

Cilt / Volume : 9

Sayı / Issue: 4

Yıl / Year: 2024

# MAS

MAS JOURNAL OF APPLIED SCIENCES

UYGULAMALI BİLİMLER DERGİSİ



**İktisadi Kalkınma ve  
Sosyal Araştırmalar Enstitüsü**

The Institute of Economic  
Development and Social Research

**MAS**

**Journal of Applied Sciences**  
**Uygulamalı Bilimler Dergisi**

ISSN: 2757-5675

masjaps.com

**YIL-YEAR**  
**2024**

**CİLT-VOLUME**  
**9**

**SAYI-ISSUE**  
**4**

## BAŞ EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

**Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU / Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOSOĞLU**  
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Siirt-TÜRKİYE

## EDİTÖR YARDIMCILARI / VICE OF EDITOR IN CHIEF

**Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN / Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN**  
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Tarımsal Makine Sistemleri Bölümü,  
Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Siirt-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Nur YILMAZ / Assist. Prof. Dr. Ayşe Nur YILMAZ**  
Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, Elazığ-TÜRKİYE  
Fırat University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Elazığ-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Fatma ERTAŞ OĞUZ / Assist. Prof. Dr. Fatma ERTAŞ OĞUZ**  
İğdır Üniversitesi, Tuzluca Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, İğdir-  
TÜRKİYE  
İğdir University, Tuzluca Vocational School, Department of Medical Services and Techniques, İğdir-  
TÜRKİYE

**Dr. Nihayet KOÇYİĞİT / Dr. Nihayet KOCYIGIT**  
Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu-Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri  
Bölümü, Batman-TÜRKİYE  
Batman University, Vocational School of Technical Sciences-Chemistry and Chemical Processing  
Technologies Department, Batman-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Yeliz KAŞKO ARICI / Assist. Prof. Dr. Yeliz KASKO ARICI**  
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Ordu-TÜRKİYE  
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Basic Medical Sciences, Ordu-TÜRKİYE

**Dr. Erhan KAHYA / Dr. Erhan KAHYA**  
Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Tekirdağ-  
TÜRKİYE  
Namık Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Electronics and  
Automation, Tekirdağ-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan KAYA / Assist. Prof. Dr. Ali İhsan KAYA**  
Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman-TÜRKİYE  
Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Adıyaman-  
TÜRKİYE

### **Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor**

**Doç. Dr. Arzu ÇİĞ / Assoc. Prof. Dr. Arzu CIG**  
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Siirt-TÜRKİYE

### **İngilizce Dil Editörü / English Language Editor**

**Dr. Shahid FAROOQ / Dr. Shahid FAROOQ**  
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa-TÜRKİYE  
Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection,  
Şanlıurfa-TÜRKİYE

### **İstatistik Editörü / Statistics Editor**

**Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI / Assoc. Prof. Dr. Gulen OZYAZICI**  
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Siirt-TÜRKİYE

### **Yayın ve Mizanpaj Editörü / Editorial Review and Layout**

**Dr. Esra BİLİCİ / Dr. Esra BILICI**  
Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Laborant Ve Veteriner Sağlık  
Programı, Uşak-Türkiye  
Usak University, Eşme Vocational School Veterinary Department Laborant and Veterinary Health  
Program, Usak-Türkiye

### **ALAN EDITÖRLERİ / SUBJECT EDITORS**

**Doç. Dr. Kübra YAZICI / Assoc. Prof. Dr. Kubra YAZICI**  
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Yozgat-TÜRKİYE  
Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Yozgat-  
TÜRKİYE

**Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN / Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN**  
Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü  
Tekirdağ-TÜRKİYE  
Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Tekirdag-  
TÜRKİYE

**Doç. Dr. Özlem DURNA AYDIN / Assoc. Prof. Dr. Ozlem DURNA AYDIN**

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Diyarbakır-TÜRKİYE  
Dicle University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Science and Animal  
Nutrition, Diyarbakır-TÜRKİYE

**Doç. Dr. Kıvanç İRAK / Assoc. Prof. Dr. Kıvanç İRAK**

Siirt Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Basic Sciences, Siirt-TÜRKİYE

**Doç. Dr. Nurhan KESKİN / Assoc. Prof. Dr. Nurhan KESKİN**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-TÜRKİYE  
Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Van-TÜRKİYE

**Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN / Prof. Dr. Osman GUNAYDIN**

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman-TÜRKİYE  
Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Adıyaman-  
TÜRKİYE

**Doç. Dr. Mükerrerem ATALAY ORAL / Assoc. Prof. Dr. Mukerrem ATALAY ORAL**

Akdeniz Üniversitesi, Elmalı Meslek Yüksek Okulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Antalya-  
TÜRKİYE

