfa/Pages: 293-314

**Atıf/Cite as:** Özkaraman, F. "Sera Koşullarında Sıcaklık, Işık ve Farklı Budamaların Kavunda (*Cucumis melo* L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkileri " Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 293-314.

**Yazar Notu/ Author Note:** "Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde Prof. Dr. Sezgin Uzun danışmanlığında yürütülmüştür."

## SERA KOŞULLARINDA SICAKLIK, IŞIK VE FARKLI BUDAMALARIN KAVUNDA (CUCUMIS MELO L.) BÜYÜME, GELİŞME VE VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ

### ÖZ

Bu araştırma ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde kavunda büyüme, gelişme ve verim için uygun çevre şartları ve budama tipinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada yetiştirme yeri olarak plastik sera, cam sera ve %50 gölgeli cam sera kullanılmış ve 3 farklı budama tipi uygulanmıştır. Dikimden itibaren 15 gün aralıklarla budama tipi uygulamalarında; bitki boyu, gövde çapı, boğum sayısı, yaprak sayısı belirlenmiştir. Ölçümü yapılan parametrelerin farklı sıcaklık ve ışık şiddetindeki değişimleri ve verime olan etkileri incelenmiştir. Bu parametreler içerisinde düşük ışık ve yüksek sıcaklıkta bitki boyu artarken, yüksek ışık ve yüksek sıcaklıkta ise gövde çapı, boğum sayısı ve yaprak sayısı artmıştır. Kavunda dişi çiçekler, yüksek ışık ve düşük sıcaklık (plastik sera) ile yüksek ışık ve yüksek sıcaklık (cam sera) şartlarında, dikimden 10 gün sonra 1. yan dalın 2. veya 3. yaprak koltuğunda oluşurken, düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında (%50 gölgeli cam sera) dikimden 31 gün sonra 17. veya 18. yan dalın 4. veya 5. yaprak koltuğunda oluşmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Işık, Kavun, Sebzelerde Budama, Sera, Sıcaklık, Verim.



## THE EFFECTS OF TEMPERATURE, LIGHTING AND DIFFERENT PRUNING ON GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF MELON (CUCUMIS MELO L.) IN GREENHOUSE CONDITIONS

### ABSTRACT

This research was carried out in order to determine the suitable environmental conditions and pruning type for growth, development and yield of melon in spring and autumn periods. In the research, plastic greenhouse, glass greenhouse and 50% shaded glass greenhouse were used and 3 different pruning types were applied. In all pruning type applications at 15-day intervals from planting; plant height, stem diameter, number of nodes, number of leaves The changes of the parameters of different temperature and light intensity and their effects on yield were investigated. Plant height increased at low light intensity and high temperature. At high light intensity and high temperature, stem diameter, number of nodes and number of leaves increased. In melon, female flowers are formed in high light and low tempe-



perature (plastic greenhouse) and high light and high temperature (glass greenhouse) conditions, 10 days after planting, from the 1<sup>th</sup> side branch and in the 2<sup>th</sup> or 3<sup>th</sup> leaf axil of this side branch, while in low light and high temperature (glass greenhouse) conditions. formed in the 4<sup>th</sup> or 5<sup>th</sup> leaf axil of the 17<sup>th</sup> or 18<sup>th</sup> lateral branch, 31 days after planting, under high temperature conditions (50% shaded glass greenhouse).

**Keywords:** Light, Melon, Vegetable Pruning, Greenhouse, Temperature, Yield.



## 1. GİRİŞ

Ülkemizin içinde bulunduğu coğrafi özelliklerin farklılığından dolayı, bölgelere göre değişmekle beraber hem örtüaltında, hem de açıkta sebze yetiştiriciliği bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Ülkemizde gelişen ekonomi, gıda ihtiyacı ve sebze üreticilerinin yetiştiricilikte uyguladıkları teknikler dikkate alındığında, örtüaltı yetiştiriciliğini geliştirme çalışmaları önem kazanmaktadır (Uzun ve ark., 2013).

Artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacını karşılamak için, gün geçtikçe yeni üretim teknolojileri uygulanmaktadır. Farklı üretim teknolojilerinin temel amacı birim alanda hem kaliteli hem de maksimum ürün elde edebilmektir. Bu amacın gerçekleşebilmesinde kaliteli tohum, kültürel uygulamalar, uygun besin maddeleri ve fotosentez oranını artırmak için çeşitli terbiye ve budama sistemlerinin uygulanması önem taşır. Verim ve kalite artırmada birinci derecede etkili olan genotipin yanı sıra sıcaklık, ışık, nem ve CO<sub>2</sub> gibi çevre faktörleri de önemli rol oynamaktadır.

Örtüaltı sistemlerinde çevre faktörlerinin kontrol altına alınması ve değişik kültürel uygulamaların yapılması ile bitki büyüme ve gelişmesi de önemli ölçüde kontrol altına alınarak kalite ve verim artmış olacaktır (Uzun, 1996; Demir ve ark., 1998; Özdemir ve Özer 2015; Sarıbaş ve ark., 2018).

Bitkilerin toprak üstü organlarının düzenlenmiş şekli bitki kanopisi olarak ifade edilir. Bitki kanopisi, bitki ekolojisini, enerji dönüşümünü, enerji kullanım etkinliğini, toprak ile bitki arasındaki ilişkiyi ve bitki üzerindeki farklı noktalardaki büyüme ve gelişmeyi etkilemektedir (Uzun ve ark., 1998).

Bitkilerin fotosentez sonucunda kuru madde üretimi, bu kuru maddenin bitkinin değişik organlarına dağılıma durumu bitki kanopi-ışık ilişkilerinden etkilenebilmektedir (Uzun, 1997).

Yapılan çalışmalarda, büyümeyi belirleyen temel unsurun bitkideki kuru madde değişimi olduğu ve bu unsurun sayısal olarak ifade edilmesi önem kazanmıştır

(Uzun, 1996). Kuru madde değişiminin çevre şartları sabit olmak koşuluyla, tek bir bitki çeşidinden elde edilen ölçüm ve gözlemler ile tespit edildiği bilinmektedir. Bu ölçüm ve gözlemlerde bitkilerin sahip olduğu yaprak sayıları, yaşları ve bitki kanopisindeki dağılımı etkili olmaktadır.

Bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde, çevre koşullarından maksimum düzeyde faydalanmak için farklı budama sistemleri uygulanmaktadır. Işıklanmayı artırmak amacıyla, yapılan budamalarla fotosentez olumlu yönde etkilenmektedir. Budanan bitkilerin budanmayan bitkilere göre daha kaliteli ve daha fazla verim verdiği yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir (Sevgican, 1999; Özdemir ve Özer 2015). Budama işlemiyle fazla ışığın kanopiye giriş yapması ve ışığa maruz kalan yüzey alanının artması sonucunda, bitki fotosentezde daha fazla ışık kullanacak, üretilen kuru madde bitkinin sadece vejetatif organlarında değil, aynı zamanda generatif organlarında da birikeceğinden verim ve kalite artışı sağlanacaktır (Şeniz ve ark., 2000; Özdemir ve Özer 2015).

Bazı kültür sebzelerinde (patlıcan, domates, hıyar, kavun, vb.) fotosentetik etkinliği artırmak için ışığa maruz kalan bitki yüzeyi genişletilmektedir. Bu şekildeki uygulamalar ile verimde önemli derecede artışlar sağlanabilmektedir. Kültürel işlemler içerisinde yer alan budama ve terbiye sistemleri sera koşullarında kavun bitkisi (*Cucumis melo* L.) için önemli bir yer tutmaktadır (Eltz ve ark., 1999).

Kavun, biyolojik olarak monoik çiçek yapısına sahiptir. Ancak kavunda dişi çiçekler ana gövde üzerinde değil, yan dalların yaprak koltuklarında oluşmaktadır. Erkek çiçekler ise hem ana gövde üzerinde hem de yan dallarda ince uzun saplı bir şekilde oluşmaktadır. Kavun bitkisinin bu özelliğinden dolayı yan dal oluşumunu artıran her türlü kültürel uygulamalar verim ve kaliteyi direkt olarak etkilemektedir. Kültürel uygulamaların etkili olabilmesi için optimum çevre şartları ile kombine edilmesi gerekmektedir (Eltz ve ark., 1999; Uzun ve ark., 1998).

Bu çalışmanın amacı sera kavun yetiştiriciliğinde, farklı budama sistemleri ile farklı çevre şartlarının verim ve kaliteye etkilerinin belirlenmesidir.

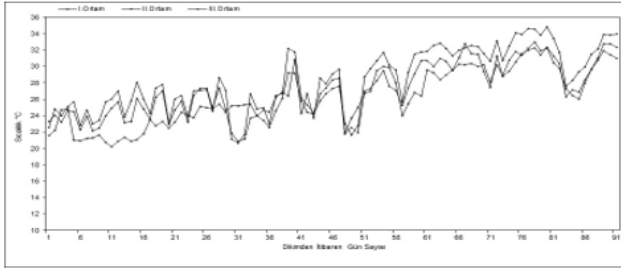
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü cam ve plastik seralarında yürütülmüştür. Araştırmada Ananas tipi kavun çeşidi olan NEVA F1 kullanılmıştır. İki farklı ekim zamanı (ilkbahar yetiştiriciliği için 4 Mart, sonbahar yetiştiriciliği için 29 Temmuz) uygulanmıştır. Fide yetiştiriciliği 9x9 cm çaplı saksılara yapılmış ve ortam olarak 2:1:0,5 oranında yanmış çiftlik gübresi, bahçe toprağı, dere kumundan hazırlanan harç kullanılmıştır. Fideler 4 gerçek yapraklı dönemde 40x100 cm boyutlu siyah plastik torbalara, her torbaya 3 bitki ve sıra arası 90 cm olacak şekilde çift sıra dikim sistemine göre dikilmiştir. Bu yetiştirme

torbalarında da aynı harç kullanılmıştır. Araştırmada 3 farklı ortam kullanılmıştır; bunlar; I. Ortam: Isıtmasız plastik sera, II. Ortam: Isıtmasız cam sera, III. Ortam: Isıtmasız %50 gölgeli cam seradır.

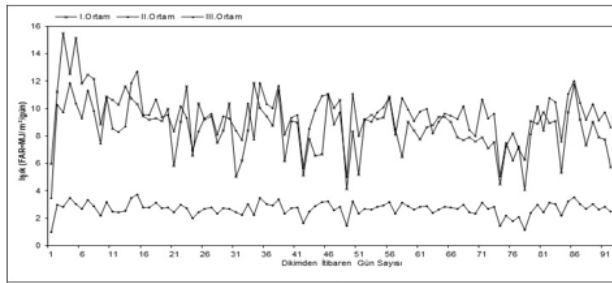
Tüm uygulamaların tohumları cam serada ekilmiş ve ilkbahar tohum ekiminde ilk dönemde ısıtma yapılmıştır.

Ortlara ait sıcaklık, ışık ve nem değerleri, bilgisayarda programlanabilen Hobo markalı veri kaydedicilerle 1'er saatlik ara ile kaydedilmiştir. Sıcaklık ve oransal nem değerlerinde 24 saatlik ortalama, ışık şiddeti değerlerinde ise gündüz saatlerinin ortalaması kullanılmıştır. Işık verileri PAR (Fotosentetik Aktif Radyasyon ( $MJ m^{-2} gün^{-1}$ ))'a çevrilmiştir. İlkbahar dönemine ait dikimden itibaren günlük ortalama sıcaklık, ışık ve oransal nem değerleri Şekil 1, 2 ve 3'de, sonbahar dönemine ait dikimden itibaren günlük ortalama sıcaklık, ışık ve oransal nem değerleri Şekil 4, 5 ve 6'da verilmiştir.



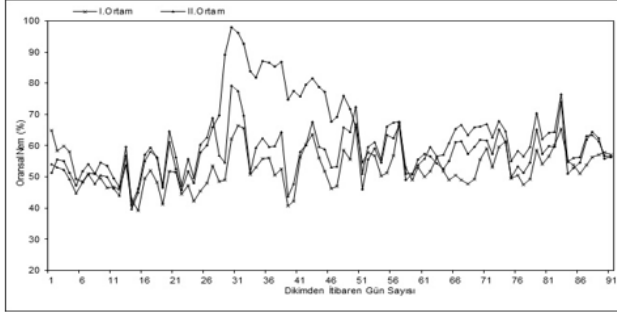
**Şekil 1.** İlkbahar dönemi günlük ortalama sıcaklık ( $^{\circ}C$ )

**Figure 1.** Spring period average daily temperature ( $^{\circ}C$ )



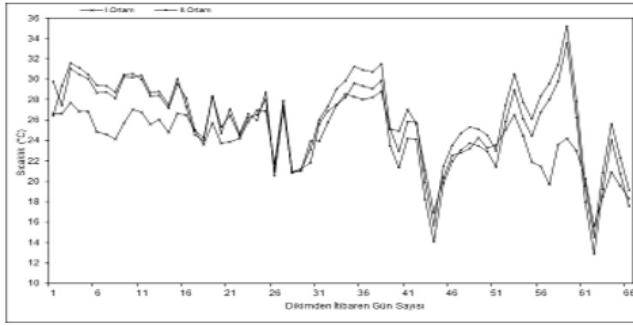
**Şekil 2.** İlkbahar dönemi günlük ortalama ışık şiddeti ( $PAR = MJ m^{-2} gün^{-1}$ )

**Figure 2.** Spring period average daily light intensity ( $PAR = MJ m^{-2} day^{-1}$ )



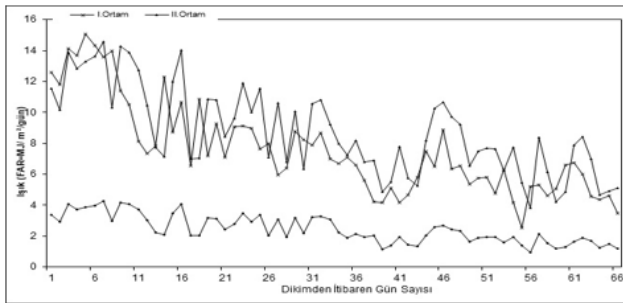
Şekil 3. İlkbahar dönemi günlük ortalama oransal nem (%)

Figure 3. Spring period average daily relative humidity (%)



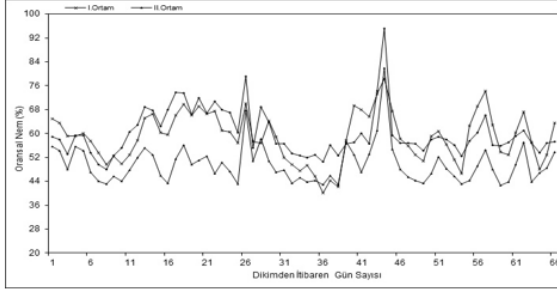
Şekil 4. Sonbahar dönemi günlük ortalama sıcaklık (°C)

Figure 4. Autumn period average daily temperature (°C)



Şekil 5. Sonbahar dönemi günlük ortalama ışık şiddeti (PAR= MJ m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup>)

Figure 5. Autumn period average daily light intensity (PAR= MJ m<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>)



**Şekil 6.** Sonbahar dönemi günlük ortalama oransal nem (%)

**Figure 6.** Autumn period average daily relative humidity (%)

Farklı ortamlardaki bitkilere budama hariç, sulama, gübreleme ve diğer kültürel işlemler aynı şekilde yapılmıştır. Araştırmada 4 farklı budama sistemi uygulanmıştır. Bunlar;

1. Budama: Ana gövdede tel seviyesinden (180-190 cm) tepe alındıktan sonra yan dallar üzerinde oluşan meyvelerden sonra 5 yaprak üzerinden yan dal ucu almak (1B).
2. Budama (Kontrol): Ana gövdenin gelişmesini sağlayarak tel üzerinden sarıtmak ve yan dallar üzerinde oluşan meyvelerden sonra 5 yaprak üzerinden yan dal ucu almak (2B).
3. Budama: Dikimden sonra 3-4 yaprak üzerinden bitki tepesi alınarak 2 yan dal (3B1 ve 3B2 olarak tanımlı) üzerinden gelişmesini sağlamak ve bu yan dallarda oluşan ikinci yan dallardaki meyveden sonra 5 yaprak üzerinden yan dal ucu almak.
4. Budama: Dikimden sonra ana gövdenin yanı sıra bir yan dalın (4A ve 4Y olarak tanımlı) gelişmesini sağlayarak ve o anda mevcut olan diğer yan dalları keserek tel seviyesinden tepe almak ve yan dallar üzerinde oluşan meyvelerden sonra 5 yaprak üzerinden yan dal ucu almak.

Tüm uygulamalarda aynı kültürel işlemler (sulama, gübreleme vb.) gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada; tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen süre, ilk çiçeklenme (dişi çiçek) tarihi, ilk meyve tutum tarihi, ilk hasat tarihi ve vejetasyon periyodu boyunca büyüme ve verim parametreleri incelenmiştir. Çalışmada dikimden itibaren 15'er gün ara ile; gövde çapı (0.01 mm'ye duyarlı dijital kompas ile ilk boğumun orta noktasında mm olarak ölçülmüştür), bitki boyu (gövdenin başlangıç noktasından en uç noktasına kadar olan mesafe şerit metre ile cm olarak ölçülmüştür), yaprak sa-

yısı (ölçüm zamanında mevcut olan bütün yapraklar sayılmıştır), boğum sayısı (gövde üzerindeki boğum sayıları (koparılmış yaprak boğumları dahil) tespit edilmiştir.

Araştırmada; meyve sayısı (her budama tipine ait ve ölçüm zamanında mevcut olan tutmuş meyve sayıları) ve meyve ağırlığı (hasat edilen meyvelerin laboratuvar da tartılması ile elde edilmiştir) değerleri ölçülmüştür.

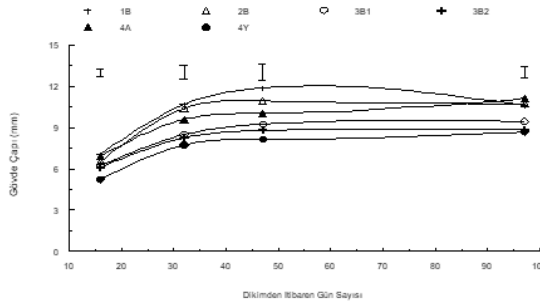
Araştırma sonucunda verim ve meyve kalitesini belirlemek amacıyla her ortam ve budama tipine ait ortalama meyve ağırlığı (g), toplam meyve ağırlığı ve toplam meyve sayısı, SÇKM ve asitlik ölçümleri yapılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen verilerin, bilgisayarda MS Excel, SlideWrite ve SPSS programları ile istatistiksel analizleri yapılmış ve grafikler çizilmiştir. Bitkilerde büyüme, gelişme ve verim parametreleri ile sıcaklık-ışık ve sıcaklık-nem arasında çoklu regresyon analizi yapılmış ve aralarındaki ilişki SlideWrite programında 3 boyutlu grafik şeklinde belirlenmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Gövde Çapı

İlkbahar ve sonbahar yetiştirme döneminde bütün budama tiplerinde, ortamlara göre gövde çaplarının (mm) değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi bütün ortamlarda ve budama tiplerinin tamamında gövde çapı artışı ve vejetasyon başlangıcında hızlı olurken, vejetasyon periyodunun sonuna doğru daha yavaş olmuş ve durma noktasına gelmiştir.



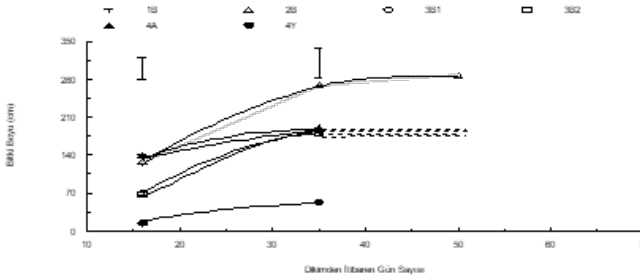
**Şekil 7.** İlkbahar ve sonbahar dönemi farklı budama tiplerinde (1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A ve 4Y) gövde çapı artışının (mm) değişik ortamlarda, dikimden itibaren gün sayısına göre değişimi (Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

**Figure 7.** Variation of stem diameter increase (mm) in different pruning types (1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A and 4Y) in spring and autumn according to the number of days since planting in different environments (Error bars are placed according to 5% probability level).

Gövde çapı değişimi bakımından hem ilkbahar hem de sonbahar döneminde aynı ortamlar birbirlerine yakın değerler göstermiştir. Genel olarak her iki dönemde de II. ve III. Ortam arasında fark bulunmazken, I. Ortam ile II. ve III. Ortam arasında önemli düzeyde fark belirlenmiştir. Bu farkın budama sistemi ile fotosentetik kapasitenin artırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fotosentez artışı ile kuru madde artışı sağlanmıştır. Artan kuru madde gövde ve depo organlarında birikerek gövde çapı artışına neden olmuştur. Bu konuda yapılan araştırmalarda bitkilerde kuru madde birikiminin, sıcaklık, teknik ve kültürel işlemlere göre değişiklik gösterdiği ve üretilen kuru maddenin bitkinin organlarına dağılımını etkilediği belirtilmektedir (Uzun ve ark., 1998; Sarıbaş ve ark., 2018).

### 3.2. Bitki Boyu

İlkbahar ve sonbahar döneminde bitki boylarının (cm) budama tiplerine göre ortamlardaki değişimi Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 genel olarak incelendiğinde bütün ortamlarda ve budama tiplerinde vejetasyon periyodunun başlangıcında hızlı bir büyüme gözlenirken (47. gün), bu hızı vejetasyon periyodu sonuna doğru yavaşlamaktadır.



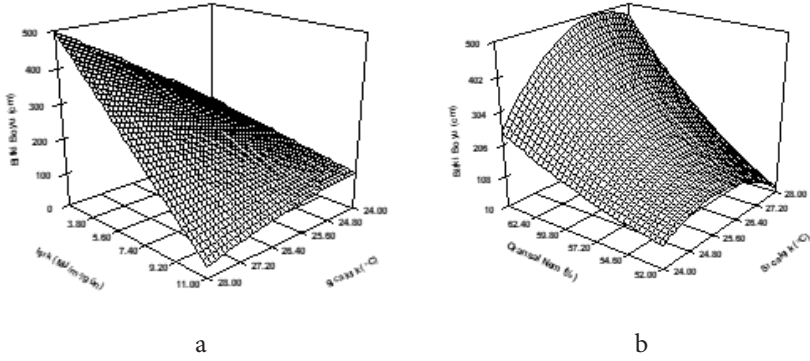
**Şekil 8.** İlkbahar ve sonbahar dönemi farklı budama tiplerinde ( 1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A ve 4Y ) bitki boyu artışının (cm) değişik ortamlarda, dikimden itibaren gün sayısına göre değişimi ( a: I. Ortam, b: II. Ortam, c: III. Ortam ) (Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir (uygulamalardaki kesik çizgili doğrular istatistiki analize dahil edilmemiştir)).

**Figure 8.** Variation of plant height increase (cm) in different pruning types (1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A and 4Y) in spring and autumn according to the number of days after planting in different environments (a: I. Environment, b: II. Environment, c: III. Environment) (Error bars are placed according to 5% probability level (dashed lines in applications are not included in the statistical analysis)).

Bitkilerin boylanmasında çevre koşullarının etkili olduğu bilinen bir gerçektir. Yapılan araştırmalarda bitkilerde düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında boylan-

manın arttığı belirtilmektedir (Uzun, 1996; Robert, 1998; Uzun ve ark., 1998; Vural ve ark., 2000). Ancak bu değişkenlerden olan sıcaklık, ışık şiddeti ve oransal nem tek başına etkili olmadığı, bunlar birbirleriyle interaksiyon halinde bitki boyuna etkili olduğu ifade edilmiştir (Uzun, 1996; Sarıbaş ve ark., 2018; Kandemir ve Uzun, 2019).

Kavunda, sıcaklık, ışık şiddeti ve oransal nemin bitki boyuna etkisi Şekil 9 a ve b'de verilmiştir (bu değerlendirmede kontrol bitkileri (2B) kullanılmıştır).



**Şekil 9.** Kavunda bitki boyu (cm) artışına sıcaklık (°C), ışık şiddeti (MJ m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup>) ve oransal nemin (%) etkisi ( a: Sıcaklık-Işık, b: Sıcaklık-Nem ).

**Figure 9.** The effect of temperature (°C), light intensity (MJ m<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>) and relative humidity (%) on plant height (cm) increase in melon (a: Temperature-Light, b: Temperature-Humidity).

Yapılan regresyon analizleri sonucunda bitki boylanmasında etkili olan sıcaklık (24-28 °C) ve ışık şiddeti (2-11 MJ m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup>) arasındaki ilişkinin derecesi (r<sup>2</sup>) 0.97 olarak çok önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$\text{Bitki Boyu (2B)} = -2078.84 + 95.7777xS + 8.1467xSxI - 0.35735xS^2xI \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{SH} = (285.294)^{***} (10.815)^{***} (1.611)^{***} (0.061)^{***}$$

$$r^2 = 0.97^{***}$$

Bitki boyu sıcaklık (24-28 °C) ve oransal nem (%50-65) arasındaki ilişkinin derecesi (r<sup>2</sup>) 0.91 olarak çok önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\text{Bitki Boyu (2B)} = 1270.63 - 5.098xN^2 - 0.089xS^2xN + 0.364xN^2xS - 0.00539xS^2xN^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{SH} = (109.22)^{***} (1.351)^{**} (0.008)^{***} (0.1046)^{**} (0.00199)^*$$

$$r^2 = 0.91^{***}$$

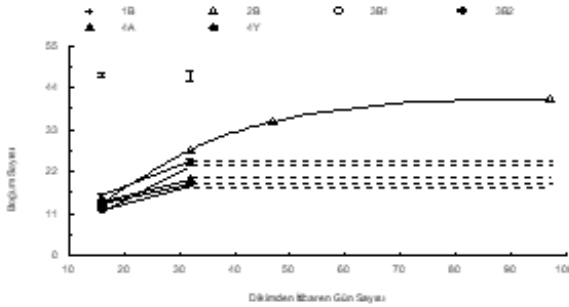


Şekil 9a incelendiğinde en yüksek bitki boyu artışı, düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarının kombine etkili olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve ışığın birlikte etkisi dikkate alındığında, yüksek ışık yüksek sıcaklık ve düşük ışık düşük sıcaklık şartlarında bitki boyunun artmadığı, düşük ışık yüksek sıcaklık şartlarında daha fazla vejetatif büyüme gösterdiği söylenebilir. Bu konuda yapılan araştırmalarda genel olarak düşük ışık yüksek sıcaklık şartlarında bitkilerde boylanmanın artacağı belirtilmektedir (Uzun, 1996; Robert, 1998).

Şekil 9b incelendiğinde bitki boylanmasının yüksek oransal nemde belirli bir sıcaklık derecesine kadar etkili olduğu, yüksek sıcaklık şartlarında ise daha az etkili olduğu anlaşılmaktadır. Düşük oransal nem ve düşük sıcaklık şartlarında oransal nemin bitkinin boylanmasına etkili olmadığı görülmektedir. Bitkilerin transpirasyonunda oransal nem etkili bir faktördür. Oransal nemin yüksek olması sonucunda bitki daha az su kaybederek geniş bir yüzey alanına sahip olacağı ve buna paralel olarak boylanmanın artabileceği düşünülmektedir.

### 3.3. Bitki Boğum Sayısı

Bitkilerdeki boğum sayıları, farklı budama uygulamalarında, askı teli seviyesinde uç alma yapıldığından dolayı sınırlandırılmıştır. Bu nedenle boğum sayılarındaki artış hızları dikkate alınmıştır. Her iki döneme ait boğum sayılarındaki değişim hızı Şekil 10'da verilmiştir.



**Şekil 10.** İlkbahar dönemi farklı budama tiplerinde ( 1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A ve 4Y ) bitki boğum sayısı artışının değişik ortamlarda, dikimden itibaren gün sayısına göre değişimi (a: I.Ortam, b: II.Ortam, c: III.Ortam) (Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

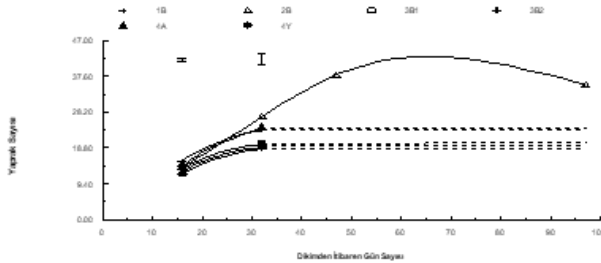
**Figure 10.** Variation of the number of plant nodes in different pruning types (1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A and 4Y) in the spring period according to the number of days from planting in different environments (a: I. Environment, b: II. Environment, c: III. Environment) (Error bars are placed at 5% probability level).

Şekil 10 incelendiğinde bütün budama tiplerinde, bitki boğum sayılarında dikimden sonra vejetasyon periyodu başlarında hızlı bir artış olurken (47. güne kadar), vejetasyon periyodu sonlarına doğru bu hız yavaşlamaktadır. Boğum sayılarının dikimden sonra ilk zamanlarda hızlı artmasının nedeni bitkilerin vejetatif gelişme gösterdiği ve daha sonra boğum sayılarındaki artış hızının azalmasının ise bitkinin generatif gelişmeye başlaması ve dolaylı olarak vejetatif gelişmenin baskı altına alınmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kavun bitkisinin bitkisel özelliğinden dolayı dişi çiçeklerin, yan dallardaki yaprak koltuklarında oluşması nedeniyle boğum sayısının fazla olması, verimi olumlu yönde etkilemektedir. Yapılan araştırmalarda düşük ışık şartlarında bitkilerde etiolleşmenin olduğu ve bunun sonucunda boğumlar arası mesafenin artması ve birim uzunluktaki boğum sayısının azalmasından dolayı, verimin olumsuz yönde etkilendiği belirtilmektedir (Uzun ve ark., 1998; Kandemir ve Uzun, 2019).

### 3.4. Bitki Yaprak Sayısı

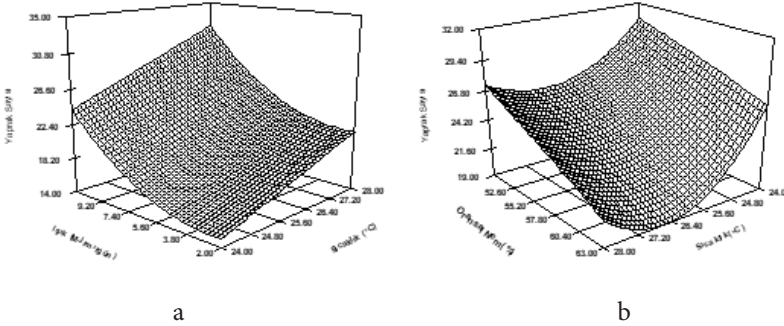
Bitki yaprak sayıları hem ilkbahar hem de sonbahar döneminde, budama uygulamaları sonucunda askı teli seviyesinde uç alma işlemi yapılmasından dolayı sınırlandırılmıştır. Ancak yaprak sayılarındaki değişim yan dal sayılarının fazlalığından kaynaklanmaktadır. Budama tiplerinde bitki yaprak sayılarının, dikimden itibaren ortamlara göre değişimi Şekil 11’de verilmiştir (bütün uygulamalarda koparılan yapraklar, yaprak sayılarına dahil edilmemiştir).



**Şekil 11.** Kavunda farklı budama tiplerinde ( 1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A ve 4Y ) bitki yaprak sayısı artışının değişik ortamlarda, dikimden itibaren gün sayısına göre değişimi (a: I. Ortam, b: II. Ortam, c: III. Ortam) (Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

**Figure 11.** Variation of plant leaf number increase in different pruning types (1B, 2B, 3B1, 3B2, 4A and 4Y) in melon according to the number of days from planting in different environments (a: I. Environment b: II. Environment, c: III. Environment) ( Error bars are placed at 5% probability level).

Her iki dönemde de bütün budama tiplerinde ve bütün ortamlarda bitki yaprak sayıları sıcaklık, ışık şiddeti ve oransal nem ile değişmektedir. Bu değişim ve aralarındaki ilişki Şekil 12a ve 12b'de verilmiştir (bu değerlendirmede kontrol bitkileri (2B) kullanılmıştır).



**Şekil 12.** Kavunda bitki yaprak sayısına sıcaklık (°C), ışık şiddeti ( $\text{MJ m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) ve oransal nemin (%) etkisi ( a: Sıcaklık-Işık, b: Sıcaklık-Nem ).

**Figure 12.** The effect of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), light intensity ( $\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) and relative humidity (%) on the number of plant leaves in melon (a: Temperature-Light, b: Temperature-Humidity).

Yapılan regresyon analizinde bitkilerin yaprak sayısı ile sıcaklık ( $24\text{-}28^{\circ}\text{C}$ ) ve ışık şiddeti ( $2\text{-}11 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ) arasındaki ilişki  $0.96$  ( $r^2$ ) olarak çok önemli bulunmuş ve ilişkinin denklemi Eşitlik 3'de verilmiştir.

$$\text{Yaprak Sayısı (2B)} = -22.44 + 1.58xS - 0.000039xS^2xI + 0.0052xI^2xS - 0.023xSxI \dots\dots(3)$$

$$\text{SH} = (7.365)^{**} (0.279)^{***} (3.99\text{E-}06)^{***} (0.00036)^{***} (0.0055)^{***}$$

$$r^2 = 0.96^{**}$$

Bitkilerin yaprak sayısı ile sıcaklık ( $24\text{-}28^{\circ}\text{C}$ ) ve oransal nem ( $\%50\text{-}65$ ) arasındaki ilişkinin derecesi  $0.88$  ( $r^2$ ) olarak çok önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4'de verilmiştir.

$$\text{Yaprak Sayısı(2B)} = 37.5569 + 0.1933xN^2 - 0.01489xN^2xS + 0.00028xN^2xS^2 \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{SH} = (0.863)^{***} (0.0701)^* (0.00545)^* (0.00011)^*$$

$$r^2 = 0.88^{***}$$

Şekil 12a incelendiğinde yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında yaprak sayısının arttığı, düşük ışık ve düşük sıcaklık şartlarında ise yaprak sayılarındaki artışın çok yavaş olduğu görülmektedir.

Şekil 12b incelendiğinde düşük sıcaklık ve düşük nem şartlarında yaprak sayılarının arttığı ve bu artışın nem oranının azalması ile daha belirgin olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak bitkilerde yüksek ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında yaprak sayılarının arttığı, düşük ışık ve düşük sıcaklık şartlarında artış hızının yavaşladığı söylenebilir. Bu konuda yapılan araştırmalarda bitkilerde yaprak sayısının, sıcaklık tarafından kontrol edildiği ve artan sıcaklık ile pozitif yönde ilişkili olduğu belirtilmektedir (Uzun, 1996; Uzun ve ark., 1998; Sarıbaş ve ark., 2018; Kandemir ve Uzun, 2019).

## 4. GÖZLEMLER

### 4.1. Dikimden İtibaren İlk Çiçeklenmeye Kadar Geçen Gün Sayısı

Araştırmada erkek çiçekler bütün ortamlarda dikimden 3-4 gün sonra, hem ana gövde üzerindeki yaprak koltuklarında hem de yan dallardaki yaprak koltuklarında oluşmuştur. Ortamlar ve farklı budama tiplerine göre dikimden itibaren ilk dişi çiçeklerin oluşmasına kadar geçen gün sayısı Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kavun bitkisinin farklı dönemlerde (İlkbahar ve Sonbahar), farklı ortamlarda (I., II. ve III. Ortam) ve değişik budama tiplerinde (1B, 2B, 3B ve 4B) dikimden itibaren ilk dişi çiçek oluşumuna kadar gün sayısı

**Table 1.** The number of days from planting to the first female flower formation of the melon plant in different periods (Spring and Autumn), in different environments (I., II. and III. Environment) and in different pruning types (1B, 2B, 3B and 4B).

Dikim Dönemleri	I. Ortam				II. Ortam				III. Ortam			
	1B	2B	3B	4B	1B	2B	3B	4B	1B	2B	3B	4B
İlkbahar Dönemi	10	10	10	10	10	10	10	10	31	31	39	39
Sonbahar Dönemi	21	21	21	21	21	21	21	21	34	34	34	34*

Çizelge 1 incelendiğinde, ilkbahar döneminde ilk dişi çiçekler, bütün budama tiplerinde I. Ortam ve II. Ortamda dikimden itibaren 10.günde, III. Ortamda ise 1B ve 2B budama tiplerinde dikimden itibaren 31. günde, 3B ve 4B budama tiplerinde 39. günde oluşmuştur. Sonbahar döneminde ise bütün budama tiplerinde I. Ortam ve II. Ortamda dikimden itibaren 21. günde, III. Ortamda ise çok seyrek olarak 34. günde dişi çiçekler görülmüştür.

Bu gözlemlerin sonucunda III. Ortamda dışı çiçeklerin daha geç oluşması, bu ortamda yüksek sıcaklık ve düşük ışık şartlarının etkili olduğu ve bitkilerin büyüme ve gelişmelerinin vejetatif yönde olduğu söylenebilir. Bu konuda değişik bitkilerde yapılan araştırmalarda, optimum sıcaklık şartlarında ışık şiddetinin artmasıyla verim arasında pozitif ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Uzun, 1996; Uzun ve Çelik, 1999). Ayrıca Uzun (1996), domates ve patlıcanda, tohum ekiminden çiçeklenmeye kadar geçen sürenin ışık şiddetinin artmasıyla azaldığını ve sıcaklığın artmasıyla arttığını tespit etmiştir. Bitkilerde çiçek gözü üretiminin, artan sıcaklık ile azaldığı birçok araştırmacı tarafından da ortaya konmuştur (De Koning, 1994; Uzun, 1997; Uzun, 2000; Özer, 2017).

Her iki dönemde de III. Ortamda ilk çiçeklenmenin gecikmesine paralel olarak meyve tutumu da geç olmuştur. Bunun nedeni ise %50 gölgeleme sonucunda oluşan düşük ışık şiddeti ve yüksek sıcaklıktan dolayı III. Ortamdaki bitkilerde yan dalların daha üst seviyedeki yaprak koltuklarından oluşması ve dışı çiçeklerin de bu yan dalların 7. veya 8. yaprak koltuklarında oluşmasından kaynaklanmaktadır.

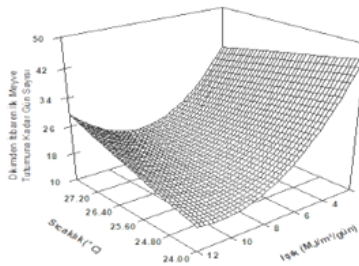
#### 4.2. Dikimden İtibaren İlk Meyve Tutumuna Kadar Geçen Gün Sayısı

Kavun bitkisinde sıcaklık ve ışık şiddetinin, dikimden itibaren ilk meyve tutum tarihine kadar geçen gün sayısına etkisi Şekil 13'de verilmiştir. Yapılan regresyon analizi sonucunda ilk meyve tutumu ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi 0.91 ( $r^2$ ) olarak çok önemli bulunmuş ve ilişkinin denklemi Eşitlik 5'de verilmiştir.

$$\text{Meyve tutumu (gün)} = 110.9209 - 2.05566xS - 8.52928xI + 0.000694xSxI^2 \dots (5)$$

$$SH = (20.406)^{***} (0.698)^{**} (1.105)^{***} (0.00012)^{***}$$

$$r^2 = 0.91^{***}$$



**Şekil 13.** Fide dikiminden itibaren ilk meyve tutumuna kadar gün sayısına sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve ışık şiddetinin ( $\text{MJ m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) etkisi.

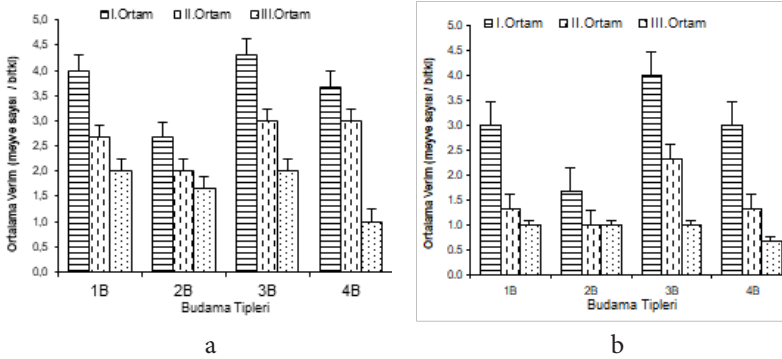
**Figure 13.** The effect of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and light intensity ( $\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) on the number of days from seedling planting to first fruit set.

Şekil 13. İncelendiğinde, dikimden itibaren ilk meyve tutumuna kadar geçen gün sayısı, ışık şiddetinin azalmasıyla artarken, yüksek ışık ve düşük sıcaklık etkileşiminde, dikimden itibaren ilk meyve tutumuna kadar gün sayısı azalmaktadır. Bunun sonucunda erken meyve tutumu ile erkenciliğin teşvik edildiği, düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında ise ilk meyve tutumuna kadar geçen gün sayısını artırarak daha geç meyve tutumuna neden olduğu ve geçiliği teşvik ettiği söylenebilir. Bu durum, Uzun (1996)'un domates ve patlıcanda yaptığı araştırmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

## 5. VERİM

### 5.1. Ortalama Meyve Sayısı

Budama tiplerinin ilkbahar ve sonbaharda ortamlara göre ortalama meyve sayıları Şekil 14'de verilmiştir. Şekil 14 genel olarak incelendiğinde, bütün budama tiplerinde, bitki başına en yüksek ortalama meyve sayısı (4.3 adet/bitki) I. Ortamdaki bitkilerden elde edilirken, ortalama en düşük meyve sayısı (1 adet/bitki) ise III. Ortamdaki bitkilerden elde edilmiştir. Bütün budama tiplerinde ortamlar arasında önemli düzeyde fark tespit edilmiştir. Sonbahar uygulamaları da ilkbahar uygulamalarına paralellik göstermiştir.



Şekil 14. Budama tiplerinin ortamlardaki (I., II. ve III. Ortam) ortalama meyve sayılarının (meyve sayısı / bitki) farklı dikim zamanlarına (a: İlkbahar, b: Sonbahar) göre değişimi ( Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

**Figure 14.** The variation of the average fruit number (fruit number / plant) of pruning types in environments (I., II. and III. Environment) according to different planting times (a: Spring, b: Autumn) (Error bars are placed according to 5% probability level).

Sonuç olarak her iki dönemde, bütün budama tiplerinde de en yüksek ortalama verim I. Ortamdaki bitkilerden, en düşük ortalama verim ise III. Ortamdaki bitkilerden elde edilmiştir. Bunun nedeni, I. Ortamda diğer ortamlara göre düşük sıcaklık ve yüksek ışık şartlarının varlığı nedeniyle vejetatif ve generatif gelişmenin dengeli olmasından kaynaklandığı söylenebilir. III. Ortamda ise %50 gölgelenme neticesinde oluşan düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartları, vejetatif gelişmenin generatif gelişmeden daha baskın olmasına neden olduğu ve ortalama meyve sayısının en düşük seviyede olmasına neden olduğu söylenebilir. De Koninig (1994) ve Uzun (2000) verimin maksimuma ulaşması için, vejetatif ve generatif dengenin sağlanması gerektiğini ve bunun da sıcaklık ve ışık şiddetine bağlı olduğunu belirtmektedirler. Işığın çiçek gözü ve sonuçta meyve sayısı üzerine olan etkisini araştıran birçok araştırmacı, yüksek ışık yoğunluğunun düşük ışık yoğunluğuna oranla meyve sayısını arttırdığını ortaya koymuştur (Doaris ve ark. 1991; Uzun, 1996; Özer, 2017).

Araştırmada budama tiplerinin verim, sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişki Şekil 15'de verilmiştir. Çoklu regresyon analizi neticesinde, verim, sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkilerin dereceleri, bütün budama tiplerinde çok önemli bulunmuş ve denklemleri eşitlikler halinde aşağıda verilmiştir.

$$\text{Verim 1B} = 3.058 - 0.665xSxI + 0.0239xS^2xI + 0.083xI^2xS - 0.00303xS^2xI^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{SH} = (0.647)^{***} (0.123)^{***} (0.0045)^{***} (0.0139)^{***} (0.00052)^{***}$$

$$r^2 = 0.80^{***}$$

$$\text{Verim 2B} = -14.758 + 0.693xS + 2.87xI - 0.155xSxI + 0.0045xI^2xS \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{SH} = (7.820) (0.307)^* (1.226)^* (0.0539)^* (0.00106)^{***}$$

$$r^2 = 0.77^{***}$$

$$\text{Verim 3B} = -33.392144 + 1.25003xS + 4.44531xI - 0.005503xS^2xI \dots\dots\dots(8)$$

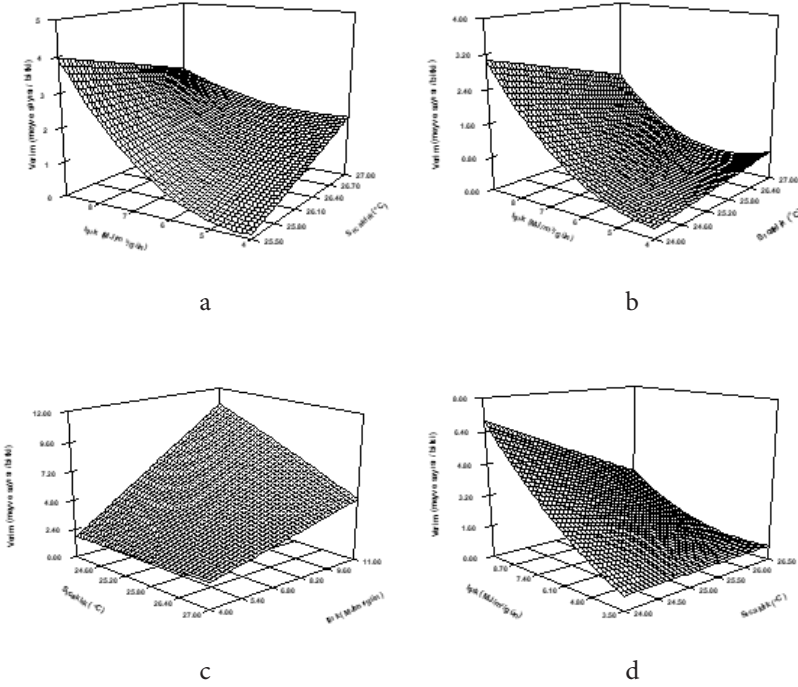
$$\text{SH} = (11.5258)^* (0.4385)^* (0.797)^{***} (0.001167)^{***}$$

$$r^2 = 0.87^{***}$$

$$\text{Verim 4B} = -25.174 + 1.0276xS + 7.524xI + 0.000108xS^2xI^2 - 0.308xSxI \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{SH} = (11.101)^* (0.4198)^* (1.751)^{***} (2.98E-05)^{**} (0.0657)^{***}$$

$$r^2 = 0.89^{***}$$



**Şekil 15.** Kavun bitkisinde farklı budama tiplerinde verim (ortalama meyve sayısı/bitki) ile sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve ışık şiddeti ( $\text{MJ m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) arasındaki ilişki ( a:1B, b: 2B, c: 3B ve d: 4B)

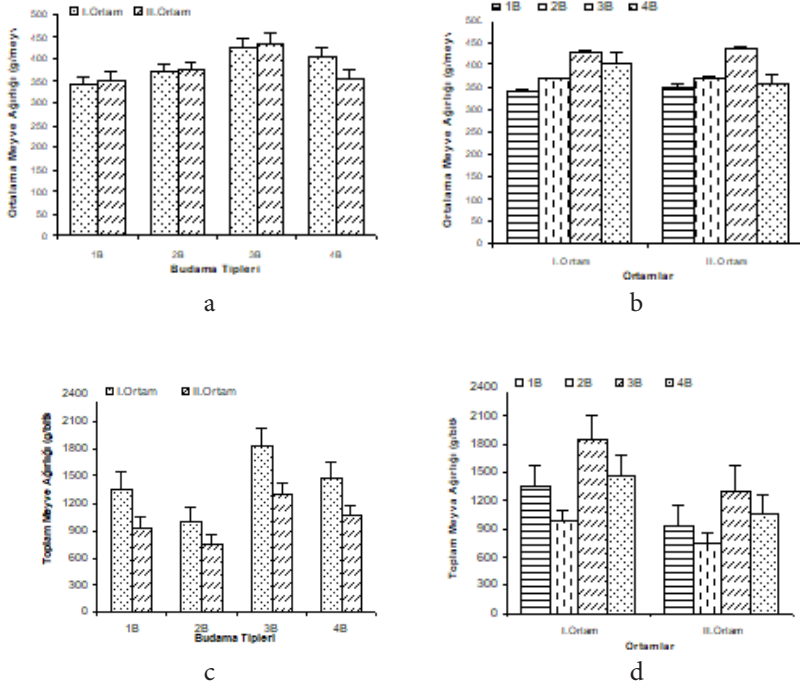
**Figure 15.** The relationship between yield (average fruit number/plant) and temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and light intensity ( $\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) in different pruning types in melon plant (a:1B, b: 2B, c: 3B and d: 4B)

Şekil 15 a, b, c ve d incelendiğinde, bütün budama tiplerinde, incelenen sıcaklık ( $24\text{-}28^{\circ}\text{C}$ ) ve ışık şiddeti ( $2\text{-}11 \text{ MJ m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) çerçevesinde, düşük sıcaklık ve düşük ışık şiddetinde en düşük verim elde edilirken, en yüksek verim ise düşük sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında elde edildiği söylenebilir. Bu konuda De Koning, (1994), uzun vadede verimin maksimuma ulaşması, vejetatif ve generatif büyüme arasında uygun bir dengenin sağlanıp sağlanamamasına bağlı olduğunu, Doaris ve ark. (1991), ise domateste yaptıkları bir araştırmada yüksek ışık yoğunluğunun düşük ışık yoğunluğuna oranla meyve sayısını arttırdığını belirtmişlerdir.



## 5.2. Ortalama Meyve Ağırlığı

Her budama tipine ait ortalama meyve ağırlıkları, hasat edilen meyveler laboratuvarında tartılarak belirlenmiştir. III. Ortamdaki budama tiplerine ait meyveler hasat zamanında çok az ve yeterli olgunluğa erişemediği için değerlendirme dışı bırakılmıştır. Budama tipleri ve ortamlara göre ortalama ve toplam meyve ağırlıklarının değişimi Şekil 16'da verilmiştir.



**Şekil 16.** Budama tiplerine (1B, 2B, 3B ve 4B) ve ortamlara (I. Ortam ve II. Ortam) göre meyve ağırlıklarının değişimi ( a: Budama tiplerine göre ortalama meyve ağırlığı, b: Ortamlara göre ortalama meyve ağırlığı, c: Budama tiplerine göre toplam meyve ağırlığı, d: Ortamlara göre toplam meyve ağırlığı) (Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

**Figure 16.** Variation of fruit weights according to pruning types (1B, 2B, 3B and 4B) and environments (I. Environment and II. Environment) (a: Average fruit weight according to pruning types, b: Average fruit weight according to environment, c: Total fruit weight according to pruning types, d: Total fruit weight according to environment) (Error bars are placed according to 5% probability level).

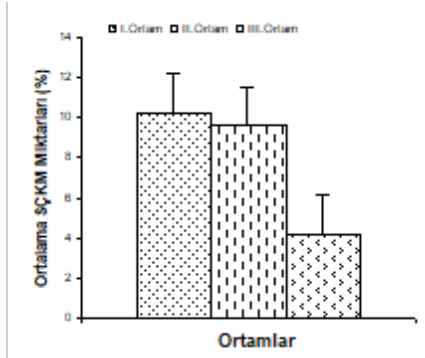
Şekil 16 a incelendiğinde ortalama meyve ağırlığı bakımından budama tipleri ile ortamlar arasında fark bulunmazken, Şekil 16 b'de her iki ortamda da en yüksek ortalama meyve ağırlığı 3B (427g) budama tipinde, en düşük ortalama meyve ağırlığı ise 1B (340g) budama tipinde elde edilmiştir. Bütün budama tipleri arasında ortalama meyve ağırlığı bakımından istatistiki olarak önemli düzeyde fark bulunmuştur.

Şekil 16 c ve d'de toplam meyve ağırlığı bakımından en yüksek değer I. Ortamda 3B (1836g) budama tipinde, en düşük değer ise II. Ortamda 2B (680g) budama tipinde elde edilmiş ve budama tipleri ile ortamlar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Bu konuda Pearson (1992) ve Uzun (1996), domateste yaptıkları çalışmada meyve ağırlığının artan ışık yoğunluğu ile arttığını ancak artan sıcaklıkla azaldığını belirtmişlerdir.

### 5.3. Ortalama Sçkm (%) Miktarları

Ortamlar arasındaki SÇKM (Suda Çözünbilir Kuru Madde) miktarlarının değişimi Şekil 17'de verilmiştir. Aynı ortamdaki budama tiplerinde, meyvelerin SÇKM değerleri birbirlerine yakın sonuç vermiştir.



Şekil 17. Kavunda olgun meyvelerde SÇKM (%) değerlerinin ortamlara göre değişimi (Hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

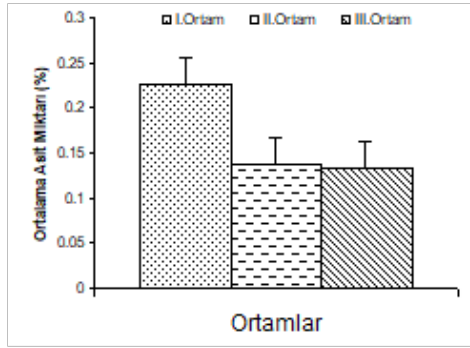
**Figure 17.** Variation of (%) soluble solid content values in ripe fruits in melon according to environments (Error bars are placed according to 5% probability level).

Şekil 17. incelendiğinde en yüksek SÇKM (10.25) I. Ortamdaki meyvelerde, en düşük SÇKM (4.2) ise III. Ortamdaki meyvelerinden elde edilmiştir. I. ve II. Ortam arasında istatistiki olarak fark bulunmazken, III. Ortam ile diğerleri arasın-

da önemli düzeyde fark bulunmuştur. Bunun nedeni ise I. ve II. Ortamda yüksek ışık şiddetinin olmasıyla artan kuru madde üretimine paralel olarak meyvelerde SÇKM miktarları da artmıştır.

#### 5.4. Ortalama Asit (%) Miktarları

Bütün budama tiplerinde aynı ortam içerisindeki meyvelerin asit miktarları (% sitrik asit) aynı sonucu vermiş, ancak ortamlar arasındaki asit miktarları arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Ortamlardaki meyvelerin asitlik miktarları değişimi Şekil 18'de verilmiştir.



**Şekil 18.** Hasat edilen kavun meyvelerindeki asit (%) miktarlarının ortamlara göre değişimi (hata barları %5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

**Figure 18.** Variation of (%) acid amounts in harvested melon fruits according to environments (error bars are placed according to 5% probability level).

Şekil 18 incelendiğinde I. Ortamdaki bitkilerin meyvelerinden en yüksek asit (sitrik asit) değeri (0.225) elde edilirken, en düşük asit değeri (0.133) ise III. Ortamdaki meyvelerden elde edilmiştir. Asitlik bakımından II. ve III. Ortam arasında fark bulunmazken, I. Ortam ile diğer ortamlar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Meyvelerde bulunan asit miktarlarının belirli bir düzeye kadar olmasının tat ve aroma bakımından önemli olduğu belirtilmektedir (Karaçalı, 1990). Bu konuda yapılan çalışmalarda yüksek ışık şiddeti ve yüksek sıcaklık şartlarında meyvelerin daha kısa sürede olgunlaşması (Uzun, 1996; Uzun, 2000), bu meyvelerde olgunluktan hasada kadar geçen sürenin uzamasıyla % asit miktarları da azaldığı belirtilmektedir (Özbek, 1975).

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma kavunlarda, büyüme, gelişme ve verim için uygun çevre şartları ve budama tipinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada sıcaklık (24-28°C), ışık şiddeti (2-11 MJ/m<sup>2</sup>/gün) ve oransal nem (%50-65) değerleri ile budama tipleri arasında önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bütün budama tiplerinde, gövde çapı artışı, düşük sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında en yüksek olurken, düşük ışık şiddeti ve yüksek sıcaklık şartlarında en düşük gövde çapı elde edilmiştir. Yüksek sıcaklık ve düşük ışıkta bitki boyunun arttığı, düşük sıcaklık ve düşük ışık ile yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında boylanmanın az olduğu ve boylanmanın oransal nem ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir.

Ortamlar içerisinde en düşük ve olumsuz değerler genel olarak III. ortamda elde edilmiş ve yüksek sıcaklık (28°C) ve düşük ışık (2-4 MJ m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup>) şartlarından dolayı bu ortamdaki bitkilerde vejetatif büyüme ve gelişme fazla, dişi çiçek oluşumu düşük ve daha geç zamanda olması neticesinde verim ve kalite düşük düzeyde kalmıştır.

Düşük ışık şartlarında meyve tutumu ve büyümesi gecikirken, yüksek ışık ve düşük sıcaklık şartlarında meyve tutumunun arttığı tespit edilmiştir.

Araştırmanın temel amacı bütün büyüme ve gelişme parametrelerinin değiştirilmesiyle verim ve kaliteyi arttırmaktır. Bunun sonucunda budama tipleri ve ortamlarda en yüksek verim ve en yüksek ortalama meyve ağırlığı 3B budama tipi ve I. ortamdaki elde edilmiştir. Bütün budama tiplerinde verim ve kalitenin ışık ile pozitif, sıcaklık ile negatif ilişkide olduğu tespit edilmiştir.

Meyve kalitesini etkileyen unsurlardan biri olan SÇKM ise, en yüksek I. Ortamda, en düşük III. Ortamdaki meyvelerden elde edilmiştir. SÇKM miktarının düşük sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında arttığı söylenebilir. SÇKM miktarının yüksekliği tat ve aroma bakımından istenen bir özelliktir.

Araştırmada elde edilen sonuçlar bütün olarak değerlendirildiğinde, kavunlarda sera şartlarında, büyüme, gelişme ve verim üzerine, günlük ortalama 24-28 °C sıcaklık ve 8-11 MJ m<sup>-2</sup>gün<sup>-1</sup> ışık şiddeti ile iki yan dal budama sisteminin (3B), verim ve kalite yönünden en iyi sonucu verdiği söylenebilir.

### Çıkar Çatışması

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## KAYNAKLAR

- Demir, Y., Uzun, S., Cemek, B., Özkaraman, F., 1998. Samsun Ekolojik Koşullarında Farklı Havalandırma Açıklıklı Plastik Seralarda Çevre Faktörlerinin İncelenmesi. O.M.Ü. Zir.Fak. Dergisi, 13(2): 87-103.
- De Koning, A.N.M., 1994. Development and Dry Matter Distribution in Glasshouse Tomato a Quantitative Approach. *Thesis*, Wageningen.
- Doaris, M., Andre, G., Trudel, M.J., 1991. Annual Greenhouse Tomato Production Under a Sequential Intercropping System Using Supplemental Light. *Scientia Horticulturae*, 45: 225-234.
- Eltez, R.Z., Tüzel, Y., Boztok, K., 1999. Effect of different growing media and pruning methods on greenhouse muskmelon production. *Acta Horticulturae*, 491: 363-367
- Kandemir, D., Uzun, S., 2019. Modelling of the quantitative effects of different light and temperature values on growth parameters of pepper grown in greenhouse. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(1): 1-11.
- Karaçalı, İ., 1990. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniv. Zir. Fak. Yay. No:494, s 413 İZMİR.
- Özbek, S., 1975. Genel Meyvecilik. Ç.Ü. Zir. Fak. Yayınları. No:111, Ders kitabı 6.
- Özdemir, A., Özer, H., 2015. Organik olarak yetiştirilen salkım domatesin (*Solanum lycopersicum* L.) verim ve kalitesi üzerine yaprak budamasının etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1): 1-6. Doi: 10.7161/ana-jas.2015.30.1.1-6.
- Özer, H., 2017. Effects of shading and organic fertilizers on tomato yield and quality. *Pakistan Journal of Botany*, 49(5): 1849-1855.
- Pearson, S., 1992. Modelling The Effect Of Temperature On The Growth And Development Of Horticultural Crops (*Unpublished Phd Thesis*).
- Robert, B., 1998. Controlling Height with Temperature. Department of Horticulture, Pennsylvania State University. Hort Technology October- December 8 (4).
- Sarıbaş, H.Ş., Saka, A.K., Özer, H., 2018. Mathematical growth model for organically grown pepper transplants. *Biological Agriculture & Horticulture*, 34(1): 10-17.
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği. Cilt II. Ege Üniv. Zir.Fak. Yayın no: 526, 60-70 İzmir
- Şeniz, V., Demirel, F., Akbudak, N., 2000. Serada yetiştirilen hıyar çeşitlerinde uygulanan budama sisteminin verim ve kaliteye etkisi. III. Sebze Tarımı Sempozyumu, 330-334, 11-13 Eylül, Isparta.
- Uzun, S., 1996. The Quantitative Effect of Temperature and Light Environment on the Growth, Development and Yield of Tomato and Aubergine (Unpublished PhD Thesis), The University of Reading, Reading-England.
- Uzun, S., 1997. Sıcaklık ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme ve Verimine Etkisi (I. Büyüme). OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 12(1):147-156.
- Uzun, S., 2000. Sıcaklık ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme ve Verimine Etkisi (III Verim). OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 15(1):105-108.
- Uzun, S., Demir, Y., Özkaraman, F., 1998. Bitkilerde Işık Kesimi ve Kuru Madde Üretimi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 13(2):133-154.
- Uzun, S., Çelik, H., 1999. Leaf Area Prediction Models (Uzçelik-I) For Different Horticultural Plants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 23(6):645-650.
- Uzun, S., Kandemir, D., Özkaraman, F., Özer, H., 2013. Açıkta ve serada organik sebze yetiştiriciliği. Doğu Karadeniz 1. Organik Tarım Kongresi. 85-93. 26-28 Haziran, Kelkit, Gümüşhane.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. s368. Bornova-İzmir



## **OHxF 97 ve OHxF 333 Armut Klon Anaçlarının Mikroçoğaltımı**

### Micropropagation of Pear Clone Rootstocks OHxF 97 and OHxF 333

**Yunus Emre TUNCEL<sup>1</sup>, Bekir ŞAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı, Burdur İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Burdur  
· [yunusemre.tuncel@tarimorman.gov.tr](mailto:yunusemre.tuncel@tarimorman.gov.tr) · ORCID > 0000-0001-7265-6912

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta  
· [bekirsan@isparta.edu.tr](mailto:bekirsan@isparta.edu.tr) · ORCID > 0000-0001-6483-8433

#### **Makale Bilgisi/Article Information**

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

**Geliş Tarihi/Received:** 17 Şubat/February 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 28 Mart/March 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 315-330

**Atıf/Cite as:** Tuncel, Y. E., Şan B. "OHxF 97 ve OHxF 333 Armut Klon Anaçlarının Mikroçoğaltımı"  
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 315-330.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Bekir ŞAN

## OHXF 97 VE OHXF 333 ARMUT KLON ANAÇLARININ MİKROÇOĞALTIMI

### ÖZ

Son yıllarda hızlı ve hastaliksız fidan üretimine olanak sağlayan doku kültürü yöntemleri önem kazanmıştır. Ancak gerek çoğalma gerekse köklenme aşamalarında karşılaşılan sorunlar doku kültürü teknikleriyle üretimi sınırlandırmaktadır. Bu çalışmada, OHxF-97 ve OHxF-333 armut anaçlarında bazı uygulamaların mikroçoğaltım üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmanın çoğaltma aşamasında iki farklı deneme yapılmıştır. 1. denemede benzil amino pürinin (BAP) farklı dozları (2, 3, 4, ve 5 mg/l) ile indol bütirik asitin (İBA) farklı dozlarının (0.3 ve 0.5 mg/l) oluşturduğu kombinasyonlar MS besin ortamına eklenmiştir. Denemede iyi sonuç veren uygulamanın (2 mg/l BAP+0.5 mg/l İBA) kontrol olarak kullanıldığı 2. denemede ise karbon kaynağı olarak sakkaroz ve glikoz ile gümüş tiyosülfatın (GTS) (5 ve 10 µM) çoğalma üzerine etkileri belirlenmiştir. İlk denemede hem OHxF-97 hem OHxF-333 anaçlarında besin ortamına 2 mg/l BAP+0.5 mg/l İBA ilavesinin en yüksek sürgün sayısını (sırasıyla, 5.2 ve 2.1 adet/eksplant) verdiği belirlenmiştir. 2. denemede karbon kaynağı ve GTS'nin OHxF-97 anacında çoğalma üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. OHxF-333 anacında ise besin ortamına glikoz ve glikoz+5 µM GTS ilavesinin kontrole göre sürgün sayısını (sırasıyla, 2.6 ve 2.5 adet/eksplant) önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. Çalışmanın köklendirme aşamasında da 2 deneme kurulmuştur. İlk denemede, İBA (1, 2 ve 3 mg/l) ve aktif kömür (0 ve 1 mg/l) kombinasyonlarının etkisi belirlenmiştir. Buna göre en yüksek köklenme oranı her iki anaçta da 2 mg/l İBA içeren aktif kömürsüz ½ MS ortamında meydana gelmiştir. Aktif kömür uygulamasının köklenmeye etkisi önemsiz bulunmuştur. 2. denemede ise en yüksek köklenme oranı her iki anaçta da 2 mg/l İBA+150 mg/l demir (Fe-EDDHA) ilave edilmiş ½ MS ortamında gerçekleşmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif Kömür, Armut, Demir, Gümüş Tiyosülfat.



## MICROPROPAGATION OF PEAR CLONE ROOTSTOCKS OHXF 97 AND OHXF 333

### ABSTRACT

Recently, micropropagation that allow rapid and disease-free plant propagation have gained importance. However, the problems encountered in both the propagation and rooting stages limit the micropropagation. In this study, the effects of some applications on micropropagation of OHxF-97 and OHxF-333 pear roots-

stocks were investigated. Two different trials were conducted during the propagation stage. In the first trial, combinations of different doses of benzyl amino purine (BAP) (2, 3, 4, and 5 mg/l) and different doses of indole butyric acid (IBA) (0.3 and 0.5 mg/l) were added to the MS medium. The effects of sucrose and glucose as a carbon source and silver thiosulfate (5 and 10  $\mu$ M) on propagation were determined in the second experiment, in which the application that gave good results in the first experiment (2 mg/l BAP+0.5 mg/l IBA) was used as the control. It was determined that the addition of 2 mg/l BAP+0.5 mg/l IBA to the medium in OHxF-97 and OHxF-333 rootstocks gave the highest shoot number (5.2 and 2.1 units/explant, respectively). In the second experiment, the effects of carbon source and silver thiosulfate on propagation in OHxF-97 rootstock were found to be insignificant. It was determined that the addition of glucose and glucose+5  $\mu$ M silver thiosulfate to the medium in OHxF-333 rootstock significantly increased the number of shoots (2.6 and 2.5 units/explant, respectively) compared to the control. In the rooting stage of the study, 2 trials were set up. In the first trial, the effect of combinations of IBA (1, 2 and 3 mg/l) and activated charcoal (0 and 1 mg/l) was determined. Accordingly, the highest rooting rate occurred in  $\frac{1}{2}$  MS medium with 2 mg/l IBA on both rootstocks. The effect of activated charcoal on rooting was found to be insignificant. In the second experiment, the highest rooting rate was achieved in  $\frac{1}{2}$  MS medium with 2 mg/l IBA+150 mg/l iron (Fe-EDDHA) on both rootstocks.

**Keywords:** Activated Coarcoal, Iron, Pear, Silver Thiosulphate.



## 1. GİRİŞ

Armut (*Pyrus communis* L.) Rosales takımının, Rosaceae familyasının, *Pyrus* cinsi içerisine girmektedir. Dünyada 22 türü bulunmakla birlikte, *Pyrus communis* L. ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan en önemli türdür (Dumanoğlu ve ark., 2006; Serttaş ve Öztürk, 2020a). Son yıllarda armut bahçe tesisinde kuvvetli büyüme ve gelişme gösteren çöğür anaçların yerine, bodur yada yarı bodur gelişme gösteren ayva ve armut klon anaçları üzerine aşılınmış çeşitler kullanılmaktadır. Armut klon anaçları, ayva klon anaçlarına göre daha kuvvetli gelişme göstermektedir. Ayva klon anaçları kullanıldığında ağaçların gelişme kuvvetlerinin kontrolü, erkencilik, meyve verim ve kalitesinde artış sağlanmaktadır. Ancak ayva klon anaçlarının kloroza, kış soğuklarına ve ateş yanıklığı hastalığına hassasiyet, toprağa zayıf tutunma ve aşı uyumsuzluğu gibi olumsuz faktörlerden dolayı farklı anaç ıslah çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda geliştirilen Pyrodwarf, OHxF, Farold, Fox ve BP serisi armut klon anaçlarının kullanımı artış göstermiştir (Serttaş ve Öztürk, 2020b). Klon anaçları aynı kalıtsal yapıda olduklarından dolayı aynı özelliklere sahip bireyler meydana gelmektedir. Klon anaçların üzerine aşılanan



çeşitlerin gelişme kuvvetleri, soğuğa, kuraklığa, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılıkları aynıdır. Klon anaçlar üzerine aşılı çeşitler daha erken meyveye yatmakta, verim ve kalite daha yüksek olmaktadır. Anaçların bodurlaştırıcı özellikleri sayesinde bakım ve kültürel işlemler daha az iş gücü ile yapılabilir (Özden, 2007). Klon anaçlarının çoğaltılmasında kullanılan daldırma, çelik gibi yöntemlerin yanısıra, kısa sürede çok fazla bitki üretimini sağlayan mikroçoğaltım yöntemleri kullanılmaya başlanmış ve giderek önem kazanmaktadır (Alizadeh ve ark., 2018).

Doku kültürü tekniklerinin bitki yetiştiriciliği ve genetiği yönünden önemli avantajları vardır. Bu teknikler kısa sürede hızlı ve kitlesel üretime olanak sağladığı gibi, bitki materyallerinin hastalıklardan arınmış olarak üretilmesi de sağlanabilmektedir. Ayrıca nesli tükenmekte olan türlerin korunması ve çoğaltılması zor olan türlerin üretiminde de doku kültürü yöntemlerinden yararlanılabilmektedir (Şengül, 2012). Ancak mikroçoğaltımda; yavaş büyüme, vitrifikasyon (hiperhidrisite), kontaminasyon, yoğun işgücü ve girdi kullanımı sonucu oluşan yüksek maliyet, zayıf köklenme, dış koşullara aktarmada düşük tutum oranı gibi olumsuzluklar meydana gelmekte ve bu olumsuzluklar da çok fazla ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bu sorunların büyük bir kısmı besin ortamının içeriğinden kaynaklanmaktadır. Besin ortamı; genel olarak saf su, makro-mikro elementler, vitaminler, karbonhidratlar, bitki büyüme düzenleyicileri ile jel yapıcı maddelerden oluşmaktadır. Bununla birlikte mikroçoğaltımda sorunlar ile karşılaşıldığında çoğalma katsayısı ve köklenmeyi artırmak amacıyla besin ortamlarına bazı organik bileşikler, poliaminler, aktif kömür gibi maddeler de ilave edilebilmektedir (Özzambak ve ark., 2018). Son yıllarda birçok süs bitkisi türlerinde ve meyve anaçlarında doku kültürü tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak birçok bitki türünün doku kültürü ile üretiminde önemli sorunlar bulunmaktadır. Armut anaçlarının da doku kültürü yöntemleri ile çoğaltımına yönelik araştırmalar yapılmıştır (Erig ve ark., 2004; Nikolova, 2017; Alizadeh ve ark., 2018). Ancak gerek çoğaltma aşaması, gerekse köklenme aşamasında hala sorunlarla karşılaşmaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda armut anaçlarının doku kültürü ile çoğaltımında gümüş tiyosülfat (GTS) kullanımına rastlanmamıştır. Köklenme aşamasında besin ortamına organik demir ilave edilmesine yönelik ise sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Sotiropoulos ve ark., 2006). Bu nedenle çoğaltma katsayısının ve köklenme oranının artırılması için yeni araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Çalışmada armut fidan üretiminde anaç olarak kullanılan verimli, hastalıklara ve soğuklara karşı dayanımı oldukça iyi olan OHxF 333 ve OHxF 97 armut klon anaçlarının mikroçoğaltımında kullanılan protokollerin geliştirilerek daha etkili bir çoğaltıma katkı sağlamak hedeflenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak OHxF 97 ve OHxF 333 armut klon anaçlarının sürgünlerinden elde edilen eksplantlar kullanılmıştır. Anaçlara ait yaklaşık 2-3 cm uzunluğundaki sürgün uçları Eğirdir Meyvecilik Araştırma Enstitüsü bünyesinde yürütülen proje kapsamındaki bitkilerden Mayıs ayı içerisinde alınmıştır.

OHxF 97 armut anacı, kuvvetli bir gelişim göstermekte olup, verimli, armut ateş yanıklığı ve armut geriye doğru ölüm (peardecline) hastalıklarına ve soğuklara karşı dayanıklı bir anaçtır.

OHxF 333, OHxF serisinin ticari olarak en çok tercih edilen anaçtır. OHxF 333, ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora* (Burill)) ve armut geriye doğru ölüm (peardecline) hastalıklarına oldukça dayanıklı, yarı bodur, verimli ve toprağa tutunma kuvveti iyi olan bir klon anaçtır. Üzerine aşılana armut çeşitleriyle uyumsuzluk sorunu da olmadığından fidancılık sektöründe yarı bodur armut fidanı üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir (Alizadeh ve ark., 2018; Hepaksoy, 2019).

### 2.2. Yöntem

Anaçlardan Mayıs ayı içinde 2-3 cm uzunluğunda alınan sürgün uçları musluk suyu altında 15 dakika süre ile yıkanmıştır. Sonra %70'lik etanol içerisinde 1 dakika bekletilmiş ve steril saf su ile yıkanarak alkolden arındırılmıştır. Son olarak ise birkaç damla tween 20 içeren %18'lik sodyum hipoklorit (%15 Cl içerikli) çözeltisinde 18 dakika çalkalanmış ve 3 kez 5'er dakika süreyle steril saf su ile yıkanarak sodyum hipokloritten tamamen arındırılmıştır. Steril edilen sürgün uçları steril kurutma kağıdı üzerinde nemi alındıktan sonra yaklaşık 0.5-1cm uzunluğunda hazırlanarak besin ortamlarına aktarılmıştır. Başlangıç ortamında MS (Murashige ve Skoog) besin ortamına 1mg/l BAP, 0.01 mg/l IBA ve 0.3 mg/l GA<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Besin ortamlarının pH'sı 5.8'e ayarlandıktan sonra 30 g/l sakkaroz, 7 g/l agar eklenmiştir. Çalışmanın tüm aşamalarında besin ortamları 121 °C sıcaklıkta otoklav içerisinde 14 dakika süre ile steril edilmiştir. Sürgün uçları başlangıç ortamında yaklaşık 3 hafta süre ile 24±1 °C sıcaklık ve yaklaşık 120±10 µmol/m<sup>2</sup>s ışık şiddetine ayarlı iklim odasında 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşullarda kültüre alınmıştır. Bu sürenin sonunda sağlıklı sürgünler çoğalma aşaması için hazırlanan besin ortamlarına aktararak çoğaltılmıştır. Çalışmanın hem çoğaltma hem köklendirme aşamalarında eksplantlar aynı iklim odası koşullarında kültüre alınmıştır.

### 2.2.1. Sürgün Çoğaltma Aşaması

Çoğaltma aşaması 2 aşamalı olarak yapılmıştır. Denemenin 1. aşamasında eksplant olarak 2-3 boğumlu ( $\geq 2$ cm) mikrosürgünler kullanılmıştır. Bu aşamada 2, 3, 4 ve 5 mg/l BAP dozları ile 0.3 ve 0.5 mg/l IBA'nın oluşturduğu kombinasyonlar besin ortamına ilave edilmiştir. Ayrıca besin ortamlarına 30 g/l sakkaroz ve 7 g/l agar eklenerek pH' sı 5.8'e ayarlanmıştır. Hazırlanan besin ortamları 100 ml iç hacme sahip olan magenta kaplarına 25 ml olarak konulmuş ve 2-3 boğumlu mikrosürgünler dikilmiştir. Kültürler 4'er hafta aralıklarla 2 defa alt kültüre alınmıştır. Her iki alt kültürün sonunda regenerasyon oranları, eksplant başına sürgün sayıları ve sürgün uzunlukları belirlenmiş ve iki alt kültürün ortalamaları alınmıştır.

Denemenin 2. aşamasında ise GTS ve karbon kaynağının çoğaltma katsayısı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla 1. denemede en iyi sonucu veren 2 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA içeren besin ortamlarına GTS (0, 5 ve 10  $\mu$ M) ve karbon kaynağı olarak 30 g/l sakkaroz ya da glikoz ilave edilmiştir. Besin ortamına dikilen 2-3 boğumlu mikrosürgünler aynı iklim odası koşullarında 4'er hafta süre ile 2 defa alt kültüre tabi tutulmuştur. Kültürlerin sonunda her bir alt kültür için regenerasyon oranı, eksplant başına sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu değerleri belirlenmiş ve ortalamaları alınmıştır.

### 2.2.2. Köklendirme Aşaması

Köklendirme aşamasında 2 farklı deneme yapılmıştır. Birinci denemede IBA ve aktif kömürün köklenme üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla  $\frac{1}{2}$  MS besin ortamına 0, 1, 2 ve 3 mg/l IBA dozları ile 1 g/l aktif kömür, 20 g/l sakkaroz ve 7 g/l agar ilave edilmiş ve pH'sı 5.8'e ayarlanmıştır. Daha sonra ısıtılarak agar ve aktif kömürü çözülen besin ortamları, 100 ml'lik cam magentalar içerisine yaklaşık 25'er ml olacak şekilde konulmuş ve otoklavlanarak steril hale getirilmiştir. Yaklaşık 2 cm uzunluğunda hazırlanan sağlıklı mikrosürgünler besin ortamlarına aktarıldıktan sonra sıcaklığı  $24 \pm 1$  °C olan iklim odasında kültüre alınmıştır. İnkübasyonun ilk 10 gününde karanlık koşullarda bırakılan kültürler, sonraki günlerde 16 saat aydınlık/8 saat karanlık koşullarda 4 haftalık inkübasyona tabi tutulmuştur. Bu sürenin sonunda mikrosürgünlerde köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğu değerleri ölçülmüştür.

İkinci denemede besin ortamına şelatlanmış Fe (Sequestrene 138) ilave edilerek köklenme üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla köklendirme denemesinin ilk aşamasında en yüksek köklenme oranının elde edildiği 2 mg/l IBA içeren  $\frac{1}{2}$  MS ortamına ilave olarak 100 yada 150 mg/l demir ilave edilmiştir. Besin ortamlarına dikilen yaklaşık 2 cm uzunluğundaki sağlıklı sürgünler aynı koşullardaki iklim odasında 10 gün karanlık, 4 hafta aydınlık koşullarda inkübasyona tabi tutul-

muştur. Bu sürenin sonunda mikrosürgünlerde köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğu değerleri belirlenmiştir.

### 2.2.3. Deneme Deseni ve Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada, çoğaltma ve köklendirme denemeleri tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 eksplant olacak şekilde kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar Minitab 17 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenerek farklı harfler ile gösterilmiştir. İstatistik analizlerde yüzde değerlerin arcsin açısı transformasyon karşılıkları kullanılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Sürgün Çoğaltma Aşaması

Sürgün çoğaltma aşamasında 2 farklı deneme yapılmıştır. 1. deneme sonucunda rejenerasyon oranı, eksplant başına sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çoğaltma aşamasında kullanılan farklı büyümeyi düzenleyici kombinasyonlarının eksplant başına sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu üzerine etkisi incelendiğinde, ortamlar arasındaki farklar istatistik olarak %5 hata seviyesinde önemli bulunmuştur. OHxF 97 anacında yapılan çalışmada; rejenerasyon oranı %95-100 oranında gerçekleşmiştir. Çalışmada tüm uygulamaların eksplant başına sürgün sayısı değerlerini önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. Uygulamaların sürgün uzunluğu değerlerini ise kontrole göre artırmadığı saptanmıştır. Bununla birlikte istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte BAP konsantrasyonunun artması ile kontrole göre sürgün uzunluğunun azaldığı görülmüştür. OHxF 97 anacında sürgün sayısı bakımından 4 mg/l BAP+0.3 mg/l IBA uygulaması dışındaki kombinasyonları içeren uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İstatistik anlamda önemli olmamakla birlikte en yüksek sürgün sayısı 5.2 adet/eksplant ve en yüksek sürgün uzunluğu 27.42 mm ile 2 mg/l BAP+0.5 mg/l IBA ile desteklenmiş MS ortamında elde edilmiştir (Şekil 1A).

OHxF 333 anacında rejenerasyon oranı ve sürgün sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemsiz iken, uygulamaların sürgün uzunluğu üzerine olan etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada, istatistik anlamda önemli olmamakla birlikte 2 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA ile desteklenmiş MS ortamında 2.1 adet/eksplant ile en yüksek sürgün sayısı ve 24.96 mm ile en yüksek sürgün uzunluğu elde edilmiştir.

**Çizelge 1.** Farklı oranlarda BAP ve IBA içeren MS ortamlarının OHxF 97 ve OHxF 333 anaçlarının mikroçoğaltımı üzerine etkileri

**Table 1.** Effects of MS media containing different ratios of BAP and IBA on micropropagation of OHxF 97 and OHxF 333 rootstocks

Uygulamalar		OHxF 97				OHxF 333				
BAP (mg/l)	IBA (mg/l)	Rejenerasyon Oranı (%)	Sürgün Sayısı (adet)	Sürgün Uzunluğu (mm)	Rejenerasyon Oranı (%)	Sürgün Sayısı (adet)	Sürgün Uzunluğu (mm)			
0	0	95	1.2	c*	23.02	abc	95	1.0	18.50	c
2	0.3	100	5.1	a	26.80	ab	100	1.1	24.59	ab
2	0.5	95	5.2	a	27.42	a	100	2.1	24.96	a
3	0.3	95	4.9	ab	23.49	abc	95	1.1	18.56	c
3	0.5	95	4.3	ab	23.32	abc	100	1.1	20.05	abc
4	0.3	100	3.7	b	21.06	c	100	1.1	15.65	c
4	0.5	100	4.5	ab	22.90	abc	100	1.2	19.90	bc
5	0.3	100	4.3	ab	21.01	c	95	1.1	18.37	c
5	0.5	95	4.5	ab	21.72	bc	95	1.7	20.28	abc

\* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Bu çalışmada, OHxF 97 klon anacında 2 mg/l BAP içeren MS ortamında en yüksek sürgün sayısı elde edilmiştir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde yapılan diğer çalışmalarda (Boudabous ve ark., 2010; Güçlü ve ark., 2010; Sulusoğlu ve Çavuşoğlu, 2013; Rehman ve ark., 2014; Nikolova, 2017; Aydın ve Yarılgaç, 2021; Öznelçi ve Yiğit, 2022) MS ortamına BAP ilavesinin sürgün sayısını kontrole göre önemli oranda artırdığı bildirilmektedir. Bu araştırmada, çoğaltma çalışmalarının ilk denemesinden elde ettiğimiz sonuçlar değerlendirildiğinde, besin ortamına büyüme düzenleyici maddelerden BAP ilavesinin OHxF 97 anacında sürgün sayısını artırdığı, OHxF 333 anacında ise etkili olmadığı belirlenmiştir. Her iki anaçta da BAP konsantrasyonunun artmasına paralel olarak sürgün uzunluğunda belli oranda bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar başka araştırmacılar tarafından da ifade edilmektedir. Siddique ve ark. (2015) tarafından yapılan araştırmada besin ortamına ilave edilen TDZ, BAP ve KIN konsantrasyonlarının artması ile sürgün uzunluğunun azaldığı bildirilmektedir. Mikroçoğaltım çalışmalarında sürgün uzunluğunun çok düşük olması istenmemektedir. Nitekim Clapa ve ark. (2013) yaptıkları araştırmada başarılı bir köklenme için sürgün uzunluğunun 3 cm'den yüksek olması gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar 2.5 cm'den kısa sürgünlerin yaklaşık %62 oranında köklendiğini, 3 cm'den uzun sürgünlerin ise %98 oranında köklendiğini belirtmişlerdir. Mikroçoğaltım çalışmalarında sürgün sayısı yanında sürgün uzunluğu değerlerinin de önemli bir kriter olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle çoğaltma aşamasında gereksiz yüksek sitokinin konsantras-

yonundan kaçınılmalıdır. Ayrıca bu aşamada sürgün uzunluğunu artırıcı uygulamalar üzerinde durulmalıdır.

Sürgün çoğaltma aşamasının ikinci denemesinde armut anaçlarının mikroçoğaltımı üzerine besin ortamına GTS ve glikoz ilave edilmesinin etkileri belirlenmiştir (Çizelge 2). OHxF-97 anacının mikroçoğaltımı üzerine, besin ortamına GTS ve farklı karbon kaynakları ilave edilmesinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. OHxF 97 anacında uygulamalara göre rejenerasyon oranları %90 ile %100 arasında, sürgün sayıları 4.3 ile 5.0 adet/eksplant arasında ve sürgün uzunluğu değerleri ise 12.54 ile 18.48 mm arasında değişmiştir.

Araştırmada besin ortamına farklı karbon kaynağı ve GTS ilave edilmesinin OHxF 333 armut anacında rejenerasyon oranı üzerine etkisi istatistik olarak önemsiz, sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu üzerine etkileri ise istatistik olarak önemli bulunmuştur. Sürgün sayısı bakımından değerlendirildiğinde glikoz içerikli çoğaltma ortamında 0 ve 5  $\mu\text{M}$  GTS içeren ortamların sürgün sayısını (sırasıyla, 2.6 ve 2.5 adet/eksplant) kontrole göre önemli oranda artırdığı, diğer uygulamaların ise etkilemediği tespit edilmiştir. Sürgün uzunluğu değerleri incelendiğinde ise sakkaroz içerikli çoğaltma ortamına 5 ya da 10  $\mu\text{M}$  GTS ilavesinin OHxF 333 anacında sürgün uzunluğunu (sırasıyla, 24.59 ve 24.96 mm) kontrole göre önemli oranda artırdığı saptanmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** GTS ve farklı karbon kaynaklarının OHxF 97 ve OHxF 333 armut anaçlarında rejenerasyon oranı, sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu üzerine etkileri

**Table 2.** The effects of GTS and different carbon sources on regeneration rate, shoot number and shoot length in OHxF 97 and OHxF 333 pear rootstocks

Uygulamalar*		OHxF 97			OHxF 333				
Karbon Kaynağı (30g/l)	GTS ( $\mu\text{M}$ )	Rejenerasyon Oranı (%)	Sürgün Sayısı (adet/eksplant)	Sürgün Uzunluğu (mm)	Rejenerasyon Oranı (%)	Sürgün Sayısı (adet/eksplant)	Sürgün Uzunluğu (mm)		
Sakkaroz	0	100	4.7	18.48	95	1.4	b**	18.50	c
Sakkaroz	5	100	5.0	13.24	95	2.1	ab	24.59	ab
Sakkaroz	10	90	4.3	12.54	95	1.7	ab	24.96	a
Glikoz	0	100	4.9	14.00	100	2.6	a	18.56	c
Glikoz	5	100	4.6	17.90	100	2.5	a	20.05	abc
Glikoz	10	100	4.7	15.15	95	2.1	ab	15.65	c

\* Tüm uygulamalara 2 mg/l BAP ve 0.5 mg/l IBA ilave edilmiştir.

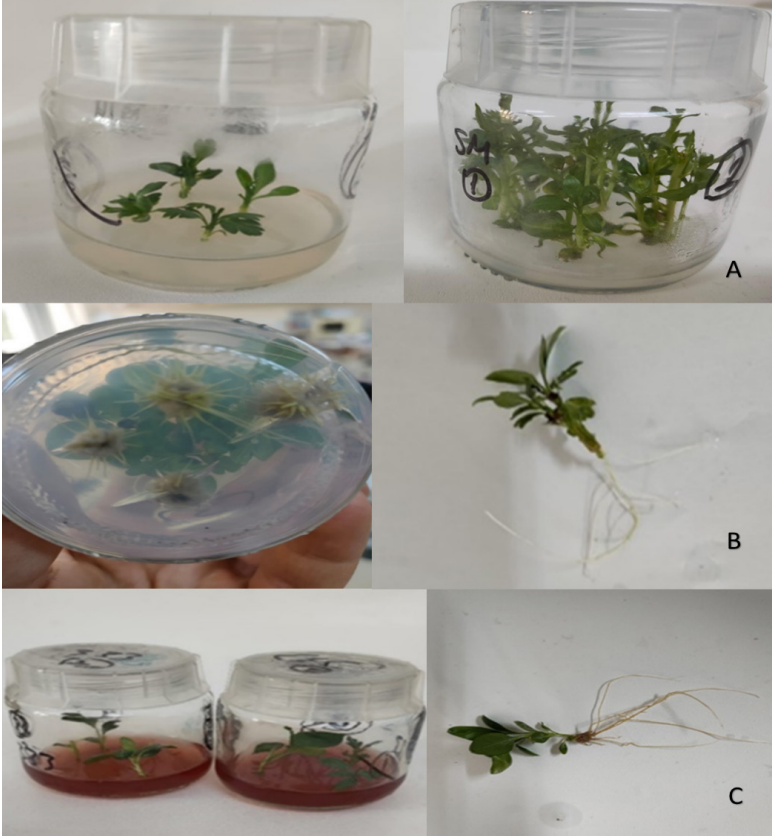
\*\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ( $P<0.05$ ).

Yaptığımız çalışmada çoğaltma ortamına GTS ilavesinin her 2 anaçta da eksplant başına sürgün sayısı üzerine bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak besin ortamına sakkaroz yerine glikoz yada glikoz + 5 µM GTS ilave edilmesinin OHxF 333 anacında eksplant başına sürgün sayısı üzerine olumlu etki gösterdiği görülmüştür. Sakkaroz içerikli besin ortamında ise 5 ve 10 µM GTS ilavesinin sürgün uzunluğunu kontrole göre artırdığı saptanmıştır. Farklı karbon kaynaklarının ve AgNO<sub>3</sub> uygulamalarının mikroçoğaltım başarısı üzerine etkili olduğu başka araştırmacılar tarafından da ifade edilmektedir. *Prunus mume* türünün mikroçoğaltımı üzerine yapılan bir çalışmada bizim sonuçlarımızı destekler şekilde besin ortamına glikoz ilave edilmesinin sakkaroz, sorbitol ve früktoz ilave edilmesine göre daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Harada ve Murai, 1996). Araştırmacılar sakkaroz içeren ortamlarda kloroz görüldüğünü bildirmişlerdir. Sarropoulou ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada vişne (CAP-6P) ve kiraz (Gisela 6) anaçlarında etilen inhibitörü olan Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CoCl<sub>2</sub> ve AgNO<sub>3</sub> uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmalarının sonucunda AgNO<sub>3</sub> uygulamasının her iki anaçta da kontrol uygulamasına göre sürgün sayısını önemli oranda artırdığını bildirmişlerdir. Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve CoCl<sub>2</sub> uygulamalarında ise CAP-6P anacında sürgün sayısında önemli bir artış olmadığını, Gisela 6 anacında ise sürgün sayısında önemli artış olduğunu tespit etmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalar ve çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde etilen inhibitörlerinin etkilerinin farklı olmasının sebebi tür ve çeşitler arasındaki genetik farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Mikroçoğaltım çalışmalarında besin ortamlarına GTS ilavesinin gerekli olmadıkça eklenmemesi gerektiği söylenebilir. Ancak *in vitro* koşullarda etilen üretiminden kaynaklanan, sararma, yaprak dökülmesi ya da gelişme geriliği gibi sorunlar ile karşılaşıldığında besin ortamına GTS ilavesinin çözüm getirebileceği düşünülmektedir. Çoğalma katsayısı düşük olan OHxF 333 anacında glikoz ile birlikte besin ortamına 5 µM GTS ilavesinin etkili olması, bu anaçta etilen birikimi sorununun olabileceğini düşündürmektedir. Besin ortamına GTS ilave edilmesinin bitkilerde etilen sentezini engellediği ve buna bağlı kararmaları önlediği Feng ve ark. (2010) tarafından da bildirilmiştir.

### 3.2. Köklendirme Aşaması

Çoğaltma aşamasında elde edilen mikrosürgünlerin köklendirilmesi amacıyla 2 farklı deneme yapılmıştır. 1. denemede IBA ve aktif kömürün farklı dozlarının oluşturduğu kombinasyonları içeren besin ortamlarının köklenme üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğu değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. OHxF 97 anacında en yüksek köklenme oranları 1, 2 ya da 3 mg/l IBA ilave edilmiş ½ MS ortamlarında (sırasıyla, %60, %65 ve %55) meydana gelmiştir. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte en yüksek kök sayısı (4.00 adet) 2 mg/l IBA ve 1g/l aktif kömür ilave edilmiş ½ MS ortamında elde edilmiştir. Ortama aktif kömür ilavesinin kök uzunluğu değerlerini artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

OHxF 333 anacında en yüksek köklenme oranı (%55) 2 mg/l IBA ilave edilmiş ½ MS ortamında meydana gelmiştir (Şekil 2B). Köklenen eksplant başına en yüksek kök sayısı değeri 8 adet ile 3 mg/l IBA+1 g/l aktif kömür ilave edilmiş ortamda tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu ortam ile 2 ve 3 mg/l IBA içeren ½ MS ortamlarından elde edilen kök sayıları (sırasıyla,4.67 ve 5.21 adet/eksplant) arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. OHxF 333 anacında uygulamaların kök uzunluğu üzerine etkisi ise önemsiz kalmıştır.



**Şekil 1.** A; 2 mg/l BAP+0.5mg/l İBA içeren MS ortamında sürgün rejenerasyonu, B; 2mg/l İBA içeren ½ MS ortamında köklenme, C; 2mg/l İBA+150mg/l Fe-EDDHA (Sequestrene 138) içeren ½ MS ortamında köklenme.

**Figure 1.** A; Shoot propagation in MS medium containing 2 mg/l BAP+0.5 mg/l IBA, B; Rooting in ½ MS medium containing 2 mg/l IBA, C; Rooting in ½ MS medium containing 2 mg/l IBA+150 mg/l Fe-EDDHA (Sequestrene 138)



**Çizelge 3.** Farklı IBA ve aktif kömür kombinasyonlarının OHxF 97 ve OHxF 333 anaçlarında köklenme üzerine etkileri

**Table 3.** Effects of different combinations of IBA and activated charcoal on rooting of OHxF 97 and OHxF 333 rootstocks

Uygulamalar		OHxF 97				OHxF 333					
IBA (mg/l)	Aktif Kömür (g/l)	Köklenme Oranı (%)	Kök Sayısı (adet / eksplant)	Kök Uzunluğu (mm)	Köklenme Oranı (%)	Kök Sayısı (adet / eksplant)	Kök Uzunluğu (mm)	Kök Uzunluğu (mm)	Kök Uzunluğu (mm)		
0	0	0	b*	-	-	0	c	-	-		
1	0	60	a	3.2	2.60	ab	15	bc	3.5	bc	2.48
2	0	65	a	3.5	2.64	ab	55	a	4.67	ab	1.07
3	0	55	a	2.2	1.82	b	40	ab	5.21	ab	0.66
1	1	10	b	1.5	4.50	a	0	c	-	-	-
2	1	15	b	4.0	4.10	a	5	c	1.00	c	3.00
3	1	5	b	3.0	5.30	a	5	c	8.00	a	1.56

\* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ( $P < 0.05$ ).

Köklendirme çalışmalarında seyreltilmiş besin ortamlarının kullanımı, tamamen karanlık koşullarda inkübasyon ve besin ortamına IBA ve aktif kömür ilave edilmesinin olumlu etkilerinin olduğu başka araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Grigoriadou ve Leventakis 2000; Thomas, 2008; Dumanoglu ve ark., 2009; Aygün ve Dumanoglu, 2015; Yıldırım ve ark., 2015). Mersinin mikroçoğaltımı üzerine yapılan bir araştırmada ½ MS ortamına 1 mg/l IBA ve 2 g/l aktif kömür ilavesinin köklenmeyi %80 oranında teşvik ettiği ifade edilmiştir (Şan ve ark., 2015). Yine bizim sonuçlarımıza benzer şekilde Guardian şeftali anacının *in vitro* köklendirilmesi çalışmasında ½ MS ortamına 2 mg/l NAA ya da IBA ilave edildikten sonra 1 hafta karanlık ve ardından aydınlık koşullarda inkübasyonun köklenmeyi teşvik ettiği belirtilmektedir (San ve ark., 2015). Besin ortamına aktif kömür ilave edilmesinin ise köklenmeyi etkilemediği bildirilmektedir (Erig ve ark., 2004). Ancak Xiaolong ve ark. (2021) ve Boudabous ve ark. (2010) ise çalışmalarında aktif kömürün kontrol uygulamasına göre köklenme oranını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmanın sonucu ve diğer çalışmaların sonuçlarını değerlendirdiğimizde, köklenme ortamlarına aktif kömür ilavesinin farklı tür ve çeşitlerin *in vitro* köklendirme çalışmalarında farklı etkisinin olduğu görülmektedir. Besin ortamına aktif kömür ilavesinin bazı bitkilerin yara yüzeylerinden salgılanan fenolik maddeleri adsorbe ederek eksplantın zarar görmesini engellediği, yine ışık klimasını değiştirerek köklenmeyi teşvik ettiği bildirilmektedir (Thomas, 2008). Bununla birlikte besin ortamına ilave edilen aktif kömürün vitaminleri, demir-çinko şelatlarını ve büyümeyi düzenleyici maddeleri de adsorbe edebildiği bilinmektedir. Bizim çalışmamızda aktif kömürün köklenme

oranını düşürmesinin nedeni besin ortamına ilave edilen İBA'nın aktif kömür tarafından adsorbe edilmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim yapılan araştırmalarda besin ortamına ilave edilen 2,4-D ve BA'nın *sırasıyla* %99.5 ve %98'inin aktif kömür tarafından adsorbe edildiği bildirilmiştir (Thomas, 2008). Bu nedenle aktif kömürlü ortamlarda *in vitro* köklendirme çalışmaları planlanırken, düşük dozda aktif kömür ve daha yüksek dozda büyüme düzenleyici maddelerin besin ortamına ilave edilmesi düşünülmelidir.

Köklendirme denemelerinin 2. aşamasında besin ortamına *şelatlanmış* Fe (Sequestrene 138) ilavesinin etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda köklenme oranı, eksplant başına kök sayısı ve kök uzunluğu değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Köklendirme aşamasında kullanılan ortamların köklenme oranı, eksplant başına kök sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkisi incelendiğinde, OHxF 97 anacında ortamlar arasındaki farklar istatistik olarak önemsiz, OHxF 333 anacında ise köklenme oranı ve kök uzunluğu değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur. OHxF 97 ve OHxF 333 armut anaçlarında en yüksek köklenme oranları (*sırasıyla*, %80 ve %75) ve en yüksek kök sayıları (*sırasıyla* 3.40 ve 5.30 adet/eksplant) 150 mg/l demir ilave edilmiş ½ MS ortamında meydana gelmiştir (Çizelge 4, Şekil 1C). Kök uzunlukları bakımından değerlendirildiğinde ise OHxF 97 anacında istatistik olarak önemsiz olmakla birlikte en yüksek değer (9.42 mm) 150 mg/l demir ilave edilmiş ortamda olduğu tespit edilmiştir. OHxF 333 anacında ise en yüksek kök uzunluğunun (11.05 mm) 100 mg/l demir ilave edilmiş ortamda olduğu saptanmıştır.

Yaptığımız çalışmada köklendirme ortamına demir ilavesinin etkisi OHxF 333 anacında istatistik olarak önemli bulunmuştur. OHxF 97 anacında istatistik olarak önemsiz olmakla birlikte köklenmeyi nispeten olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde başka araştırmacılar tarafından da besin ortamlarına organik demir ilavesinin kontrol uygulamasına göre köklenme oranını artırdığı bildirilmektedir (Molassiotis ve ark., 2003; Antonopoulou ve ark., 2007; Sadeghi ve ark., 2014). Antonopoulou ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada GF-677 anacının *in vitro* köklenmesi üzerine Fe-EDDHA uygulamasının etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar bizim sonuçlarımıza paralel olarak 93.5 mg/l Fe-EDDHA içeren ortamda %30 köklenme elde ederken, 187.0 ve 280.5 mg/l Fe-EDDHA içeren ortamlarda %100 köklenme başarısı elde etmişlerdir. Başka bir araştırmada GF-677 anacının Fe-EDTA (MS ortamı) yada FeCl<sub>3</sub> içeren ortamlarda köklenmediği, Fe-EDDHA (Sequestren 138) içeren besin ortamlarında ise %100 oranında köklendiği bildirilmektedir (Molassiotis ve ark., 2003). Benzer şekilde Sotiropoulos ve ark. (2006) tarafından OHxF 333 armut anacının *in vitro* köklenmesi üzerine farklı demir kaynaklarının [FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O ve FeEDDHA] etkileri incelenmiş ve en yüksek köklenmenin (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]·6H<sub>2</sub>O içeren besin ortamında gerçekleştiği belirtilmiştir. Çalışmamızda Sequestren 138 içeren ortamlarda köklendirilen bitkilerin daha sağlıklı ve yeşil olduğu dikkat çekmiş-

tir. Sequestrin 138 içeren ortamlarda köklenme oranının yüksek olmasının nedeni bitkilerde demir eksikliğinin olmaması olabilir. Nitekim Clapa ve ark. (2018) yaptıkları araştırmada besin ortamına ilave edilen demir *şelatı* (Sequestrin 138) dozunun artışına paralel olarak sürgün uzunluğunun arttığını, bitkilerin klorofil ve karotenoid içeriğinin yükseldiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar Sequestrin 138 içeren ortamlarda çoğaltılan bitkilerin dış koşullara daha kolay adapte olduğunu da ifade etmişlerdir. Bununla birlikte besin ortamına ilave edilen demir kaynaklarının farklı sonuçlar verdiği de görülmektedir. Licea-Moreno ve ark. (2015) tarafından 9 farklı ceviz melezinin mikroçoğaltımı üzerine 2 farklı demir kaynağının (Fe-EDTA, Fe-EDDHA) etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar bazı genotiplerin Fe-EDTA içeren ortamda daha iyi köklendiğini, bazı genotiplerin ise Fe-EDDHA içeren ortamda daha iyi köklendiğini bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.** Köklenme ortamına farklı dozlarda demir ilavesinin OHxF 97 ve OHxF 333 anaçlarının köklenmesi üzerine etkileri

**Table 4.** The effects of iron supplementation at different doses on the rooting medium of OHxF 97 and OHxF 333 rootstocks.

Uygulamalar		OHxF 97			OHxF 333				
IBA (mg/l)	Demir (mg/l)	Köklenme Oranı (%)	Kök Sayısı (adet /eksplant)	Kök Uzunluğu (mm)	Köklenme Oranı (%)	Kök Sayısı (adet /eksplant)	Kök Uzunluğu (mm)		
2	-	50	2.42	5.74	45	b*	3.70	6.29	b
2	100	45	2.89	6.85	65	ab	4.40	11.05	a
2	150	80	3.40	9.42	75	a	5.30	9.31	ab

\* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

## 4. SONUÇ

Sonuç olarak elde edilen verilere göre bitki büyüme düzenleyicilerden BAP çoğaltma çalışmaları için yeterli sonuç vermiş, ancak daha iyi sonuçlar elde edilebilmesi için BAP'ın yanında farklı bitki büyüme düzenleyici kombinasyonlarının birlikte etkisinin incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Yapılan literatür araştırmalarında aktif kömürün köklendirme çalışmalarında genel olarak köklenme oranını arttırdığı bildirilmiştir. Ancak yapmış olduğumuz çalışmada ortama aktif kömür ilavesi köklenme oranını düşürmüştür. Aktif kömürün farklı bitki tür ve çeşitlerinde genetik farklılıktan dolayı *in vitro* köklendirmeye etkisinin aynı olmadığı düşünülmektedir. Köklendirme çalışmamızın ikinci aşamasında ortama organik demir (Sequestrene 138) ilavesi yapılmış ve kontrol ortamına göre köklenme oranında artış görülmüştür. *In vitro* köklendirme çalışmalarında oksin

özellikli büyümeyi düzenleyiciler ile birlikte farklı demir kaynaklarının etkileri üzerine daha detaylı araştırmalar yapılmalıdır. Sonuç olarak çalışmamızda kullanılan yöntemlerden elde edilen sonuçlar, OHxF 97 anacının mikroçoğaltımı için uygun bulunmuştur. Ancak OHxF 333 anacının mikroçoğaltımı için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### 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): YET(%20), BŞ(%80)

Veri Toplanması (Data Acquisition): YET(%90), BŞ(%10)

Veri Analizi (Data Analysis): YET(%50), BŞ(%50)

Makalenin Yazımı (Writing Up): YET(%40), BŞ(%60)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): YET(%10), BŞ(%90)

### KAYNAKLAR

- Alizadeh, S., Polat, G., Dumanoğlu, H., 2018. Old Home x Farmingdale 333 armut anacının *in vitro* köklenmesi üzerine oksin ve polivinil alkol uygulamalarının etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35 (Ek Sayı): 47-53. <https://doi.org/10.13002/jafag4482>
- Antonopoulou, C., Dimassi, K., Therios, L., Chatzissavvidis, C., Papadakis, L., 2007. The effect of Fe-EDDHA and of ascorbic acid on *in vitro* rooting of the peach rootstock GF-677 explants. Acta Physiologiae Plantarum, 29: 559-561. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0067-9>
- Aydın, E., Yarılgaç, T., 2021. *In vitro* propagation of some mahaleb genotypes as candidate rootstock for sweet cherries. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 31(4): 847-857. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.892027>
- Aygün, A., Dumanoğlu, H., 2015. *In vitro* shoot proliferation and *in vitro* and ex vitro root formation of *Pyrus elaeagrifolia* Pallas. Frontiers in Plant Science, 6: 225. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00225>
- Boudabous, M., Mars, M., Marzougui, N., Ferchichi, A., 2010. Micropropagation of apple (*Malus domestica* L. cultivar Douce de Djerba) through *in vitro* culture of axillary buds. Acta Botanica Gallica, 157(3): 513-524.
- Clapa, D., Bunea, C., Borsai, O., Pinte, A., Harta, M., Ştefan, R., Fira, A., 2018. The role of sequestrene 138 in high-bush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) micropropagation. HortScience, 53(10): 1487-1493. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13269-18>
- Clapa, D., Fira, A., Joshee, N., 2013. An efficient ex vitro rooting and acclimatization method for horticultural plants using float hydroculture. HortScience, 48(9): 1159-1167.
- Dumanoğlu, H., Tuna Güneş, N., Erdoğan, V., Aygün, A., Şan, B., 2006. Clonal selection of a winter-type european pear cultivar 'Ankara' (*Pyrus communis* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30(5): 355-363.
- Dumanoğlu, H., Aygün, A., Erdoğan, V., 2009. Effect of ammonium nitrate levels on shoot and root formation in micropropagation of apple genotypes. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(1): 177-182.

- Erig, A.C., Schuch, M.W., Braga, E.J.B., 2004. Enraizamento *in vitro* de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Carrick. *Ciencia Rural Santa Maria*, 34(1): 275-277.
- Feng, J.C., Yu, X.M., Shang, X.L., Li, J.D., Wu, Y.X., 2010. Factors influencing efficiency of shoot regeneration in *Ziziphus jujube* Mill. 'Huizao'. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 101: 111-117. <https://doi.org/10.1007/s11240-009-9663-2>
- Grigoriadou, K., Leventakis N., 2000. Preliminary study on large scale *in vitro* propagation of *Myrtus communis* L. more options. *Acta Horticulturae*, 541: 299-303.
- Güçlü, F., Koyuncu, F., Şan, B., 2010. The *in vitro* micropropagation of some clonal cherry rootstocks. Süleyman Demirel University, *Journal of Natural and Applied Sciences*, 14(2): 144-147.
- Harada, H., Murai, Y., 1996. Micropropagation of *Prunus mume*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 46: 265-267.
- Hepaksoy, S., 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı: Armut anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2): 69-74.
- Licea-Moreno, R.J., Contreras, A., Morales, A.V., Urban, I., Daquinta, M., Gomez, L., 2015. Improved walnut mass micropropagation through the combined use of phloroglucinol and Fe EDDHA. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 123: 143-154. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0822-3>
- Molassiotis, A.N., Dimassi, K.N., Therios, I.N., Diamantidis, G.R., 2003. Fe-EDDHA promotes rooting of rootstock GF-677 (*Prunus amygdalus* x *P. persica*) explants *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 47(1): 141-144.
- Nikolova, V., 2017. The effect of the chemical composition of different nutrient media on micropropagation in pear cultivars Giffard Beurre and Williams pear. *Journal of BioScience and Biotechnology*, Special Edition/Online, 17-18.
- Özden, A.N., 2007. GF-677 hibrit (*Prunus amygdalus* X *P. persica*) anacının *in vitro* rejenerasyonu ve mikroçoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özelçi, D., Yiğit, E., 2022. *Morus nigra* L. (Karadut) cv. 'Ekşi Karan'ın mikroçoğaltımı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 25 (1): 49-56. [doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.865910](https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.865910).
- Özzambak, M.E., Zeybekoğlu, E., Gün, İ., Kılıç, T., 2018. Spathiphyllum'un *in vitro* mikroçoğaltımı üzerine şeker konsantrasyonlarının etkileri. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(3): 1015-1023.
- Rehman, H.U., Gill, M.I.S., Dhillon, W.S., Bedi, S., 2014. Micropropagation of Patharnakh (*Pyrus pyrifolia* (burm f) Nakai) pear using explants obtained from forced cuttings. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 2(2): 54-65.
- Sadeghi, F., Yadollahi, A., Kermani, M.J., Eftekhari, M., 2014. Optimizing culture media for *in vitro* proliferation and rooting of tetra (*Prunus empyrean* 3) rootstock. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13: 19-23.
- San, B., Li, Z., Hu, Q., Reighard, G.L., Luo, H., 2015. Adventitious shoot regeneration from *in vitro* cultured leaf explants of peach rootstock 'Guardian' is significantly enhanced by silver thiosulfate. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 120: 757-765. [doi.org/10.1007/s11240-014-0645-7](https://doi.org/10.1007/s11240-014-0645-7).
- Sarrpoulou, V., Dimassi-Theriou, K., Therious, I., 2016. Effect of the ethylene inhibitors silver nitrate, silver sulfate, and cobalt chloride on micropropagation and biochemical parameters in the cherry rootstocks 'CAB-6P' and 'Gisela 6'. *Turkish Journal of Biology*, 40: 670-683. [doi.org/10.3906/biy-1505-92](https://doi.org/10.3906/biy-1505-92).
- Serttaş, S., Öztürk, A., 2020a. Bazı armut klon anaçları üzerine aşılı armut çeşitlerinin fidan gelişim performanslarının belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(4): 842-850. [doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.693431](https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.693431).
- Serttaş, S., Öztürk, A., 2020b. Armutta fidan kalitesi üzerine anaç ve çeşitlerin etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1): 1-10. [dx.doi.org/10.29278/azd.724264](https://doi.org/10.29278/azd.724264).
- Siddique, I., Bukhari, N.A.W., Perveen, K., Siddiqui, I., 2015. Influence of plant growth regulators on *in vitro* shoot multiplication and plantlet formation in *Cassia angustifolia* Vahl. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(5): 686-691. [doi.org/10.1590/S1516-89132015050290](https://doi.org/10.1590/S1516-89132015050290).
- Sotiropoulos, T.E., Almaliotis, D., Papadakis, I., Dimassi, K.N., Therios, I.N., 2006. Effects of different iron sources and concentrations on *in vitro* multiplication, rooting and nutritional status of the pear rootstock 'OHF-333'. *European Journal of Horticultural Science*, 71(5): 222-226.
- Sulusoglu, M., Çavusoglu, A., 2013. Micropropagation of cherry laurel *Prunus laurocerasus* L. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 11(1): 576-579.
- Şan, B., Karakurt, Y., Dönmez, F., 2015. Effects of thidiazuron and activated charcoal on *in vitro* shoot proliferation and rooting of myrtle (*Myrtus communis* L.). *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21: 177-183. [doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001319](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001319).
- Şengül, E., 2012. Karadutun (*Morus nigra* L.) *In Vitro* Çoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 60s, Bursa.
- Thomas T.D., 2008. The role of activated charcoal in plant tissue culture. *Biotechnology Advances*, 26: 618-631. [doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.08.003](https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.08.003)
- Xiaolong, L., Hao, S., Bo, X., Qiannan, Z., Li, L., 2021. Effect of activated carbon on rooting of tissue culture seedlings of Qiuzi pear. *Molecular Plant Breeding*, 12(10): 1-7. [doi.org/10.5376/mpb.202112.0010](https://doi.org/10.5376/mpb.202112.0010)
- Yıldırım, A.N., Şan, B., Yıldırım, F., Ecevit, F.M., Ercişli, S., 2015. Micropropagation of promising jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) genotypes. *Erwerbs-Obstbau*, 57: 135-140. [doi.org/10.1007/s10341-015-0240-z](https://doi.org/10.1007/s10341-015-0240-z)





## Farklı Ambalaj Materyallerinin Depolanan Fındıkların Geometrik ve Renk Özellikleriyle Aflatoksin Oluşumuna Etkisi

Effect of Different Packaging Materials on  
Geometric, Color Properties and Aflatoxin  
Formation of Stored Hazelnut

Hasan KARAOSMANOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Fındık Ekspertiği, Giresun  
· hasan.karaosmanoglu@giresun.edu.tr · ORCID > 0000-0002-4652-9861

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 1 Mart/March 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 23 Mart/March 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 331-352

**Atıf/Cite as:** Karaosmanoğlu, H. "Farklı Ambalaj Materyallerinin Depolanan Fındıkların Geometrik ve Renk Özellikleriyle Aflatoksin Oluşumuna Etkisi " Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 331-352.

## FARKLI AMBALAJ MATERYALLERİNİN DEPOLANAN FINDIKLARIN GEOMETRİK VE RENK ÖZELLİKLERİYLE AFLATOKSİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

### ÖZ

Bu çalışma jüt ve naylon (propilen kumaş dokuma) ambalajların, depolama süresince Tombul ve Karafındık çeşitlerinin meyve ve iç boyutları, renk özellikleri ve aflatoksin düzeylerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla bir yıl süreyle depolanan fındıkların meyve ve içlerinin boyutları, ağırlıkları, randımanı, kabuk kalınlığı, göbek boşluğu, sağlam ve kusurlu iç oranı, beyazlama oranı ile diğer bazı kalite özellikleri incelenmiştir. Natürel ve kavrulmuş fındıkların L\*, a\*, b\*, kroma ve hue açısı değerleri belirlenerek renk skalası elde edilmiştir. Ayrıca depolama süresince örneklerdeki aflatoksin oluşumu takip edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre ambalaj farkının meyve ve iç boyutları üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı ancak naylon ambalajın sağlam iç oranını düşürdüğü, kusurlu iç ve beyazlama oranını arttırdığı gözlenmiştir. Naylon ambalajın parlaklığı ve renk doygunluğunu arttırdığı görülse de farklılık duyusal olarak net anlaşılammıştır. Depolama süresinin meyve ve iç boyutlarını genellikle etkilemediği ancak sağlam iç oranını düşürdüğü, kusurlu iç oranı ve beyazlama oranını arttırdığı ayrıca renk değerlerini duyusal olarak fark edecek düzeyde etkilemediği gözlenmiştir. Depolama süresince hiçbir örnekte aflatoksin oluşumuna rastlanmamıştır. İncelenen parametrelere göre depolama ambalajı olarak, beyazlama oranını düşürmesine rağmen kusurlu iç oranını arttırmayan jüt ambalaj kullanımının faydalı olacağı düşünülebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Aflatoksin, Ambalaj, Depolama, Fiziksel Özellikler, Renk.



## EFFECT OF DIFFERENT PACKAGING MATERIALS ON GEOMETRIC, COLOR PROPERTIES AND AFLATOXIN FORMATION OF STORED HAZELNUT

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the effect of jute and nylon (propylene fabric weaving) packaging on the nut - kernel dimensions and color characteristics of Tombul and Karahazelnut varieties and aflatoxin levels during storage. For this purpose, the dimensions, weight, kernel percentage, shell thickness, kernel cavity, good and defective kernel ratio, blanching ratio and some other quality characteristics of the nuts and kernels of hazelnuts stored for one year were investigated.



Color scale was obtained by determining the  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , chroma and hue angle values of natural and roasted hazelnuts. In addition, aflatoxin formation in the samples was monitored during storage. According to the results of the study, it was observed that the packaging difference did not have a significant effect on the nut and kernel dimensions, but it decreased the good kernel ratio of the nylon packaging and increased the defective kernel and blanching rate. Although it is seen that nylon packaging increases the brightness and color saturation, the difference cannot be clearly understood sensory. It was observed that the storage period generally did not affect the nut and kernel dimensions, but decreased the good kernel rate, increased the defective kernel rate and blanching rate, and did not affect the color values at a sensory level. No aflatoxin formation was observed in any of the samples during storage. According to the parameters examined, it can be thought that the use of jute packaging, which does not increase the defective kernel rate, will be beneficial, although it reduces the blanching rate.

**Keywords:** Aflatoxin, Color, Packaging, Physical Properties, Storage.



## 1. GİRİŞ

Türkiye’de yetiştiriciliği yoğun olarak yapılan Antep fıstığı, badem, ceviz ve kestane gibi sert kabuklu meyveler içerisinde yer alan fındık, uzun yıllardır ülkenin en önemli tarımsal ihracat ürünü konumundadır. *Fagales* takımı *Betulaceae* familyası içinde yer alan fındığın anavatanı olan Anadolu, en önemli yabani ve kültür çeşitlerinin doğal yayılma alanıdır (Karaosmanoğlu ve Üstün, 2019). Yıllık yaklaşık 650 bin ton kabuklu fındık üretimiyle Türkiye Dünya’da en önemli fındık üreten ülke konumundadır. Diğer taraftan 2021-22 sezonunda 340 bin tonluk ihracattan elde edilen 1.9 milyar dolarlık gelir fındığı ülkemizin tüm ihracat ürünleri içerisinde tek başına en önemli ilk 20 ihracat ürünü içerisinde sokmaktadır (TİM, 2022; KİB, 2022).

Türkiye’de fındık hasadı yıl, çeşit, lokasyon, yükselti ve olgunlaşma gibi parametrelere göre değişmekle birlikte ağustos ayının ilk yarısında başlamakta ve eylül ayının ilk haftalarına kadar sürmektedir. Hasat edilen fındıklardaki nem oranı %30’lardan %6 seviyesine düşürmek için genellikle güneş altında, iklime göre değişmekle birlikte 3-5 gün süreyle kurumaya bırakılmaktadır. Kurtulan fındıklar büyük oranda üreticilerin depolarında ortam şartlarında, ekonomik kaygılar nedeniyle 1 yılı bulan sürelerde depolanmaktadır.

Gıda kalitesi, endüstriyi ve tüketicileri yakından ilgilendiren bir kavramdır, dolayısıyla gıdaların kalitesini ve güvenliğini tehlikeye atacak fiziksel ve kimyasal değişikliklerin minimize edilerek ürünlerin uygun koşullarda muhafaza edilmesi büyük önem arz etmektedir (Guiné ve ark., 2015). Gıda ürününün dış çevrenin et-

kisinden korunmasında birincil rol oynayan gıda ambalajının temel amacı, gıdayı en ekonomik şekilde muhafaza etmek, hem endüstriyel hem de tüketici ihtiyaçlarını karşılamak, gıda güvenliğini sağlamak ve çevresel etkileri en aza indirmektir (Sharma ve ark., 2021). Bu nedenle gıdaların uygun ambalaj malzemesiyle depo edilmesi raf ömrü süresince gıdanın korunmasında önem taşımaktadır.

Geleneksel olarak fındıkların depolanması jüt çuval olarak isimlendirilen organik malzemeden üretilmiş ambalajlarda yapılmaktadır. Ancak son yıllarda üreticiler, jüt çuvala göre daha ekonomik olması, fındık doldurma ve boşaltma işlemleri sırasında tozuma yapmaması, temizliğinin kolay olması, daha az yer kaplaması ve hafif olması gibi nedenlerle plastik temelli olan ve naylon çuval olarak isimlendirilen ambalaj malzemelerini yoğun olarak tercih etmeye başlamışlardır. Fındığın depolanmasında kullanılan geleneksel ambalaj malzemesi olan jüt çuvalın fındıkların renk ve fiziksel özellikler ile fındık muhafazasında önemli bir risk olan aflatoksin oluşumu üzerine etkisi bilinmektedir (Bostan ve Güler, 2016; Akar, 2016; Turan ve Karaosmanoğlu, 2019). Ancak son yıllarda yukarıda sıralanan sebeplerle kullanımı hızla yaygınlaşan naylon çuvalların depolanan fındıkların kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışma, bir yıl süreyle naylon ve jüt çuvallarda depolanan fındıkların (*Corylus avellana* L. Cvs. ‘Tombul’ ve ‘Karafındık’), gıdaların market değerini ve tüketici tercihlerini yakından etkileyen fiziksel ve renk özellikleriyle aflatoksin düzeyine ambalaj malzemesinin etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Örnek Toplama ve Depo Şartları

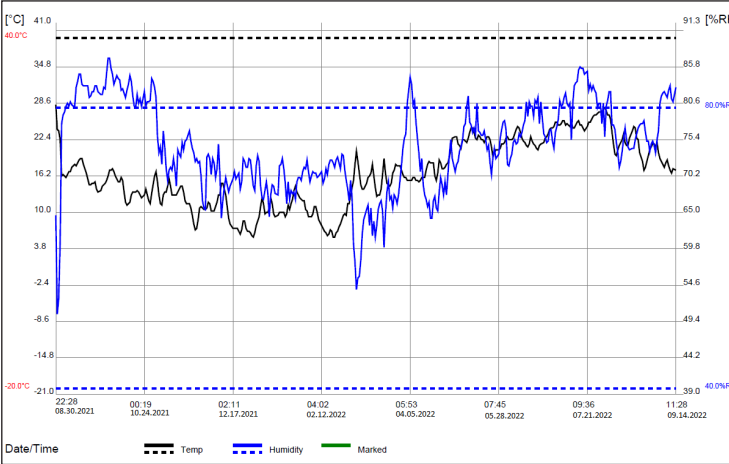
Çalışmanın bitkisel materyali olarak önemli Türk fındık çeşitleri olan Giresun Kalite Tombul ve Levant Kalite Karafındık çeşitleri seçilmiştir. Fındık örnekleri, Giresun (Türkiye) ili, Batlama vadisi, Akköy (40° 51' 38.52" N, 38° 18' 58.69" E), Seyitköy (40° 51' 40.40" N, 38° 19' 09.72" E) ve Alınca (40° 51' 59.55" N, 38° 19' 00.26" E) köylerindeki bahçelerden elle yerden hasat edilmiştir. Hasat kriteri olarak fındık çotanaklarının kahverengileştiği ve dalların sallanmasıyla toplam fındığın 2/3'ünün dökülmeye başladığı dönem esas alınmıştır (Tombul: 16 Ağustos, Karafındık 22 Ağustos). Hasat edilen fındıklar, zuruflarından patozla ayrılış ardından beton harmanda, jüt tente (5x5 m) üzerinde güneş altında 3 gün boyunca sabah 09.00 akşam 19.00 saatleri arasında (ortalama sıcaklık 23.6 °C) kurumaya bırakılmıştır. Ayrıca kurutma süresi boyunca her gün 5 defa karıştırılmıştır. Akşam 19.00'dan sonra her tente ortaya toplanarak üzerleri nem geçişinin engellenmesi için naylon örtüyle örtülmüştür. 3. günün sonunda fındıkların nem oranının %6'nın altına inmesiyle kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Nem takibi, harmanın 9 farklı noktasından alınan örneklerin nem tayin cihazıyla (Shimadzu Mod-63U, Japonya) nem oranlarının be-

lirlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Kurutulan yaklaşık 3 ton fındıktan rastgele örnekler seçilerek depolama için jüt ve naylon çuvalara koyulmuştur (Şekil 1). Her çeşit için 3 jüt ve 3 naylon çuval ortam şartlarında (Şekil 2) 12 ay süreyle depolanmıştır. Her 4 ayda bir (0, 4, 8 ve 12. aylar) depodan örnek alınarak analiz edilmiştir.



Şekil 1. Naylon (A) ve Jüt (B) çuvalar

Figure 1. Nylon (A) and Jute (B) sacks



Şekil 2. Depo sıcaklık ve nem değerleri

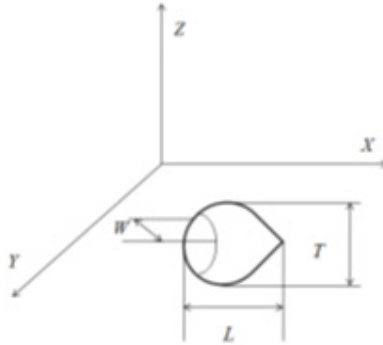
Figure 2. Temperature and humidity values of the warehouse

Çalışmada, jüt çuval olarak genellikle Hindistan ve Bangladeş'te yetişen jüt bitkisinin dokunmasıyla Kanaviçe kumaş ya da Jüt kumaş olarak adlandırılan kumaşlardan 10 oz dokuma sıklığında imal edilen (70x110 cm, 311g/m<sup>2</sup>) ambalajlar, naylon çuval olarak polipropilen dokuma kumaşlar kullanılarak 8x8 dokuma sıklığında üretilen (70x110 cm, 60g/m<sup>2</sup>) ambalajlar kullanılmıştır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1 Meyve ve İç Boyutları

Kabuklu fındık örnekleri ve içlerinin geometrik boyutları (Şekil 3) rastgele seçilen 30 meyve üzerinde tespit edilmiştir. Kabuklu fındıkların meyve uzunluğu (L), meyve genişliği (W) ve meyve kalınlığı (T) 0.01 mm duyarlıklıklı dijital göstergeli kumpas (İnsize, İtalya) ile ölçülüp değerlerin aritmetik ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir. Meyve uzunluğu; meyve tablası ile uç arasının, meyve genişliği; iki kotiledon birleşim çizgisi arasındaki en geniş mesafenin, meyve kalınlığı her iki kabuk yanakları arasındaki en geniş mesafenin ölçülmesiyle tespit edilmiştir. Boyutları belirlenen meyveler kıracak yardımıyla kırılarak elle kabuklarından ayrılmış elde edilen natürel fındıklarla aynı ölçümler yapılarak iç boyutları belirlenmiştir. Meyve ağırlıkları ve aynı meyveye ait iç ağırlıkları, örneklerin 0.01 g hassasiyetli dijital hassas terazi ile tek tek tartılıp sonuçların aritmetik ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir (Ayfer ve ark., 1986; Karaosmanoğlu, 2022a). Meyve ve natürel içlerin; basıklık indeksi (Bİ), şekil indeksi (Şİ), büyüklük (Dg), yuvarlaklık indeksi (Φ), yüzey alanı (S) (Ercisli ve ark., 2011), hacimleri (V) ve yüzde hacim değişim (ΔV) (Delprete ve Sesena, 2014) değerleri aşağıdaki formüller yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil 3. Kabuklu ve natürel iç fındığın boyutları (L: uzunluk, T: kalınlık, W: genişlik)

**Figure 3.** Dimensions of shelled and natural hazelnut kernels (L: length, T: thickness, W, width)

$$B\dot{i} = \frac{W}{T} \quad (1)$$

$$\dot{\text{Ş}}i = \frac{L}{(W+T)/2} \quad (2)$$

$$Dg = \sqrt[3]{LWT} \quad (3)$$

$$\Phi = \frac{\sqrt[3]{LWT}}{L} \times 100 \quad (4)$$

$$S = \pi Dg^2 \quad (5)$$

$$V = \frac{4}{3}\pi \frac{L}{2} \frac{WT}{2} = \frac{4}{3}\pi \frac{LWT}{2} = \frac{2}{9}\pi LWT \quad (6)$$

$$\Delta V = 100 \left(1 - \frac{V_{i\dot{\text{ç}}}}{V_{kabuklu}}\right) \quad (7)$$

Kabuk kalınlığı; meyve tablasının üst tarafındaki orta kısmın en kalın yerinin ölçülmesiyle, göbek boşluğu; natürel için ortadan ikiye ayrılmasıyla aradaki boşluğun en geniş kısmından ölçülmesiyle belirlenmiştir. İç oranı (randıman); toplam meyve ağırlığının toplam iç ağırlığına, sağlam iç oranı; kabuğu tamamen doldurmuş kusursuz içlerin toplam meyve sayısına, kusurlu iç oranı; sağlam olmayan ve boş içli meyveler dışındaki meyvelerin içlerinin toplam meyve sayısına oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Ayfer ve ark., 1986; Karaosmanoğlu ve Üstün, 2017).

## 2.2.2. Renk Değerleri

Kabuklu, natürel ve kavrulmuş iç fındık, natürel ve kavrulmuş fındık unlarının  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri bir renk tayin cihazı (Konika Minolta CR 400, Japonya) ile belirlenmiştir. Yirmi fındık cam silindirin içerisine yerleştirilip farklı noktalardan çekim yapılarak  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri tespit edilmiştir (Mexis ve Kontominas, 2009). Ayrıca  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri Adobe photoshop-CS6 programında Lab renk sistemine girilerek renk skalası oluşturulmuştur. Munsell renk sistemine göre; renk yoğunluğunun veya doygunluğunun bir ölçüsü olan ve 0 (tamamen doymamış) ile 100 (saf renk) arasında değişen kromatikliği tanımlayan kroma (C) ve rengin tonunu yansıtan ve  $360^\circ$  ölçekte derece olarak ifade edilen hue açısı ( $h^\circ$ ) değeri (McGuire, 1992; Karaosmanoğlu, 2022b) ve kahverengileşme indeksi (Kİ) (Marzocchi ve ark., 2017) aşağıdaki formüllerle belirlenmiştir. Zar atma oranı (beyazlama oranı); sağlam iç fındıkların konvansiyonel fırında  $175^\circ\text{C}$ 'de 15 dk kavrulup el ile ovularak zarından ayrılması ve beyazlayan fındıkların toplam fındık sayısına oranlanması ile hesaplanmıştır. Ayrıca natürel ve kavrulmuş fındıkların blenderde öğütülmesiyle elde edilen unların renk değerleri de belirlenmiştir.

$$C = \sqrt{(a)^2 + (b)^2} \quad (8)$$

$$h^\circ = \arctan (b/a) \quad (9)$$

$$K\dot{I} = 100 \times \frac{x-0.31}{0.17}, \quad x = \frac{(a+1.75 L)}{(5.645L+a-3.012b)} \quad (10)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (11)$$

### 2.2.3. Aflatoksin Analizi

Depolanan fındıkların toplam aflatoksin (TA) ve aflatoksin B1 seviyeleri HPLC (Shimadzu Corporation, Japan) cihazı ile tespit edilmiştir. Öncelikle yaklaşık 500 g kabuklu fındık el kıracağı ile kırılmış ve elde edilen natürel içlerden 250 g tartılarak elektirikli parçalayıcı ile öğütülmüştür. Öğütülen örnekten 125 g tartılarak üzerine 5 g sodyum klorür ve 125 mL %70'lik metanol ilave edilmiştir. Süspansiyon 2 dakika boyunca yüksek hızda karıştırılıp filtre edilmiştir. Elde edilen süzütünden 10 mL alınıp, 10 mL deiyonize su ile karıştırılmıştır. Son karışımdan 3 mL, 3 mL/dk hızla immünoafinite kolondan geçirilmiştir. Kolondan 1 mL metanol geçirilerek aflatoksin ayırdıktan sonra 1 mL deiyonize su geçirilerek yıkanmıştır. Elde edilen özütten 50 µL HPLC cihazına enjekte edilerek analiz edilmiştir (TSE, 2010; Karaosmanoğlu, 2022a).

### 2.2.4. İstatistiksel Analiz

Grupların ortalamalarını karşılaştırmak için üç yollu karışık ANOVA (1- içinde, 2- arasında) yapıldı. Zaman noktalarındaki ortalamalar için çoklu karşılaştırmalar, düzeltilmiş p değeri ile Bonferroni yöntemiyle tespit edilmiştir. Analiz için SPSS v26 kullanıldı ve %5 p- değeri istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kabul edilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Farklı Ambalaj Materyalleriyle Depolanan Fındıkların Meyve ve İç Boyutları ile Bazı Kalite Özellikleri

Farklı ambalaj malzemeleriyle depolanan Tombul ve Karafındık çeşitlerinin meyve ve iç boyutları ile bazı kalite özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre ambalaj malzemesi farkının meyve boyutları üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür ( $P>0.05$ ). Depolama süresince meyve uzunluğu (MU) 17.82-19.16 mm, meyve genişliği (MG) 13.61-14.97 mm, meyve kalınlığı (MK) 15.42-16.37 mm arasında değişim göstermiş ancak varyasyon MU-naylon-Karafındık haricinde önemsiz

bulunmuştur. Diğer taraftan çeşitler arasındaki fark sadece MU'da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ( $P < 0.05$ ) ve Karafındık'ın Tombul'a göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Bostan ve Güler (2016) sonuçlarımızla uyumlu olarak Tombul ve Karafındık'ın MU, MG, ve MK'larını sırasıyla 17.73-18.79 mm, 15.72-15.21 mm ve 16.50-17.27 mm olarak rapor etmişlerdir. Akar (2016) 9 aylık depolama süresince meyve boyutlarının değişmediğini bildirmiştir.

**Çizelge 1.** Farklı ambalaj materyalleriyle depolanan fındıkların meyve ve iç boutlarıyla ve bazı kalite özellikleri

**Table 1.** Nut and kernel dimensions and some quality characteristics of hazelnuts stored with different packaging materials

Parametre	Çeşit	Ambalaj Materyali	Depolama Süresi (ay)			
			0	4	8	12
Meyve Uzunluğu (mm)	Tombul	Jüt	17.82 ± 1.15Ax	18.29 ± 1.08Ax	18.14 ± 0.72Ax	18.30 ± 1.04Ax
		Naylon	17.82 ± 1.15Ax	18.25 ± 1.01Ax	18.30 ± 0.99Ax	18.36 ± 1.26Ax
	Karafındık	Jüt	18.84 ± 1.37Ay	18.73 ± 1.71Ax	19.13 ± 1.14Ay	18.57 ± 1.58Ax
		Naylon	18.84 ± 1.37ABy	19.16 ± 1.41Ay	18.63 ± 1.70ABx	18.17 ± 1.50Bx
Meyve Genişliği (mm)	Tombul	Jüt	14.54 ± 0.95	14.87 ± 0.93	14.92 ± 1.29	14.70 ± 1.32
		Naylon	14.54 ± 0.95	14.96 ± 0.83	14.80 ± 1.24	14.97 ± 1.24
	Karafındık	Jüt	14.17 ± 1.15	14.18 ± 1.15	14.27 ± 1.18	14.22 ± 1.14
		Naylon	14.17 ± 1.15	14.13 ± 1.23	14.05 ± 1.58	13.61 ± 1.26
Meyve Kalınlığı (mm)	Tombul	Jüt	15.96 ± 1.02	16.37 ± 0.96	16.03 ± 1.35	16.00 ± 1.32
		Naylon	15.96 ± 1.02	16.13 ± 0.95	16.09 ± 1.25	16.12 ± 1.12
	Karafındık	Jüt	15.75 ± 1.17	15.82 ± 1.19	16.11 ± 1.25	15.75 ± 1.36
		Naylon	15.75 ± 1.17	15.92 ± 1.20	15.74 ± 1.85	15.42 ± 1.40
İç Uzunluğu (mm)	Tombul	Jüt	13.93 ± 0.86Ax	14.49 ± 1.05Ax	14.34 ± 0.70Ax	14.16 ± 1.23Ax
		Naylon	13.93 ± 0.86Ax	14.35 ± 0.91Ax	14.47 ± 0.81Ax	14.38 ± 1.14Ax
	Karafındık	Jüt	14.62 ± 1.74Ax	14.62 ± 1.46Ax	15.10 ± 1.24Ay	14.01 ± 1.98Ay
		Naylon	14.62 ± 1.74ABx	14.68 ± 1.87Ax	14.59 ± 1.27ABx	13.83 ± 1.37By
İç Genişliği (mm)	Tombul	Jüt	11.31 ± 1.31ABx	11.82 ± 1.00Ax	11.83 ± 1.12Ax	10.81 ± 1.67Bx
		Naylon	11.31 ± 1.31Ax	11.61 ± 0.98Ax	11.51 ± 1.31Ax	11.57 ± 1.10Ax
	Karafındık	Jüt	9.60 ± 1.60ABay	8.95 ± 1.87Bay	9.95 ± 1.95Aay	9.31 ± 1.93ABay
		Naylon	9.60 ± 1.60Aay	9.11 ± 1.84Aay	8.83 ± 1.97Aby	8.78 ± 1.84Aay
İç Kalınlığı (mm)	Tombul	Jüt	11.87 ± 1.52	12.39 ± 0.84	12.02 ± 1.05	11.45 ± 1.39
		Naylon	11.87 ± 1.52	11.96 ± 1.19	12.05 ± 1.40	12.02 ± 1.13
	Karafındık	Jüt	10.35 ± 1.85	10.16 ± 1.77	10.35 ± 1.90	10.16 ± 1.65
		Naylon	10.35 ± 1.85	10.08 ± 1.76	10.23 ± 1.47	9.50 ± 2.04
Meyve Ağırlığı (g)	Tombul	Jüt	1.60 ± 0.35	1.77 ± 0.32	1.69 ± 0.29	1.57 ± 0.39
		Naylon	1.60 ± 0.35	1.65 ± 0.21	1.68 ± 0.39	1.72 ± 0.36
	Karafındık	Jüt	1.42 ± 0.39	1.47 ± 0.44	1.58 ± 0.47	1.40 ± 0.45
		Naylon	1.42 ± 0.39	1.4 ± 0.47	1.42 ± 0.37	1.24 ± 0.41

İç Ağırlığı (g)	Tombul	Jüt	0.86 ± 0.21	0.95 ± 0.20	0.95 ± 0.25	0.79 ± 0.30
		Naylon	0.86 ± 0.21	0.89 ± 0.13	0.90 ± 0.23	0.94 ± 0.18
	Karafındık	Jüt	0.65 ± 0.26	0.73 ± 0.28	0.82 ± 0.32	0.69 ± 0.28
		Naylon	0.65 ± 0.26	0.70 ± 0.27	0.67 ± 0.24	0.59 ± 0.27
Kabuk Kalınlığı (mm)	Tombul	Jüt	0.92 ± 0.17	1.05 ± 0.11	1.00 ± 0.15	0.97 ± 0.15
		Naylon	0.92 ± 0.17	1.00 ± 0.10	1.02 ± 0.14	1.01 ± 0.19
	Karafındık	Jüt	0.91 ± 0.15	0.98 ± 0.18	1.01 ± 0.18	0.96 ± 0.16
		Naylon	0.91 ± 0.15	0.99 ± 0.15	1.01 ± 0.17	0.97 ± 0.15
Göbek Boşluğu (mm)	Tombul	Jüt	0.84 ± 1.07	1.30 ± 0.99	1.17 ± 1.03	1.20 ± 1.09
		Naylon	0.84 ± 1.07	1.29 ± 1.03	1.32 ± 1.06	1.16 ± 1.23
	Karafındık	Jüt	1.25 ± 0.80	1.22 ± 1.00	1.66 ± 1.00	1.71 ± 1.07
		Naylon	1.25 ± 0.80	1.33 ± 0.94	1.47 ± 1.19	1.20 ± 1.23
Randıman (%)	Tombul	Jüt	0.56 ± 0.17	0.56 ± 0.15	0.58 ± 0.17	0.53 ± 0.25
		Naylon	0.56 ± 0.17	0.55 ± 0.12	0.55 ± 0.16	0.58 ± 0.18
	Karafındık	Jüt	0.46 ± 0.16	0.52 ± 0.20	0.56 ± 0.28	0.53 ± 0.24
		Naylon	0.46 ± 0.16	0.55 ± 0.25	0.51 ± 0.24	0.52 ± 0.29
Sağlam İç Oranı (%)	Tombul	Jüt	99.33 ± 1.15Aax	93.33 ± 0.00Bax	90.67 ± 1.15Cax	90.67 ± 1.15Cax
		Naylon	99.33 ± 1.15Bax	93.33 ± 0.00Aax	90.67 ± 1.15Bax	88.67 ± 0.39Bbx
	Karafındık	Jüt	100.00 ± 0.00Aax	100.00 ± 0.00Aay	88.67 ± 0.39Bay	90.67 ± 1.15Bax
		Naylon	100.00 ± 0.00Aay	86.79 ± 0.19Cby	88.67 ± 0.39Bay	88.67 ± 0.39Bbx
Kusurlu İç Oranı (%)	Tombul	Jüt	1.67 ± 1.15Cax	6.66 ± 0.00Bax	9.33 ± 1.15Aax	9.33 ± 1.15Aax
		Naylon	1.67 ± 1.15Cbx	6.66 ± 0.00Bax	9.33 ± 1.15Aax	11.33 ± 0.39Abx
	Karafındık	Jüt	0.00 ± 0.00Bax	0.00 ± 0.00Bay	11.33 ± 0.39Aay	9.33 ± 1.15Aax
		Naylon	0.00 ± 0.00Cay	13.2 ± 0.17Aby	11.33 ± 0.39Bay	11.33 ± 0.39Bbx
Tam Beyazlama Oranı (%)	Tombul	Jüt	93.42 ± 0.17Bax	91.00 ± 1.73Bax	100.00 ± 0.00Aax	86.00 ± 1.00Cax
		Naylon	93.42 ± 0.17Aax	92.00 ± 1.73ABax	90.14 ± 0.16Bbx	88.17 ± 0.76Cbx
	Karafındık	Jüt	44.77 ± 0.5Aay	41.00 ± 3.46ABay	40.52 ± 0.02Bay	41.21 ± 0.71Bay
		Naylon	44.77 ± 0.5Bay	52.00 ± 1.73Aby	45.43 ± 0.11Bby	50.83 ± 0.03Aby
Beyazlama Oranı (%)	Tombul	Jüt	96.58 ± 0.18Aax	99.00 ± 1.73Aax	100.00 ± 0.00Aax	95.00 ± 1.00Aax
		Naylon	96.58 ± 0.18Aax	99.00 ± 1.73Aax	96.44 ± 0.28Aax	97.67 ± 0.58Abx
	Karafındık	Jüt	81.24 ± 0.15Aay	67.67 ± 2.31Cay	82.51 ± 20.36Aax	74.00 ± 1.00Bay
		Naylon	81.24 ± 0.15Aay	77.00 ± 1.73Bby	90.66 ± 0.38Aax	77.99 ± 0.02Bby
Meyve Basıklık İndeksi	Tombul	Jüt	0.91 ± 0.04	0.91 ± 0.05	0.93 ± 0.05	0.92 ± 0.05
		Naylon	0.91 ± 0.04	0.93 ± 0.04	0.92 ± 0.05	0.93 ± 0.05
	Karafındık	Jüt	0.90 ± 0.03	0.90 ± 0.04	0.89 ± 0.04	0.90 ± 0.03
		Naylon	0.90 ± 0.03	0.89 ± 0.04	0.90 ± 0.06	0.88 ± 0.04
İç Basıklık İndeksi	Tombul	Jüt	0.96 ± 0.09Ax	0.96 ± 0.07Ax	0.98 ± 0.06Ax	0.95 ± 0.12Ax
		Naylon	0.96 ± 0.09Ax	0.97 ± 0.06Ax	0.96 ± 0.09Ax	0.96 ± 0.07Ax
	Karafındık	Jüt	0.93 ± 0.08Aay	0.89 ± 0.15Aay	0.97 ± 0.17Aax	0.91 ± 0.10Aay
		Naylon	0.93 ± 0.08Aay	0.91 ± 0.13Aay	0.87 ± 0.20Aby	0.93 ± 0.08Aay
Meyve Şekil İndeksi	Tombul	Jüt	1.17 ± 0.08	1.17 ± 0.08	1.18 ± 0.1	1.2 ± 0.09
		Naylon	1.17 ± 0.08	1.18 ± 0.08	1.19 ± 0.11	1.18 ± 0.09
	Karafındık	Jüt	1.26 ± 0.08	1.25 ± 0.08	1.26 ± 0.07	1.24 ± 0.08
		Naylon	1.26 ± 0.08	1.28 ± 0.10	1.26 ± 0.09	1.26 ± 0.08



Dg- Meyve	Tombul	Jüt	16.04 ± 0.85	16.44 ± 0.78	16.30 ± 0.98	16.25 ± 1.10
		Naylon	16.04 ± 0.85	16.38 ± 0.69	16.31 ± 0.94	16.41 ± 1.01
	Karafındık	Jüt	16.13 ± 1.11	16.13 ± 1.21	16.38 ± 1.09	16.07 ± 1.25
		Naylon	16.13 ± 1.11	16.26 ± 1.10	16.02 ± 1.61	15.61 ± 1.27
φ- Meyve	Tombul	Jüt	0.90 ± 0.04	0.90 ± 0.04	0.9 ± 0.05x	0.89 ± 0.04x
		Naylon	0.90 ± 0.04	0.90 ± 0.04	0.89 ± 0.05x	0.89 ± 0.04x
	Karafındık	Jüt	0.86 ± 0.04	0.86 ± 0.04	0.86 ± 0.03y	0.87 ± 0.04y
		Naylon	0.86 ± 0.04	0.85 ± 0.04	0.86 ± 0.04y	0.86 ± 0.04y
S- Meyve (cm <sup>2</sup> )	Tombul	Jüt	8.11 ± 0.86	8.51 ± 0.81	8.37 ± 0.97	8.34 ± 1.11
		Naylon	8.11 ± 0.86	8.44 ± 0.71	8.39 ± 0.97	8.49 ± 1.04
	Karafındık	Jüt	8.22 ± 1.12	8.22 ± 1.23	8.46 ± 1.12	8.16 ± 1.25
		Naylon	8.22 ± 1.12	8.34 ± 1.12	8.14 ± 1.55	7.71 ± 1.21
İç Şekil İndeksi	Tombul	Jüt	1.22 ± 0.15	1.20 ± 0.11	1.21 ± 0.13	1.29 ± 0.14
		Naylon	1.22 ± 0.15	1.23 ± 0.13	1.24 ± 0.16	1.22 ± 0.12
	Karafındık	Jüt	1.50 ± 0.28	1.55 ± 0.17	1.52 ± 0.22	1.47 ± 0.24
		Naylon	1.50 ± 0.28	1.55 ± 0.19	1.57 ± 0.30	1.56 ± 0.25
Dg- İç	Tombul	Jüt	12.29 ± 1.02ABx	12.83 ± 0.74Ax	12.66 ± 0.76ABx	12.03 ± 1.25Bx
		Naylon	12.29 ± 1.02Ax	12.56 ± 0.75Ax	12.59 ± 0.94Ax	12.58 ± 0.90Ax
	Karafındık	Jüt	11.29 ± 1.54Aay	10.95 ± 1.52Aay	11.54 ± 1.56Aay	10.94 ± 1.66Aay
		Naylon	11.29 ± 1.54Aay	11.01 ± 1.65ABay	10.89 ± 1.22ABby	10.46 ± 1.74Bay
φ- İç	Tombul	Jüt	0.88 ± 0.07	0.89 ± 0.05	0.89 ± 0.06	0.85 ± 0.06
		Naylon	0.88 ± 0.07	0.88 ± 0.06	0.87 ± 0.07	0.88 ± 0.06
	Karafındık	Jüt	0.78 ± 0.08	0.75 ± 0.06	0.76 ± 0.07	0.79 ± 0.10
		Naylon	0.78 ± 0.08	0.75 ± 0.06	0.75 ± 0.08	0.75 ± 0.07
S- İç (cm <sup>2</sup> )	Tombul	Jüt	4.78 ± 0.77ABx	5.19 ± 0.59Ax	5.06 ± 0.59ABx	4.59 ± 0.88Bx
		Naylon	4.78 ± 0.77Ax	4.98 ± 0.60Ax	5.00 ± 0.73Ax	5.00 ± 0.70Ax
	Karafındık	Jüt	4.08 ± 1.09Aay	3.84 ± 1.08Aay	4.26 ± 1.11Aay	3.85 ± 1.18Aay
		Naylon	4.08 ± 1.09Aay	3.89 ± 1.16ABay	3.77 ± 0.82ABby	3.53 ± 1.13Bay
V- Meyve Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tombul	Jüt	2875.72 ± 453.89	3089.64 ± 443.48	3020.85 ± 505.52	3006.09 ± 594.87
		Naylon	2875.72 ± 453.89	3050.27 ± 380.88	3028.60 ± 525.24	3085.87 ± 561.85
	Karafındık	Jüt	2941.00 ± 596.92	2945.51 ± 662.51	3072.91 ± 605.85	2918.62 ± 666.50
		Naylon	2941.00 ± 596.92	3009.25 ± 602.07	2918.12 ± 794.58	2678.31 ± 617.91
V- İç Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Tombul	Jüt	1307.03±311.56AB	1474.38±250.83A	1416.98±241.19AB	1263.97±339.96B
		Naylon	1307.03±311.56	1348.33±250.81	1399.05±297.56	1396.34±287.53
	Karafındık	Jüt	1047.63±415.75	957.76±410.50	1117.07±422.44	967.38±451.02
		Naylon	1047.63±415.75	982.26±439.23	923.75±296.93	852.38±396.63
ΔV	Tombul	Jüt	53.75 ± 12.34	51.67 ± 9.75	53.48 ± 9.95	57.16 ± 13.28
		Naylon	53.75 ± 12.34	54.10 ± 8.95	52.68 ± 12.65	53.91 ± 10.24
(Hacim Değişimi)	Karafındık	Jüt	63.72 ± 14.85	67.49 ± 12.94	62.62 ± 14.06	68.48 ± 12.09
		Naylon	63.72 ± 14.85	67.16 ± 13.88	66.43 ± 13.47	67.80 ± 13.70

Veriler ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı büyük harflerle (A-D) işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (P<0.05). Aynı sütun, parametre ve çeşitte farklı küçük harfle (a-b) işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (P<0.05). Aynı sütun, parametre ve farklı çeşitte farklı x, y, sembolleri ile işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (P<0.05).

Depolama süresince iç boyutları genellikle meyve boyutlarıyla paralel davranış göstermiş ve iç boyutlarındaki değişim depolama boyunca genellikle önemsiz çıkmıştır. Ambalaj malzemesinin etkisi ise iç genişliğinde (İG) 8. aydaki farklılık haricinde anlamlı olmamıştır. Meyve boyutlarından farklı olarak Tombul'un daha fazla İG'ye sahip olduğu görülmüştür. Turan (2019) sonuçlarımıza oldukça yakın olarak Tombul fındıkta iç uzunluğu (İU), İG ve iç kalınlığı (İK) sırasıyla 13.13mm, 12.64 mm ve 12.86 mm olarak ölçmüştür. Guine ve ark. (2015) Portekiz fındıklarının İU (11.80 mm), İG (10.20 mm) ve İK'sını (9.90mm) daha düşük olarak, Aydın (2002) ise sonuçlarımızdan bir miktar daha yüksek iç boyutları bildirmiştir.

Depolama süresince Tombul'un meyve (MA) ve iç ağırlığı (İA) 1.57-1.77 g, 0.79-0.95 g Karafındık'ın ise 1.24-1.58 g, 0.59-0.82 g arasında değiştiği görülmüş ancak farklılık anlamlı bulunmamıştır. Aynı şekilde ambalaj malzemesinin ve çeşit faktörünün de MA ve İA üzerinde etkili olmadığı görülmüştür ( $P>0.05$ ). MA ve İA'yı Tombul'da Karaosmanoğlu ve Üstün (2017) 1.59-1.78, 0.88-0.97 g aralığında, Özdemir ve Akinci (2004) Karafındık'da biraz daha yüksek olarak 2.31, 1.33 olarak bildirmişlerdir. Randıman fındığın ticari değerini belirleyen en önemli unsurdur ve İA ve MA ile yakından ilişkilidir. Depolama sürecinde İA ve MA'da farklılık oluşmamasına bağlı olarak randımanda ayrıca kabuk kalınlığında belirlenen varyasyon önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan ambalaj malzemesi, depolama süresi ve çeşit parametrelerinin hiçbirisinin göbek boşluğunu (GB) etkilemediği görülmüştür. GB çevresinde polifenolksidaz enzimlerinin fenolik bileşikleri esmer renkli bileşiklere dönüştürmesiyle fındık içinde renk koyulaşması görülebilmektedir (Karaosmanoğlu, 2022a). Ortam şartlarıyla beraber her iki ambalaj malzemesinin de GB'yi arttırmayarak bu tip bozulmayı yavaşlattığı söylenebilir.

Çalışma sonuçlarına göre sağlam iç oranı (SİO) üzerinde depolama süresinin yanında ambalaj malzemesinin de önemli düzeyde etkisinin olduğu anlaşılmıştır ( $P<0.05$ ). Başlangıçta Tombul'da %99.33 olan SİO 12. ay sonunda jüt çuvalda %90.67'ye, naylonda %88.67'ye düşmüştür. Benzer şekilde Karafındık'daki %100 sağlamlık oranı jüt ve naylonda sırasıyla %90.67 ve %88.67'ye düşmüştür. Jüt malzemenin yaklaşık %2 daha fazla SİO sağladığı saptanmıştır. Buruşuk iç, abortif iç, çürük iç ve küflü iç gibi kusurların toplanmasıyla elde edilen kusurlu iç oranı (KİO), SİO'nun tam tersi şekilde davranış göstererek depolama süresince genellikle artış göstermiştir. Depolama başlangıcında Tombul ve Karafındık'da %1.67 ve %0 olan KİO süre sonunda her iki çeşitte de jütte %9.33, naylonda %11.33 olduğu görülmüştür. Beyazlama oranı (BO) fındığın ticari değerini önemli düzeyde etkileyen, kullanım yönünü belirleyen ve yüksek olması arzu edilen endüstriyel bir özelliktir (Beyhan, 2000; Karaosmanoğlu, 2022a). Tombul fındığın BO'sunun depolama süresince %95-%100 arasında değiştiği ancak varyasyonun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $P>0.05$ ) yani zamanla beyazlama oranının değişmediği görülmüştür. Diğer taraftan naylon çuvalın jüte kıyasla depolama sonunda BO'yu bir miktar arttırdığı saptanmıştır ( $P<0.05$ ). Karafındık'da ise depolama zamanı-

nın ilerlemesiyle BO'da dalgalı bir seyir görülmekle birlikte her iki ambalajda da BO azalmıştır. Ancak depolama süresi sonunda naylon ambalajın (%77.99) jüte (%74) göre daha yüksek BO sağladığı saptanmıştır ( $P<0.05$ ). Ayrıca Tombul'un Karafındık'a göre oldukça yüksek (yaklaşık %15-%25 fazla) BO'ya sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuçlarımızla uyumlu olarak Beyhan (2000) Tombul, Palaz, Sivri, Karafındık çeşitleri içerisinde en yüksek BO'yu Tombul'da rapor etmiştir.

Meyve basıklık indeksi üzerinde hiçbir parametrenin etkili olmadığı görülürken iç basıklık indeksi (İBİ) üzerinde çeşit faktörünün etkili olduğu ( $P<0.05$ ) ve Karafındık'ın daha basık iç yapısının olduğu anlaşılmıştır. Depolama süresince meyve büyüklük indeksinde ( $mDg$ ) değişim olmazken, iç büyüklük indeksinde ( $iDg$ ) sadece Karafındık-naylon uygulamasında farklılık tespit edilmiştir. Hasat sonunda 11.29 olan değer depolama sonunda 10.46'ya gerilemiştir ( $P<0.05$ ). Ambalaj malzemesi Karafındık çeşidinde 8. ay dışında etkili olmazken çeşit faktörü  $iDg$  üzerinde etkili olmuştur.  $mDg$ 'de farklılık olmazken Karafındık'ın daha yüksek  $iDg$  değerleri alması Tombul'a kıyasla meyve içini daha iyi doldurduğu anlamına gelebilir. Meyve ve iç şekil indeksleri ile meyve yüzey alanı (S) depolama süresi ve ambalaj malzemesinden etkilenmezken iç yüzey alanı (İS) kısmen etkilenmiştir. Naylon çuvalda depolanan Karafındık'ların  $iDg$  düşüşüne bağlı olarak İS değerleri de 4.08'den 3.53'e düşmüştür ( $P<0.05$ ). Çalışma sonuçlarımız Türk fındıklarında hasattan hemen sonra yürütülen bazı çalışmalarla (Özdemir ve Akinci, 2004; Balta ve ark., 2006; Ercisli ve ark., 2011) oldukça uyumludur. Ancak hasat sezonu, çeşit, lokasyon (Pliestic ve ark., 2006; Milosevic ve Milosevic, 2017; Ferrao ve ark., 2021) ve analiz yöntemi (Çetin ve ark., 2020) gibi farklılıkların meyve ve iç boyut değerlerini etkilemesi nedeniyle farklı çeşit ve lokasyondan toplanan fındıklarla yapılan bazı çalışmalarda incelenen parametreler açısından farklılık gözlenebilmektedir.

### 3.2. Farklı Ambalaj Materyalleriyle Depolanan Fındıkların Kabuk, Natürel İç ve Natürel Un Renk Değerleri

Depolanan fındıkların kabuk, natürel iç ve natürel unlarına ait renk değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Depolama süresince Tombul fındık kabuğunun  $L^*$  değerleri dalgalı bir seyir gösterirken Karafındık sürekli düşüş göstermiş ve her iki çeşitte de süre başlangıcı ve sonunda anlamlı farklılık görülmemiştir. Çeşitler arasında fark görülmüş, hasat sonrası Karafındık kabuğu daha parlak bulunurken depolamanın etkisiyle  $L^*$  değeri azalmış ve süre sonunda Tombul daha parlak bulunmuştur. Süre başlangıcında Karafındık kabuğunun  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri daha yüksekken süre sonunda farklılığın kalmadığı saptanmıştır. Örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerleri üzerinde ambalaj malzemesi farkının genellikle etkili olmadığı görülmüştür.

**Çizelge 2.** Farklı ambalaj materyalleriyle depolanan fındıkların kabuk, natürel iç ve natürel un renk değerleri

**Table 2.** Shell, natural kernel and natural flour color values of hazelnuts stored with different packaging materials

Parametre	Çeşit	Ambalaj Materyali	Depolama Süresi (Ay)			
			0	4	8	12
L*-kabuk	Tombul	Jüt	38.76 ± 0.19ABx	43.17 ± 5.03Ax	35.7 ± 1.04Bx	46.06 ± 0.73Ax
		Naylon	38.76 ± 0.19ABx	48.6 ± 3.15Ax	37.99 ± 2.30Bx	39.46 ± 4.85Bx
	Karafındık	Jüt	43.05 ± 0.03Ay	42.56 ± 3.15Ax	40.00 ± 4.20Ax	37.24 ± 5.74Ay
		Naylon	43.05 ± 0.03Ay	43.84 ± 4.98Ax	38.66 ± 3.46Ax	40.00 ± 3.48Ax
a*-kabuk	Tombul	Jüt	4.24 ± 0.02Ax	6.00 ± 0.81Ax	4.59 ± 1.75Ax	6.85 ± 1.35Ax
		Naylon	4.24 ± 0.02Bx	10.33 ± 2.28Ax	5.30 ± 2.09ABx	8.83 ± 3.23ABx
	Karafındık	Jüt	8.06 ± 0.01Ay	6.71 ± 2.40ABx	3.91 ± 1.30Bx	7.30 ± 4.27ABx
		Naylon	8.06 ± 0.01Ay	6.56 ± 3.80ABx	4.48 ± 0.19Bx	6.51 ± 3.30ABx
b*-kabuk	Tombul	Jüt	8.32 ± 0.02ABx	10.6 ± 2.49ABx	5.68 ± 2.09Bx	12.39 ± 0.66Ax
		Naylon	8.32 ± 0.02ABx	14.64 ± 2.81Ax	7.18 ± 1.48Bx	11.06 ± 2.49ABx
	Karafındık	Jüt	11.82 ± 0.01Ay	8.48 ± 2.87ABx	7.32 ± 1.02Bx	10.21 ± 4.65ABx
		Naylon	11.82 ± 0.01Ay	8.68 ± 4.09ABx	6.99 ± 0.79Bx	9.87 ± 2.69ABx
C-kabuk	Tombul	Jüt	9.33 ± 0.01Ax	12.20 ± 2.52Ax	7.31 ± 2.71Ax	14.18 ± 1.20Ax
		Naylon	9.33 ± 0.01Bx	17.92 ± 3.61Ax	8.95 ± 2.40Bx	14.19 ± 3.88ABx
	Karafındık	Jüt	14.3 ± 0.02Ay	10.81 ± 3.73ABx	8.4 ± 0.43Bx	12.58 ± 6.23ABx
		Naylon	14.3 ± 0.02Ay	10.89 ± 5.55ABx	8.3 ± 0.76Bx	11.9 ± 3.90ABx
h-kabuk	Tombul	Jüt	62.82 ± 0.02Aax	60.04 ± 3.60Aax	51.21 ± 2.99Aax	61.29 ± 3.73Aax
		Naylon	62.82 ± 0.02Aax	54.92 ± 0.98ABx	54.35 ± 5.30ABx	51.96 ± 4.87Bax
	Karafındık	Jüt	55.67 ± 0.02Ay	51.74 ± 0.99Ay	61.65 ± 10.83Ax	56.18 ± 5.46Ax
		Naylon	55.67 ± 0.02Ay	53.87 ± 2.92Ax	57.26 ± 1.96Ax	58.15 ± 9.20Ax
L*-iç	Tombul	Jüt	45.78 ± 0.02Aax	44.22 ± 1.20ABx	44.54 ± 2.13Aax	40.67 ± 1.55Bax
		Naylon	45.78 ± 0.02Aax	42.71 ± 2.90Aax	43.98 ± 1.12Aax	39.29 ± 0.61Abx
	Karafındık	Jüt	46.31 ± 0.01Ay	45.63 ± 1.90ABx	44.65 ± 1.79ABx	41.64 ± 0.14By
		Naylon	46.31 ± 0.01Ay	44.79 ± 0.93ABx	45.93 ± 1.57Ax	42.28 ± 1.59Bx
a*-iç	Tombul	Jüt	7.91 ± 0.01Bx	8.13 ± 0.54ABx	9.5 ± 0.94ABx	10.73 ± 1.72Ax
		Naylon	7.91 ± 0.01Ax	7.49 ± 1.46Ax	10.24 ± 0.72Ax	9.97 ± 1.51Ax
	Karafındık	Jüt	9.44 ± 0.01Ay	8.45 ± 0.88Ax	8.83 ± 2.47Ax	11.18 ± 0.41Ax
		Naylon	9.44 ± 0.01ABy	7.46 ± 0.40Cx	9.11 ± 1.59ABx	10.23 ± 0.57Ax
b*-iç	Tombul	Jüt	12.34 ± 0.02Bax	10.69 ± 0.14Bax	12.86 ± 1.62ABax	14.74 ± 0.64Aax
		Naylon	12.34 ± 0.02Aax	9.63 ± 1.75Bax	11.75 ± 0.31Aax	13.23 ± 0.96Abx
	Karafındık	Jüt	16.44 ± 0.02Ay	11.06 ± 0.50Cx	12.59 ± 1.43BCx	14.3 ± 0.78Bx
		Naylon	16.44 ± 0.02Ay	11.53 ± 0.31By	12.9 ± 1.31Bx	13.94 ± 0.22Bx
C-iç	Tombul	Jüt	14.66 ± 0.01Bax	13.44 ± 0.42Bax	15.99 ± 1.85ABax	18.29 ± 0.68Aax
		Naylon	14.66 ± 0.01Bax	12.2 ± 2.28Bax	15.59 ± 0.58ABax	16.58 ± 1.53Abx
	Karafındık	Jüt	18.96 ± 0.02Ay	13.93 ± 0.91Bx	15.43 ± 2.34ABx	18.17 ± 0.46Ax
		Naylon	18.96 ± 0.02Ay	13.73 ± 0.37Bx	15.8 ± 1.97ABx	17.3 ± 0.51ABx

h-iç	Tombul	Jüt	57.32 ± 0.02Ax	52.77 ± 1.56Bx	53.50 ± 0.89ABx	54.07 ± 5.37ABx
		Naylon	57.32 ± 0.02Ax	52.00 ± 0.43Bx	48.96 ± 1.90Bx	53.15 ± 3.34ABx
	Karafındık	Jüt	60.13 ± 0.02Aay	52.71 ± 1.86Bax	55.45 ± 6.40ABax	51.94 ± 2.36Bax
		Naylon	60.13 ± 0.02Aay	57.1 ± 1.44ABby	54.94 ± 2.11ABax	53.74 ± 1.11Bax
L*-un	Tombul	Jüt	69.11 ± 0.01Ax	68.59 ± 0.16Ax	70.12 ± 1.78Ax	69.49 ± 1.78Ax
		Naylon	69.11 ± 0.01Ax	69.20 ± 1.64Ax	70.34 ± 1.51Ax	67.93 ± 0.99Ax
	Karafındık	Jüt	65.01 ± 0.02Ay	66.79 ± 1.96Ax	66.52 ± 2.01Ax	63.80 ± 2.07Ay
		Naylon	65.01 ± 0.02By	65.30 ± 1.46By	70.09 ± 2.51Ax	66.73 ± 3.50ABx
a*-un	Tombul	Jüt	2.49 ± 0.00Ax	2.16 ± 0.02Ax	1.94 ± 0.47Ax	2.51 ± 0.19Ax
		Naylon	2.49 ± 0.00Ax	1.89 ± 0.32Ax	1.70 ± 0.59Ax	2.68 ± 0.63Ax
	Karafındık	Jüt	2.38 ± 0.00Bx	3.18 ± 0.51Ay	2.92 ± 0.23ABx	3.69 ± 0.61Ay
		Naylon	2.38 ± 0.00Ax	3.03 ± 0.36Ay	2.59 ± 0.77Ax	3.49 ± 0.77Ax
b*-un	Tombul	Jüt	15.71 ± 0.01Ax	14.08 ± 0.55Ax	13.37 ± 2.47Ax	14.23 ± 1.05Ax
		Naylon	15.71 ± 0.01Ax	14.21 ± 0.77Ax	14.43 ± 1.09Ax	16.24 ± 1.22Ax
	Karafındık	Jüt	14.87 ± 0.01Ay	13.86 ± 1.58Ax	12.70 ± 1.42Ax	14.60 ± 0.79Ax
		Naylon	14.87 ± 0.01Ay	13.69 ± 0.41Ax	13.25 ± 2.16Ax	15.16 ± 1.56Ax
C-un	Tombul	Jüt	15.88 ± 0.01Ax	14.25 ± 0.54Ax	13.51 ± 2.51Ax	14.45 ± 1.06Ax
		Naylon	15.88 ± 0.01Bx	14.34 ± 0.77Bx	14.54 ± 1.02ABx	16.47 ± 1.12Ax
	Karafındık	Jüt	15.05 ± 0.01Ay	14.23 ± 1.43Ax	13.05 ± 1.34Ax	15.07 ± 0.87Ax
		Naylon	15.05 ± 0.01Ay	14.03 ± 0.47Ax	13.52 ± 2.09Ax	15.56 ± 1.68Ax
h-un	Tombul	Jüt	80.98 ± 0.01Ax	81.26 ± 0.33Ax	81.75 ± 0.92Ax	79.97 ± 0.44Ax
		Naylon	80.98 ± 0.01Ax	82.42 ± 1.27Ax	83.39 ± 2.43Ax	80.52 ± 2.75Ax
	Karafındık	Jüt	80.89 ± 0.01Ay	76.85 ± 3.37By	76.89 ± 2.30ABx	75.86 ± 1.80By
		Naylon	80.89 ± 0.01Ay	77.54 ± 1.11ABy	78.72 ± 3.85ABx	77.10 ± 1.55Bx

Veriler ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı büyük harflerle (A-D) işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $P < 0.05$ ). Aynı sütun, parametre ve çeşitte farklı küçük harfle (a-b) işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $P < 0.05$ ). Aynı sütun, parametre ve farklı çeşitte farklı x, y sembolleri ile işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $P < 0.05$ ).

Natürel iç fındıkların  $L^*$  değerleri her iki çeşit ve ambalaj malzemesinde sürekli düşüş göstermiş Tombul-naylon uygulaması haricinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Tombul'da süre başında 45.78 olan  $L^*$  değerleri süre sonunda jütte 40.67'ye, naylonda 39.29'a düşmüş yani naylon çuvalda renk daha fazla kararmıştır. Bu fark oluşturulan renk sklasında anlaşılacakla beraber duyuşsal olarak çok dikkat çekecek düzeyde değildir (Şekil 4). Bostan ve Güler (2016) sonuçlarımıza benzer şekilde depolama süresince  $L^*$  değerinin giderek azaldığını bildirmişlerdir. Örneklerin  $L^*$  değeri nem oranının düşmesine bağlı olarak düşmüş olabilir.  $L^*$  değerine benzer şekilde a değeri de sürekli artmasına rağmen jüt-Tombul uygulaması hariç anlamlı görülmemiştir.  $a^*$  değerine ambalaj farkının etkisi olmazken çeşit faktörü etkili olmuş 0. ayda Karafındık daha yüksek değer alırken süre sonunda rakamsal farklılık olsa bile anlamlı fark oluşmamıştır. Örneklerin  $b^*$  değerlerinin tamamı depolama süresi boyunca önce düşüş sonra da artış gös-

termiştir. Ambalaj farkı Tömbul'da etkili olurken jüt (14.74) naylona (13.23) kıyasla daha yüksek b\* değeri sağlamıştır. Mexis ve Kontominas (2009) L\*, a\*, b\* değerlerini sırasıyla 30.45, 6, 84 8,70 olarak rapor etmişleridir. Güler ve ark (2017) depolanan fındıkların a\* değerlerini 2.79-7.69, b\* değerlerini 15.95-18.36 aralığında çalışmamıza yakın şekilde bildirmişlerdir. Akçin ve Bostan (2019) depolanan fındıkların a\* ve b\* değerlerinde dalgalanmalar rapor etmişlerdir. Çetin ve ark. (2020) ise b\* değerini daha yüksek (15.31) tespit etmişlerdir. Yetiştiricilik yapılan ekoloji, hasat yılı, çeşit, depo ortam koşulları (Guine ve ark., 2015), ölçüm metodu ve mevsimsel koşullar (Karaosmanoğlu ve Üstün, 2021) fındıkların renk değerleri üzerinde etkili olabilmektedir. Literatür sonuçlarıyla olan farklılıklar sıralanan nedenlerden kaynaklanabilir. Diğer taraftan natürel unların renk değerleri de iç fındıklara benzer davranış gösterirken renk skalasından (Şekil 4) anlaşılabilceği gibi gözle fark edilebilecek net bir değişim saptanamamıştır.

### 3.3. Farklı Ambalaj Materyalleriyle Depolanan Fındıkların Kavrulmuş İç ve Kavrulmuş Unlarının Renk Değerleri

Jüt ve naylon çuvalarda depolanıp kavrulmuş iç fındık ve unlarına ait renk değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Kavrulmuş içlerin renk değerleri üzerinde ambalaj malzemesinin etkili olmadığı ancak depolama süresi ve çeşit faktörünün etkili olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Tömbulun L\* değeri depolama süresince önce artıp sonra azalırken Karafındık'da dalgalanma olmuştur. a değerlerinin her iki çeşit ve ambalaj malzemesinde de önce azalıp sonra arttığı görülmüştür. Jütte depolanan fındıkların b\* değerleri her iki çeşitte dalgalanma davranışı gösterirken naylonda önce azalıp sonra artmıştır. Renk skalası (Şekil 4) incelendiğinde 0 ve 4. aylarda duyuşal olarak farklılık gözlenemezken 8 ve 12. aylarda farklılık oluşmuş ve depolama sonunda Tömbul'da jütte, Karafındık'da naylonda depo edilen örneklerin daha koyu olduğu gözlenmiştir. Özdemir ve ark. (2001) kavrulmuş fındıkların L\*, a\*, b\* değerlerini sırasıyla 58.29-70.09, 4.07-8.66 ve 18.74-22.66 aralığında sonuçlarımıza yakın olarak rapor etmişlerdir.

Kavrulmuş unların L\* değerleri depolama süresince önce artış sonrada azalış gösterdiği ayrıca son dönem haricinde Tömbul'un Karafındık'a kıyasla daha yüksek L\* değerleri aldığı tespit edilmiştir. İlk üç dönemde ambalaj malzemesi etkili olmazken süre sonunda naylonda depolanan örneklerin daha parlak olduğu saptanmıştır. a\* değerleri tüm örneklerde önce azalıp sonra artarken, 12. ay haricinde Karafındık çeşidinin daha yüksek a\* değerleri aldığı belirlenmiş ayrıca ambalaj malzemesi etkili olmamıştır ( $P > 0.05$ ). b değerleri depolama süresince genellikle önce azalıp sonra artış göstermiştir. a\* ve b\* değerleri naylon-Tömbul uygulaması haricinde başlangıç değerinden düşük çıkmıştır. Depolama sonunda her iki çeşitte de naylondaki örneklerin a\* değerleri daha yüksek tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ). Ercoşkun (2009) depolanan unların L\* değerlerinin azalarak başlangıç değerinin

altına indiğini,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise dalgalı bir seyir olduğunu bildirmiştir. Bostan ve Güler (2016) ise farklı olarak  $L^*$  değerinde düzenli bir azalış  $a^*$  değerinde düzenli bir artış ve  $b^*$  değerlerinde önce artış sonra azalış rapor etmişlerdir. Literatürle olan farklılık, hasat sezonu, örnek farklılığı, depolama şartları ve renk tayin yöntem farkından kaynaklanabilir. Örneklerin kahverengileşme indeksi (Kİ) ve renk farklılığı ( $\Delta E$ ) genel olarak depolama süresi ve ambalaj faktöründen etkilenebilirken çeşit etkili olmuştur.

**Çizelge 3.** Farklı ambalaj malzemeleriyle depolanan fındıkların kavrulmuş iç ve kavrulmuş un renk değerleri

**Table 3.** Roasted kernel and roasted flour color values of hazelnuts stored with different packaging materials

Parametre	Çeşit	Ambalaj Materyali	Depolama Süresi (Ay)			
			0	4	8	12
$L^*$ - iç	Tombul	Jüt	56.46 ± 3.61ABax	63.55 ± 3.63ABax	70.02 ± 1.74Aax	49.14 ± 7.84Bax
		Naylon	56.46 ± 3.61ABax	68.95 ± 6.82Aax	57.97 ± 10.88Abx	54.00 ± 3.53Bax
	Karafındık	Jüt	57.38 ± 7.29Ax	49.38 ± 4.40Ay	63.3 ± 3.67Ax	60.61 ± 14.00Ax
		Naylon	57.38 ± 7.29Ax	51.89 ± 7.75Ay	51.43 ± 5.22Ax	58.27 ± 2.05Ax
$a^*$ - iç	Tombul	Jüt	5.70 ± 0.80ABx	4.09 ± 0.20ABx	3.61 ± 0.59Bx	11.03 ± 1.19Ax
		Naylon	5.70 ± 0.80ABx	3.40 ± 1.90Bx	7.78 ± 3.57Ax	10.18 ± 0.59Ax
	Karafındık	Jüt	7.52 ± 1.38Ax	5.77 ± 2.72Ax	7.42 ± 3.09Ax	7.46 ± 4.00Ax
		Naylon	7.52 ± 1.38Ax	7.19 ± 2.00Ay	8.60 ± 1.59Ax	9.58 ± 0.93Ax
$b^*$ - iç	Tombul	Jüt	23.69 ± 2.14Ax	21.22 ± 1.26Ax	24.17 ± 0.81Ax	21.18 ± 7.09Ax
		Naylon	23.69 ± 2.14Ax	22.56 ± 0.87Ax	19.73 ± 4.75Ax	26.67 ± 1.59Ax
	Karafındık	Jüt	24.54 ± 4.09Ax	13.98 ± 3.38By	24.57 ± 1.34Ax	21.85 ± 3.70ABx
		Naylon	24.54 ± 4.09Ax	16.90 ± 6.02Ax	17.75 ± 5.71Ax	26.24 ± 2.26Ax
$C$ - iç	Tombul	Jüt	24.36 ± 2.21Ax	21.61 ± 1.27Ax	24.44 ± 0.89Ax	23.98 ± 6.66Ax
		Naylon	24.36 ± 2.21Ax	22.86 ± 1.17Ax	21.59 ± 3.32Ax	28.56 ± 1.40Ax
	Karafındık	Jüt	25.70 ± 4.00Aax	15.33 ± 3.11Bay	25.77 ± 1.77Aax	23.31 ± 3.76ABax
		Naylon	25.7 ± 4.00Aax	18.74 ± 4.44Aax	20.01 ± 4.28Abx	27.95 ± 2.12Aax
$h$ - iç	Tombul	Jüt	76.49 ± 1.43	79.08 ± 0.20	81.54 ± 1.11	61.11 ± 7.10
		Naylon	76.49 ± 1.43	81.57 ± 4.29	67.23 ± 12.87	69.07 ± 1.91
	Karafındık	Jüt	72.74 ± 3.60	67.00 ± 10.78	73.40 ± 6.42	71.34 ± 10.16
		Naylon	72.74 ± 3.60	64.53 ± 15.37	62.33 ± 12.72	69.87 ± 2.54
$L^*$ - un	Tombul	Jüt	66.11 ± 0.28Cax	68.92 ± 0.56Bax	72.09 ± 1.46Aax	63.17 ± 1.20Dax
		Naylon	66.11 ± 0.28Bax	69.10 ± 0.39Aax	71.58 ± 0.92Aax	65.46 ± 0.61Bbx
	Karafındık	Jüt	56.07 ± 0.30Cay	62.85 ± 0.67Bay	68.04 ± 0.64Aay	61.95 ± 0.18Bax
		Naylon	56.07 ± 0.30Day	62.74 ± 0.34Cay	67.52 ± 0.79Aay	65.57 ± 0.60Bbx

a* - un	Tombul	Jüt	7.79 ± 0.20Ax	5.22 ± 0.55Cx	4.70 ± 0.40Cx	7.32 ± 0.38Bx
		Naylon	7.79 ± 0.20Ax	4.77 ± 0.80Bx	5.01 ± 0.55Bx	7.62 ± 0.13Ax
	Karafındık	Jüt	9.14 ± 0.39Ay	6.33 ± 0.51BCx	5.74 ± 0.93Cx	7.19 ± 0.29Bx
		Naylon	9.14 ± 0.39Ay	7.08 ± 0.52By	6.43 ± 0.40By	7.15 ± 0.30Bx
b* - un	Tombul	Jüt	28.03 ± 0.47Aax	26.2 ± 0.52Bax	24.48 ± 1.20Cax	26.1 ± 0.65Bax
		Naylon	28.03 ± 0.47Aax	25.18 ± 0.67Bbx	24.73 ± 0.15Bax	27.51 ± 0.66Abx
	Karafındık	Jüt	25.18 ± 0.78Aay	24.55 ± 0.46Aay	24.97 ± 0.85Aax	24.21 ± 0.23Aay
		Naylon	25.18 ± 0.78Bay	25.56 ± 0.48ABax	25.40 ± 0.37ABax	26.69 ± 0.80Abx
C - un	Tombul	Jüt	29.09 ± 0.50Aax	26.71 ± 0.62Bax	24.93 ± 1.22Cax	27.11 ± 0.52Bax
		Naylon	29.09 ± 0.50Aax	25.64 ± 0.81Bax	25.23 ± 0.26Bax	28.55 ± 0.67Abx
	Karafındık	Jüt	26.79 ± 0.85Aay	25.36 ± 0.57Aay	25.63 ± 1.04Aax	25.26 ± 0.29Aay
		Naylon	26.79 ± 0.85Bay	26.52 ± 0.60Bax	26.21 ± 0.46Bax	27.63 ± 0.84Abx
h - un	Tombul	Jüt	74.48 ± 0.14Bx	78.75 ± 0.93Ax	79.04 ± 0.81Ax	74.33 ± 1.16Bx
		Naylon	74.48 ± 0.14Bx	79.32 ± 1.46Ax	78.57 ± 1.16Ax	74.51 ± 0.17Bx
	Karafındık	Jüt	70.07 ± 0.38Day	75.56 ± 0.86Bay	77.10 ± 1.61Aax	73.47 ± 0.55Cax
		Naylon	70.07 ± 0.38Bay	74.53 ± 0.81Aay	75.81 ± 0.66Aay	75.00 ± 0.30Abx
Kahverengi-leşme İndeksi (iç)	Tombul	Jüt	60.49 ± 2.80	44.54 ± 0.68	45.29 ± 3.59	70.94 ± 12.36
		Naylon	60.49 ± 2.80	43.21 ± 9.70	51.16 ± 3.51	80.12 ± 2.56
	Karafındık	Jüt	64.30 ± 7.61	41.18 ± 5.81	57.03 ± 8.03	56.14 ± 19.62
		Naylon	64.30 ± 7.61	48.63 ± 6.69	53.72 ± 8.55	70.51 ± 4.06
Kahverengi-leşme İndeksi (un)	Tombul	Jüt	62.59 ± 1.05Ax	52.38 ± 2.18Cx	45.44 ± 1.94Bx	60.66 ± 0.23Ax
		Naylon	62.59 ± 1.05Ax	49.43 ± 2.03Bx	46.70 ± 1.62Bx	61.87 ± 1.48Ax
	Karafındık	Jüt	70.23 ± 3.02Aay	55.91 ± 1.62Bay	51.02 ± 3.30Cay	57.11 ± 0.84Bay
		Naylon	70.23 ± 3.02Aay	59.5 ± 1.59Bby	53.27 ± 2.07Cay	59.16 ± 2.33Bax
ΔE (iç)	Tombul	Jüt	19.6 ± 4.07Ax	22.41 ± 3.18Ax	28.57 ± 0.97Ax	10.06 ± 5.73Ax
		Naylon	19.6 ± 4.07Ax	29.72 ± 7.86Ax	16.47 ± 11.31Ax	17.89 ± 4.30Ax
	Karafındık	Jüt	14.03 ± 8.01ABax	6.72 ± 2.88Bay	22.27 ± 5.29Aax	21.21 ± 14.00ABax
		Naylon	14.03 ± 8.01ABax	11.36 ± 6.55Bay	8.26 ± 5.06Bbx	20.23 ± 4.10Aax
ΔE (un)	Tombul	Jüt	13.75 ± 0.43Aax	12.52 ± 0.57Aax	11.92 ± 1.91Aax	14.38 ± 1.10Aax
		Naylon	13.75 ± 0.43Aax	11.47 ± 0.56Bax	11.10 ± 0.68Bax	12.60 ± 0.06ABbx
	Karafındık	Jüt	15.24 ± 0.75Aay	11.97 ± 0.93Bax	12.84 ± 1.30ABax	10.50 ± 1.06Bay
		Naylon	15.24 ± 0.75Aay	12.87 ± 0.52Bay	13.30 ± 1.42ABax	12.45 ± 0.96Bbx

Veriler ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı büyük harflerle (A-D) işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $P < 0.05$ ). Aynı sütun, parametre ve çeşitte farklı küçük harfle (a-b) işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $P < 0.05$ ). Aynı sütun, parametre ve farklı çeşitte farklı x, y sembolleri ile işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $P < 0.05$ ).



Parametre	Çeşit	Ambalaj materyali	Depolama Süresi (ay)			
			0	4	8	12
Kabuklu	Tombul	Jüt				
		Naylon				
	Karafındık	Jüt				
		Naylon				
Natürel iç	Tombul	Jüt				
		Naylon				
	Karafındık	Jüt				
		Naylon				
Natürel un	Tombul	Jüt				
		Naylon				
	Karafındık	Jüt				
		Naylon				
Kavrulmuş iç	Tombul	Jüt				
		Naylon				
	Karafındık	Jüt				
		Naylon				
Kavrulmuş un	Tombul	Jüt				
		Naylon				
	Karafındık	Jüt				
		Naylon				

Şekil 4. Depolanan fındıkların kabuk, natürel iç, natürel un, kavrulmuş iç ve kavrulmuş unlarına ait renk skalası

Figure 4. Color scale of the shell, natural kernel, natural flour, roasted kernel and roasted flours of stored hazelnuts

### 3.4. Farklı Ambalaj Materyalleriyle Depolanan Fındıkların Aflatoksin Düzeyleri

Fındığın depolanması ve pazarlanmasındaki en önemli mikrobiyolojik problem *Aspergillus* türü küfler tarafından sentezlenen ikincil metabolitler olan aflatoksinlerdir (Keskin ve Gürsoy, 2019). Fındığın aflatoksin oluşturan küflerle kontaminasyonu ve sonrasında aflatoksin oluşumu; bahçede meyve gelişimi süresince, hasatta özellikle de toprakla temas halinde, kurutma, depolama, nakliye ve işleme aşamalarında gerçekleşebilmektedir (Kabak, 2016; Karaosmanoğlu 2022a). Aflatoksinin insanlarda mutajenik, kanserojen, akut karaciğer hasarı, karaciğer sirozu, tümör indüksiyonu ve teratojenik etkilerle ilişkili olduğu bildirilmiştir ve bu nedenle birçok ülke gıda ürünlerine aflatoksin limitleri koymuştur (Keskin ve Gürsoy, 2019; Şengül, 2016).

Çalışma sonuçlarımıza göre her iki ambalaj malzemesiyle muhafaza edilen fındıklarda da aflatoksin oluşumu tespit edilmemiştir. Toprak kaynaklı mikroorganizmalar olan *Aspergillus* türü küflerin yetiştirme esnasında fındığa kontamine olması kaçınılmazdır. Ancak daha sonraki aşamalarda uygun nem ve sıcaklığa sahip ortamlarda aflatoksin sentezi gerçekleşebilmektedir. Sonuç olarak çalışmadaki ortam şartlarında (Şekil 2) her iki ambalaj malzemesinde içerisinde aflatoksin oluşumunu engelleyecek düzeyde hava ve ısı transferini sağladığı söylenebilir.

## 4. SONUÇ

Bu çalışma jüt ve naylon malzemeden yapılmış ambalajlarda depolamanın Tombul ve Karafındık çeşitlerinin fiziksel ve renk özellikleri ile aflatoksin düzeylerine etkisinin belirlendiği ilk araştırmadır. Çalışma sonuçlarına göre naylon ambalajın sağlam iç oranını düşürdüğü, kusurlu iç ve beyazlama oranını ise arttırdığı tespit edilmiştir. Naylon ambalaj özellikle kavrulmuş unların L\* (parlaklığını), sarılık (b\*) ve doymunluğunu arttırmış ancak oluşan renk farklılıkları duysal olarak renk skalasına çok dikkat çekecek düzeyde yansımamıştır. Depolama süresinin meyve ve iç boyutlarını genellikle etkilemediği, zamanın ilerlemesiyle sağlam iç oranının düştüğü, kusurlu iç oranı ve beyazlamanın arttığı, renk değişiminin ise duysal olarak algılanamayacak düzeyde olduğu gözlenmiştir. Depolama süresince hiçbir örnekte aflatoksin oluşumu tespit edilmemiştir. Ancak aflatoksin sentezi üzerinde ortam koşullarının da etkili olduğu unutulmamalıdır. Sonuç olarak incelenen parametreler açısından beyazlama oranını düşürmesine rağmen özellikle kusurlu iç miktarını arttırmaması nedeniyle jüt çuvalın kullanımının faydalı olacağı söylenebilir.

## Teşekkür

Fındık örneklerinin temini ve deponun tahsisi için Yasemin ve Abdullah KARAOSMANOĞLU'na teşekkür ederim.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## KAYNAKLAR

- Akar, A., 2016. Tömbul, Palaz ve Kalınkara fındık çeşitlerinde elle ve patozla ayıklanmış örneklerde depolama süresince meydana gelen kalite değışimleri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68s, Ordu.
- Akçin, Y., Bostan, S.Z., 2019. Tömbul fındık çeşidinde renk değerlerinin sulama ve depolama süresine göre değışimi. Akademik Ziraat Dergisi, 8 (Özel Sayı): 85-90. <https://doi.org/10.29278/azd.643582>
- Aydin, C., 2002. Physical properties of hazel nuts. Biosystems Engineering, 82(3): 297-303. Doi:10.1006/bioe.2002.0065.
- Ayfer, M., Uzun, A., Baş, F., 1986. Türk fındık çeşitleri. Karadeniz Bölgesi Fındık İhracatçılar Birliği Yayınları, 95s, Ankara.
- Balta, M.F., Yarılgaç, T., Aşkin, M.A., Kuçuk, M., Balta, F., Özenk, K., 2006. Determination of fatty acid compositions, oil contents and some quality traits of hazelnut genetic resources grown in eastern Anatolia of Turkey. Journal of Food Composition and Analysis, 19(6-7): 681-686. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.10.007>
- Beyhan, N., 2000. Değişik hasat zamanlarının fındıkta bazı meyve özellikleri üzerine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 15(3): 1-6.
- Bostan, S.Z., Güler, K.S., 2016. Kabuklu olarak depo edilen bazı fındık çeşitlerinde kalite değışimleri. Bahçe, 45(2): 41-53.
- Çetin, N., Yaman, M., Karaman, K., Demir, B., 2020. Determination of some physicochemical and biochemical parameters of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 4(5): 439-450. <https://doi.org/10.3906/tar-1905-115>
- Delprete, C., Sesana, R., 2014. Mechanical characterization of kernel and shell of hazelnuts: Proposal of an experimental procedure. Journal of Food Engineering, 124: 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.027>
- Ercisi, S., Öztürk, I., Kara, M., Kalkan, F., Seker, H., Duyar, O., Ertürk, Y., 2011. Physical properties of hazelnuts. International Agrophysics, 25(2): 115-121.
- Ercoşkun, D.T., 2009. Bazı işlenmiş fındık ürünlerinin raf ömrü üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 205s, Ankara.
- Ferrão, A.C., Guiné, R.P.F., Ramalhosa, E., Lopes, A., Rodrigues, C., Martins, H., Gonçalves, R., Correia, P.M.R., 2021. Chemical and physical properties of some hazelnut varieties grown in Portugal. Agronomy, 11(8): 1476. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081476>
- Guiné, R.P., Almeida, C.F., Correia, P.M., 2015. Influence of packaging and storage on some properties of hazelnuts. Journal of Food Measurement and Characterization, 9(1): 11-19. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9206-3>
- Güler S.K, Bostan S.Z, Çon A.H., 2017. Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. Postharvest Biology and Technology 123:12-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.007>
- Kabak, B., 2016. Aflatoxins in hazelnuts and dried figs: Occurrence and exposure assessment. Food Chemistry, 211: 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.141>
- Karaosmanoğlu, H., Üstün, N.Ş., 2021. Determination of color properties of organic and conventional hazelnut flour. Akademik Ziraat Dergisi, 10(1): 11-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.749983>
- Karaosmanoğlu, H., 2022a. Geç hasadın Tömbul fındığın biyometrik ve renk özellikleri ile aflatoksin düzeyine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(4): 549-559. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1138327>
- Karaosmanoğlu, H., 2022b. Effects of Roasting Process on Color and Some Industrial Properties of Hazelnuts Cultivated By Organic And Conventional Methods. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(4): 1042-1050. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1127842>

- Karaosmanoğlu, H., Üstün N.Ş., 2017. Organik ve konvansiyonel fındıkların (*Corylus avellana* L.) bazı fiziksel özellikleri. Akademik Gıda, 15(4): 377-385. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.370107>
- Karaosmanoğlu, H., Üstün, N.Ş., 2019. Variations in fatty acid composition and oxidative stability of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties stored by traditional method. Grasas y Aceites, 70(1): e288-e288. <https://doi.org/10.3989/gya.0463181>
- KİB, 2022. Karadeniz İhracatçı Birlikleri. Erişim tarihi: 21.03.2023. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcjcle-findmkaj/<https://kib.org.tr/files/downloads/2021-2022.pdf>
- Keskin, Z.S., Gürsoy, N., 2019. Investigation of natural mycoflora and aflatoxin formation in hazelnuts and products. Cumhuriyet Science Journal, 40(4): 967-977. <https://doi.org/10.17776/csj.644503>
- Marzocchi, S., Pasini, F., Verard, V., H. Ciemniowska-Zytkiewicz, Caboni, M. F., Romani, S., 2017. Effects of different roasting conditions on physical- chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Katalonski). LWT-Food Science and Technology, 77: 440-448. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.068>
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27(12): 1254-1255.
- Mexis, S.F., Kontominas, M.G., 2009. Effect of -irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). Radiation Physics and Chemistry, 78: 407-413. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.03.008>
- Milošević, T., Milošević, N., 2017. Determination of size and shape features of hazelnuts using multivariate analysis. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 16: 49-61. DOI: 10.24326/asphc.2017.5.6
- Özdemir, F., Akinci, I., 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. Journal of Food Engineering, 63(3): 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.08.006>
- Özdemir, M., Seyhan, F.G., Bakan, A.K., İlter, S., Özay, G., Devres, O., 2001. Analysis of internal browning of roasted hazelnuts. Food Chemistry, 73: 191-196. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00273-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00273-9)
- Pliestic, S., Dobricevic, N., Filipović, D., Gospodaric, Z., 2006. Physical properties of Filbert nut and kernel. Biosystems Engineering, 93(2): 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.11.008>
- Sharma, S., Barkauskaite, S., Jaiswal, A.K., Jaiswal, S., 2021. Essential oils as additives in active food packaging. Food Chemistry, 343: 128403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128403>
- Şengül, Ü., 2016. Comparing determination methods of detection and quantification limits for aflatoxin analysis in hazelnut. Journal of Food and Drug Analysis, 24: 56-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2015.04.009>
- TİM, 2022. Türkiye İhracatçılar Meclisi. Erişim tarihi: 13.12.2022. <https://tim.org.tr/ihracat-rakamlari>.
- TSE, 2010. Turkish Standards Institution. Determination of aflatoxins in oil dried fruits. TSE, TS EN ISO 16050. Turkey: TSE
- Turan, A., 2019. Kurutma yöntemlerinin fındığın fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34(3): 296-303. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.536346>
- Turan, A., Karaosmanoğlu, H., 2019. Effect of drying methods on long term storage of hazelnut. Food science and Technology, 39(Suppl.2): 406-412. <https://doi.org/10.1590/fst.20518>





# İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Hatlarının Tane Kalite Özellikleri Yönünden Karakterizasyonu

## Characterization of Ispir Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines for Seed Quality Traits

Erdal ELKOCA<sup>1</sup>, Cemil AYDOĞAN<sup>2</sup>, Kamil HALİLOĞLU<sup>3</sup>, Murat AYDIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ağrı  
· eelkoca@agri.edu.tr · ORCID > 0000-0002-1636-4701

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum  
· cemilaydogan@outlook.com · ORCID > 0000-0002-5418-7531

<sup>3</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum  
· kamilh@atauni.edu.tr · ORCID > 0000-0002-4014-491X

<sup>4</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Erzurum  
· maydin@atauni.edu.tr · ORCID > 0000-0003-1091-0609

### Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 28 Mart / March 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 5 Mayıs / May 2023

Yıl/Year: 2023 | Cilt-Volume: 38 | Sayı-Issue: 2 | Sayfa/Pages: 353-372

Atıf/Cite as: Elkoca, E., Aydoğan, C., Haliloğlu, K., Aydın, M. "İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Hatlarının Tane Kalite Özellikleri Yönünden Karakterizasyonu" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 353-372.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erdal ELKOCA

## İSPİR KURU FASULYE (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) HATLARININ TANE KALİTE ÖZELLİKLERİ YÖNÜNDEN KARAKTERİZASYONU

### ÖZ

Bu araştırma, üstün tane kalite özelliklerine sahip İspir kuru fasulye hatlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. On beş İspir kuru fasulye hattı tescilli iki çeşit (Elkoca-05 ve Aras-98) ile birlikte Erzurum tarla koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre denemeye alınmış ve elde edilen tohumların çeşitli kalite özellikleri (kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, su alma indeksi, kuru hacim, yaş hacim, şişme kapasitesi, şişme indeksi ve protein oranı) incelenmiştir. Şişme indeksi hariç incelenen diğer özellikler yönünden genotipler arasında önemli bir varyasyon olduğu belirlenmiştir. İspir kuru fasulye hatları, şişme indeksi ve protein içeriği hariç, incelenen tüm özelliklerde standart çeşitlere göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Su alma kapasitesi, su alma indeksi ve şişme kapasitesinin tohum ağırlığı ve hacmi ile pozitif yönde önemli ölçüde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, önemsiz olmakla birlikte, incelenen tüm özellikler protein içeriği ile negatif ilişkili bulunmuştur. Temel bileşen analizinde, kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, kuru hacim, ıslak hacim ve şişme kapasitesinin önemli yüke sahip olduğu PC1 eksenini toplam varyasyonun %76.3'ünü; şişme indeksi ve protein oranının önemli yüke sahip olduğu PC2 eksenini ise toplam varyasyonun %10.5'ini açıklamıştır. Kümeleme analizi ise genotiplerin dört grupta kümelendiğini göstermiştir. Kümeleme analizinde yüksek tane kalite özellikleri ile ön plana çıkan ikinci gruptaki beş İspir fasulye hattının (kayıt no 4, 16, 17, 19 ve 67), yüksek tane kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesinde doğrudan kullanılabilmesi gibi tane kalitesini iyileştirmeye yönelik İslah çalışmalarında da bu genotiplerden yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Fasulye, Tane Kalite Özellikleri, Karakterizasyon, Temel Bileşen Analizi, Kümeleme Analizi.



## CHARACTERIZATION OF ISPIR DRY BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) LINES FOR SEED QUALITY TRAITS

### ABSTRACT

The objective of this investigation was to select candidate lines of İspir dry bean having high seed quality traits. The fifteen İspir dry bean lines were tested with two check cultivars (Elkoca-05 and Aras-98) in Erzurum field conditions in a randomized block design and their seeds were analyzed for their quality traits (dry weight,

wet weight, water absorption capacity, water absorption index, dry volume, wet volume, swelling capacity, swelling index and protein content). Except for swelling index, there was a considerable variation in the quality traits tested within the genotypes. İspir dry bean lines had higher values than standard cultivars in all traits studied, except swelling index and protein content. Water absorption capacity, water absorption index and swelling capacity were significantly correlated with weight and volume of the seed. Although insignificant, it was determined that all the traits examined were negatively correlated with the protein content. In principal components analysis (PCA), the dry weight, wet weight, water absorption capacity, dry volume, wet volume and swelling capacity on PC1 explained 76.3% of total variation, and swelling index and protein content on PC2 explained 10.5 % of total variation. Cluster analysis indicated that the genotypes were clustered in four groups. It has been concluded that the five İspir bean lines (registration number 4, 16, 17, 19 and 67) in the second group, which stand out with their high grain quality characteristics, can be used directly in the development of varieties with high grain quality, and these genotypes can also be used in breeding studies to improve grain quality.

**Keywords:** Common Bean, Seed Quality Traits, Characterization, Principal Component Analysis, Cluster Analysis.



## 1. GİRİŞ

Kuru tanelerinde % 16-30 arasında protein içeren fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), önemli bir besin kaynağıdır (Saba ve ark., 2016). Tahıllardan önemli seviyede yüksek protein içermesi yanında, başta lizin olmak üzere, esansiyel amino asitler bakımından da tahıl taneleri için çok iyi bir tamamlayıcı protein kaynağıdır (Perla ve ark., 2003; Teshome ve Emire, 2012). Bu nedenle, gelir seviyesi az olduğu için çoğunlukla protein oranı düşük tahıllarla beslenen gelişmekte olan ülkelerde, protein açığının kapatılmasında önemli bir alternatif oluşturmaktadır (Moraghan ve Grafton, 2001; Teshome ve Emire, 2012). Kuru fasulye ayrıca yüksek miktarda karbonhidrat, vitamin (özellikle A ve B vitaminleri) ve mineral maddeler ile insan sağlığı üzerinde çok olumlu etkilere sahip olan diyetel lif içerir (Kutos ve ark., 2003; Perla ve ark., 2003; Costa ve ark., 2006; Anton ve ark., 2008; Saha ve ark., 2009; Pinheiro ve ark., 2010; Gouveia ve ark., 2014). Fasulye bütün bu üstün özellikleri nedeniyle yetersiz beslenmeyi azaltmaya yardımcı olabilecek gıdaların başında gelmekte ve mükemmel bir besin olarak kabul edilmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Saba ve ark., 2016; Ferreira ve ark., 2017).

Fasulye tüketiminin, kandaki kolesterol seviyesini düşürdüğü (Anderson ve Gustafson, 1988) ve buna bağlı olarak koroner kalp hastalığı riskini azalttığı (Me-



notti ve ark., 1999); başta bağırsak olmak üzere, çeşitli kanser türlerine (Mathres, 2002; Hangen ve Bennink, 2002), obeziteye ve şeker hastalığına karşı koruduğu bildirilmektedir (Geil ve Anderson, 1994; Hayat ve ark., 2014). Gelişmiş ülkelerde tüketicilerin sağlıklı beslenme konusundaki bilinç seviyesinin giderek yükselmesi (Piergiovanni ve ark., 2000) ve yapılan araştırmalarla fasulyenin beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin ortaya konulması, fasulyeyi daha çok az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerin besini olmaktan çıkartmış, gelişmiş ülkelerde de üretim ve tüketiminin önemli seviyede artmasını sağlamıştır (Kaur ve ark., 2009). Nitekim günümüzde kuru fasulye, dünyada en çok ekilen (35.9 milyon ha) ve üretilen (27.7 milyon ton) yemeklik baklagil türüdür (Anonim, 2021). Türkiye’de ise 107.7 bin ha ekim alanı ve 305 bin ton üretim ile (Anonim, 2021) ülkemiz insanlarının beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir.

Ülkemizin ekolojik koşullar yönünden önemli bir çeşitliğe sahip olması, fasulye üzerinde etkili olmuş ve çok sayıda yerel genotip/ekotipin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Soydaş ve ark., 2021). Değerlendirilmesi gereken çok önemli birer kaynak niteliğinde olan bu yerel fasulye genotipleri, yüksek kalite ve besin değeri ile bulunduğu yerel koşullara adaptasyon ve düşük girdi gereksinimi gibi çok önemli avantajlara sahiptirler (Arvanitoyannis ve ark., 2007; Mavromatis ve ark., 2010). Ayrıca, lezzetli olmaları ve yüksek pişme kalitesi yönüyle de tercih edilmektedirler (Yeken ve ark., 2019). Kuru ve yaş tohum ağırlığı, su alma kapasitesi, su alma indeksi, şişme kapasitesi, şişme indeksi, kuru ve ıslak hacim, pişme süresi ve protein oranı tannin kalite özelliklerini ifade etmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Anton ve ark., 2008; Gathu ve Njage, 2012; Ferreira ve ark., 2017). Yerel fasulye genotiplerinin tane verimine ilaveten bu özellikler yönünden de araştırılması, yüksek verimli ve aynı zamanda mutfak kalitesi yüksek olan çeşitlerin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları için büyük önem taşımaktadır (Saha ve ark., 2009; Yeken ve ark., 2019).

Kuru fasulyede tane iriliği ve şekli, su emme, yumuşak doku ve ince kabuk gibi özellikler ile pişme kalitesi tüketici tercihleri üzerinde önemli rol oynamakta ve fasulyenin ticari değerini artırmaktadır (González ve ark., 2006; Mkanda ve ark., 2007; Gathu ve Njage, 2012). Beyaz, iri taneli ve şeker fasulyesi tipindeki yarı sarılcı yerel İspir fasulye popülasyonu yüksek miktarda su alarak şişmesi, kabuğun taneden ayrılmaması, kısa sürede pişmesi ve lezzetli olması nedeniyle tüketiciler tarafından “İspir fasulyesi” olarak tanınmakta ve oldukça rağbet görmektedir (Ozturk ve ark., 2009; Topcu ve ark., 2010; Sakiroglu ve ark., 2013).

Yapılan önceki çalışmalarda İspir fasulye popülasyonu içerisinde tek bitki seleksiyonu yöntemiyle saf hatlar elde edilmiş ve bunların morfolojik karakterizasyonu, tarımsal özellikleri ve seleksiyonu üzerine bir seri araştırma yürütülerek ümitvar hatlar belirlenmiştir (Aydoğan ve ark., 2020; Bıyıklı ve ark., 2021). Ancak, bugüne kadar bu çok değerli fasulye popülasyonunda tane kalite parametrelerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir araştırma yürütülmemiştir. Dolayısıyla bu

çalışma, bazı kalite parametreleri ve teknolojik özellikler bakımından ileri İspir fasulye hatları arasındaki varyasyonu belirlemek ve bu varyasyondan yararlanarak yüksek tane kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar için materyal temin etmek amacıyla yürütülmüştür.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Araştırmada Kullanılan Fasulye Genotipleri

Erzurum'un İspir ilçesindeki köyler hasat zamanı ziyaret edilerek tek bitki seleksiyonu yöntemiyle 40 hat elde edilmiş ve yapılan ön verim çalışmasında bu hatlardan 15 tanesi üstün bulunmuştur (Bıyıklı ve ark., 2021). Ümitvar bulunan bu 15 ileri İspir fasulye hattı ile Doğu Anadolu Bölgesi ve Erzurum ekolojik koşullarına uygunluğu yönüyle tescil almış olan iki çeşit (Elkoca-05 ve Aras-98) bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur (Çizelge 1).

#### Çizelge 1. Araştırmada kullanılan İspir fasulye hatları ve tescilli çeşitler

**Table 1.** *İspir bean lines and registered cultivars used in the research*

Saf Hat No	Temin Edildiği Yer	Tane Rengi	Tane Tipi	Lokasyon		
				Enlem	Boylam	Rakım (m)
3, 4, 6, 10, 16, 17, 19	Öztoprak Köyü	Beyaz	Şeker	40.518	41.052	1431
32, 33, 35	Yeşilyurt Köyü	Beyaz	Şeker	40.518	41.069	1549
39, 40	Maden Köyü	Beyaz	Şeker	40.435	40.851	1226
67, 69	Maden Köprübaşı Beldesi Akbağ Mah.	Beyaz	Şeker	40.434	40.819	1286
49	Elmalı Beldesi Ağıldere Köyü	Beyaz	Şeker	40.401	40.834	1470
Tescilli Çeşitler	İsahçı Kuruluş					
Aras-98	Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/Erzurum	Beyaz	Horoz			
Elkoca-05	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü/Erzurum	Beyaz	Horoz			

### 2.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Araştırmada kullandığımız fasulye genotipleri Atatürk Üniversitesi'ne ait deneme alanında üretilmiştir. Az kireçli (% 0.38), hafif alkali (pH 7.26) ve killi-tınlı yapıda olan deneme alanının tuz içeriği oldukça düşük ( $0.12 \text{ mmhos cm}^{-1}$ ) ve organik madde miktarı ise azdır (% 1.75). Deneme alanının azot içeriği düşük ( $2.6 \text{ kg da}^{-1}$ ), fosfor içeriği orta ( $5.9 \text{ kg da}^{-1}$ ), potasyum içeriği ise yüksek ( $106.9 \text{ kg da}^{-1}$ ) seviyededir (Aydın ve Sezen, 1995).

### 2.3. Tarla Çalışmaları

Tarla çalışmaları Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Elle 18 Mayıs'ta yapılan ekimde, ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıra arasının 50 cm, sıra üzerinin ise 6-7 cm olarak ayarlandığı parsellerde, 4 m uzunluğunda 4 sıra yer almış ve metrekaresine yaklaşık 32 adet tohum ekilmiştir. Deneme alanına ekimden hemen önce 4 kg N da<sup>-1</sup> ve 6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> hesabıyla % 21'lik amonyum sülfat ve % 45'lik triple süperfosfat gübrelere uygulanmıştır (Anonim, 2001). Deneme alanı ihtiyaç duyuldukça salma sulama yöntemi ile sulanmış ve yabancı ot mücadelesi çapa ile yapılmıştır. Hasattan sonra bitkiler seraya taşınmış ve 3-4 gün kurutulduktan sonra harman edilmiştir.

### 2.4. Laboratuvar Çalışmaları Ve Verilerin Elde Edilişi

Laboratuvar çalışmasında, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü'nün Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatına göre (Anonim, 2001) aşağıdaki özellikler belirlenmiştir:

#### 2.4.1. Kuru Ağırlık (g)

Her parselden elde edilen üründen 100 adet tohum sayılıp tartılmış ve bu kuru ağırlık olarak kaydedilmiştir.

#### 2.4.2. Yaş Ağırlık (g)

Kuru ağırlığı belirlenmiş olan 100 adet tohum 500 ml'lik erlenmayerde 16 saat süreyle oda sıcaklığında saf su içerisinde bekletilmiştir. Erlenmayer içerisinden çıkarılan tohumlar iyice kurulandıktan sonra tartılmış ve yaş ağırlık belirlenmiştir.

#### 2.4.3. Su Alma Kapasitesi (g tane<sup>-1</sup>)

Eşitlik 1 ve 2 aracılığı ile hesaplanmıştır:

$$\text{Şişmeyen tohum var ise; Su alma kapasitesi (g tane}^{-1}\text{)} = Y - [X - (X/100) * N2] / (N1 - N2) \quad (1)$$

Y= şişmeyen taneler ayrıldıktan sonraki yaş ağırlık, X= kuru ağırlık, N1= orijinal tohum sayısı (100), N2= sert (su çekmeyen) tohum sayısı

$$\text{Şişmeyen tohum yok ise; Su alma kapasitesi (g tane}^{-1}\text{)} = (Y - X) / 100 \quad (2)$$

#### 2.4.4. Su Alma İndeksi

Su alma indeksi ( $\text{g tane}^{-1}$ )/(kuru ağırlık/100) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. (3)

#### 2.4.5. Net Kuru Hacim (ml)

Dereceli silindire konulan 100 adet tohum üzerine 50 ml su ilave edilmiş ve toplam kuru hacim belirlenmiştir. Toplam kuru hacimden eklenen suyun hacmi (50 ml) çıkarılmış ve elde edilen değer net kuru hacim olarak kaydedilmiştir.

#### 2.4.6. Net Yaş Hacim (ml)

Kuru hacmi belirlenmiş olan 100 adet tohum saf su içerisinde 16 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda su boşaltılmış ve tohumlar kurutma kâğıdı ile iyice kurulandıktan sonra dereceli silindire alınmış ve üzerine 100 ml su ilave edilerek sonuç toplam yaş hacim olarak kaydedilmiştir. Daha sonra toplam yaş hacimden eklenen suyun hacmi (100 ml) çıkarılarak net yaş hacim belirlenmiştir.

#### 2.4.7. Şişme Kapasitesi (ml tane<sup>-1</sup>)

Eşitlik 4 ve 5 aracılığı ile hesaplanmıştır:

$$\text{Şişmeyen tohum var ise; Şişme kapasitesi (ml tane}^{-1}\text{)} = Y - [X - (X/100) \cdot N2] / (N1 - N2) \quad (4)$$

Y= net yaş hacim, X= net kuru hacim, N1= orijinal tohum sayısı (100), N2= sert (su çekmeyen) tohum sayısı

$$\text{Şişmeyen tohum yok ise; Şişme kapasitesi (g tane}^{-1}\text{)} = (Y - X) / 100 \quad (5)$$

#### 2.4.8. Şişme İndeksi

(Net yaş hacim)/(Net kuru hacim) eşitliği ile belirlenmiştir. (6)

#### 2.4.9. Tane Protein Oranı (%)

Öğütülmüş tohumlardan 0.3 g numune alınarak Kjeldahl yöntemi ile % azot belirlenmiştir. Elde edilen değerler 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### 2.5. Verilerin Analizi

Verilerin analizinde MSTATC istatistik programı kullanılmıştır. Önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile % 5 ihtimal seviyesinde kontrol edilmiştir. Temel bileşen ve kümeleme (cluster) analizleri için

SPSS paket programı kullanılmıştır. Kümeleme analizinde Ward's yöntemi esas alınmıştır (Ward, 1963).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Varyans analizi sonuçları, şişme indeksi hariç, incelenen parametreler bakımından genotipler arasında önemli farklılıkların olduğunu göstermiştir (Çizelge 2).

#### 3.1 Kuru Ağırlık

Kuru fasulyede tane iriliği önemli bir verim unsuru olması yanında, iri taneli çeşitler özellikle ülkemizde tüketiciler tarafından daha çok tercih edilmektedir (Mavromatis ve ark., 2012; Çalışkan ve ark., 2018). Bu nedenle kaliteyi artırmaya yönelik ıslah çalışmalarında, tane iriliği önemli bir parametre olarak dikkate alınmaktadır (Saba ve ark., 2016). Aras-98 ve Elkoca-05'te sırasıyla 42.7 g ve 48.9 g olan kuru ağırlık değerleri, İspir fasulye hatlarında 51.0 g (kayıt no 40) ile 59.2 g (kayıt no 4) arasında çok önemli bir varyasyon göstermiştir (Çizelge 2). Biri hariç (kayıt no 40), İspir fasulye hatlarının tamamı tescilli çeşitlerden önemli seviyede yüksek kuru ağırlık değerlerine sahip olmuştur. Diğer taraftan 4, 17, 19 ve 67 nolu hatlar ise diğer bütün İspir fasulye hatlarından önemli seviyede yüksek (58.3-59.2 g) kuru ağırlık değerleri ile oldukça dikkat çekici bulunmuşlardır (Çizelge 2). Fasulyede tane iriliği yüksek bir kalıtım derecesine sahip olup (Blair ve ark., 2009), yapılan diğer çalışmalarda da tane iriliği bakımından fasulye genotipleri arasında önemli varyasyonların bulunduğu rapor edilmektedir (Elkoca ve Çınar, 2015; Boros ve Wawer, 2018; Sözen ve Karadavut, 2020)

#### 3.2. Yaş Ağırlık

Araştırmamızda yaş ağırlığın kuru ağırlıkla pozitif yönde çok önemli ( $r=0.99^{**}$ ) ilişki içerisinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Aynı ilişkinin varlığı diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Sofi ve ark., 2014; Saba ve ark., 2016; Çalışkan ve ark., 2018). Yaş ağırlıkta da en düşük değerler Aras-98 ve Elkoca-05 çeşitlerinde (sırasıyla, 88.0 ve 101.6 g) saptanmıştır (Çizelge 2). Yaş ağırlık değeri İspir fasulye hatlarında ise 107.8 g (kayıt no 40) ile 126.8 g (kayıt no 4) arasında olmak üzere geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Hatlardan 40 nolu olan hariç, İspir fasulye hatlarının yaş ağırlıkları tescilli çeşitlerden önemli seviyede yüksek bulunmuştur. İspir fasulye hatları arasında ise 4, 17, 19 ve 67 nolu hatlar ön plana çıkmış ve bu hatların yaş ağırlık değerleri (125.1-126.8 g) diğer hatların tamamından önemli seyide yüksek olmuştur (Çizelge 2). Benzer şekilde, fasulyede yaş ağırlık değerlerinin 29.8-167.8 g (Sofi ve ark., 2014), 24.2-163.0 g (Saba ve ark., 2016), 37.0-129.2 g (Yeken ve ark., 2019) ve 43.6-90.5 g (Sözen ve Karadavut, 2020) arasında olmak üzere, genotiplere göre önemli değişim gösterdiği rapor edilmiştir.

### 3.3. Su Alma Kapasitesi

Su alma kapasitesi, tohumların ıslatıldığı suyu ne ölçüde emdiğinin bir göstergesi olup, yüksek su alma kapasitesine sahip genotipler daha geçirgen tohum kabuğu ve daha yumuşak kotiledonlara sahiptirler (Özer ve ark., 2010). Kuru baklagillerde pişirmeden önce suda bekletme, tanelerin su alarak şişmesini sağlamak ve bu durum pişme esnasında daha iyi bir ısı transferine imkân sağlayarak pişme süresini kısaltmaktadır (Wang ve ark., 2003). Fasulyede de yumuşaklığın ve yüksek geçirgenliğin çok önemli göstergesi olan yüksek su alma kapasitesi, pişirme süresini kısaltarak, pişirme kalitesini artırmaktadır (Shimelis ve Rakshit, 2005; Kınacı ve ark., 2008). Bu nedenle kuru fasulyede su alma kapasitesinin yüksek olması arzu edilmekte, gerek tüketiciler ve gerekse işleme tesisleri yüksek su alma kapasitesine sahip kısa sürede pişen kuru fasulye çeşitlerini tercih etmektedirler (Shimelis ve Rakshit, 2005; Shimelis, 2006).

Araştırmamızda en düşük su alma kapasitesine Aras-98 (0.453 g tane<sup>-1</sup>) ve Elkoca-05 (0.527 g tane<sup>-1</sup>) çeşitleri sahip olmuştur. İspir fasulye hatlarında ise su alma kapasitesi 0.567 g tane<sup>-1</sup> (kayıt no 40) ile 0.676 g tane<sup>-1</sup> (kayıt no 4) arasında önemli bir değişim göstermiştir (Çizelge 2). İspir fasulye hatlarının tamamı Aras-98'den; 6 ve 40 nolu hatlar hariç diğerleri ise Elkoca-05'den önemli seviyede yüksek su alma kapasitesine sahip olmuşlardır. İspir fasulye hatları birbiriyle kıyaslandığında ise su alma kapasitesi 0.667-0.676 g tane<sup>-1</sup> arasında yer alan 5 hat (kayıt no 4, 16, 17, 19, 67) ilk sıralarda yer almıştır (Çizelge 2). Diğer araştırma sonuçları dikkate alındığında, İspir fasulye hatlarının su alma kapasitesinin Hindistan (0.12-0.42 g tane<sup>-1</sup>) (Wani ve ark., 2017), Tunus (0.222-0.539 g tane<sup>-1</sup>) (Nciri ve ark., 2014), Etiyopya (0.081 ile 0.194 g tane<sup>-1</sup>) (Shimelis ve Rakshit, 2005), Polonya (0.180-0.567 g tane<sup>-1</sup>) ve Ukrayna (0.397-0.516 g tane<sup>-1</sup>) (Boros ve Wawer, 2018) fasulye genotipleri ile ülkesel tescilli bazı fasulye çeşitleri için belirtilen değerlerden (0.344-0.493 g tane<sup>-1</sup>) (Sözen ve Karadavut, 2020) daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tanenin su alma kapasitesi tane iriliği ile de yakından ilişkilidir (Kınacı ve ark., 2008; Ozaktan, 2021). Nitekim tane ağırlığı ve hacmi ile tanenin su alma kapasitesi arasında belirlediğimiz yüksek korelasyon katsayıları ( $r= 0.97-0.99^{**}$ ) da bu durumu teyit etmiştir (Çizelge 3). Aynı ilişkinin varlığı diğer pek çok araştırma sonucunda da rapor edilmiştir (Kaur ve ark., 2009; Sofi ve ark., 2014; Saba ve ark., 2016).

### 3.4. Su Alma İndeksi

Tanenin kuru ağırlığına oranla ne kadar su aldığını gösteren su alma indeksi, kuru fasulyede pişme kalitesi üzerine etki eden önemli parametrelerden biri olup (Mavromatis ve ark., 2012; Teshome ve Emire, 2012), su alma indeksi yüksek olan genotiplerin erken piştiği bildirilmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Boros ve Wawer, 2018). Baklagillerde tane iriliği, tane hacmi ve kabuk kalınlığı su alma in-

deksini önemli ölçüde etkilemektedir (Sefa-Dedah ve Stanley, 1979; Kaur ve ark., 2009; Tripathi ve ark., 2012). Araştırmada hesapladığımız korelasyon katsayısı da su alma indeksinin tane ağırlığı ve hacmi ile önemli ilişki ( $r= 0.70-0.73^{**}$ ) içerisinde olduğunu göstermiştir (Çizelge 3).

Kullandığımız genotiplerin tamamında su alma indeksinin birden büyük olduğu; diğer bir ifadeyle genotiplerin tanelerine kuru ağırlıklarından daha fazla miktarda su aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 2). Araştırmamızda Aras-98 (1.061) ve Elkoca-05 (1.078) çeşitleri su alma indeksi yönünden son sırada yer almışlardır. Su alma indeksinin 1.079 (kayıt no 6) ile 1.177 (kayıt no 35) arasında çok önemli bir değişim gösterdiği İspir fasulye hatlarında ise 35 ve 10 nolu hatlar yüksek su alma indeksi değerleri ile ilk sırada yer almışlardır (Çizelge 2). Çoklu karşılaştırma testi sonuçları, 3 ispir fasulye hattı (kayıt no 6, 32, 40) hariç diğerlerinde su alma indeksinin standart çeşitlerden önemli seviyede yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 2). Yapılan diğer çalışmalarda da fasulyede su alma indeksinin 0.48-0.93 (Wani ve ark., 2017), 0.78-1.25 (Saha ve ark., 2009), 0.47-0.52 (Nciri ve ark., 2014) 1.03-1.70 (Mavromatis ve ark., 2012) ve 0.97-1.18 (Boros ve Wawer, 2018) olmak üzere genotipler arasında önemli değişim gösterdiği bildirilmiştir.

### 3.5. Kuru Hacim

Tescilli çeşitlerde 33.3 ml (Aras-98) ve 39.0 ml (Elkoca-05) olan kuru hacim değerleri, İspir fasulye hatlarında 39.3-47.0 ml arasında önemli bir değişim göstermiştir. İspir fasulye hatlarından dört tanesi (kayıt no 4, 17, 19 ve 67) yüksek kuru hacim değerleri (45.7-47.0 ml) ile ön sıralarda yer almışlardır. Çoklu karşılaştırma testi sonucunda İspir fasulye hatlarının tamamının Aras-98'den; 6 ve 40 nolu hatlar hariç diğer hatların ise Elkoca-05'den önemli seviyede yüksek kuru hacim değerlerine sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). İri taneli genotiplerde kuru hacim değerlerinin de yüksek olduğu gözlenmiş ve kuru ağırlık ile kuru hacim arasında hesapladığımız yüksek korelasyon katsayısı da ( $r= 0.98^{**}$ ) bu durumu istatistiki olarak doğrulamıştır (Çizelge 3). Aynı ilişkinin varlığına vurgu yapan diğer araştırmacılar da kuru hacim değerleri yönünden fasulye genotipleri arasında önemli varyasyonların bulunduğunu rapor etmişlerdir (Şehirli ve Atlı, 1993; Çalışkan ve ark., 2018; Yeken ve ark., 2019).

### 3.6. Yaş Hacim

En düşük yaş hacim değerleri Aras-98 (79.7 ml) ve Elkoca-05 (96.0 ml) çeşitlerinde belirlenmiştir (Çizelge 2). İspir fasulye hatlarının yaş hacim değerleri ise 95.3 ml (kayıt no 40) ile 113.7 ml (kayıt no 4) arasında olmak üzere oldukça geniş bir varyasyon göstermiştir. Kuru hacim gibi yaş hacmin de kuru ağırlıkla ilişkisi pozitif yönde ve önemli ( $r= 0.99^{**}$ ) bulunmuştur (Çizelge 3). Bu duruma bağlı olarak, aynen kuru hacimde olduğu gibi, yaş hacim değerleri yönünden de

4, 17, 19 ve 67 nolu hatlar (112.3-113.7 ml) ilk sıralarda yer almış ve İspir fasulye hatlarının tamamı Aras-98'den önemli seviyede yüksek yaş hacim değerlerine sahip olmuşlardır. Yaş hacim değeri 95.3 ml ile 103.0 ml arasında değişen 6, 33, 39, 40 ve 69 nolu hatlar ise Elkoca-05 ile aynı grup içerisinde yer alırken, geri kalan hatların tamamı Elkoca-05'ten önemli seviyede yüksek yaş hacim değerleri ile ön plana çıkmışlardır (Çizelge 2). Batı Anadolu fasulye gen kaynakları üzerinde çalışan Yeken ve ark. (2019) da yaş hacmin kuru ağırlıkla pozitif yönde önemli ilişki içinde olduğunu ve genotipler arasında yaş hacim değerleri yönünden önemli farkların bulunduğunu saptamışlardır.

### 3.7. Şişme Kapasitesi

Su alma kapasitesi gibi yumuşaklığın ve yüksek geçirgenliğin çok önemli bir diğer göstergesi olan ve bu nedenle tanenin en önemli fiziksel kalite özelliklerinden biri olarak kabul edilen yüksek şişme kapasitesi de fasulyede pişirme süresini kısaltarak pişme kalitesini artırmaktadır (Shimelis ve Rakshit, 2005; Kınacı ve ark., 2008). Şişme kapasitesi tescilli çeşitlerde 0.463 ml tane<sup>-1</sup> (Aras-98) ve 0.570 ml tane<sup>-1</sup> (Elkoca-05) iken, İspir fasulye hatlarında 0.560-0.673 ml tane<sup>-1</sup> arasında yer almıştır. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları İspir fasulye hatlarının tamamının Aras-98'den istatistiki olarak önemli seviyede yüksek şişme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Şişme kapasitesi 0.560-0.620 ml arasında yer alan 3, 6, 32, 33, 35, 39, 40, 49 ve 69 nolu hatlar ise Elkoca-05 ile aynı grup içerisinde yer alırken, geri kalan hatların tamamı Elkoca-05'ten önemli seviyede yüksek şişme kapasitesine sahip olmuşlardır (Çizelge 2). Yapılan diğer araştırmalarda da fasulyede şişme kapasitesi değerlerinin genotiplere bağlı olarak 0.30-0.56 ml tane<sup>-1</sup> (Wani ve ark., 2017), 0.21-0.50 ml tane<sup>-1</sup> (Nciri ve ark., 2014), 0.165-0.493 ml tane<sup>-1</sup> (Ercan ve ark., 1994), 0.297-0.420 ml tane<sup>-1</sup> (Sözen ve Karadavut, 2020) ve 0.17-0.80 ml tane<sup>-1</sup> (Boros ve Wawer, 2018) olmak üzere geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. İspir fasulye hatlarında belirlediğimiz şişme kapasitesi değerlerinin, Boros ve Wawer (2018) hariç, diğer araştırmacıların bildirdiği değerlerden daha yüksek olduğu dikkati çekmiştir.

Daha büyük kotiledon kütlelerine sahip tohumlar daha fazla su emmekte ve daha fazla su emilimi ise daha fazla şişmeye yol açmaktadır (Sofi ve ark., 2014). Bu nedenle yemeklik baklagillerde şişme kapasitesi, hacim ve ağırlık cinsinden tane iriliği ile yakından ilişkilidir (Iqbal ve ark., 2006). Nitekim bu çalışmada da kuru ağırlık, yaş ağırlık, kuru hacim ve yaş hacim yönünden ilk sıralarda yer alan 4, 17, 19 ve 67 nolu genotipler yüksek şişme indeksi değerleri ile de oldukça dikkat çekici bulunmuşlardır. Korelasyon katsayıları da şişme kapasitesinin tane ağırlığı ve hacmi ile pozitif yönde çok önemli ( $r= 0.97-0.99^{**}$ ) ilişki içinde olduğunu göstermiş (Çizelge 3), diğer bazı araştırmalarda da benzer ilişkinin var olduğu rapor edilmiştir (Kaur ve ark., 2009; Tripathi ve ark., 2012).



### 3.8. Şişme İndeksi

Şişme indeksi tescilli çeşitlerde 2.390 (Aras-98) - 2.457 (Elkoca-05), İspir fasulye hatlarında ise 2.373 (kayıt no 6) - 2.465 (kayıt no 67) arasında yer almış ve fasulye genotipleri arasında istatistiki anlamda önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Kuru hacimleri ile kıyaslandığında, genotiplerin yaş hacimlerinde 2.39 ile 2.46 kat arasında artış meydana gelmiştir (Çizelge 2). Tane iriliğine ilaveten kabuk kalınlığı ve sertliği, hücre duvarı yapısı, tane içeriği ve tanedeki hücrelerin sıklığı gibi diğer unsurlar da tanenin su emme ve şişme özelliği üzerine etki etmektedir (Muller, 1967; Sefa-Dedah ve Stanley, 1979; Kaur ve ark., 2005; Shimelis, 2006; Sofi ve ark., 2014; Saba ve ark., 2016). Bu durumu doğrular şekilde, hesapladığımız korelasyon katsayıları da şişme indeksinin, şişme kapasitesi hariç, incelediğimiz diğer parametrelerle ilişkisinin önemli olmadığını, yani diğer parametrelerden bağımsız olduğunu göstermiştir (Çizelge 3).

### 3.9. Protein Oranı

Genotiplerin ortalaması dikkate alındığında, tane protein oranının % 22.97 olduğu belirlenmiştir. Tane protein oranı Aras-98'de % 24.13 ve Elkoca-05'te % 23.05 iken, İspir fasulye hatlarında % 20.48 (kayıt no 17) ile % 25.05 (kayıt no 33) arasında önemli bir değişim göstermiştir (Çizelge 2). Hatlardan sekiz tanesi (kayıt no 3, 4, 6, 33, 35, 40, 67 ve 69) hem genel ortalamadan daha yüksek (% 23.01-25.05) hem de tescilli çeşitlerle benzer protein oranına sahip olmaları ile dikkati çekmişlerdir (Çizelge 2). Yapılan diğer birçok çalışmada da fasulyede tane protein oranının genotipik etkiye bağlı olarak önemli değişim gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışmaların bir kısmında genotiplerin tane protein oranları araştırma sonuçlarımızdan daha düşük (%17.96-22.07) (Shimelis ve Rakshit, 2005,) bir kısmında araştırma sonuçlarımızla benzer (%22.03-24.86) (Barros ve Prudencio, 2016), diğer bir kısmında ise araştırma sonuçlarımızdan daha yüksek (%21.0-30.0) bulunmuştur (Pinheiro ve ark., 2010). Hesapladığımız korelasyon katsayıları, önemsiz olmakla birlikte, incelenen bütün özelliklerin tane protein oranı ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). Tane protein içeriğinin diğer parametrelerle ilişkisini araştırılan çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Bu çalışmaların bir kısmında, araştırmamızda olduğu gibi, protein oranındaki artışın su alma ve şişme kapasitesini azalttığı (Coelho ve ark., 2009; Wani ve ark., 2017) ve buna bağlı olarak protein oranındaki artışın pişme süresini uzattığı (Yeken ve ark., 2019); diğer bir kısmında ise tam aksine bu parametrelerin protein oranı ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Saha ve ark., 2009; Barros ve Prudencio, 2016). Araştırmalardan elde edilen bu farklı sonuçlar, tane protein içeriğinin su emme ve şişme kapasitesi üzerindeki etkisinin, tanenin diğer özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebildiğini ifade etmektedir.

**Çizelge 2.** İspir fasulye hatları ve tescilli çeşitlere ait tane kalite özellikleri**Table 2.** Grain quality characteristics of İspir bean lines and registered cultivars

Hat no	Kuru ağırlık (g)	Yaş ağırlık (g)	Su alma kapasitesi (g tane <sup>-1</sup> )	Su alma indeksi	Kuru hacim (ml)	Yaş hacim (ml)	Şişme kapasitesi (ml tane <sup>-1</sup> )	Şişme indeksi	Protein oranı (%)
3	54.5 cd	116.8 cd	0.623 bc	1.143 abc	44.0 bcde	106.0 cdef	0.620 bcde	2.409	23.84 abc
4	59.2 a	126.8 a	0.676 a	1.143 abc	47.0 a	113.7 a	0.667 ab	2.419	23.45 abcd
6	52.8 cde	109.8 ef	0.570 de	1.079 de	42.3 ef	100.3 fghi	0.580 def	2.373	23.01 abcd
10	54.5 cd	118.2 bc	0.637 abc	1.168 ab	43.7 bcde	106.3 bcdef	0.627 abc	2.435	21.75 cde
16	57.8 ab	124.5 ab	0.667 ab	1.155 abc	45.0 abcd	110.3 abcde	0.653 abc	2.452	22.37 bcde
17	58.5 a	125.8 a	0.673 ab	1.150 abc	45.7 abc	112.3 abcd	0.667 ab	2.460	20.80 e
19	59.0 a	136.0 a	0.670 ab	1.136 abc	46.0 ab	112.7 abc	0.667 ab	2.449	21.26 de
32	55.1 bc	116.3 cd	0.613 cd	1.113 cde	43.7 bcde	105.3 defg	0.617 bcde	2.413	22.76 abcde
33	54.1 cd	114.7 cde	0.605 cd	1.119 bcdf	42.3 ef	102.7 fgh	0.603 cdef	2.426	25.05 a
35	54.5 cd	118.6 bc	0.642 abc	1.177 a	44.3 bcde	105.3 defg	0.610 cdef	2.375	23.74 abc
39	53.0 cde	113.8 cdef	0.608 cd	1.148 abc	42.7 def	103.0 fgh	0.603 cdef	2.415	21.89 bcde
40	51.0 ef	107.8 fgh	0.567 de	1.111 cde	39.3 g	95.3 i	0.560 f	2.424	23.06 abcd
49	54.7 c	117.2 c	0.626 abc	1.145 abc	43.3 cde	104.7 efg	0.613 cde	2.416	21.99 bcde
67	58.3 a	125.1 a	0.668 ab	1.149 abc	46.0 ab	113.3 ab	0.673 a	2.465	23.98 abc
69	51.8 de	110.9 def	0.592 cd	1.144 abc	40.3 fgh	98.7 ghi	0.583 def	2.447	24.76 a
Araz-98	42.7 g	88.0 h	0.453 f	1.061 e	33.3 h	79.7 j	0.463 g	2.390	24.13 abc
Elkoca-05	48.9 f	101.6 g	0.527 e	1.078 de	39.0 g	96.0 ihi	0.570 ef	2.457	23.05 abcd
Ortalama	54.1	115.4	0.613	1.131	42.8	103.1	0.61	2.425	22.97
					<i>F Değerleri</i>				
Genotip	18.48**	21.29**	20.58**	6.04**	13.73**	11.49**	8.42**	0.87 <sup>00</sup>	2.33*
VK (%)	3.1	3.3	3.7	2.0	3.7	4.2	5.1	2.2	6.2

\* ve \*\* sırasıyla % 1 ve % 5 ihtimal seviyesinde önemli. ÖD, önemli değil. Sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli fark ( $P \leq 0.05$ ) yoktur. \* and \* are significant at 1 % and 5 % probability levels, respectively. ÖD (NS, non-significant).

Mean values with the same letters in a column are not significantly different at  $P \leq 0.05$

**Çizelge 3.** Tane kalite özellikleri arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları**Table 3.** Correlation coefficients of the relationship between grain quality characteristics

	KA	YA	SAK	SAI	KH	YH	ŞK	Şİ	PO
Kuru Ağırlık (KA)	1.00	0.99**	0.98**	0.70**	0.98**	0.99**	0.98**	0.39	-0.39
Yaş Ağırlık (YA)		1.00	0.99**	0.78**	0.98**	0.99**	0.98**	0.38	-0.39
Su Alma Kap. (SAK)			1.00	0.83**	0.97**	0.98**	0.97**	0.37	-0.38
Su Alma İndeksi (SAI)				1.00	0.73**	0.73**	0.72**	0.24	-0.26
Kuru Hacim (KH)					1.00	0.99**	0.97**	0.28	-0.38
Yaş Hacim (YH)						1.00	0.99**	0.41	-0.40
Şişme Kapasitesi (ŞK)							1.00	0.49*	-0.41
Şişme İndeksi (Şİ)								1.00	-0.26
Protein Oranı (PO)									1.00

### 3.10. Temel Bileşen Analizi

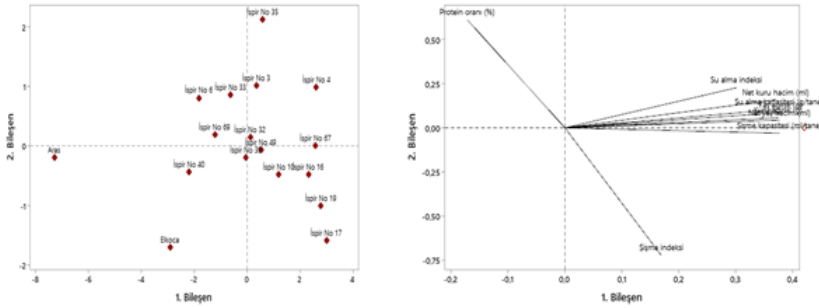
Çalışılan İspir fasulye hatlarına ait eigen değerleri, varyans ve toplam varyans ile incelenen özelliklerin bileşen ağırlıkları Çizelge 4'te sunulmuştur. İncelenen özellikler açısından eigen değerleri 0'dan büyük olan 5 bağımsız temel bileşen (PC) belirlenmiştir. Bu temel bileşenlerin eigen değerleri 0.0287 ile 6.8681 arasında değişmekte olup toplam varyasyonun %100'ünü açıklamaktadır. Temel bileşen analizinin etkin kullanımı ve sonuçların doğru yorumlanması için ilk iki veya üç temel bileşenin toplam varyasyonun en az %25'ini açıklaması gerektiği bildirilmektedir (Mohammadi ve Prasanna, 2003). Bu açıdan değerlendirildiğinde, bu çalışmada toplam varyansın %86.8'ini açıklayan ilk iki temel bileşenin genotiplerin ayrımında ve sonuçların yorumlanmasında etkin bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Araştırılan özelliklerin temel bileşenler üzerindeki ağırlıkları dikkate alındığında (Çizelge 4), PC1 ekseninde kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, net kuru hacim, net yaş hacim, ıslak hacim ve şişme kapasitesi özelliklerinin pozitif ve önemli yüke sahip olduğu ve bu eksenin toplam varyasyonun %76.3'ünü açıkladığı saptanmıştır. PC2 ekseninde ise en büyük negatif yüke şişme indeksi, en büyük pozitif yüke ise protein oranı sahip olmuş ve bu eksen toplam varyasyonun %10.5'ini açıklamıştır.

Biplot analizinde, daralan vektör açıları özelliklerin yakınlığını, genişleyen vektör açıları ise özellikler arasındaki ilişkilerin zayıfladığını ifade etmektedir (Yan, 2014). PC1 ekseninde en büyük yüke sahip olan ve aralarında dar açı bulunan kuru ağırlık, yaş ağırlık, su alma kapasitesi, net kuru hacim, net yaş hacim, ıslak hacim ve şişme kapasitesinin birbiri ile önemli ve pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Su alma kapasitesi, su alma indeksi ve şişme kapasitesi fasulyede pişme kalitesinin önemli göstergeleri olarak kabul edilmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Kınacı ve ark., 2008; Boros ve Wawer, 2018). Bu üç özelliğin birinci bileşende önemli yüke sahip olması nedeniyle "hidrasyon eksenini" olarak adlandırılabilir PC1 bileşenin pişme kalitesi ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. PC2 ekseninde en büyük yüke sahip olan şişme indeksi ve protein oranının ise diğer parametrelerle ilişkisinin zayıf olduğu görülmektedir (Şekil 1). Elde edilen bu bilgiler ışığında, her iki eksenindeki bu özelliklerin İspir fasulye hatlarının tane kalite özelliklerinin tanımlanmasında yeterli olduğu kanaatine varılmıştır.

**Çizelge 4.** Temel bileşen analizine ait eigen değerleri, varyans, toplam varyans ve tane kalite özelliklerinin ana bileşenlerdeki yükleri

**Table 4.** Eigen values, variance, total variance and component loadings of the grain quality characteristics in principal component analysis

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigen Değeri	6.8681	0.9473	0.7480	0.4075	0.0287
Varyans (%)	76.3	10.5	8.3	4.6	0.3
Toplam Varyans (%)	76.3	86.8	95.1	99.7	100
İncelenen Özelliklerin Ana Bileşenlerdeki Yükleri					
Özellikler	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Kuru Ağırlık (g)	0.375	0.057	-0.009	0.250	-0.483
Yaş Ağırlık (g)	0.379	0.087	-0.007	0.065	-0.412
Su Alma Kapasitesi (g tane <sup>-1</sup> )	0.378	0.106	-0.006	-0.066	-0.358
Su Alma İndeksi	0.302	0.228	-0.006	-0.890	0.114
Net Kuru Hacim (ml)	0.371	0.160	0.071	0.218	0.418
Net Yaş Hacim (ml)	0.378	0.044	-0.023	0.188	0.387
Şişme Kapasitesi (ml tane <sup>-1</sup> )	0.378	-0.030	-0.083	0.167	0.363
Şişme İndeksi	0.170	-0.723	-0.635	-0.123	-0.002
Protein Oranı (%)	-0.172	0.613	-0.765	0.103	0.001



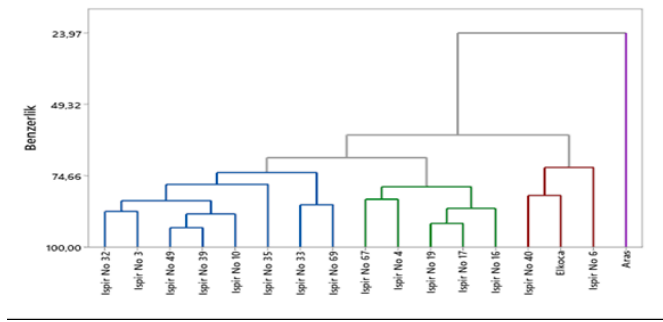
**Şekil 1.** Tane kalite özellikleri bakımından temel bileşen analizi

**Figure 1.** Principle component analysis in terms of grain quality characteristics

### 3.11. Kümeleme (Cluster) Analizi

Bazı tane kalite parametreleri bakımından ileri İspir fasulye hatları arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koymak amacıyla genotipler cluster analizine tabi tutulmuş ve genotiplerin dört grupta kümelendiği belirlenmiştir (Şekil 2). Grup-1 sekiz, Grup-2 beş İspir fasulye hattını içerirken, Grup-3'de Elkoca-05 ile birlikte iki

İspir fasulye hattı kümelenmiş; Grup-4'te ise yalnızca Aras-98 yer almıştır (Şekil 2 ve Çizelge 5). Grup ortalamaları dikkate alındığında, protein oranı hariç, incelenen bütün özellikler yönünden ikinci grubun daha üstün olduğu saptanmıştır (Çizelge 5).



Şekil 2. Cluster analizine ait dendrogram

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis

Çizelge 5. Cluster analizinde oluşan gruplar, her bir grupta yer alan genotipler ve grupların incelenen özelliklere ait ortalamaları

Table 5. Groups formed in cluster analysis, the genotypes in each group and averages of groups in terms of the features studied

	Grup-1	Grup-2	Grup-3	Grup-4
Genotip	3, 10, 32, 33, 35, 39, 49, 69	4, 16, 17, 19, 67	6, 40, Elkoca-05	Aras-98
Özellikler				
Kuru Ağırlık (g)	54.0	58.6	50.9	42.7
Yaş Ağırlık (g)	115.8	125.6	106.4	88.0
Su Alma Kapasitesi (g tane <sup>-1</sup> )	0.618	0.671	0.555	0.453
Su Alma İndeksi	1.145	1.147	1.089	1.061
Kuru Hacim (ml)	43.0	45.9	40.2	33.3
Yaş Hacim (ml)	104.0	112.5	97.2	79.7
Şişme Kapasitesi (ml tane <sup>-1</sup> )	0.609	0.665	0.570	0.463
Şişme İndeksi	2.417	2.449	2.418	2.390
Protein Oranı (%)	23.22	22.31	23.04	24.13

## 4. SONUÇ

Yemelik baklagillerde önemli ölçüde besin kaybına neden olan uzun pişirme süresi, fasulye başta olmak üzere, kuru baklagillerin gıda olarak tüketimindeki en önemli kısıtlayıcıların başında gelmektedir (Shimelis ve Rakshit, 2005; Costa ve ark., 2006; Özer ve ark., 2010; Teshome ve Emire, 2012). Bu nedenle pişme süresi kısa olan genotipler fasulye ıslah programlarında büyük önem taşımaktadır. Kuru fasulyede su emme özelliği üzerine yapılan pek çok çalışmada, yüksek su alma ve şişme kapasitesine sahip çeşitlerin daha kolay ve hızlı piştiğini belirlenmiş ve bu iki özelliğin pişme kalitesinin artırılmasına yönelik yapılacak çalışmalarda etkili birer seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi rapor edilmiştir (Balcha ve ark., 2010; Correea ve ark., 2010; Mavromatis ve ark., 2012; Saba ve ark., 2016). Bu açıdan değerlendirildiğinde, yüksek tane kalite özellikleri ile ön plana çıkan ikinci gruptaki beş ispir fasulye hattının (kayıt no 4, 16, 17, 19 ve 67), yüksek pişme kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesinde doğrudan kullanılabilmesi gibi tane kalitesini iyileştirmeye yönelik ıslah çalışmalarında da bu genotiplerden yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.

### 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): EE(%50), CA(%30), KH(%10), MA(%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): EE(%40), CA(%40), KH(%10), MA(%10)

Veri Analizi (Data Analysis): EE(%40), CA(%20), KH(%20), MA(%20)

Makalenin Yazımı (Writing Up): EE(%50), CA(%30), KH(%10), MA(%10)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EE(%70), CA(%10), KH(%10), MA(%10)

### Teşekkür

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülen "İleri İspir Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) Hatlarında Verim ve Kalite Çalışmaları" başlıklı yüksek lisans tezinin bir kısmını kapsamakta olup, yazarlar desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a (Proje no 115O260) teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anderson J.W., Gustafson, N.J., 1988. Hypocholesterolemic effect of oat and bean products. The American Journal of Clinical Nutrition, 48(3): 749-753. doi.org/10.1093/ajcn/48.3.749
- Anonim, 2001. Tohumluk Tescil Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/Yemeklik%20Tane%20Baklagiller/yemeklik%20tane%20baklagiller.pdf>
- Anonim, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi:21 Mart 2023).
- Anton, A.A., Ross, K.A., Beta, T., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D., 2008. Effect of pre-dehulling treatments on some nutritional and physical properties of navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Science and Technology, 41: 771-778. doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.014
- Arvanitoyannis, I., Mavromatis, A.G., Rodiatis, A., Goulas, C., 2007. Physicochemical and sensory analysis of dry bean landraces in conjunction with multivariate analysis: an exploratory approach. International Journal of Food Science and Technology, 42: 819-826. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01289.x
- Aydın, A., Sezen, Y., 1995. Toprak kimyası laboratuvar kitabı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 174, Erzurum.
- Aydoğan, C., Elkoca, E., Haliloğlu, K., Aydın, M., 2020. Bazı İspir kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) hatlarının seleksiyonu üzerine bir ön çalışma. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 30(2): 251-265. doi.org/10.18615/anadolu.835019
- Balcha, A., 2010. Genetic variation for grain yield and water absorption in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Food Science and Technology, 1(6): 128-131.
- Barros, M., Prudencio, S.H., 2016. Physical and chemical characteristics of common bean varieties. Semina: Ciências Agrárias, 37(2): 751-762. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n2p751
- Bıyıklı, B., Elkoca, E., Aydın, M., 2021. İspir kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonunun karakterizasyonu ve seleksiyon yoluyla ıslahı. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 36: 20-33. doi.org/10.7161/omuanajas.723104
- Blair, M.W., Diaz, L.M., Buendia, H.F., Duque, M.C., 2009. Genetic diversity, seed size associations and population structure of a core collection of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Theoretical Applied Genetics, 119: 955-972. doi.org/10.1007/s00122-009-1064-8
- Boros, L., Wawer, A., 2018. Seeds quality characteristics of dry bean local populations (*Phaseolus vulgaris* L.) from National Center for Plant Genetic Resources in Radzików. Legume Research, LR-382: 669-674. doi.org/10.18805/LR-382
- Coelho, C.M.M., Vargas, V.P., Souza, C.A., Pereira, T., Santos, J.C.P., 2009. Cooking quality of common beans as influenced by different nitrogen levels and time of application. International Journal of Agriculture & Biology, 11(3): 261-265.
- Correia, M.M., de Carvalho L.M.J., Nuttall, M.R., Luiz, J., de Carvalho, V., Neto, A.R.H., Ribeiro, E.M.G., 2010. Water absorption, hard shell and cooking time of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Food Science and Technology, 1(1): 13-20.
- Costa, E.G.A., Monici, K.S.Q., Reis, S.M.P.M., Oliveira, A.C., 2006. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. Food Chemistry, 94 (3): 327-330. doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020
- Çalışkan, S., Aytekin, R.I., Yağız, A.K., Yavuz, C., 2018. Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tam ve kısıtlı sulama uygulamalarının tane kalitesi üzerine etkisi. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (12): 1853-1859. doi.org/10.24925/turjafv6i12.1853-1859.2351
- Elkoca, E., Çınar, T., 2015. Bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşit ve hatlarının Erzurum ekolojik koşullarına adaptasyonu, tarımsal ve kalite özellikleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 30: 141-153. doi:10.7161/ana-jas.2015.30.2.141-153
- Ercan, R., Atli, A., Köksel, H., Dağ, A., 1994. Cooking quality and composition of dry beans grown in Turkey. GIDA, 19(5): 313-316.
- Ferreira, C.D., Ziegler, V., Paraginski, R.T., Vanier, N.L., Elias, M.C., Oliveira, M., 2017. Physicochemical, antioxidant and cooking quality properties of long-term stored black beans: effects of moisture content and storage temperature. International Food Research Journal, 24(6): 2490-2499.
- Gathu, W.E., Njage, P.M.K., 2012. Physical characterization of new advanced drought tolerant common bean (*Phaseolus vulgaris*) lines for canning quality. American Journal of Food Technology, 7(2): 22-28. doi.org/10.3923/ajft.2012.22.28
- Geil, P.B., Anderson, J.W., 1994. Nutrition and health implications of dry beans: A review. Journal of the American College of Nutrition, 13: 549-558. doi.org/10.1080/07315724.1994.10718446

- González, A.M., Monteagudo, A.B., Casquero, P.A., De Ron, A.M., Santalla, M., 2006. Genetic variation and environment effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. *Field Crops Research*, Pontevedra, 95(2-3): 336-347. doi.org/10.1016/j.fcr.2005.04.004
- Gouveia, C., Freitas, G., Brito J., Slaski, J., Carvalho, M., 2014. Nutritional and mineral variability in 52 accessions of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) from Madeira Island. *Agricultural Sciences*, 5: 317-329. doi.org/10.4236/as.2014.54034
- Hangen, L.A., Bennink, M.R., 2002. Consumption of black beans and navy beans (*Phaseolus vulgaris*) reduced azoxymethane induced colon cancer in rats. *Nutrition and Cancer*, 44(1): 60-65. doi.org/10.1207/S15327914NC441\_8
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A. Bashir, S., 2014. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54: 580-92. doi.org/10.1080/10408398.2011.596639
- Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., Khan, M.S., 2006. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97: 331-335. doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri: 63 (I. Basım), Ankara.
- Kaur, M., Singh, N., Sodhi, N.S., 2005. Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 69: 511-517. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.09.002
- Kaur, S., Singh, N., Sodhi, N.S., Rana, J.C., 2009. Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. *Food Chemistry*, 117: 282-289. doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.002
- Kinacı, G., Akın, R., Kinacı, E., 2008. Farklı sulama rejimlerinin kuru fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) fiziksel kalite özellikleri üzerine etkileri. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 4(2): 179-186.
- Kutos, T., Golob, T., Kac, M., Plestenjak, A., 2003. Dietary fiber of dry processed beans. *Food Chemistry*, 80: 231-235. doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00258-3
- Mathres, J.C., 2002. Pulses and carcinogenesis: Potential for the prevention of colon, breast and other cancers. *British Journal of Nutrition*, 88: 273-279. doi.org/10.1079/BJN2002717
- Mavromatis, A.G., Arvanitoyannis, I., Korkovelos, A.E., Giakountis, A., Chatzitheodorou, V.A., Goulas, C.K., 2010. Genetic diversity among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Greek landraces and commercial cultivars: nutritional components, RAPD and morphological markers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4): 986-994. doi.org/10.5424/SJAR/2010084-1245
- Mavromatis, A.G., Arvanitoyannis, I.S., Chatzitheodorou, V., Kaltsa, A., Patsiaoura, I., Nakas, C.T., 2012. A comparative study among landraces of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. coccineus* L. based on molecular, physicochemical and sensory analysis for authenticity purposes. *Scientia Horticulturae*, 144: 10-18. doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.024
- Menotti, A., Kromhout, D., Blackburn, H., Fidanza, F., Buzina, R., Nissinen, A., 1999. Food intake patterns and 25-year mortality from coronary heart disease: cross-cultural correlations in the seven countries study. *European Journal of Epidemiology*, 15(6): 507-515. doi.org/10.1023/a:1007529206050
- Mkanda, A.V., Minnar, A., Kock, D.E., 2007. Relations consumer performance to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2868-2879. doi.org/10.1002/jsfa.3046
- Mohammadi, S.A., Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43: 1235-1248. doi.org/10.2135/cropsci2003.1235
- Moraghan, J., Grafton, K., 2001. Genetic diversity and mineral composition of common bean seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4): 404-408.
- Muller F.M., 1967. Cooking quality of pulses. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 18: 292-295. doi.org/10.1002/jsfa.2740180707
- Nciri, N., El Mhamdi, F., Ismail, H.B., Mansour, A.B., Fennira, F., 2014. Physical properties of three white bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Tunisia. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(11): 195-200.
- Ozaktan, H., 2021. Technological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown under natural conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(2): 235-243. doi.org/10.17557/tjfc.1018627
- Ozturk, I., Kara, M., Yildiz, C., Ercisli, S., 2009. Physico-mechanical seed properties of the common Turkish bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars 'Hinis' and 'İspir'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37: 41-50. doi.org/10.1080/01140670909510248
- Özer, S., Karaköy, T., Toklu, F., Baloch, F.S., Kilian, B., Özkan, H., 2010. Nutritional and physicochemical variation in Turkish kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces. *Euphytica*, 175: 237-249. doi.org/10.1007/s10681-010-0174-3



- Perla, O., Luis, A.B., Sonia, G.S., Maria, P.B., Juscelino, T., Octavio, P.L., 2003. Effect of processing and storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of two bean varieties. *Journal of Science and Agriculture*, 83: 1283-1288. doi.org/10.1002/jsfa.1413
- Piergiovanni, A.R., Cerbino, D., Gatta, C.D., 2000. Diversity in seed quality of common bean populations from Basilicata (Southern Italy). *Plant Breeding*, 119: 513-516. doi.org/10.1046/j.1439-0523.2000.00531.x
- Pinheiro, C., Beata, J.P., Pereira, A.M., Domingues, H., Ricardo, C.P., 2010. Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 319-325. doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.005
- Saba, I., Sofi, P.A., Zeerak, N.A., Bhat, M.A., Mir, R.R., 2016. Characterisation of a core set of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm for seed quality traits. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 48(3): 359-376.
- Saha, S., Singh, G., Mahajan, V., Gupta, H.S., 2009. Variability of nutritional and cooking quality in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64: 174-180. doi.org/10.1007/s1130-009-0121-4
- Sakiroglu, H., Yilmaz, E., Erat, M., Öztürk, A.E., 2013. Selected properties of polyphenol oxidase obtained from Ispir sugar bean. *International Journal of Food Properties*, 16: 1314-1321. doi.org/10.1080/10942912.2011.584258
- Sefa-Dedah, S., Stanley, D.W., 1979. Textural implications of the microstructure of legumes. *Food Technology*, 33: 77-83.
- Shimelis, E.A., 2006. Effects of mineral composition on cooking quality and relationship between cooking and physicochemical properties of Ethiopian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 4(1): 1-22.
- Shimelis, E.A., Rakshit, S.K., 2005. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *Food Science and Technology*, 38: 331-338. doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.002
- Sofi, P.A., Wani, S.A., Zargar, M.Y., Sheikh, F.A., Shafi, T., 2014. Comparative evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm for seed physical and culinary traits. *Journal of Applied Horticulture*, 6(1): 54-58. doi.org/10.37855/jah.2014.v16i01.08
- Soydaş, V., Aydın, M., Elkoca, E., İlhan, E. 2021. Gümüşhane ili yerel fasulye genotiplerinin morfolojik ve tarımsal özellikler yönünden karakterizasyonu üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(2): 143-160. doi.org/10.18615/anadolu.1029881
- Sözen, Ö., Karadavut, U., 2020. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4): 1205-1217. doi.org/10.30910/turkjans.776613
- Şehirali, S., Atlı, A., 1993. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de pişme özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 161, Araştırmalar: 59, Tekirdağ.
- Teshome, D.M., Emire, S.A., 2012. Canning quality evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in the central Rift Valley of Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 6(1): 65-78.
- Topcu, Y., Uzundumlu, A.S., Yavuz, F., 2010. Designing the marketing strategies for Ispir sugar bean as a local product using conjoint analysis. *Scientific Research and Essays*, 5(9): 887-896.
- Tripathi, S., Sridhar, V., Jukanti, A.K., Suresh, K., Rao, B.V., Gowda, C.L.L., Gaur, P.M., 2012. Genetic variability and interrelationships of phenological, physicochemical and cooking quality traits in chickpea. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 10(3):194-201. doi.org/10.1017/S1479262112000251
- Wang, N., Daun, J.K., Malcolmson, L.J., 2003. Relationship between physicochemical and cooking properties, and effects of cooking on antinutrients, of yellow field peas (*Pisum sativum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83:1228-1237. doi.org/10.1002/jsfa.1531
- Wani, I.A., Sogi, D.S., Wani, A.A., Gill, B.S., 2017. Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16: 7-15. doi.org/10.1016/j.jssas.2014.12.002
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58:236-244. doi.org/10.2307/2282967
- Yan, W., 2014. *Crop variety trials: Data management and analysis*. John Wiley & Sons, 360 pp.
- Yeken, M.Z., Canci, H., Kantar, F., Karacaoren, B., Ozer, G., Ciftci, V., 2019. Variation in cooking quality traits in *Phaseolus* bean germplasm from Western Anatolia. *Banat's Journal of Biotechnology*, X(20):37-45. doi:10.7904/2068-4738-X(20)-37





**Türkiye’de İstilacı Kahverengi Kokarcanın  
[*Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)]  
Yerli Yumurta Parazitoiti *Telenomus  
turesis* (Walker)’in İlk Kaydı**

First Record of *Telenomus turesis* (Walker), Native Egg  
Parasitoid of Invasive Brown Marmorated Stink  
Bug [*Halyomorpha halys* Stal  
(Hemiptera: Pentatomidae)] in Turkey

**İsmail Oğuz ÖZDEMİR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sakarya  
• [oguzozdemir@subu.edu.tr](mailto:oguzozdemir@subu.edu.tr) • ORCID > 0000-0001-9095-2109

**Makale Bilgisi/Article Information**

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

**Geliş Tarihi/Received:** 16 Nisan/April 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 23 Mayıs/May 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 373-384

**Atıf/Cite as:** Özdemir, İ. O. "Türkiye’de İstilacı Kahverengi Kokarcanın [*Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)] Yerli Yumurta Parazitoiti *Telenomus turesis* (Walker)’in İlk Kaydı" *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38(2), Haziran 2023: 373-384.

## TÜRKİYE'DE İSTİLACI KAHVERENGİ KOKARCANIN [HALYOMORPHA HALYS STAL (HEMIPTERA: PENTATOMİDAE)] YERLİ YUMURTA PARAZİTOİTİ TELENOMUS TURESİS (WALKER)'İN İLK KAYDI

### ÖZ

*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Doğu Asya (Çin, Japonya, Kore ve Tayvan) kökenli bir türdür ve doğal yaşam alanlarında önemli bir polifag zararlı olup, yayılış gösterdiği alanları kısa zaman içerisinde yüksek bir popülasyon meydana getirerek istila etmekte ve tarımsal üretim için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Türkiye'de özellikle Karadeniz sahil şeridi boyunca yayılış gösterdiği alanlar içerisinde başta fındık olmak üzere pek çok üründe önemli kalite ve verim kaybına sebep olabilir. Bu çalışma, Sakaryada farklı habitatlarda *H. halys*'in yerli yumurta parazitlerini ve bu türlerin etkinliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, arazi şartlarında elde edilen bir günlük yaştaki 20 yumurta paketi (600 yumurta) 9 farklı lokasyonda farklı bitkilere asılmış ve 4 gün sonra toplanarak laboratuvara getirilmiştir. Toplanan yumurtaların genel parazitlenme oranı %7,5 olmasına rağmen, bu yumurtalardan başarılı bir şekilde yalnızca üç parazit bitki meydana gelmiştir. Morfolojik olarak teşhisleri yapılan bu parazit bitkiler, sitokrom c oksidaz alt birim I genine (CO1) dayalı moleküler teşhis ile doğrulanarak, *Telenomus turesis* (Walker) olduğu belirlenmiştir. *Halyomorpha halys*'in yerli yumurta paraziti türü, bu çalışma ile Türkiye'de ilk kez rapor edilmektedir. Bu kapsamda istilacı türün ülkemizde yayılış gösterdiği alanlarda doğal düşman faunasının araştırılması, mücadele için önemli aşamalardan birisi olup daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ek olarak, uzun vadeli sürdürülebilir yaklaşım olan klasik biyolojik mücadele kapsamında, ithalatı gerçekleştirilen *Trissolcus japonicus* (Ashmead)'un hızlı ve kontrollü bir şekilde kitlesel üretimine geçilmesi ve salımı yüksek derece önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye, İstilacı Tür, Pis Kokulu Böcek, Biyolojik Mücadele, Doğal Düşman.



# FIRST RECORD OF TELENOMUS TURESIS (WALKER), NATIVE EGG PARASITOID OF INVASIVE BROWN MARMORATED STINK BUG [HALYOMORPHA HALYS STAL (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)] IN TURKEY

## ABSTRACT

*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) is a native insect to East Asia (China, Japan, Korea, and Taiwan), and the insect, which is an important polyphagous pest in its natural habitat, invades areas where it poses a significant threat to crop production, establishing a large population in a short period. It may significantly decrease the yield and quality on many products, as well as hazelnuts, especially in areas where it spreads along Turkey's Black Sea coastline. The purpose of this research is to determine the native egg parasitoids of *H. halys* and their effectiveness in various habitats in Sakarya. For this reason, 20 egg masses (600 eggs) of *H. halys* at < 24 h-old obtained under field conditions were exposed to field condition on different plants in 9 different locations, and these were carried to the laboratory, collecting 4 days after field exposure. Despite the fact that the overall parasitism rate of the collected eggs was 7.5%, only three parasitoids emerged successfully from these eggs. These parasitoids were identified morphologically as *Telenomus turesis* (Walker), which was confirmed by molecular identification using the cytochrome c oxidase subunit I gene (CO1). With this study, the native egg parasitoid species was reported for the first time in Turkey. One of the critical stages of the management is the investigation of natural enemy fauna in areas in which invasive species have spread in Turkey, and additional studies are needed. Furthermore, quick and controlled mass production and release of imported *Trissolcus japonicus* (Ashmead) is critical within the framework of classical biological control, which is a long-term sustainable method.

**Keywords:** Turkey, Invasive Species, Stink Bug, Biological Control, Natural Enemy.



## 1. GİRİŞ

*Halyomorpha halys* Doğu Asya (Çin, Japonya, Kore ve Tayvan) kökenli bir türdür ve doğal yaşam alanlarında önemli bir polifag zararlı olup, yayılış gösterdiği ülkeleri/alanları, kısa zaman içerisinde yüksek bir popülasyon meydana getirerek istila etmekte ve tarımsal üretim için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Leskey ve Nielsen, 2018). *Halyomorpha halys*'in erginleri ve nimfleri sokucu emici ağız yapıları ile meyvelere tükürük enzimlerini enjekte edip bitki öz suyunu emerek zarara

sebeptir (Rice ve ark., 2014). İlk olarak zarar nekrotik alanlar şeklinde karakterize edilir ve meyve olgunlaştıkça esas zarar ortaya çıkmaktadır. Zarar gören ürünler piyasa değerini önemli ölçüde kaybetmektedir (Rice ve ark., 2014; Bariselli ve ark., 2016). Ek olarak, böcek kışlamak üzere evlerde veya bu tip yapılarda yüksek popülasyona ulaşmakta olup, çıkardığı pis kokular nedeniyle insanlarda sağlık problemlerine sebep olmakta ve dolayısıyla zararlı, kentsel entomoloji açısından da bir sorun oluşturmaktadır (Inkley, 2012). *Halyomorpha halys*'in 300'den fazla konukçuya sahip olması (Nielsen ve Hamilton, 2009) ve sezon içerisinde konukçu bitkiler arasında hareket edebilmesi böceğin zarar potansiyelini artırmaktadır. İlk olarak 1990'ların ortalarında Pennsylvania (ABD)'de kaydedilen *Halyomorpha halys* (Hoebeker ve Carter, 2003), şuan da ABD'nin 44 eyaletinde ve Kanada'nın 4 bölgesinde bulunmaktadır (Anonymous, 2018). Avrupada ise ilk olarak 2004 yılında İsviçre'de (Haye ve ark., 2014), ardından Avrupa'nın tüm ülkelerine ve birçok Asya ülkesine kısa süre içerisinde yayılım göstermiştir. Bugünlerde zararlı, kültür bitkileri için dünya çapında bir tehdit olarak görülmektedir (Leskey ve ark., 2012a; Rice ve ark., 2014; Haye ve ark., 2015). *Halyomorpha halys* Türkiye'de 2017 yılında faunistik olarak İstanbul'da (Çerçi ve Koçak, 2017) ve kışlamak üzere sorun oluşturmasıyla Gürcistan'a sınır Artvin (Kemalpaşa)'de kışlaklarda (Günçan ve Gümüş, 2019) rapor edilmiştir. Zararlı Karadeniz sahil şeridi boyunca Ak ve ark. (2019, 2023) ve Özdemir ve Tuncer (2021)'in bildirdiği illerin yanı sıra Düzce ve Bartın'da da tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bahsedilen alanlar içerisinde başta fındık olmak üzere kivi, trabzonhurması, mısır, kiraz, elma, şeftali ve üzüm türlerinde önemli kalite ve verim kayıplarına sebep olabileceği bildirilmiştir (Ak ve ark., 2019, 2023; Özdemir ve Tuncer 2021).

Türkiye gibi yeni istila edilen alanlarda *H. halys* entegre mücadele programlarının başarısız olmasına sebep olmaktadır (Leskey ve ark., 2012a; Morrison ve ark., 2018). Bu alanlarda başlıca, biyoteknik ve kimyasal mücadele öne çıkmaktadır. Biyoteknik mücadele kapsamında zararlıların toplanma feromonları ve farklı tuzak tipleri zararlıların mevsimsel dağılımını ve yoğunluğunu belirlemek için önemli bir araç olduğu bildirilmiştir. Hatta piramit ve şeffaf feromon tuzaklarının oldukça etkili olduğu saptanmıştır (Adachi ve ark., 2007; Weber ve ark., 2017). Zararlıya karşı bu yöntemlerin mücadelede yetersiz kalması nedeniyle, ağırlıklı olarak kimyasal mücadele tercih edilmektedir (Morrison ve ark., 2018). Bu amaçla daha çok kullanılan geniş spektrumlu insektisitler genellikle yeterli etkinlik göstermemeleri (Leskey ve ark., 2012a, b; Kuhar ve ark., 2017), çevreye zararlı olmaları (Weber ve ark., 2014) ve entegre zararlı yönetimi (IPM) stratejileriyle uyumsuzluğunun (Leskey ve ark., 2012b) yanı sıra yalnızca kısa vadeli bir çözüm sağlamaktadır. *Halyomorpha halys*'in popülasyonlarını düşürmek için uzun vadeli ve düşük maliyetli strateji, *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) ile yapılabilecek olan klasik biyolojik mücadeledir (Sabbatini-Peverieri ve ark., 2020).

*Halyomorpha halys*’e anavatanında saldıran *Trissolcus*, *Telenomus* (Hymenoptera: Scelionidae) ve *Anastatus* (Hymenoptera: Eupalmidae) gibi en dominant cinslerinden oluşan 14 farklı parazitoit türü tespit edilmiştir (Lee ve ark., 2013) ve bunların içerisinde *T. japonicus* %80’e ulaşan parazitlenme sağlamıştır (Yang ve ark., 2009; Quil ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2017). Kuzey Amerika’da, son on yılda yürütülen araştırmalar, başta yumurta parazitoidleri olmak üzere *H. halys*’in birkaç doğal düşmanının tespitine ek olarak yerli yumurta parazitoitlerinin evrimsel uyumsuzluğun bir sonucu olarak düşük parazitlenme oranlarıyla zararlı kontrol etmede etkili olmadığı bildirilmiştir (Rice ve ark., 2014; Jones ve ark., 2014; Talamas ve ark., 2015; Herlihy ve ark., 2016; Ogburn ve ark., 2016). Benzer şekilde, Avrupa’da, *H. halys*’in yumurtalarına saldıran yerli türler içerisinde *A. bifasciatus* diğer türlere göre (*T. cultratus*, *T. semistriatus*, *T. basalis*, *T. turesis*) doğal olarak bırakılan yumurtalardan en yoğun olarak ortaya çıkan parazitoittir (Roversi ve ark., 2016; Haye ve ark., 2015; Sabbatini ve ark., 2018; Moraglio ve ark., 2020, 2021; Zapponi ve ark., 2021; Bout ve ark., 2021). Türkiye’de *H. halys*’in yerli yumurta parazitoiti olarak yalnızca *A. bifasciatus* kaydedilmiştir (Altanlar ve ark., 2023). Bu çalışma, Sakarya’da farklı habitatlarda *H. halys*’in yerli parazitoit türlerini ve bunların etkinliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Böcek Popülasyonunun Toplanması Ve Yumurta Paketlerinin Elde Edilmesi

Böceğin erginleri Sakarya ili Arifiye ilçesinde ormanlık alanda konumlandırılan feromon etrafından toplanmış ve Arifiye’de fındık bahçesinde parazitoitlerin girişini engelleyecek tül kafeslere (50x100 cm) alınmıştır. Böcekler, kafeslere 5 erkek ve 5 dişi olmak üzere koyuldu ve ocaklardan en az 10 çotanak bulunan dallar seçilip kafeslenerek, böceklerin yumurtlamasına imkân tanınmıştır. Kafesler günlük açılarak görsel inceleme yoluyla kontrol edilmiş ve *H. halys*’in fındık yapraklarına bıraktığı maksimum bir günlük yaştaki yumurta paketleri toplanmıştır (Özdemir ve ark., 2023).

### 2.2 Yumurta Paketlerinin Araziye Maruz Bırakılması Ve Parazitoitlerin Elde Edilmesi

Sakarya’da *Corylus avellana* L. (fındık), *Malus domestica* L. (elma), *Ficus carica* L. (incir), *Castanea sativa* Mill. (kestane) bulunan 9 farklı lokasyonda 20 yumurta paketi (paket başına ortalama yumurta=  $30 \pm 2.52$ ) bitkilerin yapraklarının alt tarafına zimbalanmıştır. Lokasyonlar rastgele seçilmiş olup, zimbalanen paketleri tekrar bulabilmek için kırmızı kuşaklar kullanılarak işaretlenmiş ve koordinatlar alınmıştır. Yumurta paketleri ağaçlara asıldıktan 4 gün sonra toplanarak falcon

tüplere konulmuş ve Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı bünyesindeki Entomoloji laboratuvarına getirilmiştir. Bu yumurta paketleri  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de, 16 saat ışıkta, %70 bağıl nemde 70 gün boyunca iklimlendirme kabininde plastik kutularına koyularak günlük olarak izlenmiş ve parazitoid/nimf çıkışları kaydedilmiştir.

### 2.3 Parazitoit Teşhisi

Yumurtalardan çıkan parazitoitler elde edildiği lokasyona göre sınıflandırılarak, %70 etanol içeren plastik tüplere alınmıştır. Teşhis için parazitoit örnekleri öncelikle alkolden çıkarılıp kurutulmuş ve bir noktadan kart uçlarına yapıştırılarak, 100X'e kadar büyütmede led spot ışığı ile aydınlatılan stereomikroskopta (Wild M5A, Heerbrugg, Switzerland) incelenmiştir. *Telenomus turesis*, Dr. Elijah Talamas tarafından sağlanan *T. turesis* Walker'ın örnek görüntüleri ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır. Parazitoidler Dr. Francesco Tortorici tarafından teşhis edilmiştir ve bu türün bir kısmı Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Torino Üniversitesi – Torino, İtalya (DISAFA)'da muhafaza edilmektedir.

Teşhisi yapılan parazitoit türüne ait bir örnek [*T. turesis* (SA01)] kullanılarak genomik DNA ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Mitokondriyal DNA'nın (mDNA) sitokrom c oksidaz alt birim I geninin (CO1) barkod bölgesini çoğaltmak için PCR reaksiyonu, üreticinin talimatlarına takip edilerek doğrudan PCR Master kit (Kat. No. PCR-111S; Jena Bioscience GmbH, Jena, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örnekten alınan bacaklar, kullanılan kit yöntemi ile DNA ekstraksiyonu gerçekleştirilerek lizat elde edilmiştir. PCR reaksiyon karışımı, 1 µl örnek lizat, 10 µm olan LCO1490-puc ve HCO2198-puc (Talamas ve ark., 2019)] primerlerin her birinden 2 µl, 25 µl doğrudan PCR Master Mix eklenmiş ve karışım ve PCR-grade su kullanılarak 50 µl'ye tamamlanmıştır. PCR koşulları, 94°C'de 10 dakika için ilk denatürasyonun ardından 35 döngü olarak 30 saniye 94°C, 60 saniye 48°C ve 60 saniye 72°C olarak ayarlanmıştır. Ardından 10 dakika 72°C son uzatma basamağı içeren PCR reaksiyonu T100 termal döngüleyicide (Bio-Rad, Bio-Rad, Hercules, CA, ABD) gerçekleştirilmiştir. Üretilen DNA fargmentleri saflaştırılması ve sekanslama işlemi için Macrogen firmasına (Seoul, Korea) aynı primer seti ile birlikte gönderilmiştir. Ortaya çıkan sekanslar, DNASTAR yazılımı sürüm 7.1.0'in (DNASTAR Inc., Madison, Wisconsin, ABD) MegAlign modülü ile işlenmiş ve manuel olarak düzeltilmiştir. Nihai sekans, Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) kullanılarak GenBank veri tabanı (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>) ile karşılaştırılmış ve yine GenBank sekans veri tabanına kaydedilmiştir.



### 3. BULGULAR

#### 3.1 Parazitleme Oranı ve Tür Çeşitliliği

2022 yılı temmuz ve ağustos ayları arasında 600 *H. halys* yumurtası (20 paket) orman alanlarında bulunan kestane ve incir ağaçları ile elma ve fındık bahçelerindeki bu bitkiler üzerinde arazi şartlarına maruz bırakılmıştır (Tablo 1). Parazitlenen yumurtalara ait oran %7.66 belirlenmiştir. Bu yumurtalar içerisinde başarı ile çıkış gösteren parazitoitlere ait oran %0.5 olup, bu türler morfolojik olarak *T. turesis* olarak teşhis edilmiştir. Parazitoitler 40°41’59.0”K, 30°20’53.1”D lokasyonunda incir ağacına asılan paketten elde edilmiştir. Arazi şartlarına maruz bırakılan yumurtaların %91’i açılarak nimf çıkışları gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1.** Sakaryada 2022 Temmuz ve Ağustos aylarında farklı lokasyonlarda *H. halys*’in yumurta parazitoitlerinin belirlenmesi için kullanılan yumurtalara ait veriler

Konukçu Bitki	Maruz Bırakılma Zamanı	Yumurta Paket Sayısı	Toplam Yumurta Sayısı	Parazitlenen Yumurta Sayısı	Çıkan Nimf Sayısı	Ortaya Çıkan Parazitoit Sayısı
<i>Corylus Avellana</i>	19/07	2	35	13	22	-
	22/07	2	41	-	41	-
	05/08	3	107	-	107	-
<i>Ficus Carica</i>	19/07	1	34	13	21	-
	25/07	2	57	-	56	-
	09/08	3	111	-	111	-
	14/08	2	78	-	78	-
	18/08	1	28	6	21	3 Tt (2♀, 1♂)
	23/08	2	53	14	33	-
<i>Malus Domestica</i>	18/07	1	28	-	28	-
<i>Castanea Sativa</i>	18/07	1	28	-	28	-

Tt= *Telenomus turesis*

#### 3.2 Barkodlama Genine Dayalı Parazitoit Teşhisi

Türü (*T. turesis*) temsil eden örneğin CO1 lokusu 629 bp uzunluğunda bir ampikon ürettiği görülmüştür. GenBank nükleotit kütüphanesindeki en yakın dizileri belirlemek için yapılan BLAST analizi sonucu *H. halys*’den elde edilen pa-

razitoit türün *T. turesis* örnekleri ile yüksek oranda eşleştiği görülmüştür. Ayrıca bu CO1 sekansının GenBank'tan elde edilen *T. turesis* örneği (140214Q) (erişim no. AB971833) ile %99.84 benzerliğe sahip olduğu belirlenmiştir. *Telenomus turesis* örneğinin (SA01) kaydına istinaden GenBank tarafından OQ786855 erişim numarası atanmıştır.

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışma, istilacı *H. halys*'in Türkiye'de ilk tespitinden beri (Çerçi ve Koçak, 2017), zararlının doğal düşmanlarından birisi olan yerli yumurta parazitoiti *T. turesis*'in ilk kaydını rapor etmektedir. Özdemir ve ark. (2023) *Palomena prasina* L. (Hemiptera: Pentatomidae)'nın Sakarya ili fındık bahçelerinde en baskın yumurta parazitoitlerinden birisi olan *T. turesis*'in varlığını rapor etmişler ve hatta bu çalışma ile tespit edilen yumurta parazitoitlerinin *H. halys* ile ilişkisi bildirilerek bu yerli türlerin önemini vurgulamışlardır. Benzer şekilde, Şener ve ark. (2018) *T. turesis*'i Düzce ili buğday üretim alanlarında *Eurygaster* spp. L. (Hemiptera: Scutelleriadae)'in önemli bir doğal düşmanı olarak belirlemişlerdir.

*Halyomorpha halys*'in yerli doğal düşmanları arasında canlı yumurtalardan başarılı bir şekilde gelişmesi nedeniyle özellikle Avrupa'da en geniş yayılış gösteren yerli yumurta parazitoiti *A. bifasciatus* potansiyel biyolojik mücadele ajanı olarak düşünülebilmektedir (Haye ve ark., 2015; Roversi ve ark., 2016). Ülkemizde fındık bahçelerinde yerli pis kokulu böcek yumurtalarından ortaya çıkan bu tür (Özdemir ve ark., 2023), *H. halys*'in yerli yumurta parazitoiti olarak kaydedilmiştir (Altanlar ve ark., 2023). Bu istilacı türün yerli yumurta parazitoiti olarak Kuzey İtalya'da doğal olarak bırakılan yumurta kümelerinin toplanması sonucunda (Moraglio ve ark., 2021) ve İsviçre'de nöbetçi (sentinel) yumurta paketleri ile yürütülen çalışmada (Stahl ve ark., 2019), yerli doğal düşmanlardan birisi olarak *T. turesis* tespit edilmiş ve bizim çalışmamızla da uyum gösteren çok düşük bir oranda parazitlenmeye sebep olduğu bildirilmiştir. Dahası, laboratuvar şartlarında seçimsiz (no-choice) testlerde 30 gün boyunca çiftleşmiş 2 günlük yaştaki 30 farklı dişi *T. turesis*'e birer *H. halys* yumurta paketi verilmesi sonucunda yumurtadan çıkış yapan parazitoit oranının %0.12, ortaya çıkan nimf oranının %92.13 ve açılmayan yumurtalara ait oranın %7.75 olduğu belirlenmiştir (Moraglio ve ark., 2021). Benzer şekilde bu çalışmada, parazitlenen yumurtalardan ortaya çıkan *T. turesis*'e ait oran %0.5 iken, parazitlenerek kararan fakat parazitoit çıkışı gerçekleşmeyen yumurtaların oranı %7.66 olarak bulunmuştur. İstilacı böcek yumurtalarının yerli doğal düşmanlar tarafından parazitlenmesi çoğu zaman konukçuların yumurtalarında aborsiyona sebep olarak üremeyi engelleyici olumsuz etkiler meydana getirmektedir (Abram ve ark., 2016, 2019 ; Kaser ve ark., 2018). Moraglio ve ark. (2021) tarafından test edilen tüm yerli *Trissolcus* ve *Telenomus* türlerinin böceğin yumurtalarında aborsiyona sebep olduğu belirlenmiştir. Yerli türler tarafından parazitlenen yerli pentatomidlerin yumurta paketlerinin

bulunduğu bölgede, bu yerli parazitoidler istilacı türün yumurtalarını keşfedebilme kabiliyeti göstermiştir. Fakat arazide bu egzotik türe ait yüksek sayıda parazitlenmiş açılmayan yumurtanın gözlemlenmesi (Moraglio ve ark., 2021), muhtemelen bu yerli türlerin böceğin üremesine olumsuz etkileri nedeniyle *H. halys* yumurtaları bu parazitoidler için evrimsel bir tuzak olarak düşünülmektedir (Abram ve ark., 2014). Bu hipotezin moleküler tekniklerle doğrulanması gerekse de, bu durum Kanada, İsviçre ve Çin’de ortaya konulduğu gibi İtalya’ya özel olmadığı bildirilmiştir (Garipey ve ark., 2014, 2019; Konopka ve ark., 2019).

## 5. SONUÇ

Bu çalışma, son yıllarda Karadeniz bölgesinde hızlı bir yayılış gösteren ve başta fındık olmak üzere pek çok kültür bitkisi için önemli bir zarar potansiyeline sahip istilacı *H. halys* ile ilişkili yerli yumurta parazitoidlerinin varlığı üzerine temel bir bilgi sağlamaktadır. Aynı zamanda, zararlının yerli yumurta parazitoidi olan *T. turesis*, bu çalışma ile Türkiye’de ilk kez rapor edilmektedir. Bu kapsamda istilacı türün ülkemizde yayılış gösterdiği alanlarda doğal düşman faunasının araştırılması, mücadele için ilk ve önemli aşamalardan birisi olup bu kapsamda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra, Türkiye proaktif bir tarzda uzun vadeli sürdürülebilir bir yöntem olan klasik biyolojik mücadele kapsamında zararlının anavatanında en etkili doğal düşman olan *T. japonicus*’un ithal kararını alarak önemli bir adım atmıştır. Zararlı ile ilgili hali hazırdaki durum değerlendirildiğinde, doğal düşmanın hızlı ve kontrollü bir şekilde kitlesel üretimine geçilmesi ve salımı yüksek derece önem arz etmektedir.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

### Teşekkür

Parazitoidlerin morfolojik teşhisinin yapılması hususunda destek veren Dr. Francesco Tortorici’ye ve çalışmanın bazı kısımlarında yardım eden Arş. Gör. Furkan Doğan’a teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- Abram, P.K., Brodeur, J., Burte, V. Boivin, G., 2016. Parasitoid-induced host egg abortion: an underappreciated component of biological control services provided by egg parasitoids. *Biological Control*, 98, 52-60.
- Abram, P.K., Brodeur, J., Urbaneja, A., Tena, A., 2019. Nonreproductive effects of insect parasitoids on their hosts. *Annual Review of Entomology*, 64, 259-276.
- Abram, P.K., Garipey, T.D., Boivin, G., Brodeur, J., 2014. An invasive stink bug as an evolutionary trap for an indigenous egg parasitoid. *Biological Invasions*, 16, 1387-1395.
- Adachi, I., Uchino, K., Mochizuki, F., 2007. Development of a pyramidal trap for monitoring fruit-piercing stink bugs baited with *Plautia crossota* stali (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone. *Applied entomology and Zoology*, 42(3), 425-431.
- Ak, K., Uluca, M., Aydın, O., Göktürk, T., 2019. Important invasive species and its pest status in Turkey: *Halyomorpha halys* (Stål)(Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 126(5), 401-408.
- Ak, K., Uluca, M., Tuncer, C., 2023. Distribution and population density of *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae) in Black Sea Region of Türkiye. *Turkish Journal of Zoology*, 47(2), 120-129.
- Altanlar, E., Kılıç, M., Altas, K., Talamas, E., Tuncer, C., 2023. First Record of Native Egg Parasitoid, *Anastatus bifasciatus*, on *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)(Hemiptera: Pentatomidae) Eggs in Türkiye. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(3), 545-551.
- Anonymous, 2018. State-by-state. Stop *Halyomorpha halys*: management of brown marmorated stink bug in US specialty crops. <https://www.stopbmsb.org/whereis-bmsb/stateby-state/> (Erişim Tarihi: 18 Nisan 2019)
- Bariselli, M., Bugiani, R., Maistrello, L., 2016. Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *Eppo Bulletin*, 46(2), 332-334.
- Bout, A., Tortorici, F., Hamidi, R., Warot, S., Tavella, L., Thomas, M., 2021. First detection of the adventive egg parasitoid of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) in France. *Insects*, 12, 761.
- Çerci, B., Koçak, O., 2017. Further contribution to the Heteroptera (Hemiptera) fauna of Turkey with a new synonymy. *Acta Biologica Turcica*, 30(4), 121-127.
- Garipey, T.D., Bruin, A., Konopka, J., Scott-Dupree, C., Fraser, H., 2019. A modified DNA barcode approach to define trophic interactions between native and exotic pentatomids and their parasitoids. *Molecular Ecology* 28, 456-470.
- Garipey, T.D., Haye, T., Zhang, J., 2014. A molecular diagnostic tool for the preliminary assessment of host-parasitoid associations in biological control programmes for a new invasive pest. *Molecular Ecology* 23, 3912-3924.
- Güncan, A., Gümüüş, E., 2019. Brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)(Hemiptera: Heteroptera, Pentatomidae), a new and important pest in Turkey. *Entomological News*, 128(2), 204-210.
- Haye, T., Abdallah, S., Garipey, T., Wyniger, D., 2014. Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. *Journal of Pest Science*, 87(3), 407-418.
- Haye, T., Garipey, T., Hoelmer, K., Rossi, J. P., Streito, J. C., Tassus, X., Desneux, N., 2015. Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide. *Journal of Pest Science*, 88(4), 665-673.
- Herlihy, M.V., Talamas, E.J., Weber, D.C., 2016. Attack and success of native and exotic parasitoids on eggs of *Halyomorpha halys* in three Maryland habitats. *PLoS ONE*, 11:e0150275.
- Hoebeke, E. R., 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.
- Inkley, D. B., 2012. Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2), 125-130.
- Jones, A.L., Jennings, D.E., Hooks, C.R.R., Shrewsbury, P.M., 2014. Sentinel eggs underestimate rates of parasitism of the exotic brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *Biological Control*, 78, 61-66.
- Kaser, J.M., Nielsen, A.L., Abram, P.K., 2018. Biological control effects of non-reproductive host mortality caused by insect parasitoids. *Ecological Applications* 28, 1081-1092.
- Konopka, J.K., Garipey, T.D., Haye, T., Zhang, J., Rubin, B.D., McNeil, J.N., 2019. Exploitation of pentatomids by native egg parasitoids in the native and introduced ranges of *Halyomorpha halys*: a molecular approach using sentinel egg masses. *Journal of Pest Science* 98, 609-619.
- Kuhar, T.H., Kamminga, K.L., 2017. Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA, *Journal of pest science*, 90, 1021-1031.

- Lee, D.H., Short, B.D., Joseph, S.V., Bergh, J.C., Leskey, T.C., 2013. Review of the biology; ecology; and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China; Japan; and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42, 627-641.
- Leskey, T. C., Nielsen, A. L., 2018. Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management. *Annual Review of Entomology*, 63, 599-618.
- Leskey, T. C., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Polk, D. F., Rodriguez-Saona, C., Bergh, J. C., ...Wright, S. E., 2012a. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5), 218-226.
- Leskey, T. C., Lee, D. H., Short, B. D., Wright, S. E., 2012b. Impact of insecticides on the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): analysis of insecticide lethality. *Journal of Economic Entomology*, 105(5), 1726-1735.
- Moraglio, S. T., Tortorici, F., Giromini, D., Pansa, M. G., Visentin, S., Tavella, L., 2021. Field collection of egg parasitoids of Pentatomidae and Scutelleridae in Northwest Italy and their efficacy in parasitizing *Halyomorpha halys* under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(1), 52-63.
- Moraglio, S. T., Tortorici, F., Pansa, M. G., Castelli, G., Pontini, M., Scovero, S., ...Tavella, L., 2020. A 3-year survey on parasitism of *Halyomorpha halys* by egg parasitoids in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 93, 183-194.
- Morrison III, W. R., Blaauw, B. R., Nielsen, A. L., Talamas, E., Leskey, T. C., 2018. Predation and parasitism by native and exotic natural enemies of *Halyomorpha halys* (Stål)(Hemiptera: Pentatomidae) eggs augmented with semiochemicals and differing host stimuli. *Biological Control*, 121, 140-150.
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., 2009. Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4), 608-616.
- Ogburn, E.C., Bessin, R., Dieckhoff, C., Dobson, R., Grieshop, M., Hoelmer, K.A., Mathews, C., Moore, J., Nielsen, A.L., Poley, K., et al., 2016. Natural enemy impact on eggs of the invasive brown marmorated stink bug; *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae); in organic agroecosystems: A regional assessment. *Biological Control*, 101, 39-51.
- Özdemir, İ. O., Tuncer, C., Tortorici, F., Özer, G., 2023. Egg parasitoids of green shield bug, *Palomena prasina* L.(Hemiptera: Pentatomidae) in hazelnut orchards of Turkey. *Biocontrol Science and Technology*, 33(1), 65-75.
- Özdemir, İ. O., Tuncer, C., 2021. Türkiye’de yeni bir istilacı polifag zararlı, kahverengi kokarca [*Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]: Tanımı, Benzer Türler ve Mevcut Durum. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(2), 58-67.
- Qiu, L.-F., 2010. Natural enemy species of *Halyomorpha halys* and control effects of the parasitoids species in Beijing. *Northern Horticulture*, 9, 181-183.
- 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.
- Roversi, P.F., Maltese, M., Simoni, S., Cascone, P., Binazzi, F., Strangi, A., Sabbatini Peverieri, G., Guerrieri, E., 2016. *Graphosoma lineatum* (Hemiptera: Pentatomidae): A suitable host for mass rearing *Ooencyrtus telenomicida* (Hymenoptera: Encyrtidae). *International Journal of Pest Management*, 64, 294-302.
- Sabbatini Peverieri, G., Talamas, E.J., Bon, M.-C. Marianelli, L., Bernardinelli, I., Malossini, G., Benvenuto, L., Roversi, P.F., Hoelmer, K., 2018. Two Asian egg parasitoids of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy: *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) and *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae). *Journal of Hymenopteran Research*, 67, 37-53.
- Sabbatini-Peverieri G., Dieckhoff C., Giovannini L., Marianelli L., Roversi P.F., Hoelmer K., 2020. Rearing *Trissolcus japonicus* and *Trissolcus mitsukurii* for biological control of *Halyomorpha halys*. *Insects*, 11,787.
- Stahl, J., Tortorici, F., Pontini, M., Bon, M. C., Hoelmer, K., Marazzi, C., ... Hays, T., 2019. First discovery of adventive populations of *Trissolcus japonicus* in Europe. *Journal of Pest Science*, 92, 371-379.
- Şener, A., Uçkan, F., Koçak, E., & Soydağ, H.K., 2018. Egg parasitoids of Sunn Pest and their effectiveness in Kocaeli province. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 8-12.
- Talamas, E.J., Bon, M.C., Hoelmer, K.A., Buffington, M.L., 2019. Molecular phylogeny of *Trissolcus* wasps (Hymenoptera, Scelionidae) associated with *Halyomorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 73, 201.
- Talamas, E.J., Herlihy, M.V., Dieckhoff, C., Hoelmer, K.A., Buffington, M., Bon, M.-C., Weber, D.C., 2015. *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae) emerges in North America. *Journal of Hymenopteran Research*, 43, 119-128.
- Weber, D. C., Morrison, W. R., Khirman, A., Rice, K. B., Leskey, T. C., Rodriguez-Saona, C., Blaauw, B. R., 2017. Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications. *Journal of Pest Science*, 90(4), 989-1008.

- Weber, D.C., Leskey, T.C., Walsh, G.C., Khimian, A., 2014. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z) -2, 4, 6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 107, 1061-1068.
- Yang, Z.-Q., Yao, Y.-X., Qiu, L.-F., Li, Z.-X., 2009. A new species of *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing eggs of *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in China with comments on its biology. *Annals of the Entomological Society of America*, 102, 39-47.
- Zapponi, L., Tortorici, F., Anfora, G., Bardella, S., Bariselli, M., Benvenuto, L., ... Sabbatini-Peverieri, G., 2021. Assessing the distribution of exotic egg parasitoids of *Halyomorpha halys* in Europe with a large-scale monitoring program. *Insects*, 12(4), 316.
- Zhang, J., Zhang, F., Garipey, T., Mason, P., Gillespie, D., Talamas, E., Haye, T., 2017. Seasonal parasitism and host specificity of *Trissolcus japonicus* in northern China. *Journal of Pest Science* 90, 1127-1141.





## Competition Indices of Forage Turnip Cereal Mixtures in Different Seeding Ratio

Yem Şalgamı Tahıl Karışımlarının Farklı Ekim  
Oranlarında Rekabet İndeksi

Erdem GÜLÜMSER<sup>1</sup>, Hanife MUT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Field Crops, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, University of Bilecik Şeyh Edebali, Bilecik  
· [erdem.gulumser@bilecik.edu.tr](mailto:erdem.gulumser@bilecik.edu.tr) · ORCID > 0000-0001-6291-3831

<sup>2</sup>Department of Field Crops, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, University of Bilecik Şeyh Edebali, Bilecik  
· [hanife.mut@bilecik.edu.tr](mailto:hanife.mut@bilecik.edu.tr) · ORCID > 0000-0002-5814-5275

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 17 Nisan/April 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 23 Mayıs/May 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 385-396

**Atıf/Cite as:** Gülümser, E., Mut, H. "Competition Indices of Forage Turnip Cereal Mixtures in Different Seeding Ratio"  
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(2), Haziran 2023: 385-396.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Erdem GÜLÜMSER



## COMPETITION INDICES OF FORAGE TURNIP CEREAL MIXTURES IN DIFFERENT SEEDING RATIO

### ABSTRACT

The aim of current study was to determine of intercropping forage turnip “FT” with cereals “C” (barley, “B”, wheat “W” and oat “O”) for herbage yield and competitive ratios in Bilecik conditions in 2019-2020 and 2020-2021 growing periods. Plants were sown as sole and in 3 different mixtures (75FT+25C%, 50FT+50C% and 25FT+75C%). Experiments were arranged in a randomized complete block design with three replications. In the study, herbage yield, land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A) and actual yield loss (AYL) values were determined. The herbage yield was ranged from 23.91 to 43.24 t ha<sup>-1</sup>. The highest LER value 50FT+50O% (1.43), while the lowest was in 75FT+25W% (0.94) mixture. It was determined that the competitive ratios of cereals are higher than forage turnip. Besides, the AYL decreased with the increase in cereals ratio in mixtures.

As a result, it was determined that the addition of cereal to the forage turnip increased the herbage yield and the mixtures performed better than the monocrops. Besides, according to the all traits, it was concluded that it would be appropriate to sown forage turnip with barley and oats at a seed rate of 50FT+50B% and 25FT+75O% seed rates in Bilecik ecological conditions.

**Keywords:** Forage Turnip, Cereal, Intercropping, Herbage Yield, Competition.



## YEM ŞALGAMI TAHİL KARIŞIMLARININ FARKLI EKİM ORANLARINDA REKABET İNDEKSİ

### ÖZ

Bu çalışma, 2019 ve 2020 vejetasyon döneminde Bilecik ekolojik koşullarında yem şalgamı “YŞ” ile farklı tahıl “T” (arpa, “A”, buğday “B” ve yulaf “Y”) karışımlarının yeşil ot verimi ve rekabet oranlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bitkiler yalın ve 3 farklı karışım (75YŞ+%25T 50FT+%50C ve 25FT+%75C) oranında ekilmiştir. Çalışma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada yeşil ot verimi, alan eşdeğerlik oranı (LER), rekabet indeksi (Rİ), agresivite (A) ve gerçek verim kaybı (GVK) değerleri belirlenmiştir. Yeşil ot verimi 23.91 ile 43.24 t ha<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. AEO en yüksek 50YŞ+%50Y (1.43), en düşük ise 75YŞ+%25B (0.94) karışımında olmuştur. Tahıl-

ların rekabet oranlarının yem şalgamına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca karışımlarda tahıl oranı arttıkça GVK azalmıştır.

Sonuç olarak, yem şalgamına tahıl ilavesinin yeşil ot verimini arttırdığı ve karışımların yalın ekimlere göre daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca tüm özelliklere göre Bilecik ekolojik koşullarında arpa ve yulafın yemlik şalgam ile %50YŞ+50A ve %25YŞ+75Y tohum oranında ekiminin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yem Şalgamı, Tahıl, Karışıkekim, Bitki Verimi, Rekabet.



## 1. INTRODUCTION

Animal-based food has occupies a significant place in people's diets in Turkey. However, there are some problems associated with livestock production, the primary ones being high input costs and the insufficiency of high-quality roughage. Meadows and grasslands are damaged as they have long been overused for grazing and overgrazing pasturing. Therefore, as the cheapest source of roughage, they have lost their efficiency to a significant extent. On the other hand, the gradual increase in the number of livestock in recent years led to the intensification of the roughage problem, one of the main challenges in the industry. Developing forage crop agriculture has become essential in overcoming this bottleneck. As a matter of fact, the latest data demonstrates that there are 19 million cattle units (BBHB) in Turkey. The annual roughage need of animal stock in Turkey is 86 million tons. The roughage yield obtained from forage crop fields, meadows and grasslands corresponds to 31 million tons, with the deficit being 55 million tons (Acar et al., 2020). This leads to an inability to feed the existing cattle with high-quality roughage, resulting in reduced yield.

The diversity of the climate, soil and production pattern variety in Turkey allows the successful cultivation of many forage crops. However, the number of forage crop types cultivated has not yet reached a sufficient level, meaning a further increase in the roughage needed by the existing animal stock. As a matter of fact, the decline in farming areas due to the growing national and global population is a widely acknowledged fact. Therefore, cultivators have resorted to mixed planting systems to make better use of available farming areas in recent years.

Mixed planting refers to the cultivation of multiple species in the same area simultaneously. It enables an increase in both the overall yield and cultivator income. Also, plants cultivated in the same environment use the available soil, water,

light and nutrients more effectively, causing less impact on the environment (Onal Asci et al., 2015; Acar et al., 2017).

As one of the most significant ways of increasing the yield of forage crops, mixed planting is a widespread choice, particularly in tropical and subtropical regions. In addition to enabling better use of available resources, a mixed planting system is an attractive option for other reasons as well. Firstly, it also reduces risk factors and protects soil fertility through simultaneous cultivation, where if one species fails to grow, the other can thrive. Moreover, it prevents erosion by forming dense vegetation and increases profitability by allowing for more effective use of the household workforce (Zohry et al., 2020).

Determining the species to be used in mixed planting is essential, as the potential competition among the plants can lead to problems. The plants included in the mixture can belong to the same family or different families. Thus, they may compete against each other in light, water and nutrient uptake due to their different morphological properties. Seed ratios in the mixture are as influential in competition as the species themselves. In fact, when the cereal ratio in the mix is high, the cereals would prevent the other species' growth as they grow faster in spring. Therefore, it is critical to adjust the species and seed ratios in the mixture well to ensure interspecies balance. Mugi-Ngenga et al. (2023) indicated that in intercrops, inter-specific competition is inevitable and counterbalances the benefits of potential improved total productivity and biological nitrogen fixation by the legumes. Competitive interactions and the potential for complementarity between the component species determine the performance of intercropping systems.

Lenox, also known as forage-type turnip, is a non-perennial forage crop, the cultivation of which requires no irrigation. Its high protein content improves livestock yield and quality. This plant, directly impacting milk yield and quality, adds value to cultivator income as well. The plant has a very high oil rate and is quite rich in vitamins and nutrients. The hair of animals that feed on forage turnip becomes shinier, with a marked decrease in foot diseases and diarrhea cases. Sheep, goats, heifers, cattle and dairy cows consume the leaves and roots of the plant with great appetite.

This study aims to determine the herbage yield and competition rates of forage turnip and barley, wheat and oat mixtures.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The experiments were conducted at the Agricultural Practice and Research Area, Bilecik Şeyh Edebali University, Turkey, during 2019-2020 and 2020-2021 winter growing season. In this study, forage turnip (*Brassica rapa* L. cv. "Lenox"), barley (*Hordeum vulgare* L. cv. "Ramata"), wheat (*Triticum aestivum* L. cv. "Reis")

and oat (*Avena sativa* L. cv. "Checota") was used as a material and they were sown in five different mixtures (100:0%, 75:25%, 50:50%, 25:75% and 0:100%).

The meteorological data of the experiment area during growth season (December – May) show in the Table 1. During to growing season, total precipitation was 322.0 mm at the long-term; it was 342.3 mm for 2019-2020 and 338.3 mm for 2020-2021 (Table 1). Besides, the long-term, 2019-2020 and 2020-2021 years average temperatures at 7.7 °C, 8.9 °C and 8.8 °C, respectively.

**Table 1.** Meteorological data of experiment area in the long-term and studied years

Months	Temperature (°C)			Precipitation (mm)			Moisture (%)		
	LT**	2019-20	2020-21	LT**	2019-20	2020-21	LT**	2019-20	2020-21
November	9.0	12.7	8.3	37.2	27.6	3.6	71.1	63.0	72.0
December	4.5	5.6	7.9	55.9	78.4	9.7	76.0	78.0	71.5
January	2.4	2.4	5.6	50.1	45.4	78.3	76.5	74.0	58.6
February	3.7	5.2	5.7	42.0	65.6	37.7	73.2	72.1	68.0
March	6.4	8.6	5.1	47.3	34.1	101.0	69.3	68.8	72.1
April	11.5	10.8	11.4	41.8	36.0	73.0	64.2	61.0	67.0
May	16.1	16.7	17.5	47.7	55.2	35.0	64.5	62.0	60.1
Average	7.7	8.9	8.8				70.7	68.4	67.0
Total				322.0	342.3	338.3			

\*Tukish State Meterogical Service; \*\*: Long-term

Experiment field soil properties were clay-loam type with pH of 7.71 and 7.82% CaCO<sub>3</sub>, 257.2 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus, 1605.0 kg ha<sup>-1</sup> potassium and 1.25% organic matter.

Experiment was arranged in a randomized complete block design with three replications. The plots were formed 6 rows with 20 cm space and 5 m length. In pure sowings, 10 kg ha<sup>-1</sup> for seed was used for forage turnip, 220 kg ha<sup>-1</sup> for barley, 200 kg ha<sup>-1</sup> for wheat, 200 kg ha<sup>-1</sup> for oat. The P fertilizer (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 80 kg ha<sup>-1</sup> was uniformly applied to the soil with sowing. Pure forage turnip and mixtures were harvested at the flowering stage based on forage turnip, while the cereals were harvested at milk-dough stages (Harvest was determined using Zadoks scale 73) (Zadoks et al., 1974; Mut et al., 2015; Mut et al., 2018). All treatments were manually harvested and then the species were separated as forage turnip and cereal.

The herbage yields were calculated by converting the plot weights to hectares of the treatments. The land equivalent ratio and other competitive indexes of the treatments were determined according to the herbage yield.

The land equivalent ratio (LER) was determined according to the method by Willey (1979). When LER values are  $<1$ , intercropping is disadvantageous compared to pure sowing, when  $LER = 1$ , intercropping is equal compared to pure sowing and when  $LER > 1$ , intercropping is advantageous compared to pure sowing, (Feng et al., 2022).

The land equivalent ratio (LER):  $LER_{FT} + LER_C$

$LER_{FT}$ :  $F_{THY} / F_{TSY}$

$LER_C$  :  $CHY / CSY$

FT : Forage Turnip

C : Cereals

$F_{THY}$  : Herbage yield of forage turnip in the intercrops

$F_{TSY}$  : Herbage yield of forage turnip in sole crops.

$CHY$  : Herbage yield of cereals in the intercrops

$CSY$  : Herbage yield of cereals in sole crops.

The competition ratio (CR) and aggressivity (A) were determined according to the method by Willey ve Rao (1980) and Bantie et al. (2014).

$CR_{FT}$  :  $(LER_{FT} / LER_C) \times (F_{TSR} / CSR)$

$CR_C$  :  $(LER_C / LER_{FT}) \times (CSR / F_{TSR})$

$F_{TSR}$  : Seed ratio of forage turnip

$CSR$  : Seed ratio of cereal

(AFT) :  $(F_{THY} / F_{TSY} \times F_{TSR}) - (CHY / CSY \times CSR)$

(AC) :  $(CHY / CSY \times CSR) - (F_{THY} / F_{TSY} \times F_{TSR})$

If the AFT : 0, it is equal in both species, if the AFT is positive, forage turnip is dominant and if the AFT is negative, forage turnip is the suppressed species (Dhima et al., 2007; Lithourgidis et al., 2011).

Actual yield loss (AYL) of mixtures was calculated according to the method Banik et al. (2000). Accordingly, If AYL is positive, intercrops are advantageous compared to sole crops, If AYL is negative, intercrops are disadvantageous compared to sole crops

$$\text{AYL} = \text{AYLFT} + \text{AYLC}$$

$$\text{AYLFT} = ((\text{FTHY} / \text{FTSR}) / (\text{FTSY} / 100) - 1)$$

$$\text{AYLC} = ((\text{CHY} / \text{CSR}) / (\text{CSY} / 100) - 1)$$

The results were analyzed according to the randomized complete block design using the SPSS.22 statistical package program. Differences between the considered traits were revealed by Duncan's multiple-range test.

### 3. RESULT AND DISCUSSION

Values of herbage yield and land equivalent ratio (LER) of forage turnip and cereal mixtures are given in Table 2, which demonstrates very significant statistical variance ( $p < 0.01$ ) between procedures in separate and combined years, with no variance between years in terms of herbage yield. In terms of LER, there was a variance of 5 percent between years on the level of possibility, with no variance between procedures in separate and combined years (Table 2).

In combined years, the highest herbage yield varied between 36.99 and 43.24 t ha<sup>-1</sup>. The lowest herbage yield was obtained from the 75%FT+25%W procedure as 23.91 t ha<sup>-1</sup> (Table 2). It is seen that cereals contribute positively to the herbage yield of mixtures. This results from the formation of a dense habitus by way of cereal tillering. In addition, barley and oat proved to be more suitable for forage turnip mixtures than wheat in this study. In individuals, forage turnip, barley and oat were in the same statistical group having a higher herbage yield compared to wheat (Table 2). Orak and Nizam (2012) stated that the herbage yield of lupin, Hungarian vetch, Narbonne vetch and common vetch mixtures with barley in different ratios varied between 7.27 and 46.32 t ha<sup>-1</sup> and that mixtures exhibited better performance than individuals.

LER varied between 0.94 and 1.43 in combined years (Table 2). These results demonstrate that procedures other than 75%FT+25%W are more advantageous than individual planting. This indicates that the plants in the mixture have different root and stem structures, nutrient requirements and reactions to ecological conditions and thus use environmental resources more effectively than individuals. Çopur Doğrusöz et al. (2019) remarked that the LER values of forage turnip and Hungarian vetch, common vetch and pea vary between 0.61 and 2.39.

**Table 2.** Herbage yield and land equivalent ratios of forage turnip cereal mixtures

Treatments	Herbage Yield (t ha <sup>-1</sup> )			Land Equivalent Ratio (LER)		
	2019-20**	2020-21*	Mean**	2019-20	2020-21	Mean
100FT	28.82 bcd	28.98 bcd	28.90 bcd	-	-	-
100B	29.47 bcd	28.01 bcd	28.74 bcd	-	-	-
100W	25.00 cd	24.09 d	24.55 d	-	-	-
100O	30.27 bcd	27.20 bcd	28.74 bcd	-	-	-
75FT+25B	35.98 abc	40.98 ab	38.48 ab	1.26	1.44	1.35
75FT+25W	21.95 d	25.87 cd	23.91 d	0.82	1.06	0.94
75FT+25O	37.40 ab	39.00 abc	38.20 ab	1.27	1.48	1.38
50FT+50B	37.95 ab	36.02 a-d	36.99 abc	1.32	1.28	1.30
50FT+50W	25.43 cd	30.29 a-d	27.86 cd	1.44	1.11	1.28
50FT+50O	42.11 a	44.37 a	43.24 a	1.20	1.66	1.43
25FT+75B	39.72 ab	36.93 a-d	38.33 ab	1.34	1.34	1.34
25FT+75W	30.38 bcd	33.51 a-d	31.95 bcd	1.21	1.37	1.29
25FT+75O	38.19 ab	39.56 ab	38.88 ab	1.27	1.47	1.37
<b>Mean</b>	<b>32.51</b>	<b>33.44</b>		<b>1.24 B*</b>	<b>1.36 A*</b>	

FT: Forage Turnip; B: Barley; W: Wheat; O: Oat; \*(p<0.05); \*\*(p<0.01).

There was a variance between years in the competition rates of forage turnip and cereal mixtures on the level of 1% possibility, with no variance between treatments in separate and combined years (Table 3). Generally, it can be said that barley is more dominant in mixtures compared to wheat and oat. This is because barley is an early plant with a high tillering potential in comparison to other cereals (Acar et al., 2017). In a study they conducted with legume-cereal mixtures, Dordas et al. (2012) stated that cereals are more dominant than legumes. Similarly, cereals proved to be more dominant than forage turnip in this study.

**Table 3.** Competitive ratios of forage turnip cereal mixtures

Treatments	Competitive Ratios of Forage Turnip			Competitive Ratios of Cereals		
	2019-20	2020-21	Mean	2019-20	2020-21	Mean
75FT+25B	0.19	0.21	0.20	5.62	4.73	5.17
75FT+25W	0.32	0.23	0.28	4.11	5.31	4.71
75FT+25O	0.28	0.34	0.31	4.17	6.12	5.15
50FT+50B	0.19	0.26	0.22	7.71	4.19	5.95
50FT+50W	0.37	0.53	0.45	2.78	2.23	2.50
50FT+50O	0.47	0.35	0.41	4.01	3.64	3.82
25FT+75B	0.40	0.49	0.45	3.44	2.32	2.88
25FT+75W	0.62	0.86	0.74	2.42	1.47	1.95
25FT+75O	0.31	0.52	0.41	3.52	2.34	2.93
Mean	<b>0.35 B**</b>	<b>0.42 A**</b>		<b>4.20 A**</b>	<b>3.59 B**</b>	

FT: Forage Turnip; B: Barley; W: Wheat; O: Oat; \*\*( $p < 0.01$ ).

**Table 4.** Aggressivity values of forage turnip cereal mixtures

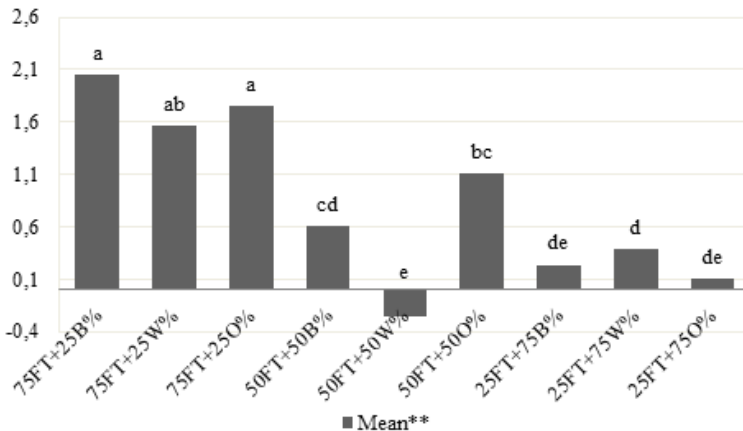
Treatments	Aggressivity Values of Forage Turnip			Aggressivity Values of Cereals		
	2019-20**	2020-21**	Mean**	2019-20**	2020-21**	Mean**
75FT+25B	-0.0258 c	-0.0278 e	-0.0268 e	0.0258 a	0.0278 a	0.0268 a
75FT+25W	-0.0134 ab	-0.0198 de	-0.0197 de	0.0134 bc	0.0198 ab	0.0166 bc
75FT+25O	-0.0204 bc	-0.0190 de	-0.0166 cd	0.0204 ab	0.0190 ab	0.0197 ab
50FT+50B	-0.0180 bc	-0.0151 bcd	-0.0166 cd	0.0180 ab	0.0151 bcd	0.0166 bc
50FT+50W	-0.0035 a	-0.0064 ab	-0.0141 cd	0.0035 c	0.0064 de	0.0050 de
50FT+50O	-0.0115 ab	-0.0167 cd	-0.0124 bcd	0.0115 bc	0.0167 bc	0.0141 bc
25FT+75B	-0.0101 ab	-0.0077 abc	-0.0089 abc	0.0101 bc	0.0077 cde	0.0089 cde
25FT+75W	-0.0053 a	-0.0028 a	-0.0050 ab	0.0053 c	0.0028 e	0.0041 e
25FT+75O	-0.0108 ab	-0.0139 bcd	-0.0041 a	0.0108 bc	0.0139 bcd	0.0124 bcd
Mean	<b>-0.0132 A**</b>	<b>-0.0144 B**</b>		<b>0.0132 B**</b>	<b>0.0144 A**</b>	

FT: Forage Turnip; B: Barley; W: Wheat; O: Oat; \*\*( $p < 0.01$ ).



Table 4 shows the aggressivity values of forage turnip and cereal mixtures. There was a very significant variance ( $p < 0.01$ ) between forage turnip and cereal mixtures in separate and combined years. It was seen that aggressivity values decreased as the planting rates of cereal seed ratios did. The opposite was observed in forage turnip. Since cereals tiller, they can tolerate the decrease in seed ratios. Thus, cereals can tiller more and grow in sparse planting (Önal Aşçı and Eğritaş, 2017). Moreover, aggressivity values varied between cereals. This results from the varying tillering properties, primary stem lengths and development rates of different species. The aggressivity values in this study were coherent with those obtained by Dhima et al. (2007), who stated that the species and planting ratios used in mixtures determined interspecies competition.

In terms of actual yield loss (AYL), the variance was very significant ( $p < 0.01$ ) between forage turnip and cereal mixtures in separate and combined (Figure 1). AYL ranged between -0.26 and 2.05 in combined years. It was observed that actual yield loss was higher in mixtures with a forage turnip rate of 75%. As the cereal ratio in mixtures increased, actual yield loss decreased. Yılmaz et al. (2015) remarked that the AYL values of barley and vetch mixtures ranged between -0.382 and 2.002.



FT: Forage turnip; B: Barley; W: Wheat; O: Oat; \*\*( $p < 0.01$ ).

**Figure 1.** Actual yield loss of forage turnip cereal mixtures in combined years

#### 4. CONCLUSION

In this study, it was aimed to determine intercropping herbage yield and competition ratios of forage turnip with barley, wheat and oat mixtures in Bilecik ecological conditions in the 2019-2022 and 2020-2021 growing periods.

The highest herbage yield was determined in 75FT+25B% (38.48 t ha<sup>-1</sup>), 75FT+25O% (38.20 t ha<sup>-1</sup>), 50FT+50B% (36.99 t ha<sup>-1</sup>), 50FT+50O% (43.24 t ha<sup>-1</sup>), 25FT+75B% (38.33 t ha<sup>-1</sup>), 25FT+75O% (38.88 t ha<sup>-1</sup>) mixtures. The LER value was ranged between 0.94-1.43. It has been determined that the competitive ratios of cereals are higher than forage turnip. Besides, The AYL decreased with the increase in cereals ratio in mixtures.

As a result, it was determined that the addition of cereal to the forage turnip increased the herbage yield and the mixtures performed better than the monocrops. Besides, according to the all traits, it was concluded that it would be appropriate to sow forage turnip with barley and oats at a seed rate of 50+50% and 25+75% in Bilecik ecological conditions.

### 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 the Study: EG(50%), HM(50%)

Data Collection: EG(100%)

Data Analysis: EG(50%), HM(50%)

Writing of the Article: EG and HM(100%)

Submission and Revision of the Article: EG and HM(100%)

## REFERENCES

- Acar, Z., Gülümser, E., Önal Aşçı, Ö., Başaran, U., Mut, H., Ayan, İ., 2017. Effects of sowing ratio and harvest periods on hay yields, quality and competitive characteristics of Hungarian vetch - cereal mixtures. *Legume Researches*, 40(4): 677-683.
- Acar, Z., Tan, M., Ayan, İ., Önal Aşçı, Ö., Mut, H., Gülümser, E., Can, M. Kaymak, G., 2020. The situation of forage crops agriculture and its development opportunities in Turkey. *Agricultural Engineers of Turkey IX. Technical Congress*, pp: 529-553, Ankara, Turkey.
- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal P.K., Bagchi, D.K., 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(1): 9-14.
- Bantie, Y.B., Abera, F.A., Woldegiorgis, T.D., 2014. Competition indices of intercropped lupine (local) and small cereals in additive series in West Gojam, North Western Ethiopia. *American Journal of Plant Sciences*, 5: 1296-1305.
- Çopur, Doğrusöz M., Mut, H., Başaran, U., Gülümser, E., 2019. Performance of legumes-turnip mixtures with different seed rates. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(1): 81-86.

- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100: 249-256.
- Dordas, C.A., Vlachostergios, D.N., Lithourgidis, A.S., 2012. Growth dynamics and agronomic-economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops. *Crop and Pasture Science*, 63: 45-52.
- Feng, L., Yang, W., Tang, H., Huang, G., Wang, S., 2022. Bandwidth row ratio configuration affect interspecific effects and land productivity in maize-soybean intercropping system. *Agronomy*, 12: 3095.
- Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., Damalas C.A., 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Orak, A., Nizam, İ., 2012. Determining the yields of some annual forage crop intercropping suitable for tekirdağ conditions. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 5-10.
- Onal Ascı, O., Acar, Z. and Kasko Arıcı, Y., 2015. Hay yield, quality traits and interspecies competition of forage pea - triticale mixtures harvested at different stages. *Turkish Journal Of Field Crops*, 20: 166-173.
- Önal Aşçı, Ö., Eğritaş, Ö., 2017. Determination of forage yield, some quality properties and competition in common vetch-cereal mixtures. *Journal of Agricultural Sciences*, 23: 242-252.
- Mugi-Ngenga, E., Bastiaans, L., Anten, NPR., Zingore, S., Bajjukya, F., Giller, K.E., 2023. The role of inter-specific competition for water in maize-legume intercropping systems in northern Tanzania. *Agriculture Systems*, 27:103619.
- Mut, Z., Akay, H., Erbas Kose. OD., 2015. Hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin. *International Journal of Plant Production*, 9(4): 507-522.
- Mut, Z., Erbas Kose., O.D., Akay, H., 2018. Evaluation of hay yield and quality traits of oat genotypes grown at different locations. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 35: 168-187.
- Willey, RW., 1979. Intercropping-Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts*, 32: 1-10.
- Willey, R.W., Rao, M.R., 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 16: 117-125.
- Yılmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., Erayman, M., 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 135-143.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak., 1974. A decimal code for growth stages cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.
- Zohry, A.E.H., Ouda, S., Abdel Wahabi, T., 2020. Sustainable intensive cropping to reduce irrigation-induced erosion: Intercropping systems under surface irrigation practice. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 1(2): 63-71.





## Determination of Nuclear DNA Content and Chromosome Number of *Verbascum scamandri* Murb. (Scrophulariaceae)

*Verbascum scamandri* Murb. (Scrophulariaceae)  
Türünün Çekirdek DNA İçeriğinin ve  
Kromozom Sayısının Belirlenmesi

Gülru YÜCEL<sup>1</sup>, Ebru CAMBAZ<sup>2</sup>, Nurşen ÇÖRDÜK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun  
· [gulru.yucel@omu.edu.tr](mailto:gulru.yucel@omu.edu.tr) · ORCID > 0000-0001-9785-929X

<sup>2</sup>Department of Biology, School of Graduate Studies, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale  
· [eburcmbzz@gmail.com](mailto:eburcmbzz@gmail.com) · ORCID > 0000-0001-7301-9288

<sup>3</sup>Department of Biology, Faculty of Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale  
· [nursencorduk@comu.edu.tr](mailto:nursencorduk@comu.edu.tr) · ORCID > 0000-0001-8499-4847

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 24 Nisan/April 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 23 Mayıs/May 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 397-406

**Atıf/Cite as:** Yücel, G., Cambaz, E., Çördük, N. "Determination of Nuclear DNA Content and Chromosome Number of *Verbascum scamandri* Murb. (Scrophulariaceae)" *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 38(2), Haziran 2023: 397-406.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Nurşen ÇÖRDÜK

## DETERMINATION OF NUCLEAR DNA CONTENT AND CHROMOSOME NUMBER OF VERBASCUM SCAMANDRI MURB. (SCROPHULARIACEAE)

### ABSTRACT

The study aimed to determine the chromosome number and nuclear DNA content of an endemic plant, *Verbascum scamandri*, using 14-week-old plants germinated from seed and to determine the genetic stability based on flow cytometry analyses in callus tissues induced MS medium containing 1 mg/L Kin + 1 mg/L 2,4-D and 9-week-old propagated plants, induced and developed on MS medium containing 2 mg/L Kin + 0.1 mg/L 2,4-D. In the mitotic chromosome counts, it was determined that *V. scamandri* had  $2n = 32$  chromosome number. Flow cytometric analysis revealed that 14-week-old *in vitro* grown plants had  $0.73 \text{ pg}/2C \pm 0.01$ , callus tissues had  $0.76 \text{ pg}/2C \pm 0.02$  and propagated plantlets had  $0.79 \text{ pg}/2C \pm 0.01$  mean nuclear DNA content. The results proved that propagated plants had similar DNA content to the seed-derived plants which showed analysed plants were genetically stable.

**Keywords:** Nuclear DNA Content, Chromosome, Tissue Culture, Mullein.



## VERBASCUM SCAMANDRI MURB. (SCROPHULARIACEAE) TÜRÜNÜN ÇEKİRDEK DNA İÇERİĞİNİN VE KROMOZOM SAYISININ BELİRLEMESİ

### ÖZ

Çalışmanın amacı, endemik bir bitki olan *Verbascum scamandri* türünün *in vitro* büyütülen 14 haftalık bitkiler kullanılarak kromozom sayısı ve çekirdek DNA içeriğinin belirlenmesi, 2 mg/L Kin + 0.1 mg/L 2,4-D içeren MS ortamında çoğaltılan 9 haftalık *in vitro* bitkilerde ve 1 mg/L Kin + 1 mg/L 2,4-D içeren MS ortamında indüklenen kallus dokularında flow sitometri analizleri ile genetik kararlılığın tespit edilmesidir. Mitoz kromozom sayımlarında türün kromozom sayısının  $2n = 32$  olduğu belirlenmiştir. Flow sitometri analizinde, *in vitro* yetiştirilen bitki örneklerinin  $0.73 \text{ pg}/2C \pm 0.01$ , kallus örneklerinin  $0.76 \text{ pg}/2C \pm 0.02$ , *in vitro* çoğaltılmış bitkiciklerin DNA içeriği ise  $0.79 \text{ pg}/2C \pm 0.01$  belirlenmiştir. Yapılan flow sitometri analizleri tohumdan gelişen bitkiler ile *in vitro* çoğaltılan bitkilerin benzer çekirdek DNA içeriklerine sahip olduklarını göstermiş ve dolayısıyla genetik stabil oldukları anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çekirdek DNA İçeriği, Kromozom, Doku Kültürü, Sığır Kuyruğu.

## 1. INTRODUCTION

The genus *Verbascum* L. belongs to the family Scrophulariaceae is commonly known as mullein. The genus *Verbascum* includes about 459 species and is distributed mainly in Asia, Europe, and North America (Heywood, 1993; POWO, 2023). In the flora of Türkiye, 253 natural species and 130 hybrid species are found. Among these species, 198 of them were classified as endemic species. The endemism rate of the genus is about 80% in Türkiye (Huber-Morath, 1978; Karavelioğulları, 2015a; 2015b; Çingay and Karavelioğulları 2016; Duman et al., 2017; Çingay et al., 2018). Most *Verbascum* species contain many secondary metabolites including iridoid glycosides, phenylethanoid glycosides, flavonoids, saponins, monoterpenoid glucosides, neolignan glucosides, phenolic acids, steroids, and spermine alkaloids (Tatlı and Akdemir, 2004). These compounds have antioxidant (Mihailović et al., 2016), antiviral (Zanon et al., 1999), antibacterial (Hacıoğlu Dođru et al., 2021), antiinflatuar (Kupeli et al., 2007), anticancer (Zhao et al., 2013), wound healing (Akdemir et al., 2011), antifibrosis (Wu et al., 2018), neuroprotective (Esposito et al., 2010; Xue et al., 2012), and osteoprotection effects (Young et al., 2017). Due to these effects, *Verbascum* species are used in traditional medicine for some diseases such as respiratory tract diseases, eczema, for the treatment of tumors, asthma, and migraine (Turker and Camper, 2002; Kozan et al., 2011). *Verbascum scamandri* Murb. is a biennial plant species, 50-80 cm high, with shortly and densely stellate-tomentose or glabrescent (Huber-Morath, 1978). This species is distributed on mountain slopes in Northwest Anatolia, Türkiye-Kazdağı, known as “Kazdağı Mullein”. The conservation status of this species is declared as endangered (EN, B1-B2a) according to IUCN criteria (IUCN, 2012).

Plant tissue culture is used in plant breeding applications such as haploid plant production, gene transfer, somatic hybridization, species hybridization, somaclonal variation, and in many non-breeding and commercial studies such as synthetic seed, disease-free plant, secondary metabolite production, and micropropagation (Babaoğlu et al., 2001). In addition, it is used for the protection of genetically valuable plant species that are difficult or impossible to reproduce by vegetative and generative means, and plant gene resources that are at a risk of extinction from nature (Mikulík, 1999; Rout et al., 2000). These methods provide the opportunity to multiply plant species in a short time, in a narrow area, regardless of the growing season. However, *in vitro* propagated plants are expected to be genetically uniform and genetically equivalent to donor plants. Callus culture is one of the tissue culture types and is widely used in the production of secondary metabolites of medicinally important plant species. Callus tissues are irregular and undifferentiated parenchymatic cells (Sökmen and Gürel, 2001; Çalışkan et al., 2019). However, many factors such as callus stage, number of subcultures, explant source, plant growth regulators, or applied chemicals may cause environmental stress in culture and induce genetic or epigenetic variations, widely known as somaclonal variation, in

propagated plants during the culture process (Lejjak-Levanic et al., 2004; Temel et al., 2008; Chinnusamy and Zhu, 2009; Lira-Medeiros et al., 2010). For this reason, it is necessary to analyse and compare the nuclear DNA content of callus tissues and *in vitro* propagated plants to determine if genetic changes occur during culture (Çördük et al., 2018).

The nuclear DNA content is the total amount of DNA which present in each cell nucleus of a eukaryotic organism. In species with the same ploidy level, nuclear DNA content is mostly constant among cells of an individual and relatively constant among individuals of species (Bennett and Leitch, 1955). Therefore, it is crucial data in genome analysis (Rees and Walters, 1965), ploidy analysis, evolution, taxonomy (Ohri, 1998), and breeding studies (Lee et al., 2020). Nowadays, the flow cytometry method (FCM) has been used commonly to estimate the nuclear genome size which is a convenient, fast, and reliable method (Dolezel et al., 2007; Galbraith, 2009). FCM can also allow detecting DNA amounts from material cultured *in vitro* (Dolezel et al., 1989; Makowczyńska et al., 2008). Somaclonal variation in tissue culture resulted instability in DNA content of plant material (Escobedo-Gracia-Medrano et al., 2018; Sliwinska, 2018) and screening of genetic stability of plants propagated through tissue culture techniques has been analysed successfully using flow cytometry in different plant species (Kubalaková et al., 1996; Kevers et al., 1999; Makowczyńska et al., 2008). Although nuclear genome size is a fundamental biological character, it has been only estimated until now in a limited number of *Verbascum* species e.g. *V. levanticum* (0.75 pg/2C) and *V. virgatum* (1.44 pg/2C) (Castro et al., 2012). In the *Verbascum* genus, chromosome number showed variation among species and even within the species (Benedi et al., 2009). However, there is no information about the nuclear DNA content and chromosome number of *V. scamandri*.

This research aimed to determine the chromosome number and nuclear DNA content of *V. scamandri* species using 14-week-old *in vitro* grown plants by flow cytometry for the first time. Also, the DNA content of 9-week-old propagated plantlets and callus tissues of *V. scamandri* were analysed and compared to determine whether genetic changes occur during *in vitro* culture.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Plant Material

The studies were carried out using the *in vitro* cultures of *V. scamandri* that had been established by Cambaz (2022). *V. scamandri* seeds were collected from in Çanakkale-Bayramiç, Türkiye during the flowering period in August 2021. The taxonomic identification was made according to the genus *Verbascum* L. in Flora



of Turkey and the East Aegean Islands (Huber-Morath, 1978), and checked with reference collection in in Çanakkale Botanic Garden Herbarium (CBB, Çanakkale, Türkiye) by Prof. Dr. Ersin KARABACAK from Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Science, Department of Biology. A voucher specimen was recorded in the CBB under the number "CBB00002743".

*V. scamandri* seeds were sterilized in 5% (v/v) sodium hypochlorite for 20 minutes and then rinsed 4-5 times with sterile distilled water. The seeds were inoculated on Murashige and Skoog basal medium (MS: Murashige and Skoog 1962) containing 3% (w/v) sucrose and 0.7% (w/v) phytoagar. The adventitious shoots were induced from leaf explants (5x5 mm) cultured on MS medium containing 2 mg/L Kinetin (Kin) + 0.1 mg/L 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 3% sucrose, 1 g/L polyvinylpyrrolidone (PVP, Sigma Aldrich), and 0.7% phytoagar. The shoots were propagated and rooted on MS medium without plant growth regulators. Callus induction has occurred from leaf explants (5x5 mm) cultured on MS medium containing 1 mg/L Kin + 1 mg/L 2,4-D, 3% sucrose, 1 g/L PVP, and 0.7% phytoagar. All media were adjusted to pH 5.75 before autoclaving at 121°C for 15 min. All the cultures were kept in the growth chamber at 25 ± 2 °C under 16 h light/8 h dark photoperiod, 50 ± 5% humidity with 72 µmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>.

## 2.2. Nuclear DNA Content Estimation

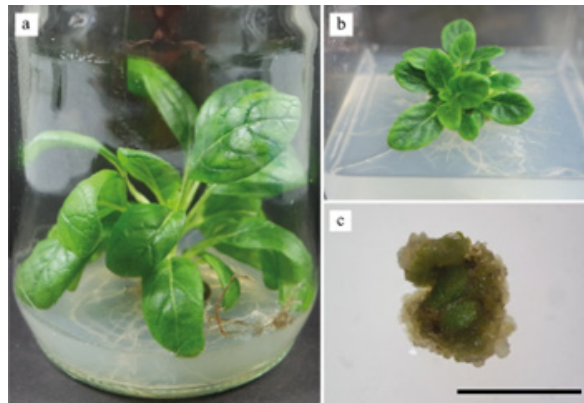
The nuclear DNA content of *V. scamandri* samples was determined by the flow cytometer (Partec, CyFlow® Space Münster, Germany) equipped with a green solid-state laser (Cobolt Samba, 532 nm, 100 mW). *Lycopersicon esculentum* (2C = 1.96 2C/pg) was used as an internal standard. The intact nuclei suspension was prepared from the youngest and healthy leaves of both the *in vitro* grown plants and the propagated plants, as well as from the callus tissues. The intact nuclei suspensions were prepared using commercial kits (CyStain PI absolute P) manufactured by Sysmex Partec GmbH (Münster, Germany). Approximately 20 mg fresh leaf of sample and 40 mg fresh leaf of internal standard was co-chopped into small pieces for approximately 40–60 s using a razor blade in a petri dish containing 500 µl nuclei extraction buffer. The homogenized solution was transferred into a glass tube through a 30 µm filter. A 2 µl of staining buffer (CyStain PI Absolute P) was added to each tube and the samples were incubated at room temperature in the dark for at least 1 h before analysis. 2C nuclear DNA contents of samples were calculated based on the ratios of the G1 peak means of sample and internal standard in three replicates per sample using the following equation: Nuclear DNA content of sample = (mean of sample G1 peak/mean of standard G1 peak) × Known DNA content of standard (pg)

### 2. 3. Chromosome Preparation

Cytological analysis was done on root tips of 14-week-old *in vitro* grown plants. Chromosome preparations were performed according to the protocol as described by Tsuchiya and Nakamura (1979) with some modifications. Roots, approximately 1.0-2.0 cm long, cut from the plants were immersed in 0.002 M 8-hydroxyquinoline (Sigma, USA) for 2 h at room temperature followed by fixation in ethanol/glacial acetic acid (3:1) and stored at +4°C until use. Hydrolytic maceration was done in 1N HCl at 60°C for 10 minutes. Root tips were stained with 2% acetocarmine and kept for about 3 or 4 days at 4 °C. The root cap of stained-root tips was removed before squashing and samples were squashed on a glass slide. Chromosome counts were performed under the light microscope (Motic, BA210) for at least five metaphase cells.

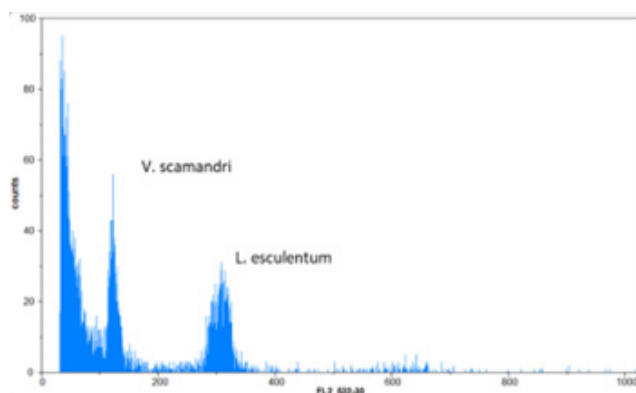
## 3. RESULT AND DISCUSSION

The seeds of *V. scamandri* were successfully germinated on MS medium and the seedlings were healthy grown *in vitro* for 14 weeks (Figure 1a). In this work, the adventitious shoot induction has occurred from leaf explants on MS medium containing 2 mg/L Kin and 0.1 mg/L 2,4-D. The shoots were propagated and rooted on MS medium without plant growth regulators. The propagated plants were grown for 9 weeks (Figure 1b). Callus induction was achieved by culturing leaf explants on MS medium containing 1 mg/L Kin, 1 mg/L 2,4-D within 3-4 weeks of culture (Figure 1c). 14-week-old *in vitro* grown plants, 9-week-old propagated plantlets, and callus tissues of *V. scamandri* were used for analyses.



**Figure 1.** 14-week-old *in vitro* seedling (a), 9-week-old propagated plantlet of *V. scamandri* (b), callus tissue induced from leaf explants cultured on MS medium with 1 mg/L Kin + 1 mg/L 2,4-D (c) (bar = 5mm)

The nuclear DNA content of *V. scamandri* was estimated using flow cytometry with *L. esculentum* (1.96 pg/2C) as an internal standard plant. *L. esculentum* was excellent as an internal standard for *V. scamandri* since *V. scamandri* G1 peak was distinguishable from the *L. esculentum* G1 peak (Figure 2). Based on the flow cytometric analysis of nuclear DNA content, the *in vitro* grown plants, propagated plantlets, and callus tissues all have very similar amounts of DNA. The mean nuclear content of seed derived plants of *V. scamandri* was determined as  $0.73 \text{ pg}/2\text{C} \pm 0.01$ , while callus tissues and the leaf of propagated plantlets had a slightly higher DNA content with  $0.76 \text{ pg}/2\text{C} \pm 0.02$  and  $0.79 \text{ pg}/2\text{C} \pm 0.01$ , respectively. The flow cytometry analysis indicated that nuclear DNA content remained stable during the successive subcultures.



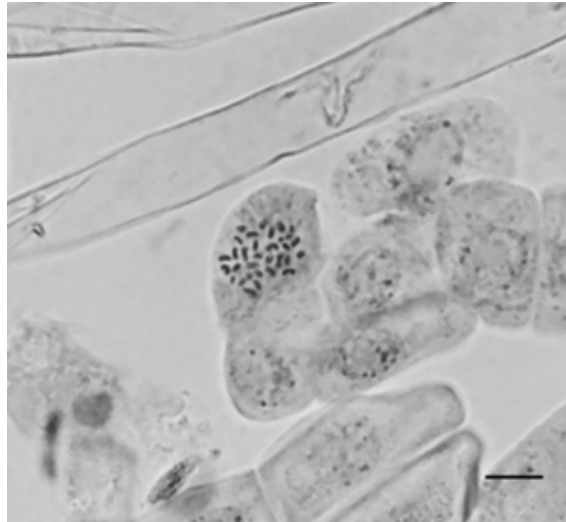
**Figure 2.** Relative positions of G1 peaks of *V. scamandri* and standard

The 2C DNA content of some *Verbascum* species previously was reported. Based on the results of the previous study using flow cytometry, the nuclear DNA contents of *V. levanticum*, *V. litigiosum*, and *V. pulverulentum* were reported as 0.75 2C/pg, 0.76 2C/pg, and 0.78 2C/pg, respectively. The previously analysed nuclear DNA content of species indicated similar results obtained in the present study. On the other hand, the nuclear DNA content of *V. virgatum* was reported as 1.44 2C/pg, which is approximately two-fold of other analysed species (Castro et al., 2012).

In *V. scamandri* genome, analyses of leaves from *in vitro* grown plants and *in vitro* propagated plants had similar nuclear DNA content. Similarly, the *in vitro* culture of *Plantago asiatica* produced genetically stable material. The nuclear DNA content of the leaves of the following seedling and plant materials of *P. asiatica* cultured *in vitro* ranged from 2.97 to 3.45 pg/2C using flow cytometry. It was reported that *in vitro* culture material produces genetically stable material since the nuclear DNA content of the samples was similar to the source of the material (Makowczyńska et al., 2008). Çördük et al. (2017) reported DNA ploidy levels remained

stable *in vitro* cultures cloned of *Digitalis trojana* since regenerated plantlets and seed derived plants had  $2.80 \pm 0.03$  pg and nuclear DNA  $2.80 \pm 0.1$  pg/2C nuclear DNA content with same chromosome number ( $2n=56$ ) respectively. On the other hand, somaclonal variation had been determined in different species such as *Plumbago zeylanica* (Sivanesan, 2007) and rice cultivar (Araújo et al., 2001). It has been reported that somaclonal variation is particularly common in plants regenerated from callus (Bhatia and Sharma, 2015; Çördük et al., 2017).

Based on cytological investigations and mean nuclear DNA content analyses chromosome number of the *in vitro* grown plants was determined  $2n = 32$  with  $0.73$  pg/2C  $\pm$  0.01 (Figure 3). In genus *Verbascum* wide range of chromosome number variation is reported for example,  $2n = 18, 24, 28, 30, 32, 34, 36, 40, 48, 44, 52, 58$  (Benedi et al., 2009; Petrova and Vladimirov 2020). Dysploidy was suggested as the possible reason for variability in chromosome number in *Verbascum* (Castro et al., 2012). Numerical and structural changes in chromosomes are important mechanisms that can drive speciation and diversification in plants (Lysak and Weiss-Schneeweiss, 2021).



**Figure 3.** The mitotic chromosomes of *V. scamandri*,  $2n = 32$  (scale bar = 10  $\mu$ m)

#### 4. CONCLUSION

In conclusion, chromosome number of endemic *V. scamandri* was determined  $2n = 32$ . The mean nuclear DNA content of *V. scamandri* was determined 0.73 pg/2C. In addition to that analysis of *V. scamandri* using flow cytometry has proven that flow cytometry is a rapid and simple technique to estimate nuclear DNA con-

tent in plant genome analyses. It was determined that the culture conditions were suitable for *in vitro* propagation of this species since no somaclonal variation was occurred during the culture. According to the flow cytometry results, regenerated plants had similar nuclear DNA content to the source of the material. Additionally, this allowed us to control the nuclear DNA content stability during *in vitro* culture.

### 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: NÇ(%80), GY(%20)

Data Acquisition: EC(%60), NÇ(%20), GY(%20)

Data Analysis: EC(%60), NÇ(%20), GY(%20)

Writing Up: NÇ(%50), GY(%40), EC(%10)

Submission and Revision: NÇ(%60), GY(%40)

### Acknowledgements

The research was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University The Scientific Research Coordination Unit, Çanakkale, Türkiye (Project Number: FYL-2021- 3732).

## REFERENCES

- Akdemir, Z., Kahraman, Ç., Tatlı, I.I., Akkol, E.K., Süntar, I., Keles, H., 2011. Bioassay-guided isolation of anti-inflammatory, antinociceptive and wound healer glycosides from the flowers of *Verbascum mucronatum* Lam. Journal of Ethnopharmacology, 136(3): 436-443. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.05.059>
- Araújo, L.G., Prabhu, A.S., Filippi, M.C., Chaves, L.J., 2001. RAPD analysis of blast resistant somaclones from upland rice cultivar IAC 47 for genetic divergence. Plant Cell Tissue Organ Culture, 67: 165-172. <https://doi.org/10.1023/A:1011960225472>
- Babaoğlu, M., Yorgancılar, M. Akbulak, A.M., 2001. Doku Kültürü: Temel Laboratuvar Teknikleri. In: Babaoğlu, M., Gürel, E., Özcan, S., (Eds). Bitki Biyoteknolojisi I Doku Kültürü ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya. pp 1-35.
- Benedi, C., Rico, E., Guemes, J., Herrero, A., 2009. Flora Iberica Vol. 13. Madrid: Real Jardin Botanico.
- Bennett, M.D., Leitch, I.J., 1995. Nuclear DNA Amounts in Angiosperms. Annals of Botany, 76(2): 113-176. <https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1085>
- Bhatia, S., Sharma, K., 2015. Technical Glitches in Micropropagation. In Bhatia S, Sharma K, Dahiya R, Bera T., (Eds) Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences. Academic Press, pp 393-404.
- Çalışkan, T., Hatipoğlu, R., Kırıcı, S., 2019. Production of plant secondary metabolites from cell and organ cultures under *in vitro* conditions. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(7): 971-980. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i7.971-980.2447>

- Cambaz, E., 2022. *Verbascum scamandri* Murb. Türünün Kallus Kültürü ile Sekonder Metabolit Üretimi. Master Thesis. Çanakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, p 94, Çanakkale.
- Castro, M., Castro, S., Loureiro, J., 2012. Genome size variation and incidence of polyploidy in Scrophulariaceae sensu lato from the Iberian Peninsula, AoB PLANTS, pls037. <https://doi.org/10.1093/aobpla/pls037>
- Chinnusamy, V., Zhu, J.K., 2009. Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Curr Opin Plant Biol*, 12: 133–39.
- Çingay, B., Demir, O., Cabi, E., 2018. *Verbascum faik-karaveliogullarii* (Scrophulariaceae), a new species from southeastern Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 372(4): 263–272. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.372.4.3>.
- Çingay, B., Karavelioğulları, F.A., 2016. A new species of *Verbascum*, *V. nihatgoekyigitii* (Scrophulariaceae), from southeastern Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 269(4): 287–293. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.269.4.4>
- Çördük, N., Yücel, G., Akinci, N., Tuna, M., 2017. Assessment of the genetic stability of indirect shoot organogenesis-derived plantlets of *Digitalis trojana* Ivanina by flow cytometry and cytological analyses. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14 (1): 70–76.
- Çördük, N., Yücel, G., Akinci, N., Tuna, M., Esen, O., 2018. *In vitro* propagation of *Silene bolanthisoides* Quézel, Contandr. & Pamukç. and assessment of genetic stability by flow cytometry. *Archives of Biological Sciences*, 70(1): 141–148. <https://doi.org/10.2298/ABS170410033C>.
- Dolezel, J., Binarova, P., Lucretti, S., 1989. Analysis of nuclear DNA content in plant cells by flow cytometry. *Biology Plantarum*, 31(2): 113–120. <https://doi.org/10.1007/BF02907241>.
- Dolezel, J., Greilhuber, J., Suda, J., 2007. Estimation of nuclear DNA content in plants using flow cytometry. *Nat Protoc*, 2: 2233–2244. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.310>.
- Duman, H., Uzunhisarcıklı, M.E., Tan, K., 2017. *Verbascum mughlaeum* (Scrophulariaceae), a new species from SW Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 291(3): 231–236. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.291.3.8>
- Escobedo-Gracia-Medrano, R.M., Burgos-Tan, M.J., Ku-Cauch, J.R., Quiroz-Moreno, A., 2018. Using Flow Cytometry Analysis in Plant Tissue Culture Derived Plants. *Methods in Molecular Biology*, 1815: 317–332. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_22).
- Esposito, E., Dal Toso, R., Pressi, G., Bramanti, P., Meli, R., Cuzzocrea, S., 2010. Protective effect of verbascoside in activated C6 glioma cells: possible molecular mechanisms. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 381: 93–105. <https://doi.org/10.1007/s00210-009-0466-0>
- Galbraith, D.W., 2009. Simultaneous flow cytometric quantification of plant nuclear DNA contents over the full range of described angiosperm 2C values. *Cytometry A*, 75(8): 692–8. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.20760>.
- Hacıoğlu Doğru, N., Demir, N., Yılmaz, Ö., 2021. Three species of *Verbascum* L. from Northwest Anatolia of Turkey as a source of biological activities. *Turk J Anal Chem*, 3(1): 19–26. <https://doi.org/10.51435/turkjac.886692>
- Heywood, V.H., 1993. Flowering Plants of the World. Oxford University Press.
- Huber-Morath, A., 1978. *Verbascum* L In: Davis PH (ed) Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol 6. Edinburgh University Press Edinburgh. pp 461–603.
- Hung, J. Y., Yang, C. J., Tsai, Y. M., Huang, H. W., Huang, M. S., 2008. Antiproliferative activity of aucubin is through cell cycle arrest and apoptosis in human non-small cell lung cancer A549 cells. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 35(9): 995–1001. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2008.04935.x>
- IUCN, International Union for Conservation of Nature. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Gland, Switzerland.
- Karavelioğulları, F.A., 2015a. *Verbascum ibrahim-belenlii* (Scrophulariaceae), a new species from East Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 212(3): 246–248. <http://doi.org/10.11646/phytotaxa.212.3.8>
- Karavelioğulları, F.A., 2015b. *Verbascum misirdalianum* (Scrophulariaceae), a new species from central Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 217(1): 96–99. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.217.1.10>
- Kevers, C., Greimers, R., Franck, T., Bisbis, T., Dommes, J., Gaspar, T., 1999. Flow cytometry estimation of nuclear size and ploidy level of habituated calli of sugar beet. *Biologia Plantarum*, 42(3): 321–332. <https://doi.org/10.1023/A:1002469331895>
- Kozan, E., Çankaya, İ.T., Kahraman, C., Akkol, E.K., Akdemir, Z., 2011. The *in vivo* anthelmintic efficacy of some *Verbascum* species growing in Turkey. *Experimental Parasitology*, 129(2): 211–214. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2011.06.005>
- Kubalaková, M., Dolezel, J., Lebeda, A., 1996. Ploidy instability of embryogenic cucumber (*Cucumis sativus* L.) callus culture. *Biologia Plantarum*, 38(3): 475–480. <https://doi.org/10.1007/BF02896685>.
- Kupeli, E., Tatlı, İ.L., Akdemir, Z.S., Yesilada, E. 2007. Bioassay-guided isolation of anti-inflammatory and antinociceptive glycoterpenoids from the flowers of *Verbascum lasianthum* Boiss. ex Benth. *J. Ethnopharmacol*, 110, 444–450., 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.004>
- Lee, Y.I., Tseng, Y-F., Lee, Y.C., Chung, M.C., 2020. Chromosome constitution and nuclear DNA content of Phalaenopsis hybrids. *Scientia Horticulturae*, 262. 109089. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109089>.

- Leljak-Levanic, D., Bauer, N., Mihaljevic, S., Jelaska, S., 2004. Changes in DNA methylation during somatic embryogenesis in *Cucurbita pepo* L. *Plant Cell Rep*, 23: 120–27. <https://doi.org/10.1007/s00299-004-0819-6>
- Lira-Medeiros, C.F., Parisod, C., Fernandes, R.A., Mata, C.S., Cardoso, M.A., Ferreira, P.C.G., 2010. Epigenetic variation in mangrove plants occurring in contrasting natural environment. *PLOS One*, 5(4): e10326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010326>
- Lysak, M.A., Weiss-Schneeweiss, H., 2021. Editorial: Chromosomal Evolution in Plants. *Front Plant Sci*. 2021 Jul 29;12:726330. doi: 10.3389/fpls.2021.726330.
- Makowczyńska, J., Andrzejewska-Golec, E. and Sliwinska, E., 2008. Nuclear DNA content in different plant materials of *Plantago asiatica* L. cultured in vitro. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 94: 65–71. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9387-8>.
- Mihailović, V., Kreft, S., Benković, E.T., Ivanović, N., Stanković, M.S., 2016. Chemical profile, antioxidant activity and stability in stimulated gastrointestinal tract model system of three *Verbascum* species. *Industrial Crops and Products*, 89, 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.075>
- Mikulík, J., 1999. Propagation of endangered plant species by tissue cultures. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Biologica*, 37, 27-33.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3): 473-497.
- Ohri, D., 1998. Genome Size Variation and Plant Systematics. *Annals of Botany*, 82(supp-SA): 75-83. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0765>.
- Petrova, A., Vladimirov, V., 2020. Chromosome atlas of the Bulgarian vascular plants. *Phytologia Balcanica*, 26 (2): 217–427.
- POWO, Plants of the World Online. 2023. *Verbascum* L. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30049308-2>. (2023, April 13)
- Rees, H., Walters, M.R., 1965. Nuclear DNA and the evolution of wheat. *Heredity*, 20: 73-82. <https://doi.org/10.1038/hdy.1965.9>.
- Rout, G.R., Samantaray, S., Das, P., 2000. *In vitro* manipulation and propagation of medicinal plants. *Biotechnology Advances*, 18(2): 91-120. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00026-9](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00026-9)
- Sivanesan, I., 2007. Shoot regeneration and somaclonal variation from leaf callus cultures of *Plumbago zeylanica* Linn. *Asian J Plant Sci*, 6(1):83–86. <https://doi.org/10.3923/ajps.2007.83.86>.
- Sliwinska, E., 2018. Flow cytometry – a modern method for exploring genome size and nuclear DNA synthesis in horticultural and medicinal plant species. *Folia Hort*, 30(1): 103-128. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0011>.
- Sökmen, A., Gürel, E., 2001. Sekonder Metabolit Üretimi. M. Babaoğlu, E. Gürel, S. Özcan (Ed). *Bitki Biyoteknolojisi I, Doku Kültürü Uygulamaları*. Selçuk University. Konya. pp. 211-261.
- Tatlı, İ., Akdemir, Z., 2004. Chemical constituents of *Verbascum* L. Species. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29: 93-107.
- Temel, A., Kartal G, Gözükrımı N. 2008. Genetic and epigenetic variations in barley calli cultures. *Biotechnol Biotechnol Equip*, 22(4): 911-14. <https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817577>
- Tsuchiya, T., Nakamura, C., 1979. Acetocarmine Squash Method for Observing Sugar Beet Chromosomes. *Euphytica*, 28: 249-256. <https://doi.org/10.1007/BF00056582>.
- Turker, A.U., Camper, N.D., 2002. Biological activity of common mullein, a medicinal plant. *Journal of Ethnopharmacology*, 82(2-3): 117-125. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00186-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00186-1)
- Wu, Q.Q., Xiao, Y., Duan, M.X., Yuan, Y., Jiang, X.H., Yang, Z., Liao, H.H., Deng, W., Tang, Q.Z., 2018. Aucubin protects against pressure overload-induced cardiac remodeling via the  $\beta$ 3-adrenoceptor-neuronal NOS cascades. *British Journal of Pharmacology*, 175(9): 1548-1566. <https://doi.org/10.1111/bph.14164>
- Xue, H.Y., Lu, Y.N., Fang, X.M., Xu, Y.P., Gao, G.Z., Jin, L.J., 2012. Neuroprotective properties of aucubin in diabetic rats and diabetic encephalopathy rats. *Molecular Biology Reports*, 39(10): 9311-9318. <https://doi.org/10.1007/s11033-012-1730-9>
- Young, I.C., Chuang, S.T., Hsu, C.H., Sun, Y.J., Liu, H.C., Chen, Y.S., Lin, F.H., 2017. Protective effects of aucubin on osteoarthritic chondrocyte model induced by hydrogen peroxide and mechanical stimulus. *BMC complementary and Alternative Medicine*, 17(91): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1581-y>
- Zanon, S.M., Ceriatti, F.S., Rovera, M., Sabini, L.J., Ramos, B.A. 1999. Search for antiviral activity of certain medicinal plants from Cordoba, Argentina. *Rev. Latino. Microbiol*, 41, 59–62.
- Zhao, Y.L., Wang, S.F., Li, Y., He, Q.X., Liu, K.C., Yang, Y.P., Li, X.L. 2011. Isolation of chemical constituents from the aerial parts of *Verbascum thapsus* and their antiangiogenic and antiproliferative activities. *Archives of Pharmacol Research*, 34(5):703–707.



## The Effect of Different Irrigation Water Salinity Levels on Rice Germination and Early Seedling Development

Farklı Sulama Suyu Tuzluluk Seviyelerinin Çeltikte  
Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Hamide DUMAN<sup>1</sup>, Elif ÖZTÜRK<sup>2</sup>, Hasan AKAY<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department Field Crops, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun  
· hamidelaleduman@gmail.com · ORCID >0000-0002-6462-431X

<sup>2</sup>Department Field Crops, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun  
· elif.ozturk@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-9723-6092

<sup>3</sup>Department Field Crops, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun  
· hasan.akay@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0003-1198-8686

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 14 Mayıs/May 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 5 Haziran/June 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 407-420

**Atıf/Cite as:** Duman, H., Öztürk E., Akay, H. "The Effect of Different Irrigation Water Salinity Levels on Rice Germination and Early Seedling Development" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(2), Haziran 2023: 407-420.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Elif ÖZTÜRK



## THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION WATER SALINITY LEVELS ON RICE GERMINATION AND EARLY SEEDLING DEVELOPMENT

### ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a vital cereal group that provides the basic food source for over half of the world's population and almost half of the daily calorie requirement. However, rice is susceptible to salt stress during germination and early seedling development. This study was conducted to determine the effect of different NaCl and CaCl concentrations on rice germination and early seedling development. The Efe variety, commonly grown in our country, was used in the study. Seeds were germinated and irrigated during the seedling and early growth stages using solutions prepared at 7 different NaCl and CaCl<sub>2</sub> concentration levels: 0.38 dS m<sup>-1</sup> (T0), 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1), 3 dS m<sup>-1</sup> (T2), 5 dS m<sup>-1</sup> (T3), 7 dS m<sup>-1</sup> (T4), 9 dS m<sup>-1</sup> (T5), and 11 dS m<sup>-1</sup> (T6). The germination rate was examined 5 days after seed planting, while seedling growth parameters and leaf and root mineral contents were examined 15 days after planting. Salt tolerance and vigor index values were calculated. The study was conducted with 3 replications according to the randomized complete block design. Statistically significant differences were observed among the studied traits. The germination rate and early seedling growth traits decreased as the salt concentration increased. Regarding root mineral content, as salinity increased, Na, K, and Ca increased while the K/Na and Ca/Na ratios decreased. Similarly, regarding seedling mineral content, as salinity increased, Na, K, and Ca increased while the K/Na and Ca/Na ratios decreased. These findings indicate that rice plants are sensitive to salt stress during the germination and early seedling growth stages. The analysis showed that the maximum salt concentration for 80% germination was 7 dS m<sup>-1</sup> (T3) for the Efe rice variety commonly grown in our country.

**Keywords:** Rice; Salinity Stress; Mineral Content, Seedling Establishment, Growth.



### ÖZ

## FARKLI SULAMA SUYU TUZLULUK SEVİYELERİNİN ÇELTİKTE ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Çeltik (*Oryza sativa* L.), dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel besin kaynağını ve günlük kalori ihtiyacının neredeyse yarısını sağlayan hayati bir tahıl grubudur. Bununla birlikte, çeltik, çimlenme ve erken fide gelişimi sırasında tuz stresine karşı hassastır. Bu çalışma, farklı NaCl ve CaCl konsantrasyonlarının çeltik

çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen Efe çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar, fide ve erken büyüme dönemlerinde 7 farklı NaCl ve CaCl konsantrasyon seviyesinde hazırlanan solüsyonlar kullanılarak çimlendirilmiş ve sulanmıştır.  $0.38 \text{ dS m}^{-1}$  (T0),  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  (T1),  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (T2),  $5 \text{ dS m}^{-1}$  (T3),  $7 \text{ dS m}^{-1}$  (T4),  $9 \text{ dS m}^{-1}$  (T5) ve  $11 \text{ dS m}^{-1}$  (T6). Çimlenme oranı tohum ekiminden 5 gün sonra, fide büyüme parametreleri ile yaprak ve kök mineral içerikleri ise ekimden 15 gün sonra incelenmiştir. Tuz toleransı ve canlılık indeksi değerleri hesaplanmıştır. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. İncelenen özellikler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranı ve erken fide büyüme özellikleri azalmıştır. Kök mineral içeriğine bakıldığında, tuzluluk arttıkça Na, K ve Ca mineral içerikleri artarken, K/Na ve Ca/Na oranları azalmıştır. Benzer şekilde fide mineral içeriği bakımından tuzluluk arttıkça Na, K ve Ca artarken, K/Na ve Ca/Na oranları azalmıştır. Bu bulgular, çeltik bitkilerinin çimlenme ve erken fide büyüme aşamalarında tuz stresine duyarlı olduğunu göstermektedir. Yapılan analizler, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen Efe çeltik çeşidi için % 80 çimlenme için maksimum tuz konsantrasyonunun  $7 \text{ dS m}^{-1}$  (T3) olduğunu göstermiştir.



## INTRODUCTION

Rice (*Oryza sativa* L.) constitutes the staple source of livelihood and basic food commodity for three billion people worldwide, primarily in Africa and Asia. The global average rice consumption exceeds 50 kg per capita per year, and it constitutes the basic food item for 90% of the population in the Asian continent (Heong et al., 2005; Vibhuti et al., 2015; Khush, 1997; Carrijo et al., 2017). The projected increase in the global population to 9.6 billion by 2050 indicates a continual rise in food demand. Despite the constant increase in rice production, it is not sufficient to meet the global demand (FAO, 2021; Steduto et al., 2012). Rice is a versatile crop that can grow in diverse climatic conditions, but different abiotic and biotic stress factors affect its yield. Among the abiotic stress factors, salinity is a major limitation to rice productivity worldwide (Riaz et al., 2019). Approximately 6% of the approximately 800 million hectares of land used for agricultural production worldwide suffer from soil salinity issues, which equates to 20 % of the total irrigated area (Gerona et al., 2019; FAO, 2008; Munns, 2002). In Turkey, the problem of salinity and alkalinity in agricultural soils has become increasingly prevalent in recent years due to the rapid development of irrigation practices and associated drainage issues. Of the total 2.7 million hectares of land affected by drainage problems, approximately 1.5 million hectares suffer from salinity and alkalinity issues (Dinç et al., 1993). Paddy is a plant that can grow continuously underwater and is

therefore mainly cultivated in areas close to the sea, with a high demand for water. In rice cultivation in these regions, the use of groundwater leads to the entry of seawater, resulting in salinization of irrigation water (Mori and Kinoshita, 1987). Excessive accumulation of  $\text{Na}^+$  in plants under salt stress inhibits the uptake of K (Siegel et al., 1980), and  $\text{Cl}^-$  can negatively affect  $\text{NO}_3^-$  uptake, leading to disruptions in ion balance in plants (Kirkby et al., 1977; Güneş et al., 1994; Inal et al., 1995; Lewitt, 1980). Although the salinity problem affects the growth and development of rice throughout its entire life cycle, the extent of the impact varies depending on the severity of salinity and the duration of exposure to salt. Additionally, rice is more sensitive to salt stress during germination and early seedling development (Kakar et al., 2019). Rice production is decreasing in many developing countries due to salinity and water scarcity, which raises concerns about global food security.

This research was carried out to determine the effect of different irrigation water salinity levels on germination and early seedling growth in rice.

## MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in 2021 at the Field Crops Department Laboratory of the Faculty of Agriculture at Ondokuz Mayıs University. The “Efe” rice variety was used as the experimental material. In the study, 7 different saline water concentrations were applied using  $\text{NaCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$  salts: 0.38  $\text{dS m}^{-1}$  (T0), 1.5  $\text{dS m}^{-1}$  (T1), 3  $\text{dS m}^{-1}$  (T2), 5  $\text{dS m}^{-1}$  (T3), 7  $\text{dS m}^{-1}$  (T4), 9  $\text{dS m}^{-1}$  (T5), and 11  $\text{dS m}^{-1}$  (T6). The experiment was designed with a randomized complete block design with three replications. Prior to germination, seeds were subjected to surface sterilization for 10 minutes in a 5% sodium hypochlorite solution (Uyanık et al., 2014). Twenty seeds were placed in transparent plastic containers (10×10×4 cm) lined with double-layered drying paper, and 10 ml of  $\text{NaCl}$  and  $\text{CaCl}_2$  solutions prepared at different salt concentrations were added to the containers using forceps (Akay et al., 2019; Öztürk et al., 2021). The germination containers were placed in a climate cabinet at a temperature of  $25\pm 1^\circ\text{C}$  and 75% humidity, with a daily 12-hour light cycle of 12.000 lux. To prevent salt accumulation, filter papers were replaced every 2 days (Rehman et al., 1996). In the study, seeds that germinated during the first 7 days were counted, and seeds with a 2 mm radicle length were considered germinated (ISTA, 2003). On the 15th day of the study, measurements and calculations were carried out for root length, shoot length, root-to-shoot ratio, root dry matter content, shoot dry matter content, and germination rate (Akay et al., 2019; Öztürk et al., 2021), seedling vigor index (Butola and Badola, 2004), salt tolerance index (Matwijcuk et al., 2012), vigor index (Hu et al., 2005), ash content, and organic matter content. The seedling vigor index (SVI) was determined using the formula “ $\text{SVI} = (\text{Root} + \text{Shoot Dry Weight}) / (\text{Days after Sowing})$ ” (Butola and Badola, 2004) for rice seeds grown under different irrigation water salinities. The

salt tolerance index (STI) was determined using the formula “ $STI = (\text{Root} + \text{Shoot Dry Weight under Saline Treatment}) / (\text{Root} + \text{Shoot Dry Weight under Control Treatment})$ ” (Matwijcuk et al., 2012; Akay et al., 2019). Root and shoot samples were dried at 70°C for 48 hours and ground for mineral content analysis. The Na, K, and Ca<sup>2</sup> mineral contents were measured using a flame photometer, and the K/Na and Ca<sup>2</sup>/Na ratios were calculated (Sezer et al., 2021). The statistical analysis of the data was performed using the JMP statistical software. The significance of the differences between the means of the groups was determined using the Tukey test. Biplot, Pearson, and clustering analyses were conducted to investigate the relationships among the examined traits (JMP, 2019). Regression analysis was performed using Microsoft Excel.

## RESULTS AND DISCUSSION

The average values of root length obtained in the study are presented in Table 1. When the results are analyzed according to different irrigation water salinity levels, the highest root length was determined as 5.09 cm at T0 (Control) level. The lowest root length was determined as 1.22 cm at T6 (11 dS m<sup>-1</sup>) level (Table 1). As the salinity level in irrigation water increased, root length decreased, showing a 76% reduction compared to the control group. The average root length value was determined as 3.08 cm. Significant decreases in root length occurred as the salt concentration increased. Root development is an essential indicator of a plant's tolerance to salt. The roots show average growth if there is no salt barrier in water uptake during germination. Therefore, the setbacks in root development due to salt stress are caused by plant water uptake reductions (Yılmaz and Bayram, 2019). Direct exposure of the primary root system to NaCl suppresses cell expansion and cell cycle, directly inhibiting root growth. Alzahrani-Motos et al. (2018) demonstrated that abiotic stress factors, such as salinity, can significantly impact root anatomy and function.

When the results were analyzed regarding the salinity of the irrigation water, the highest stem length was determined to be 19.78 cm at level T1 (3 dS m<sup>-1</sup>), while the lowest stem length was determined to be 14.00 cm at level T6 (11 dS m<sup>-1</sup>) (Table 1). When the salinity levels in irrigation water of T1 and T2 were examined, they were found to be in the same statistical group regarding stem length. As the salinity levels of irrigation water increased (except for T0), the stem length decreased, showing a 70% decrease compared to the T1 level. The mean stem length value was determined to be 17.64 cm. The research data indicate that increasing salt concentrations hurt seedling height. A study conducted on sorghum found that low salt concentrations promoted germination, but at increasing levels, seedling heights decreased (Atış, 2011). Another survey of maize genotypes concluded that ion toxicity resulting from salt stress negatively affected plant growth and could cause a decrease in a root-shoot increase. The results obtained in light of this information are similar to those of the studies conducted.

When the stem dry matter ratio was examined according to different irrigation water salinity levels, the highest percentage was determined to be 21.93% at the T3 (7 dS m<sup>-1</sup>) concentration, while the T4 and T5 concentrations (21.71% and 20.07%, respectively) were in the same statistical group. The lowest stem dry matter ratio was 15.88% at the control level T0 concentration. The mean stem dry matter ratio was determined to be 18.95%. Generally, as the salt concentration levels increased, the stem dry matter ratio also increased.

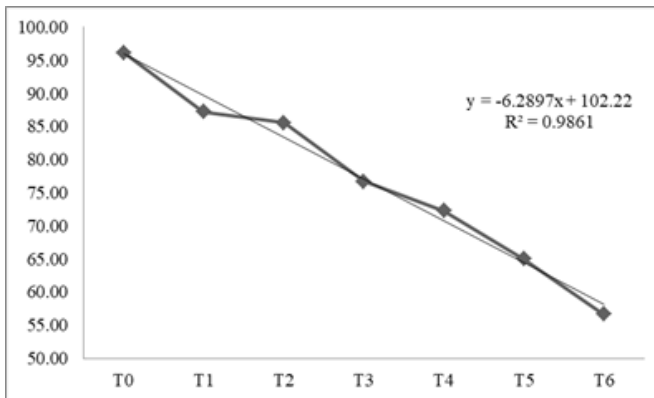
When Table 1 is examined, it is determined that the relationship between different salt concentrations and the mean root dry matter ratio is statistically indistinguishable. Root dry matter ratio ranged between 9.23% and 11.23%. The lowest root dry matter ratio was 9.23% at the T3 (7 dS m<sup>-1</sup>) salinity level, while the highest root dry matter ratio was 11.2% at the T5 (9 dS m<sup>-1</sup>) salinity level. The mean root dry matter ratio was 10.04% (Table 1).

**Table 1.** Parameters examined at different irrigation water salinity concentrations\*

Salt Concentrations	Root Length (cm)	Stem Length (cm)	Stem Dry Matter Content (%)	Root Dry Matter Content (%)
T0	5.09 ± 0.46 a	19.06 ± 0.63 a	15.88 ± 3.23 b	10.45 ± 0.58
T1	4.17 ± 0.56 b	19.78 ± 0.53 a	15.90 ± 1.55 b	9.56 ± 0.73
T2	4.00 ± 0.33 b	18.72 ± 0.75 ab	18.06 ± 1.55 ab	9.34 ± 1.28
T3	3.83 ± 0.41 b	18.28 ± 0.86 abc	21.93 ± 1.78 a	9.23 ± 1.47
T4	1.94 ± 0.41 c	17.11 ± 0.77 bc	21.71 ± 2.21 a	9.88 ± 1.22
T5	1.28 ± 0.31 c	16.50 ± 0.78 c	20.07 ± 2.23 a	11.23 ± 1.02
T6	1.22 ± 0.36 c	14.00 ± 0.56 d	19.07 ± 1.84 ab	10.57 ± 1.64
Ort.	<b>3.08 ± 0.40</b>	<b>17.64 ± 0.70</b>	<b>18.95 ± 2.06</b>	<b>10.04 ± 1.13</b>
KO	7.31**	11.49**	18.62**	1.63
CV	9.34	4.56	7.54	9.11
	Germination Rate (%)	Seedling Strength Index	Salt Tolerance Index	Vigor Index
T0	98.33 ± 2.59 a	16.50 ± 0.92 a	100.00 ± 0.00 a	2374.17 ± 109.81 a
T1	86.67 ± 2.47 b	13.58 ± 0.76 b	96.22 ± 3.96 ab	2075.83 ± 95.19 b
T2	86.67 ± 2.96 b	12.89 ± 1.03 bc	88.83 ± 4.23 bc	1971.11 ± 127.41 bc
T3	80.00 ± 3.70 bc	11.06 ± 0.49 c	82.17 ± 2.74 cd	1768.89 ± 55.37 c
T4	75.00 ± 3.09 c	8.58 ± 0.58 d	78.69 ± 5.43 d	1429.17 ± 72.90 d
T5	66.67 ± 1.11 d	6.50 ± 0.34 e	70.09 ± 1.43 e	1183.33 ± 53.89 e
T6	56.67 ± 2.22 e	4.05 ± 0.32 f	58.06 ± 4.05 f	861.67 ± 45.06 f
Ort.	<b>78.57 ± 2.59</b>	<b>10.45 ± 0.63</b>	<b>82.01 ± 2.94</b>	<b>1666.31 ± 79.95</b>
KO	578.97**	56.38**	649.40**	854575**
CV	19.81	6.70	3.62	5.19

Table 1 shows that rice seeds are significantly affected by increasing salinity conditions, and the germination rate varies between 56.67% and 98.33%. Results show that the highest germination rate among different irrigation water salinity concentrations, except for the control group, is 86.67% at the salinity levels of 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1) and 3 dS m<sup>-1</sup> (T2). The lowest germination rate is 56.67% at the salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6). As the irrigation water salinity levels increase, the germination rate decreases by 35%, except for the control (T0) group (Table 1, Figure 1).

**Figure 1.** Regression plot showing the effect of different irrigation water salinity levels on germination rate (%)



Based on the regression analysis conducted on the examined germination rate values, it was determined that there is a linear decrease in germination rate as the irrigation water salinity concentration increases ( $R^2 = 0.9861$ ). There is a highly significant relationship (Figure 1). Upon evaluation of the data obtained in this study, it shows similarities with many studies (Ravikovitch and Porath, 1967; Gates et al, 1966; Cooper and Dumbroff, 1973; Clarkson and Hanson, 1980; Epstein, 1981) indicating that germination rate decreases with increasing different irrigation water salt concentrations. It is thought that the increase in different irrigation water salinity concentrations may cause osmotic stress in the environment where germination takes place, reducing the available water ratio and negatively affecting germination, or may increase ion accumulation in the seed, causing toxic effects and reducing germination rate (Joshi, 1984).

When Table 1 is examined, it is determined that rice seeds are significantly affected by increasing salinity conditions, and the seedling strength index values vary between 4.05 and 16.5. When the findings are examined regarding different irrigation water salinity concentrations, the highest seedling strength index value, except for the control group, was determined to be 13.58 in 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1). When evaluated for different irrigation water salinity concentrations, the highest seedling vigor index value, except for the control group (T0), was determined to be 13.58

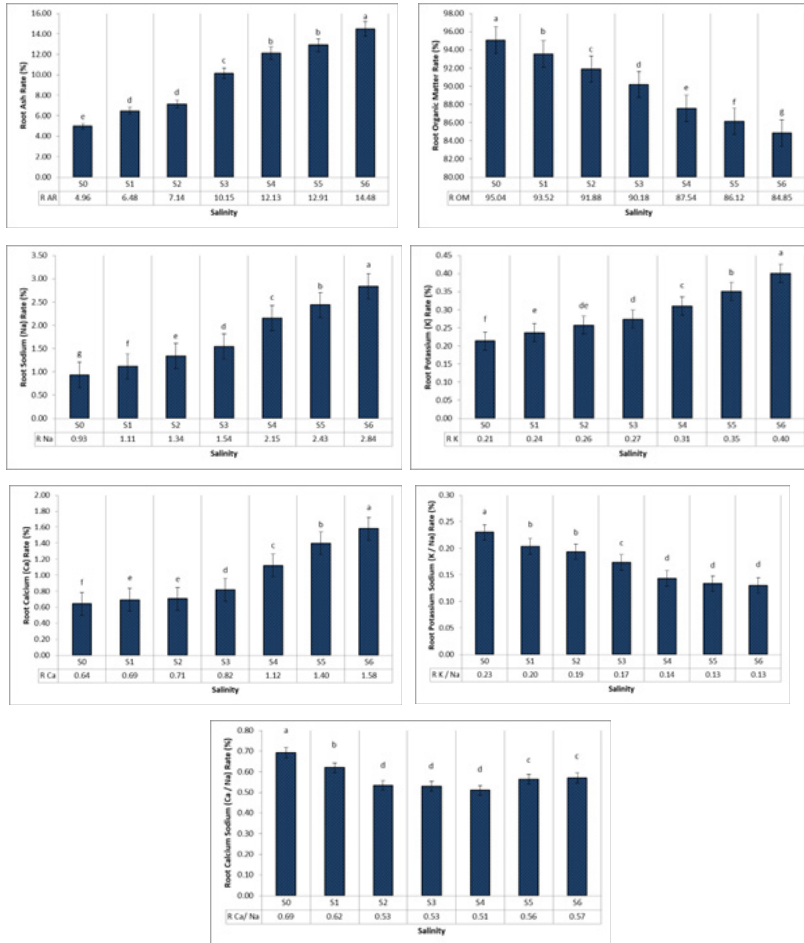
at  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  (T1). The lowest seedling strength index value was 4.05 at the  $11 \text{ dS m}^{-1}$  (T6) level. The mean seedling strength index value was determined to be 10.45. As the irrigation water salinity levels increased, except for the control (T0) group, the seedling strength index decreased by 70% (Table 1). Compared with other studies, the germination and early seedling development periods are reported as the most sensitive periods for plants under salty conditions. Therefore, the resistance of plants to salinity during these periods is crucial (Ghoulam and Fares, 2001; Akay et al., 2019, Öztürk et al., 2021; Sezer et al., 2021).

In environments with high salt content levels, plants' ability to sustain their growth and development is defined as salt tolerance, and the values obtained through calculations are defined as salt tolerance indices (Maathuis and Altmann, 1999; Matwijcuk et al., 2012). Table 1 shows that rice seeds are significantly affected by increasing salinity conditions and the salt tolerance index values range between 58.06 and 99.22, except for the control group (T0). When examined in terms of different irrigation water salinity concentrations, the highest salt tolerance index value, except for the control group, was 96.22 at the salinity level of  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  (T1). The lowest salt tolerance index value is determined as 58.06 at the salinity level of  $11 \text{ dS m}^{-1}$  (T6). The average salt tolerance index value is defined as 82.01. The salt tolerance index value decreased by 42% except for the control (T0) group, as the irrigation water salinity levels increased (Table 1). Similar to many other studies, the salt tolerance index values decrease as the salt dose levels increase (Lacerda et al., 2003; Öztürk et al., 2021; Akay et al., 2019).

Upon examination of Table 1, it was determined that rice seeds were significantly affected by increasing salinity levels, and the vigor index values ranged from 2374.17 to 861.67. When analyzed concerning different irrigation water salinity concentrations, the highest vigor index value, except for the control (T0) group, was found to be 2075.83 at  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  (T1) salinity level. The lowest vigor index value was determined to be 861.67 at the  $11 \text{ dS m}^{-1}$  (T6) level. The mean vigor index value was found to be 1666.31. As irrigation water salinity levels increased, the vigor index decreased by 64% compared to the control (T0) group (Table 1). Similar results were found in the study conducted by Öztürk et al. (2021) when analyzed concerning vigor index values.

The results, presented in Figure 2, showed significant differences in ash and organic matter content between the different salt concentrations at a probability level of 0.01. The highest ash content was observed at a salinity level of  $11 \text{ dS m}^{-1}$  (T6) with 9.75%, while the lowest ash content, except for the control group was observed at a salinity level of  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  (T1) with 6.48%. Upon examining Figure 2, it was determined that the ash content increased linearly with increasing irrigation water salinity concentration. The average ash content in the roots was determined to be 9.75%. On the other hand, it can be observed from Figure 2 that there is an

inverse relationship between the ash content and the organic matter content. As the irrigation water salinity level increases, the organic matter content in the roots decreases. The highest organic matter content was determined to be 95.04% in the control group, while the lowest organic matter content was determined to be 84.85% at a salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6). The average organic matter content in the roots was determined to be 89.88%.



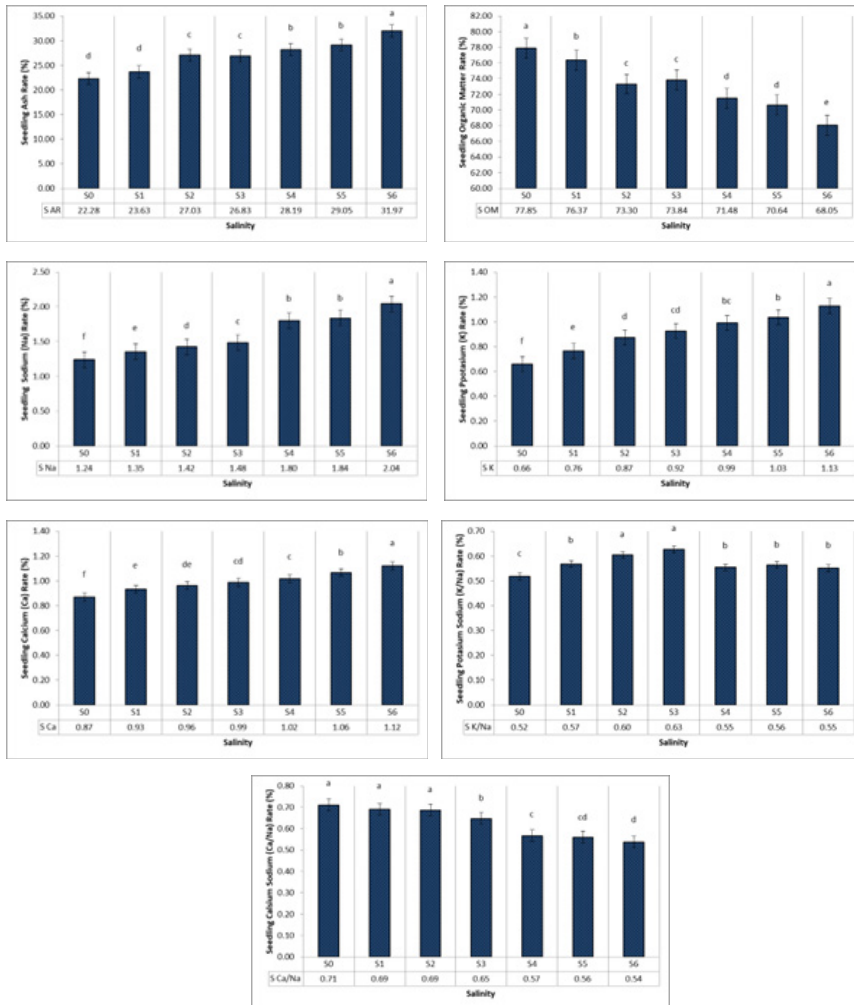
**Figure 2.** Values of organic matter, ash and mineral contents of rice plant roots grown at different irrigation water salinity levels.



It was determined that there were significant differences at the 0.01 probability level in terms of the Na, K, and Ca ratios examined in the roots. The highest Na ratio was 2.84% at a salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6), while the lowest ratio, except for the control group, was 1.11% at a salinity level of 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1). The K ratio varied values between 0.21% and 0.40%. The highest K ratio was 0.40% at a salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6). Except for the control group, the lowest ratio was 0.24% at a salinity level of 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1). In terms of the Ca ratio values, it was determined that they varied between 0.64% and 1.58%. The highest Ca<sup>2</sup> ratio was 1.58% at a salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6), while the lowest balance, except for the control group, was 0.69% at a salinity level of 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1).

When analyzed in general, it was determined that as the irrigation water salinity levels increased, the Na, K, and Ca ratios also increased (Figure 2). The increase in calcium ratio plays an important role in the selective transport of potassium to make the plant resistant to salinity in the presence of excess sodium. Therefore, an increase in calcium uptake parallel to sodium uptake was reported by Clarkson, Hanson and Epstein (Clarkson and Hanson, 1980; Epstein, 1981).

The analysis found significant differences at the 0.01 probability level regarding K/Na and Ca/Na ratios. It was observed that the K/Na and Ca/Na ratios calculated for the roots generally decreased as the irrigation water salinity concentration increased. The highest K/Na ratio was determined to be 0.23 in the control group, while the lowest percentage was found to be 0.13 at the salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6). The highest Ca/Na ratio was 0.69 in the control group, while the lowest ratio was 0.57 at the salinity level of 11 dS m<sup>-1</sup> (T6).



**Figure 3.** Values of organic matter, ash and mineral contents examined in rice plant seedlings grown at different irrigation water salinity levels.

When examined for ash content, it was found that as salt levels increased, the ash content increased, and the organic matter content decreased (Figure 2). The highest ash content was 31.97% at the 11 dS m<sup>-1</sup> (T6) level, while the highest organic matter content was 77.85% at the control (T0) level. The lowest ash content was 22.28% and 23.63% at the control and 1.5 dS m<sup>-1</sup> (T1) levels, respectively, while the lowest organic matter content was 68.05% at the 11 dS m<sup>-1</sup> (T6) levels.



In biplot analysis, the relationship between features and the relationship between salinity concentrations are explained. As the angle value between the vectors of two parts decreases ( $<90^\circ$ ), it indicates a positive relationship, whereas as the angle value increases ( $90^\circ >$ ), it shows a negative relationship. Furthermore, the positioning of salt applications also demonstrates which salt application has high values in terms of which features (Kendal, 2020).

Especially the T0, T1, and T2 applications indicate a positive relationship in terms of parameters such as root number, root K/Na ratio, seedling organic matter, root organic matter, salt tolerance index, vigor index, seedling strength index, germination rate, root length, and seedling length in the region. It has been found that the T3 application is positively related to seedling K/Na ratio, while the T6 application is closely related to root calcium content and seedling sodium content. The angle value between the vectors of germination rate and seedling length, root length, seedling and root organic matter content, salt tolerance index, vigor index, and seedling strength index is relatively narrow, indicating a high positive correlation between these features. On the other hand, there is a wide angle between the vectors of germination power and root and seedling Ca, Na, K, and ash content, showing a negative correlation between the two (Figure 2). The study found a positive relationship between agronomic features such as root length and seedling length of seedlings grown under salinity treatments and the germination rate.

## CONCLUSION

This study examined the effect of different irrigation water salinity levels on rice germination and early seedling growth, and significant results were obtained in terms of the parameters investigated. As the level of salt concentration increased, it was determined that the germination rate and seedling growth characteristics decreased. It is possible to say that there are significant differences between rice plants under salty conditions in terms of their development and mineral content. Their growth may be limited by insufficient water use by the plants and disturbances in ion uptake and especially ion balance.

### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

### Ethic

This study was approved by the ethics committee.

## Author Contribution Rates

Designing the Study: Author HD(%20), EÖ(%30), HA(%50)

Data Collection: HD(%40), EÖ(%30), HA(%30)

Data analysis: HD(%10), EÖ(%30), HA(%60)

Writing the Article: HD(%20), EÖ(%50), HA(%30)

Submission and Revision of the Article: HD(%5), EÖ(%65), HA(%30)

## REFERENCES

- Akay, H., Öztürk, E., Sezer, İ., Bahadır, M.C., 2019. Effects of different salt concentrations on germination and early seedling growth in sugar maize (*Zea mays* L. Var. sacharata sturt.) cultivars. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(sp2), 103-108. <https://doi.org/10.24925/turjafv7isp2.103-108.3160>
- Alzaharani, Y., Kusvuran, A., Alharby, H. F., Kusvuran, S., & Rady, M. M. (2018). The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium. Ecotoxicology and Environmental Safety, 154, 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.057>
- Atış, İ. 2011. Effects of Salt Stress on Germination and Seedling Growth of Some Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Cultivars. Süleyman Demirel University. Journal of the Faculty of Agriculture, 6 (2):58-67.
- Butola, J. S., Badola, H. K. 2004. Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in *Angelica glauca*, a threatened medicinal herb. Current science, 796-799.
- Carrijo, D. R., Lundy, M. E., Linquist, B. A. 2017. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. Field Crops Research, 203, 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.002>
- Clarkson, D.T., Hanson, J.B., 1980. The Mineral Nutrition of Higher Plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 31, 239-298.
- Cooper, A.W., Dumbroff, E.B., 1973. Plant Adjustment to Osmotic Stress in Blanced Mineral Nutrient Media. Can J. Bot. 51, 763-773. <https://doi.org/10.1139/b73-096>
- Diñç, U., Senol, S., Kapur, S., Atalay, I., Cangir, C., 1993. Turkish Lands. C.U. Faculty of Agriculture. General Publication No. 2: 51, p233.[Translate]
- Epstein, E., 1981. Genetic Engineering of Osmoregulation. Impact of Plant Productivity for Food. Chemicals and Energy pp 7-21 Eds. D.W. Rains, C. Valentine and A. Hollander. Plenum Press, London.
- FAO, FAOSTAT, 2008.[www.fao.org/faostat/en/#data](http://www.fao.org/faostat/en/#data).
- FAO, FAOSTAT, 2021.[www.fao.org/faostat/en/#data3](http://www.fao.org/faostat/en/#data3).
- Gates, C.T., Haydoc, K.P., Little, I.P., 1966. Response to Soalinity in Glycine. I. Glycine javinica. Aust. J. Exp. Agric. Animal. Husb. 6, 261-265. <https://doi.org/10.1071/EA9660261>
- Gerona, M. E. B., Deocampo, M. P., Egdane, J. A., Ismail, A. M., Dionisio-Sese, M. L. 2019. Physiological responses of contrasting rice genotypes to salt stress at reproductive stage. Rice Science, 26(4), 207-219. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2019.05.001>
- Ghoulam, C., Fares, K. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Seed science and technology, 29(2), 357-364.
- Hu, J., Chen, G., & Lo, I. M. 2005. Removal and recovery of Cr (VI) from wastewater by maghemite nanoparticles. Water research, 39(18), 4528-4536. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.05.051>
- Güneş, A., Post, W.H.K., Kirkby, E.A., Aktas, M., 1994. Influence of Partial Replacement on Nitrate by Amino acid Nitrogen or Urea in the Nutrient Medium on Nitrate Accumulation in NFT Grown Winter Lettuce. J. Plant. Nutr. 17(11):1929-1938. <https://doi.org/10.1080/01904169409364855>
- Heong, K. L., Chen, Y. H., Johnson, D. E., Jahn, G. C., Hossain, M., & Hamilton, R. S. 2005. Debate over a GM rice trial in China. Science, 310(5746), 231-233. <https://doi.org/10.1126/science.310.5746.231b>
- Inal, A., Güneş, A., Aktas, M., 1995. Effects of Chloride and partial Substitution of Reduced Forms of Nitrogen for Nitrate in Nutrient Solution on the Hitrate, Total Nitrogen and Chlorine Contents of Onion. Journal of Plant Nutrition, 18(10), 2219-2227. <https://doi.org/10.1080/01904169509365058>
- ISTA. 2003. International rules for seed testing. Edition 2003. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
- JMP 2019. JMP User Guide, Release 7 Copyright© 2019, SAS Institute Inc., Cary, NC.

- Joshi, S. S. 1984. Effect of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of pigeonpea (Cajanus cajan L. var. C-11). Plant and soil, 82, 69-76.
- Kakar, N., Jumaa, S. H., Redoña, E. D., Warburton, M. L., Reddy, K. R. 2019. Evaluating rice for salinity using pot-culture provides a systematic tolerance assessment at the seedling stage. Rice, 12(1), 1-14 <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0317-7>
- Kendal, E. 2020 Investigation of genotype, yield traits (GYT) combination with the biplot technique: a new approach to the selection of genotypes based on multiple traits. Anatolian Journal of Agricultural Sciences, 35 (3), 382-395. <https://doi.org/10.7161/omuanaajas.754035>
- Khush, G. S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant molecular biology, 35(1), 25-34. <https://doi.org/10.1023/A:1005810616885>
- Kirkby, E.A., Knight, A.H., 1977. The Influence of the Level of Nitrate Nutrition on Ion Uptake and Assimilation, Organic acid Accumulation and Cation Anion Balance in Whole Tomato Plants. Plant Physiology 60:349-353. <https://doi.org/10.1104/pp.60.3.349>
- Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A., Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49(2), 107-120. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00064-3)
- Lewitt, J., 1980. Salt stresses in: Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol II, pp. 365-454., Academic press.
- Maathuis FJM, Altmann A, 1999. K<sup>+</sup> Nutrition and Na<sup>+</sup> toxicity: The basis of cellular K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> ratios. Ann. Bot., 10: 123-133. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0912>
- Matwijcuk, A., Kornarzynski, K., Pietruszewski, S. 2012. Effect of magnetic field on seed germination and seedling growth of sunflower. International Agrophysics, 26: 271-278. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0039-1>
- Mori, I.K. and Kinoshita, T. (1987) Salt Tolerance of Rice Callus Clones. Rice Genetics Newsletter, 4, 112-113.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell & environment, 25(2), 239-250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Öztürk, E., Hasan, Akay, Sezer, İ. 2021. The Effect of Salicylic Acid Pre-Application Against Salt Stress During Germination and Early Seedling Development in Sugar Corn. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(4), 3213-3221. <https://doi.org/10.21597/jist.953388>
- Ravikovich, S., Porath, A., 1967. The Effect of Nutrients on The Salt Tolerance of Crops. Plant and Soil, 26, 49-71.
- Rehman, S., Harris, P.J.C., Bourne, W.F., Wilkin, J., 1996. The Effect of Sodium Chloride on Germination and the Potassium and Calcium Content of Acacias Seeds. Seed Sci. Technol., 25: 45-57.
- Riaz, U., Kharal, M. A., Murtaza, G., uz Zaman, Q., Javaid, S., Malik, H. A., Abbas, Z. 2019. Prospective roles and mechanisms of caffeic acid in counter plant stress: A mini review. Pakistan Journal of Agricultural Research, 32(1), 8. <https://doi.org/10.175822/journal/pjar/2019/32.1.8.19>
- Sezer, İ., Kiremit, M. S., Öztürk, E., Subrata, B. A. G., Osman, H. M., Akay, H., Arslan, H. 2021. Role of melatonin in improving leaf mineral content and growth of sweet corn seedlings under different soil salinity levels. Scientia Horticulturae, 288, 110376. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110376>
- Siegel, S.M., Siegel, B.Z., Massey, J., Lahne, P., Chen, J., 1980. Growth of Corn in Saline waters. Physiol. Plant. 50:71-73. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb02686.x>
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., Raes, D. 2012. Crop yield response to water (Vol. 1028). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Uyanik, M., Kara, M.Ş., Korkmaz, K., 2014. Determination of Responses of Some Winter Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars to Salt Stress at Germination Period Journal of Agricultural Sciences, 20: 368-375. <https://doi.org/10.15832/tbd.61947>
- Vibhuti, C. S., Bargali, K., Bargali, S. S. 2015. Seed germination and seedling growth parameters of rice (*Oryza sativa* L.) varieties as affected by salt and water stress. Indian Journal of Agricultural Sciences, 85(1), 102-108.
- Yılmaz, M., Bayram, G. 2019. Determination of Germination Properties of Some Alfalfa Cultivars in Different Salt Concentrations. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(sp2), 169-176. <http://orcid.org/0000-0003-2749-3573>



## Screening of Some Registered Turkish Barley Cultivars Reactions Against *Rhynchosporium Commune*

Bazı Tescilli Çeşitlerin *Rhynchosporium Commune* Hastalığına Karşı Reaksiyonlarının Değerlendirilmesi

Merve Nur ERTAS OZ<sup>1</sup>, Emine Burcu TURGAY<sup>2</sup>, Sibel BULBUL<sup>3</sup>, Namuk ERGUN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yenimahalle, Ankara  
· m.nur.ertas@gmail.com · ORCID > 0000-0001-9689-179X

<sup>2</sup>Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yenimahalle, Ankara  
· cercospora79@gmail.com · ORCID > 0000-0003-1150-4901

<sup>3</sup>Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yenimahalle, Ankara  
· sibel.bulbul.391@gmail.com · ORCID > 0000-0001-5263-461X

<sup>4</sup>Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yenimahalle, Ankara  
· namuk.ergun@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-6491-4149

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 18 Mayıs/May 2022

**Kabul Tarihi/Accepted:** 5 Haziran/June 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 421-430

**Atıf/Cite as:** Ertas Oz, M. N., Turgay, E. B., Bulbul, S., Ergun, N. "Screening of Some Registered Turkish Barley Cultivars Reactions Against *Rhynchosporium Commune*" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(2), Haziran 2023: 421-430.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Merve Nur ERTAS OZ

## SCREENING OF SOME REGISTERED TURKISH BARLEY CULTIVARS REACTIONS AGAINST *RHYNCHOSPORIUM COMMUNE*

### ABSTRACT

Barley is one of the most significant cereals used as feed and malt both in the world and in Turkey. There are several abiotic and biotic factors affecting the production and quality of barley. Of these factors, fungal diseases play a vital role. Especially, barley scald (*Rhynchosporium commune*), a fungal pathogen, is threatening the barley grown areas in terms of quality and production. One of the most common methods of controlling of this fungal disease is to develop resistant barley cultivars. The study was carried out in the laboratories and greenhouses of Field Crop Central Research Institute, Yenimahalle, Ankara in 2020-2021. The aim of this study was to investigate the reaction of 55 registered barley cultivars against barley scald. The results show that Erginel-90 is immun, as well Avcı-2002, Ocak, Kendal, Hevsel, Yüксе, Şahin-91 and Akhisar-98 cultivars are resistant. On the other hand, Yesevi-93, Tarm-92, Orza-96, Larende, Bülbül-89, Karatay-94 and Ayrancı are detected as susceptible to this disease.

**Keywords:** Barley Scald, *Rhynchosporium Commune*, Barley, Cultivars, Reaction.



## BAZI TESCİLLİ ÇEŞİTLERİN *RHYNCHOSPORIUM COMMUNE* HASTALIĞINA KARŞI REAKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### ÖZ

Arpa hem dünyada hem ülkemizde hayvan beslenmesi ve malt yapımında kullanılan önemli tahıl grubundan biridir. Arpa alanlarında üretimi ve kaliteyi etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur. Bu abiyotik ve biyotik faktörler içerisinde fungal hastalıklar önemli yer tutmaktadırlar. Özellikle arpa yaprak lekesi (*Rhynchosporium commune*) arpa üretim alanlarında sıklıkla görülen ve verim ve kaliteyi etkileyen önemli bir fungal etmenidir. Bu fungal etmen ile savaşımında ise en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi de dayanıklı çeşit geliştirmektir. Çalışma 2020-2021 yılları arasında Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü sera ve laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmanın amacı Türkiye'de tescil edilmiş 55 tescilli arpa çeşitlerinin bu hastalığa karşı reaksiyonları araştırılmasıdır. Buna göre Erginel-90 immun, Avcı-2002, Ocak, Kendal, Hevsel, Yüксе, Şahin-91 ve Akhisar 98 tescilli arpa çeşitleri dayanıklı olarak tespit edilmiştir. Yesevi-93, Tarm-92, Orza-96, Larende, Bülbül-89, Karatay-94, Ayrancı hassas çeşitler olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arpa Yaprak Lekesi, *Rhynchosporium Commune*, Arpa, Tescilli Çeşit, Reaksiyon.





## INTRODUCTION

Barley, the most important cereal that grows in temperate regions, is used in animal feeding as well as malt production and human nutrition (Ullrich, 2010). For Turkey, a rise in both barley grown areas and production was reported in 2020, however, a decrease in cultivation area (3,2 million ha) and an increase (5.8 million metric tonnes) in yield were observed in 2021 ( Anonymous, 2021). In addition to this, the world's yield of barley is 147 million metric tonnes (Anonymous, 2022).

There are various factors affecting the production and quality of barley negatively which are abiotic (heat, drought and cold stresses) and biotic (diseases, pests and weeds) factors. Barley scald, a biotic factor, is an important pathogen and brings about approximately 20% loss in barley areas (Aktaş, 2001). According to a study conducted in the UK, this causes a 100 £ financial loss per tonne (HGCA, 2011). This disease, reported nearly all over the world (Avrova and Knogge, 2012), might cause lesions in different parts of the plant (Anonymous, 2008). Those lesions have a green-gray colour and oily texture in the beginning, after that they become lesions gray-white in the center and brownish around them (Anonymous, 2008). The life cycle of the pathogen is not fully understood yet, however, it is known that the disease spreads through beak shaped conidia splashing from rain or irrigation water. Additionally, pathogens can infect the plant when the temperature is 4-25 °C and the humidity is high (Anonymous, 2008; Avrova and Knogge, 2012).

The most significant control method for this disease is the development of resistant cultivars since the pathogen might cause up to 40% loss in susceptible varieties (Paulitz and Steffenson 2010). The pathogen is polycyclic, therefore the chance of seeing recombinations/mutations among the individuals rises, which means new cultivars might emerge in a season (Zhang et al. 2020). Therefore, the diversity of this pathogen is high both phenotypically and genotypically (Stefansson et al. 2014). As the pathogen exhibits highly virulent patterns even in small-scale geographic locations (Zaffarano et al., 2006; Linde et al., 2009; McDonald, 2015,) 366 *Rhynchosporium secalis* isolates causing scald on barley, rye, and wild barley (*Hordeum spontaneum*, the pathogen may easily overcome resistance genes deployed in barley cultivars ( Zhang et al., 2020). In 2018, thirty pathotypes has been reported in Turkey (Azamparsa et al 2019). Additionally, a variety of reaction studies were conducted in Turkey. Azamparsa et al. 2018 tested 198 landraces and 106 wild relatives against six different *R. commune* isolates and found that one landrace and 27 wild relatives were as immune to all isolates Exploring the new durable genes in barley germplasm is an important step in terms of controlling the pathogen. So far, 150 resistant loci have been identified from different barley materials, which wild relatives and landraces are the most significant sources of resistance genes.

Recently, a study done on wild relative and landrace populations of barley collected from Turkey revealed 21 QTL, of which 13 were reported as new. (Clare et al 2023)

This study aims to identify the registered barley cultivars' phenotypical reactions against to barley scald disease. For this reason, this study is a guide for producers and farmers in terms of controlling the disease, and it is also thought that this will be helpful for breeders in their breeding programmes.

## MATERIALS AND METHOD

The material for this study consists of fifty-five registered barley cultivars developed by General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM) research institutes in Turkey, a susceptible cultivar (Bülbül-89) to barley scald and the most virulent *R. commune* isolate, 75, isolated from a single spore and determined its virulence pattern kept at the fungal collection of Field Crops Central Research Institute (FCCRI). The study was carried out in the laboratories and greenhouses of FCCRI, Yenimahalle, Ankara.

Each genotype was planted in 7x7x9 cm pots with a mixture of soil: sand: fertilizer (60: 20: 20) with 5-7 seeds for each genotype under greenhouse conditions at 22-25°C. Plants were developed up to the 1.5-leaf stage (Zadoks scale 11-12) (Zadoks et al., 1974). Isolate 75 was transferred to petri dishes in Lima Bean Agar (LBA) medium and incubated for 14 days in a 17±2°C incubator for the inoculation. The new isolates developed were removed from the petri dishes with the help of sterile slides by adding sterile distilled water. For inoculation, the obtained suspension was filtered with the help of a cheesecloth and large colony residues were removed and adjusted to 1x10<sup>6</sup> spore concentration using a thoma slide and Tween 20 (1000µl/l) was added to it. After that the suspension was sprayed on the plants in the 1.5-leaf period with the help of a hand pulverizer. After inoculation, the plants were incubated for 48 hours at 100% humidity and 16-17°C and then transferred to the greenhouse at 22-25°C (Mert and Karakaya, 2004). Plants were watered as needed. After 14 days of inoculation, the plants were evaluated according to the 0-4 scale (El-Ahmed, 1981). This scale indicates 0 as immune (I), 0.1-1.0 as resistant (R), 1.1-2.0 as moderately resistant (MR) 2.1-3.0 as susceptible (S) and 3.1-4.0 as highly susceptible (S). Experiments were carried out in a randomized block design with three replications. Statistical analysis of variance was made with Duncan test in R Environment (version 4.3.0) using *agricolae* library. Briefly, a 0-to-5 scale was used, where 0 = symptom free, 1 = traces or small necrotic flecks, 2 = some chlorosis or necrosis along margins, 3 = necroses but less than 40% affected tissue, 4 = necroses on 40 to 80% of the lamina, and 5 = more than 80% and up to a fully wilted leaf (Abang et al., 2006).

Evaluations were made based on a per/pot basis in which: Highly resistant (0), no visible symptoms; resistant (1), small lesions on the tips or on the base of the leaf; intermediate (2), one to two small lesions on the blade and/or a narrow band of lesions extending at the margin of the leaf; susceptible (3), well-developed lesions on the blade, but without collapse; highly susceptible (4), leaves collapsed (El-Ahmed, 1981)

## RESULTS AND DISCUSSION

The resilience of fifty-five cultivars against a virulent isolate was assessed according to 0-5 scale (Abang et al., 2006). In accordance with the scores of the assessments, Erginel-90 was immune, seven cultivars (Avcı-2002, Ocak, Kendal, Hevsel, Yüksel, Şahin-91 and Akhisar-98) showed resistance and twenty-nine cultivars exhibited susceptible reactions (Table 1). In other words, 53.7%, 12.9%, 1.8% of the cultivars were susceptible, resistant and immune, respectively. The differences among the mean values are statistically significant about 5% according to Duncan test ( $p=0.05$ ) Bülbül-89, among the susceptible cultivars, was used as a control in many studies (Azamparsa et al., 2019, Azamparsa et al., 2020, Azamparsa et al., 2015a, Azamparsa et al., 2015b).

**Table 1** The assessments of 55 barley cultivars' reactions to *R. commune* according to El-Ahmad (1981) scale

No	Cultivar	2/6 Rowed	Mean	Reaction
1	Akar	2	3fgh*	S
2	Akhisar 98	6	1bc	R
3	Altukat	6	2de	MR
4	Anka 06	2	3efg	S
5	Asil	2	4ghi	HS
6	Avcı-2002	6	1bc	R
7	Ay	6	2cd	MR
8	Aydanhanım	2	2de	MR
9	Ayrancı	2	3def	S
10	Barış	2	3efg	S
11	Bilgi-91	2	3efg	S
12	Bolayır	2	3efg	S
13	Bozlak	2	3efg	S
14	Burakbey	2	2de	MR
15	Bülbül 89	2	4hi	HS
16	Cacabey	2	4hi	HS
17	Cumhuriyet 50	2	3efg	S

18	Çetin 2000	6	2de	MR
19	Çıldır 02	2	2de	MR
20	Dara	6	3efg	S
21	Erginel 90	6	0a	I
22	Güldeste	6	3def	S
23	Hamidiye	2	3efg	S
24	Hasat	2	2de	MR
25	Helke	6	3efg	S
26	Hevsel	2	1bc	R
27	İnce-04	2	3cd	S
28	Karatay 94	2	3fgh	S
29	Kendal	6	1bc	R
30	Keser	2	3efg	S
31	Keykubad	2	3efg	S
32	Kıral-97	6	2cd	MR
33	Larende	2	3fgh	S
34	Martı	6	4hi	HS
35	Misket	2	3efg	S
36	Ocak	2	1bc	I
37	Olgun	6	2de	MR
38	Orza 96	2	4fgh	HS
39	Özen	2	3efg	S
40	Sabribey	2	2de	MR
41	Samyeli	2	4i	HS
42	Sladoran	2	2cd	MR
43	Sur-93	2	4ghi	HS
44	Şahin-91	2	1bc	R
45	Tarm-92	2	3fgh	S
46	Tokak 157/37	2	4ghi	HS
47	Tosunpaşa	2	2de	MR
48	Ünver	2	2de	MR
49	Yalın	2	2de	MR
50	Yaprak	6	2cd	MR
51	Yerçil-147(Franken gerste)	2	2de	MR
52	Yesevi 93	2	3efg	S
53	Yeşilköy 387	6	2de	MR
54	Yüksel	2	1ab	R
55	Zeynel Ağa	2	3	S

\*Means with the same letter are not significantly different. (p=0.05)

Mert and Karakaya (2004) conducted a similar study and tested five different isolates on 37 barley cultivars. Findings show that Erginel-90 was detected as resistant against all isolates, which is confirmed by this study. Besides Kırıl-97 and Çetin-2000 were assessed as resistant by Mert and Karaya (2004), these cultivars were observed as intermediately resistant in this study. The isolates in the previous study and in this study were obtained from the same province, which may indicate the evolution of the pathogen population. The other studies confirm that the pathogen may adopt rapidly, therefore overcoming the resistance of the plants (Williams, 2003; Abang et al., 2006; Zaffarano et al., 2006) 866 isolates recovered from the field experiments showed significant, and sometimes opposite, changes in the frequencies of *R. secalis* genotypes during the growing season (parasitic phase.)

Additionally, 15 six-rowed and 40 two-rowed barley cultivars were tested. Results show generally six-rowed barley cultivars were resistant while two-rowed barley cultivars were more susceptible (Mert and Karakaya, 2004).

Dusunçeli et al. 2008 detected the response of 36 barley cultivars to scald disease both in greenhouse and in the field, resulting reported Çetin 2002, Avcı 2002, Erginel 90, Kırıl 97, Kaya 7794, Akhisar 98, Zafer 160 and Yeşilköy 387 cultivars were durable under greenhouse and field conditions. This study similarly found Avcı 2002, Erginel 90 ve Akhisar 98 to be immune/resistant and only Çıldır 02 cv exhibited moderate resistant differently.

Hekimhan et al. 2021 screened sixty-three baley cvs. for five virulent *R. commune* isolates in Eskişehir. In the common cvs, Avcı-2002 was resistant, Aydanhanım, Çetin-2000, Kırıl-97 and Olgun were moderate resistant, Bilgi-91, Sladoran and Zeynelağa were susceptible in both studies. The resistance responses of the other cultivars differed from each other.

In another study conducted in 2015, twenty-five advanced barley lines and five cultivars were tested against a virulent scald isolate in the greenhouse. While Bülbül 89 and Karatay 94 were grouped as susceptible and highly susceptible, respectively, Avcı-2002 expressed a resistance (Azamparsa, 2015b). Similarly, this study found Bülbül 89 and Karatay 94 as highly susceptible and susceptible respectively whereas Avcı 2002 was durable.

The dissimilarity in the reactions between this study and the studies above might be due to the virulence differences of the pathogens. Though it was reported that the genetic diversity is low according to a study carried out with sixty isolates collected from various points of Turkey (Celik et al., 2021), thirty pathotypes were detected as a result of the surveying across the country (Azamparsa et al., 2015a)

There are plenty of resistant genes identified in wild relatives and in different barley cultivars where 148 QTLs are summarized by Zhang et al. (2020). It is reported that most of these are located in the 3H chromosome (Bjørnstad et al., 2002), and among them, Rrs 1 is an important locus having different identified resistant genes (Looseley et al., 2020) and recent studies reported various loci with identified with Rrs 1 (Daba et al., 2019) net form (NFNB). A study done recently reported novel durable QTL regions in wild relatives and landraces obtained from Turkey (Clare et al., 2023). It is still complicated to understand the mechanism lying under *R. commune* due to the existence of various genes and the impacts of environmental conditions on these genes, thereby more studies need to be done in this area (Zhang et al., 2020).

## CONCLUSION

Breeding is one of the most effective and environmentally-friendly ways to control the plant diseases. In breeding programmes, it is important to identify the resistance of barley cultivars both phenotypically and genotypically. This study determines the phenotypic reactions of barley cultivars against *R. commune* and is the basis for further studies. Not only for breeding studies, this study is also a guide for producers/farmers who struggle with choosing a suitable cultivar.

### 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: MNEO(%40), EBT(%30), SB(%30)

Data Acquisition: MNEO(%50), EBT(%25), SB(%25)

Data Analysis: MNEO(%100)

Writing Up: MNEO(%80), EBT(%15), NE(%5)

Submission and Revision: MNEO(%80), EBT(%10), NE(%10)

### Acknowledgment

This study is funded by TAGEM under the TAGEM/TBAD/16/A12/P05/001 project.

## REFERENCES

- Abang, M. M., Baum, M., Ceccarelli, S., Grando, S., Linde, C. C., Yahyaoui, A., Zhan, J., McDonald, B. A., 2006. Differential Selection on *Rhynchosporium secalis* During Parasitic and Saprophytic Phases in the Barley Scald Disease Cycle. *Phytopathology*, 96(11); 1214–1222. doi.org/10.1094/PHYTO-96-1214
- Aktaş, H. 2001. Önemli Hububat Hastalıkları ve Sürvey Yöntemleri Kitapçığı, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara
- Anonim 2021. TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Available from URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249&dil=1#:text=Buna%20g%C3%B6re%20%C3%BCretim%20miktarlar%C4%B1%202021,9%20milyon%20ton%20olarak%20ger%C3%A7ekle%C5%9Fti>. (Erişim Tarihi: 25 Nisan 2022)
- Anonymous 2008. Ziraî Mücadele Teknik Talimatları. Bitki Sağlığı Daire Başkanlığı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonymous 2022. World barley production from 2008/2009 to 2021/2022. Available from URL: <https://www.statista.com/statistics/271973/world-barley-production-since-2008/> (Erişim Tarihi: 25 Nisan 2022)
- Avrova, A., Knogge, W., 2012. *Rhynchosporium commune*: a persistent threat to barley cultivation. *Molecular Plant Pathology*, 13(9); 986–997. doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00811.x
- Azamparsa, M., Karakaya, A., Mert, Z., Aydın, G., Peşkirioğlu, H., Seçer, E., Özmen, D., Tutluer, İ., Sağel, Z., 2015a. Seedling Response of Two Barley Cultivars and Gamma Ray-Induced Advanced Barley Lines to *Rhynchosporium commune*. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24 (1) ; 75-78. DOI: 10.21566/tbmaed.48629
- Azamparsa, M. R., Mert, Z., Karakaya, A., Sayim, I., Ergün, N., Aydoğan, S., 2015. Determination of the seedling reactions of some barley cultivars and advanced barley lines to *Rhynchosporium commune*. *Plant Protection Bulletin*, 55 (3).
- Azamparsa, M. R., Karakaya, A., Ergün, N., Sayim, İ., Murat Duran, R., Özbek, K., 2019.. Identification of Barley Landraces and Wild Barley (*Hordeum spontaneum*) Genotypes Resistant to *Rhynchosporium commune*. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(4) , 530-535. DOI: 10.15832/ankutbd.44916
- Azamparsa, M. R., Karakaya, A., 2020. Determination of the pathotypes of *Rhynchosporium commune* (Zaffarana, McDonald & Linde) in some regions of Turkey. *Plant Protection Bulletin*, 60 (3) , 5-14. DOI: 10.16955/bitkorb.460235
- Bjørnstad, Å., Patil, V., Tekauz, A., Marøy, A. G., Skinnes, H., Jensen, A., Magnus, H., MacKey, J., 2002. Resistance to Scald (*Rhynchosporium secalis* in Barley (*Hordeum vulgare*) Studied by Near-Isogenic Lines: I. Markers and Differential Isolates. *Phytopathology*, 92(7); 710–720. doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.7.710
- Clare, S.J., Çelik Oğuz, A., Effertz, K., Karakaya, A., Azamparsa, M.R., Brueggeman, R.S., 2023. Wild barley (*Hordeum spontaneum*) and landraces (*Hordeum vulgare*) from Turkey contain an abundance of novel *Rhynchosporium commune* resistance loci. *Theor Appl Genet*. 136 (1):15. doi: 10.1007/s00122-023-04245-w.
- Daba, S. D., Horsley, R., Brueggeman, R., Chao, S., Mohammadi, M., 2019. Genome-wide Association Studies and Candidate Gene Identification for Leaf Scald and Net Blotch in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Disease*, 103(5); 880–889. doi.org/10.1094/PDIS-07-18-1190-RE
- Düşünceli, F., Cetin, L., Albustan, S., Mert, Z., Akan, K., Karakaya, A., 2008. Determination of the reactions of some barley cultivars and genotypes to scald under greenhouse and field conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 14(01), 46-50.
- El-Ahmed, A. M., 1981. Seedling Reaction of the 7th IBON to *R. secalis* in the greenhouse and source of Resistance. *Barley Diseases and Associated Breeding Methodology Workshop*, Rabat, Morocco.
- Hekimhan, H., Büyük, O., Ünal, F., Araz, A., Yorgancılar, A., Özkeskin, M.E., Torun, A., Yüksel, S., Çelik, E., Kaymak, S., 2021. Tarla Koşullarında Suni İnokulasyon ile Bazı Arpa Genotiplerinin *Rhynchosporium commune* (Zaffarana, Mc Donalds & Linde) Arpa Yaprak Yanıklığı Hastalığına Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(1); 47-60. DOI: 10.18615/anadolu.949964
- HGCA 2011. The HGCA Barley Disease Management Guide. Available from URL: [http://adlib.everysite.co.uk/resources/000/263/345/G44\\_HGCA\\_Barley\\_Disease\\_Management\\_Guide\\_2011.pdf](http://adlib.everysite.co.uk/resources/000/263/345/G44_HGCA_Barley_Disease_Management_Guide_2011.pdf) (Erişim tarihi: 25 Nisan 2022)
- Linde, C. C., Zala, M., McDonald, B. A., 2009. Molecular evidence for recent founder populations and human-mediated migration in the barley scald pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 51(3); 454–464. doi.org/10.1016/j.ympev.2009.03.002
- Looseley, M. E., Griffe, L. L., Büttner, B., Wright, K. M., Bayer, M. M., Coulter, M., Thauvin, J.-N., Middlefell-Williams, J., Maluk, M., Okpo, A., Kettles, N., Werner, P., Byrne, E., Avrova, A., 2020. Characterisation of barley landraces from Syria and Jordan for resistance to *Rhynchosporium* and identification of diagnostic markers for Rrs1Rh4. *Theoretical and Applied Genetics*, 133(4); 1243–1264. doi.org/10.1007/s00122-020-03545-9
- McDonald, B. A., 2015. How can research on pathogen population biology suggest disease management strategies? The example of barley scald (*Rhynchosporium commune*). *Plant Pathology*, 64(5); 1005–1013. doi.org/10.1111/ppa.12415
- Mert, Z., Karakaya, A., 2004. Assessment of the Seedling Reactions of Turkish Barley Cultivars to Scald. *Journal of Phytopathology*, 152(3); 190–192. doi.org/10.1111/j.1439-0434.2004.00817.x

- Paulitz, T. C., Steffenson, B. J., 2010. Barley. In: Paulitz, T. C., Steffenson, B. J. (Eds.) Biotic Stress in Barley: Disease Problems and Solutions. Wiley. pp. 307-354.
- Stefansson, T. S., Willi, Y., Croll, D., McDonald, B. A., 2014. An assay for quantitative virulence in *Rhynchosporium commune* reveals an association between effector genotype and virulence. *Plant Pathology*, 63(2); 405-414. doi.org/10.1111/ppa.12111
- Ulrich, S. E. (Ed.) 2010. Barley, Blackwell Publishing.
- Williams, K. J., 2003. The molecular genetics of disease resistance in barley. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(12); 1065. doi.org/10.1071/AR02219
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6); 415-421. doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x
- Zaffarano, P. L., McDonald, B. A., Zala, M., Linde, C. C., 2006. Global Hierarchical Gene Diversity Analysis Suggests the Fertile Crescent Is Not the Center of Origin of the Barley Scald Pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Phytopathology*, 96(9); 941-950. doi.org/10.1094/PHYTO-96-0941
- Zhang, X., Ovenden, B., Milgate, A., 2020. Recent insights into barley and *Rhynchosporium commune* interactions. *Molecular Plant Pathology*, 21(8); 1111-1128. doi.org/10.1111/mpp.12945







# İskorpit Balığı Kas Dokusundan Glutatyon S-Transferaz Enziminin Kısmi Safılaştırılması

## Partial Purification of Glutathione S-Transferase Enzyme from Muscle Tissue of Scorpionfish

Kübra IŞIK<sup>1</sup>, Ercan SOYDAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Samsun  
· kubraisik684@gmail.com · ORCID > 0000-0002-7743-817X

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Samsun  
· esoydan@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-9691-4434

### Makale Bilgisi/Article Information

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

**Geliş Tarihi/Received:** 24 Nisan/April 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 08 Haziran/June 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 431-440

**Atrf/Cite as:** Işık, K., Soydan, E. "İskorpit Balığı Kas Dokusundan Glutatyon S-Transferaz Enziminin Kısmi Safılaştırılması"  
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(2), Haziran 2023: 431-440.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ercan SOYDAN

## İSKORPİT BALIĞI KAS DOKUSUNDAN GLUTATYON S-TRANSFERAZ ENZİMİNİN KİSMİ SAFLAŞTIRILMASI

### ÖZ

Canlı organizmalarda enzimlerin görevleri yaşamsal fonksiyonları sağlıklı ve sürdürülebilir hale getirmektir. Vücudumuz için bu direnci sağlayan enzimlerin en önemlilerinden biri olan glutatyon S-transferaz enzimi ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunu sağlamaktadır ve ksenobiyotik maddelerin detoksifikasyonundaki fonksiyonu iyi bilinen bir enzimdir. Bu nedenle bu enzim oksidatif stres sonucu oluşan endojen bileşiklerin ve antitümör ilaçlar, çevresel karsinojenler gibi ksenobiyotiklerin faz II aşamasıyla transformasyonunu sağlayarak ksenobiyotikleri çözünür hale getirmektedir. Bu çalışmada iskorpit balığı kas dokusundan glutatyon S-transferaz enzimi literatürde ilk kez kısmi olarak saflaştırılmış ve kinetik karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışma prosedürü işlemi sırasıyla homojenat hazırlama, amonyum sülfat çöktürmesi ve diyaliz olarak üç aşamada yapılmıştır. Amonyum sülfat çöktürme aralığı %40-60 olarak bulunmuştur. Optimum karakterizasyon çalışmaları yapılarak optimum iyonik şiddeti 150 mM Tris-HCl tamponunda, optimum pH: 6.0 ve optimum substrat miktarı ise 2.5 mM CDNB olarak tespit edilmiştir. Akuatik canlılardan antioksidant enzimlerin karakterizasyonu çalışmaları oldukça yaygın olmasına rağmen çalışmamızın sonuçlarının bu alanda araştırmalar yapan bilim insanları için faydalı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enzim Saflaştırılması, Glutatyon S-Transferaz, İskorpit Balığı, Karakterizasyon Çalışması.



## PARTIAL PURIFICATION OF GLUTATHIONE S-TRANSFERASE ENZYME FROM MUSCLE TISSUE OF SCORPIONFISH

### ABSTRACT

Enzymes serve to make vital functions healthy and sustainable in living organisms. GST enzyme, which is one of the most important enzymes that provide such a resistance in human body, provides the detoxification of xenobiotics and is a well-known enzyme in the detoxification of xenobiotic substances. Therefore, GSTs convert endogenous substances produced by oxidative stress and xenobiotics such as antitumour drugs and environmental carcinogenics, into dissoluble form via phase II transformation. In this study, glutathione S-transferase enzyme from muscle tissue of scorpion fish was partially purified for the first time in the literature and optimum characterization studies were performed. The working

procedure was carried out in three steps as homogenate preparation, ammonium sulfate precipitation and dialysis, respectively. Ammonium sulfate precipitation interval was found in the range of 40-60%. Optimum ionic strength was determined in 150 mM Tris-HCl buffer, optimum pH value was found to be 6.0 and optimum substrate concentration was determined as 2.5 mM CDNB. Despite studies involved in characterization of antioxidant enzymes from aquatic organisms are quite common, results of this study are considered to be beneficial for scientists studying on this research area.

**Keywords:** Enzyme Purification, Glutathione S-Transferase, Characterization Study, Scorpion Fish.



## 1.GİRİŞ

Scorpaenidae familyasından olan iskorpit balığı (*Scorpaena porcus*) 219 türden oluşmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda son 10 yılda bunların sadece 17 türü tanınmış ve tespit edilmiştir (Mahe ve ark., 2014). Doğu Atlantik’de, Britanya Adaları’ndan Fas’a ve ülkemiz sınırları içerisinde ise en çok Ege Denizi, Karadeniz ve Akdeniz’de dağılım göstermektedir (Fischer ve ark., 1986; Erbay, 2013). Bir dip türü balık olan İskorpit balığının (*Scorpaena porcus*) 800 m derinliğe kadar yaşadığı gözlenmektedir (Pallaoro ve Jardas, 1991). Etçil bir tür olan iskorpit balıkları kabuklular ve omurgasızlar olmak üzere küçük balıklarla beslenmektedir (Hureau ve Litvinankov, 1986; Başçınar ve Sağlam, 2009; Roşca ve Arteni, 2010).

Normal hücrel metabolizmanın ürünlerinden olan serbest radikaller, dış kabuğunda veya dış yörüngelerde bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron içeren bir atom veya molekül olarak tanımlanır. Serbest radikal elektronlarının tek olması onu kararsız yapmasının yanı sıra kısa ömürlü ve reaktif olmasına neden olmaktadır (Mukherji ve Singh, 1986). Hem reaktif oksijen türleri (ROS) hem de reaktif nitrojen türleri (RNS) serbest radikalleri ve diğer radikal olmayan reaktif türlerini oluşturmaktadır (Valko ve ark., 2007). ROS ve RNS arasındaki denge canlı sistemi için hem yararlı hem de toksik bileşikler olarak ikili bir rol oynamaktadır. Orta ve düşük seviyelerdeki ROS / RNS arasındaki denge yararlı etkiler göstermektedir. Bu yararlı etkiler bağışıklık fonksiyonunu, bir dizi hücrel sinyal yolu ve redoks düzenlemesi gibi çeşitli fizyolojik fonksiyonları düzenlemektedir (Valko ve ark., 2007; Nordberg ve Arner, 2001). Yüksek konsantrasyonlarda ise ROS ve RNS oksidatif stres oluşturarak biyomoleküllerde hasara neden olmaktadır. Bunun sonucunda da oksidatif stres oluşumunun nedeni aşırı ROS/RNS üretimi olmakla beraber enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanların eksikliği sonucunda görülmektedir (Pham ve ark., 2008). Oksidatif stres proteinlerin, lipidlerin, DNA ve nükleik asitlerin fonk-

siyonlarını hasara uğratması sonucunda vücudumuzda kanser, diabetes mellitus, nörodejeneratif, kardiyovasküler vb. hastalıkların oluşumuna yol açmaktadır.

Doğal veya dışarıdan ek takviyeler yoluyla sağlanan antioksidanlar üreterek oksidatif strese karşı savunma mekanizmasına sahip olmaktadır (Pham ve ark., 2008). Antioksidanlar düşük konsantrasyonlarda oksidatif stresin oluşturduğu oksidatif süreci engelleyen veya oluşmasını geciktiren, ancak kendileri oksitlenen maddeler olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalar sonucunda serbest radikalleri nötralize edebilmesi için çeşitli endojen ve eksojen antioksidanların kullanıldığı rapor edilmiştir. Bunun sonucunda ise antioksidanların redoks dengesini koruduğu ve vücudu serbest radikallerden koruduğu görülmüştür (Pham ve ark., 2008; Valko ve ark., 2007).

Glutasyon (GSH), glutamat, sistein ve glisinden sentezlenen bir tripeptittir. Glutasyonun önemi, bitkilerde, memelilerde, mantarlarda ve bazı prokaryotik organizmalarda açıkça anlaşılmaktadır (Anderson, 1988). GSH, detoksifikasyona ek olarak, glioksalaz sistemi, ribonükleotitlerin indirgenmesi, tiyol:disülfid reaksiyonlarının düzenlenmesi dahil olmak üzere diğer hücrel reaksiyonlarda da rol oynamaktadır (Mullineaux, 1997). GSH, antioksidan savunma, ksenobiyotiklerin veya metabolitlerin detoksifikasyonu, hücre döngüsünün ilerlemesi ve apoptozun düzenlenmesi, sisteinin depolanması, redoks potansiyelinin sürdürülmesi, bağışıklık fonksiyonunun modülasyonu ve fibrojenez dahil olmak üzere birçok hayati fonksiyonda rol oynamaktadır (Ballatori ve ark., 2009; Forman ve ark., 2009; Meister ve Anderson, 1983; Pallardó ve ark., 2009; Lu, 2009). Glutasyon, dokularda indirgenmiş glutasyon (GSH) ve okside glutasyon (GSSG) olmak üzere iki farklı formda bulunarak bir denge sağlamaktadır. Hücrel döngü anahtarı olarak görev yapan GSH/GSSG hücrenin oksidatif durumu hakkında fikir vermektedir. GSH/GSSG oranının çok düşük olması oksidatif stresin o oranda ilerlemiş olduğu sonucuna işaret eder (Schafer ve Buettner, 2001). Kısaca glutasyon bir antioksidan molekül olarak hücre, doku ve organ sistemlerinin yapısal ve fonksiyonel formlarının korunmasında önemli bir etkiye sahiptir. Aşırı oksidatif stres sonucu veya düşük antioksidan potansiyeliyle, antioksidan hasar gözlenmektedir. Bu nedenle glutasyon seviyesi düşer ve serbest radikal hasarları sonucunda patolojik hastalıklar görülür. GSH; yaşlanma, kanser, ateroskleroz ve nörodejeneratif hastalıklar gibi birçok hastalığın temelinde yer alması açısından önem taşımaktadır (Aksoy, 2002).

Glutasyon-S-transferaz (GST) enzimi detoksifikasyon metabolizmasının son ürünü olan merkapturik asit oluşumu reaksiyonunun ilk basamağını katalizleyen bir enzimdir. Bu nedenle katalizlenen bu reaksiyon sonucunda canlı vücudunun iç ve dış dengesini korumada önemli bir enzim haline gelmiştir (Baş ve ark., 2006). Hücre sitozolünde bol miktarda bulunan GST enzimlerinin karaciğer hücrelerinin mikrozomal kısmında da bulunduğu belirtilmiştir. GST enziminin mikrozomal membranına sıkı bir şekilde bağlı olmasının yanı sıra bazı özelliklerinin sitozolik

formlardan farklı olduğu görülmüştür (Boyer ve Kenney, 1985; Morgenstern ve ark., 1988). GSH'ın endojen ve ksenobiyotik kökenli elektrofillerle konjugasyonunu katalize etmede görev alan GST enzimi detoksifikasyon sistemleri arasında önemli bir görevi bulunmaktadır (Hayes ve Pulford, 1995; Moden ve Mannervik, 2014). Bunun sonucunda ksenobiyotik ve endojen kökenli birçok bileşiğin genotoksik ve kanserojen etkilerine karşı savunma mekanizması sağlamaktadır (Mannervik ve ark., 2005).

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Kimyasallar

Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar Sigma-Aldrich'ten ve Merck'ten temin edilmiştir.

### 2.2. Glutasyon S-transferaz (EC 2.5.1.18, GST) Enzim Aktivitesi

Glutasyon- S-transferaz (GST) enzimi glutasyon molekülü ile bir aromatik elektrofilin konjugasyonunu katalize etmektedir. 1-kloro-2,4-dinitrobenzen (CDNB) en çok kullanılan aromatik elektrofildir. Dinitrobenzen 5-glutasyon (DNB-SG) substratının kullanılmasıyla GST enziminin katalizlediği reaksiyon ürünü 340 nm'de absorpsiyon gösterir ve bu dalga boyundaki absorpsiyon artışından faydalanılarak aktivite ölçümü yapılmaktadır. Ortamda GSH yokluğunda CDNB glutasyon- S-transferazı inaktive etmektedir. Bundan dolayı reaksiyonun GSH ile başlatılması gerekir. Enzim aktivitesi ölçümleri spektrofotometrik olarak 340 nm'de 3 dk süreyle gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için toplam hacim 1 ml olacak şekilde küvet içeriği hazırlanmıştır (Habig ve ark., 1974).

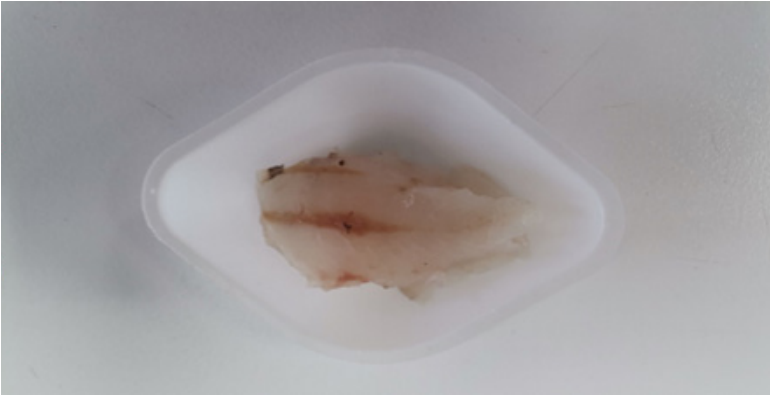
### 2.3. Homojenatın Hazırlanması

Temin edilen iskorpit balığından kas dokusu steril koşullarda alındı (Şekil 1ve 2). Alınan kas dokusundan 6.789 gram tartılarak sıvı azot içerisinde fiziksel parçalamaya tabi tutuldu. Ezilen kas dokusu 50 ml falkon tüp içerisine alınarak üzerine 1 mM EDTA + 0,15 M KCl içeren 0,1 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (pH: 7,6) tamponu eklenerek 40 ml'ye tamamlandı. Daha sonra  $+4^\circ\text{C}$ 'de 15000 rcf'de 1 saat boyunca santrifüj işlemi yapıldı. Yapılan santrifüj işleminin ardından süzgeç kağıdından süpernatant ve çökelek kısmı birbirinden ayrıldı. Süpernatant kısmından 340 nm'de absorpsiyon artışına göre enzim aktivitesi ölçüldü (Habig ve ark., 1974).



Şekil 1. İskorpit balığı (*Scorpaena porcus*)

Figure 1. Scorpion fish (*Scorpaena porcus*)



Şekil 2. İskorpit balığı kas dokusu

Figure 2. Scorpion fish muscle tissue

#### 2.4. Amonyum Sülfat Çöktürmesi ve Diyaliz

Protein saflaştırılması işleminde ilgilenilen proteinin konsantrasyonunun artırılması için kullanılan yöntemlerden biri o proteinin ilgilenilmeyen proteinlerden ayrıştırılmasıdır. Proteinlerin çözünürlüğü, o proteinin içerdiği hidrofilik ve hidrofobik kısımların dağılımı ile ilişkilidir. Bu özellikler sayesinde amacımıza uygun olarak çöktürme işlemi yapılır. Bu çöktürme işlemlerinin en çok tercih edileni yüksek tuz derişikleri ile çöktürmedir. İskorpit balığı kas dokusundan hazırlanan homojenat için amonyum sülfat işlemi boyunca farklı %0-20, %20-40, %40-60, %60-80 aralıklarında çöktürme işlemi gerçekleştirildi. Bu işlem için katı  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  parça parça eklenerek manyetik karıştırıcı yardımıyla buz içerisinde homojenata aktarıldı. Yapılan çöktürme sonucunda %40-60 aralığında doyunluğa ulaşarak

enzimin en yüksek aktiviteye sahip olduğu belirlendi. Çökelti TRIS-HCl (150 mM; pH: 6.0) tamponu içinde çözüldü. Belirlenen aralıktan sonra protein çözeltisinin tuzlardan arındırılması için diyaliz işlemi yapıldı. Daha sonra 15 mM TRIS-HCl (pH: 6.0) tamponu içinde 3 saat boyunca diyaliz işlemine tabi tutuldu.

## 2.5. İskorpit Balığı Kas Dokusundan GST Enziminin Karakterizasyon Çalışması

### 2.5.1. GST Enziminin Optimum İyonik Şiddetinin Belirlenmesi

İskorpit balığı kas dokusundan GST enziminin aktivite gösterebilmesi için en uygun optimum iyonik şiddetin belirlenmesi amaçlanarak TRIS-HCl tamponlarının 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 mM konsantrasyonlarda hazırlandı ve aktivite ölçümleri yapıldı. Yapılan ölçümler sonucunda optimum iyonik şiddet 150 mM TRIS-HCl tamponunda belirlendi.

### 2.5.2. GST Enziminin Optimum pH Değerinin Belirlenmesi

TRIS-HCl tamponunun optimizasyonu sonucunda en yüksek aktivite gösteren konsantrasyonda pH optimizasyonu yapıldı. 150 mM TRIS-HCl tamponundan 6, 6.5, 7, 7.5 pH değerleri optimizasyon için hazırlandı ve aktivite ölçümlerine bakıldı. Yapılan ölçümler sonucunda optimum pH'ı 150 mM TRIS-HCl tamponunda pH: 6.0 olarak belirlendi.

### 2.5.3. GST Enziminin Optimum Substrat Miktarının Belirlenmesi

İskorpit balığı kas dokusundan belirlenen optimum tampona 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 µl CDNB eklenerek aktivite tayini yapıldı. Yapılan ölçümler sonucunda kas dokusunun GST enziminin optimum substratı 150 mM TRIS-HCl (pH: 6.0) tamponu kullanılarak 2.5 mM olarak belirlendi.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yaşamı oluşturan çok çeşitli biyokimyasal tepkimelerin neredeyse tümü, enzimler olarak bilinen bir dizi dikkate değer biyolojik katalizör aracılığıyla gerçekleşir. Bu yüzden enzimler enerji açısından uygun yolları katalize ederek metabolizmadaki tüm olayları sağlarlar (Gözükara, 1997).

Serbest radikal ve oksidanların üretiminin artması, hücre zarlarını, proteinleri, lipitleri, lipoproteinleri ve DNA gibi moleküllerin yapılarına zarar vererek oksidatif stresi meydana getirirler (Dröge, 2002; Willcox ve ark., 2004; Pacher ve ark., 2007; Genestra, 2007; Halliwell, 2007; Young ve Woodside, 2001). Hücrelerde oluşan faz-



la serbest radikaller yeterince yok edilemediğinde ortaya oksidatif stres çıkabilir. Özellikle proteinler ROS/RNS tarafından hasar görek yapısal değişikliklere yol açar. Bunun sonucunda enzim üzerinde aktivite kaybına yol açtığı görülmüştür. Oksidatif hasar sonucunda vücut, DNA onarım enzimlerini veya antioksidanları kullanarak bu saldırılara karşı çeşitli savunma mekanizması geliştirmiştir (Willcox ve ark., 2004; Pacher ve ark., 2007; Genestra, 2007; Halliwell, 2007). Oksidatif strese karşı bu mekanizma uygun şekilde düzenlenmediği takdirde, çeşitli kronik ve dejeneratif hastalıkların yanı sıra yaşlanma sürecini ve bazı akut patolojilerini tetikleyebilmektedir (Pham ve ark., 2008).

Ülkemizde artmakta olan çevre kirliliği özellikle denizlerde ve akarsularda biriken kirlilikler deniz canlılarının hayatını tehlikeye atmaktadır. İnsanlar için besin kaynağı olan bu deniz canlıları üzerinde toksik etkiler bırakarak besinsel takviye yoluyla insanlara geçmektedir. Enzimlerin görevleri arasında en önemlisi vücudumuzdaki yaşamsal fonksiyonların sağlıklı ve sürdürülebilir hale getirilmesidir. Vücudumuzdaki bu direnci sağlayacak antioksidan enzimlerden en önemlilerden biri GST enzimidir. GST enzimi ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunu sağlamaktadır.

GST enzimi dimerik yapıda olan bir enzimdir. İndirgenmiş glutatyon (GSH) ile beraber ksenobiyotiklerin konjugasyonunu sağlamada beraber rol oynamaktadır. GSH yapısında bulunan tiyol grubu antioksidan görevini sağlamaktadır. Bu nedenle GST'ler oksidatif stres sonucu oluşan endojen bileşiklerin ve antitümör ilaçlar, çevresel karsinojenler gibi ksenobiyotiklerin faz II aşamasıyla transformasyonunu sağlayarak ksenobiyotikleri çözünür hale getirerek safra ve idrar vasıtasıyla vücuttan atılımını gerçekleştirir. Glutatyon S-transferaz enziminin canlı organizmalarda önemli bir yeri vardır (Boylard ve Chasseaud, 1969).

Bu çalışmada iskorpit balığı (*Scorpaena porcus*) kas dokusundan glutatyon S-transferaz (GST) enziminin kısmi saflaştırılması sağlanarak optimum karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Çalışma sırasında izlenen yol homojenat hazırlama, amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve optimum karakterizasyon çalışmalarıyla sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada ilk olarak homojenat hazırlama işlemi gerçekleştirildi. Elde edilen kas dokusu homojenatlarına %0-100 aralıklarında amonyum sülfat çöktürme işlemi yapıldı. Çöktürme işleminin sonucunda GST enziminin %40-60 aralığında çöktüğü belirlendi. Bu işlemde birçok safsızlıklar yok edilerek proteinler daha derişik hale getirildi. Yapılan çalışmalarla kıyasladığımızda Güven (2021) eşkina balığından GST enzimi için amonyum sülfat aralığı %70-80, Yılmaz (2022) tavuk karaciğerinden GST enzimi için amonyum sülfat aralığı %40-100, Yüksel (2022) koyun dalak dokusundan GST enzimi için amonyum sülfat aralığını %20-80, Ahmed (2017) Japon bildircin kalbinden GST enzimi için amonyum sülfat

aralığı %60-70, Taysı (2018) Japon bildircin ciğerinden GST enzimi için amonyum sülfat aralığı %20-80 aralıklarında bulunduğunu bildirmiştir.

Yapılan karakterizasyon çalışmalarında ise GST enziminin optimum iyonik şiddeti 150 mM tris (TRIS-HCl) tamponunda, optimum pH: 6.0 ve optimum substrat konsantrasyonu ise 2.5 mM CDNB olarak bulunmuştur. Literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslandığında Güven (2021) Eşkına balığında GST enziminin optimum iyonik şiddeti 20 mM tris tamponu, optimum pH: 7.0 ve optimum substrat miktarı 3.125 mM CDNB, Kızıltunç (2023) Brokoli'den GST enzimi için optimum iyonik şiddeti 1.25 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  tamponu, optimum pH: 7.5, Sayın (2022) kaz karaciğerinden GST enzimi için optimum iyonik şiddeti 100 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , optimum pH: 7.0, Yılmaz (2022) tavuk karaciğerinden GST enziminin optimum iyonik şiddeti 150 mM tris tamponu, optimum pH: 8.5, Duran (2019) Siraz balığı karaciğer dokusundan GST enzimi için optimum iyonik şiddeti 100 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  optimum pH: 7.5 olarak bulmuşlardır.

## 4.SONUÇ

Bu çalışmada iskorpit balığı kas dokusundan GST enziminin kısmi saflaştırılması sağlanmış ve kinetik karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Birçok farklı eksojen ve endojen bileşiğin detoksifikasyonunu sağlamada göre alan GST multifonksiyonel enzimlerden biridir. Uzaklaştırılması istenen toksik maddelerin detoksifikasyon işlemi sırasında bu toksik maddeler enzimatik reaksiyon sonucu suda çözünür hale getirilerek safra ve idrar vasıtasıyla vücutta atılımı sağlanmaktadır. Çevresel kirleticiler özellikle ağır metaller sucul canlıların bünyesinde birikmekte ve besin yoluyla insan vücuduna geçmektedir. Bunun sonucunda canlı bünyesinde oksidatif stres açığa çıkararak hücresel fonksiyonlara zarar vermektedir. Antioksidan enzimlerden en önemlilerinden biri olan GST enzimi oksidatif hasara karşı savunma mekanizması oluşturarak detoksifikasyon işleminde en bilinen enzim haline gelmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada iskorpit balığı kas dokusundan GST enzimi, amonyum sülfat çöktürmesi ve diyaliz işlemi ile kısmi olarak saflaştırılmıştır. Karakterizasyon çalışmasıyla optimum iyonik şiddet, optimum pH ve optimum substrat miktarları belirlenerek optimizasyonu sağlanmıştır.

Bu çalışma içerdiği yüksek protein miktarından dolayı önemli olan iskorpit balığı kas dokusu GST enzimi üzerinden yapılan ilk çalışmadır. Yapılan çalışmada sonuçların glutasyon S-transferazın kas dokusundaki işlevinin aydınlatılmasına katkıda bulunacağını düşünmekteyiz. Çalışmamızın bundan sonra yapılacak GST enzimi ve iskorpit balığı kas dokusu ile ilgili çalışmalara örnek olabileceği düşüncesindeyiz.

## 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): KI(30), ES(70)

Veri Toplanması (Data Acquisition): KI(30), ES(70)

Veri Analizi (Data Analysis): KI(30), ES(70)

Makalenin Yazımı (Writing Up): KI(30), ES(70)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): KI(30), ES(70)

## KAYNAKÇA

- Ahmed, B.M., 2017. Purification And Characterization Glutathione S-Transferase Enzyme From Japanese Quail (*Coturnix, Coturnix Japonica*) Heart. Master Thesis. Bingöl University Institute of Science, Bingöl.
- Aksoy Y., 2002. The role of glutathione in antioxidant mechanism. *Turk J Med Sci*, 2(4):442-448.
- Anderson, M.E., 1998. Glutasyon: biyosentez ve modülasyona genel bir bakış, Kimyasal-biyolojik etkileşimler, 111: 1-14.
- Ballatori, N., Krance, S. M., Notenboom, S., Shi, S., Tieu, K., Hammond, C. L., 2009. Glutathione dysregulation and the etiology and progression of human diseases.
- Baş, M., Ersun, A. Ş., Kıvanç, G., 2006. The evaluation of food hygiene knowledge, attitudes, and practices of food handlers' in food businesses in Turkey. *Food control*, 17:4, 317-322.
- Başçınar, N.S., Sağlam, H., 2009. Feeding habits of black scorpionfish *Scorpaena porcus*, in the South-Eastern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9, 10-99.
- Boyer, T. D., Kenney, W. C., 1985. "Preparation, characterization and properties of glutathione S-transferases, *Biochemical pharmacology and toxicology*, 1, 297-363.
- Boylard, E., Chasseaud, L. F., 1969. "The role of glutathione and glutathione S transferases in mercapturic acid biosynthesis", *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, Volume 32, 173-219.
- Dröge, W., 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*.
- Duran, G., 2019. *Siraz (Capoeta Umbra)*'In Karaciğer Dokusundan Glutasyon STransferaz Enziminin Saflaştırılması, Karakterizasyonu ve Bazı Kimyasalların Enzim Aktivitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağrı.
- Erbay, M., 2013. Doğu Karadeniz'deki İskorpit (*Scorpaena porcus*, Linnaeus, 1758) Balığının Popülasyon Yapısı ve Üreme Biyolojisi Üzerine Araştırma. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Rize, 78s.
- Fischer, W., Bauchot, M. L., Schneider, M., 1986. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Médi terrané et mer Noi re. Zone de pêche 37, vol. 2, FAO, Rome, 1529 p.
- Forman, H. J., Zhang, H., Rinna, A., 2009. Glutathione: overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. *Molecular aspects of medicine*, 30(1-2), 1-12.
- Genestra, M., 2007. Oxyl radicals, redox-sensitive signalling cascades and antioxidants. *Cellular signalling*, 19(9), 1807-1819.
- Gözükara, M.E., 1997. *Biyokimya*. Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul. 1225.
- Güven, N., 2020. *Eşkına balığından Glutasyon S-transferaz enziminin karakterizasyonu ve metal inhibisyonunun incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun
- Habig, W.H., Pabst, M.J., Jakoby, W.B., 1974. Glutathione S- transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J Biol Chem*, 246, 7130-7139.

- Halliwell, B., Gutteridge, J., 2007. Free radicals in biology and medicine. v. 4. New York: Oxford, 689.
- Hayes, J. D., Pulford, D. J., 1995. "The glutathione S-transferase supergene family: regulation of GST and the contribution of the Isoenzymes to cancer chemoprotection and drug resistance part II., Critical reviews in biochemistry and molecular biology, 30(6), 521-600.
- Hureau, J.-C., Litvinenko, N.I., 1986. Scorpaenidae. In Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. III. UNESCO, Paris pp. 1211-1229.
- Kızıltunç, H.E., 2023. Brokoli'den (*Brassica Oleracea L. var. Italica*) Glutatyon S-Transferazın Saflaştırılması, Karakterizasyonu ve Bazı Herbisit Türlerinin Enzim Aktivitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Lu, S. C., 2009. Regulation of glutathione synthesis. Molecular aspects of medicine, 30(1-2), 42-59
- Mahé, K., Goascoz, N., Dufour, J. L., Iglesias, S. P., & Tetard, A., 2014. Black scorpionfish *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae): a first record in the eastern English Channel. Marine Biodiversity Records, 7, e6. <https://doi.org/10.1017/S1755267214000037>
- Mannervik, B., Board, P. G., Hayes, J. D., Listowsky, I., & Pearson, W. R. (2005). Nomenclature for mammalian soluble glutathione transferases. *Methods in enzymology*, 401, 1-8.
- Meister, A., & Anderson, M. E., 1983. Glutathione. Annual review of biochemistry, 52(1), 711-760.
- Meister, A., 1983. Selective modification of glutathione metabolism. Science, 220(4596), 472-477.
- Moden, O., & Mannervik, B. (2014). Glutathione transferases in the bioactivation of azathioprine. In Advances in cancer research (Vol. 122, pp. 199-244). Academic Press.
- Morgenstern, R., Lundqvist, G., Hancock, V., DePierre, J. W., 1988. "Studies on the activity and activation of rat liver microsomal glutathione transferase, in particular with a substrate analogue series", Journal of Biological Chemistry, 263(14), 6671- 6675.
- Mukherji SM, Singh SP, 1986. Organik kimyada reaksiyon mekanizması. Madras: Macmillan IndiaPress.
- Mullineaux, P.M., 1997. Glutathione reductase: regulation and role in oxidative stress, Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defence, 667-713.
- Nordberg J, Arner Ej., 2001. Reaktif oksijen türleri, antioksidanlar ve memeli Tioredoksin sistemi. Serbest Radikal Biol Med, 31(11):1287-312.
- Pacher, P., Beckman, J. S., Liaudet, L., 2007. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. Physiological reviews, 87(1), 315-424.
- Pallaoro, A., Jardas, I., 1991. Food and feeding habits of black scorpionfish (*Scorpaena porcus L. 1758*) (Pisces, Scorpaenidae) along the Adriatic coast. Acta Adriatica, 32(2), 885-898.
- Pallardó, F. V., Markovic, J., García, J. L., Viña, J., 2009. Role of nuclear glutathione as a key regulator of cell proliferation. Molecular aspects of medicine, 30(1-2), 77-85.
- Pham-Huy, L. A., He, H., Pham-Huy, C., 2008. Free radicals, antioxidants in disease and health. International journal of biomedical science: IJBS, 4(2), 89.
- Roşca I., Arteni, O.M., 2010. Feeding ecology of black scorpionfish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) from the Romanian Black Sea (Agigea - Eforie Nord area). ABAH Bioflux, 2(1): 39-46
- Sayın, Y., 2022. Glutatyon S -Transferaz Enziminin Kaz (*Anser Anser Domesticus*) Karaciğerinden Saflaştırılması, Karakterizasyonu, Bazı Kimyasalların ve Metallerin Enzim Aktivitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağrı
- Schafer, F. Q., Buettner, G. R., 2001. Redox environment of the cell as viewed through the redox state of the glutathione disulfide/glutathione couple. Free radical biology and medicine, 30(11), 1191-1212.
- Taysı, M.Ş., 2018. Glutatyon S-Transferaz (Gst) Enziminin Japon Bildircin (*Coturnix Coturnix Japonica*) Karaciğerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., Telser, J., 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39(1), 44-84.
- Willcox, J. K., Ash, S. L., Catignani, G. L., 2004. Antioxidants and prevention of chronic disease. Critical reviews in food science and nutrition, 44(4), 275-295.
- Yılmaz, H., 2022. Glutatyon S-Transferaz Enziminin Tavuk Karaciğerinden Saflaştırılması Karakterizasyonu ve Bazı Pestisitlerin Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl
- Young, I., Woodside, J., 2001. Antioxidants in health and disease. Journal of clinical pathology, 54(3), 176-186.
- Yüksel, F., 2022. Glutatyon S-Transferaz Enziminin Koyun Dalak Dokusundan Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.