Akdeniz University, Elmalı Vocational School, Management And Organization, Business  
Administration Program, Antalya-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Okan ORAL / Assist. Prof. Dr. Okan ORAL**

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bölümü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Antalya-  
TÜRKİYE

Akdeniz University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics Engineering, Antalya-  
TÜRKİYE

**Doç. Dr. Yusuf BASOGUL / Assoc. Prof. Dr. Yusuf BASOGUL**

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman-Türkiye  
Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Adıyaman-  
TÜRKİYE

**Dr. Öğretim Üyesi Ferhat ÇIRA / Assist. Prof. Dr. Ferhat CIRA**

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa-  
TÜRKİYE

Harran University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering,  
Şanlıurfa-TÜRKİYE

**Doç. Dr. Serpil SAVCI / Assoc. Prof. Dr. Serpil SAVCI**

Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama, Yozgat-TÜRKİYE  
Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, City and Regional Planning, Yozgat-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Emral GÜLÇEK / Assist. Prof. Dr. Emral GÜLÇEK**

Siirt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Health Sciences, Midwifery Department, Siirt-TÜRKİYE

**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YILMAZ / Assist. Prof. Dr. Mehmet YILMAZ**

Siirt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kadın Hatalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Siirt-TÜRKİYE  
Siirt University, Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology, Siirt-TÜRKİYE

**Doç. Dr. Gülay OĞUZ / Assoc. Prof. Dr. Gulay OGUZ**

Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Şanlıurfa-TÜRKİYE  
Harran University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Şanlıurfa-TÜRKİYE

**Dr. Amin MARANDI**

University of Tehran, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Aquatic Animal Health,  
Tehran-IRAN

**Dr. Shalini IYYANAR**

Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Department of Veterinary  
Gynaecology, Puducherry-INDIA

**Dr. Mouttou Vivek SRINIVAS**

Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Department of Veterinary  
Microbiology, Puducherry-INDIA

**Assoc. Prof. Dr. Norhayati Binti HUSSAİN**

Universiti Putra Malaysia, Department of Food Technology, Faculty of Food Science and  
Technology, Selangor-MALAYSIA

**Dr. J.M. Susanthi JAYASINGHE**

University of Peradeniya, Department of Chemistry, Faculty of Science, SRI LANKA

**Victor T. IBEABUCHI**

Alex Ekwueme Federal University Ndufu Alike, Department of Civil Engineering, Abakaliki-  
NIGERIA

**Assoc. Prof. Dr. Belay DUGUMA**

Jimma University, College of Agriculture and Veterinary Medicine, Department of Animal  
Science, Jimma-ETHIOPIA

**Assist. Prof. Dr. Ružica Ždero PAVLOVIĆ**

University in Novi Sad, Novi Sad, Faculty of Agriculture, SERBIA

**Assoc. Prof. Dr. Sergiy LAVRENKO**

Kherson State Agrarian and Economic University, Department of Agriculture, Kherson-  
UKRAINE

**Dr. Krupa-Malkiewicz MARCELINA**

West Pomeranian University of Technology Szczecin, Department of Plant Genetics,  
Breeding and Biotechnology, Szczecin-POLAND

**Dr. Javeria SHEIKH**

Jinnah University for Women, Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Karachi-  
PAKISTAN

**Dr. Mehak AHSAN**

Jinnah University for Women, Department of Food Science and Technology, Karachi-  
Pakistan

**Dr. Bojan ĐERČAN**

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Geography, Tourism and Hotel  
Management, Novi Sad-SERBIA

**Dr. Ivana PENJIŠEVIĆ**

University of Priština in Kosovska Mitrovica, Faculty of Sciences and Mathematics, Lole  
Ribara, Kosovska Mitrovica-SERBIA

## ÜRÜN BİLGİSİ / PRODUCT INFORMATION

---

**Dergi Kapsamı:** MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi, (İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Enstitüsü) İKSAD tarafından yayınlanan açık erişimli, Uluslararası hakemli ve indeksli bir dergidir. Temel amacımız uluslararası akademisyenler için entelektüel bir platform sağlamaktır. Matematik, Mühendislik, Sağlık ve Doğa bilimleri alanlarında disiplinler arası çalışmaları teşvik etmeyi ve bu alanda önde gelen dergi olmayı hedefliyoruz.

**Scope of the Journal:** MAS Journal of Applied Sciences is an open access, internationally refereed and indexed journal published by (Institute of Economic Development and Social Research) İKSAD. Our main goal is to provide an intellectual platform for international academics. We aim to encourage interdisciplinary studies in the fields of Mathematics, Engineering, Health and Natural sciences and to become the leading journal in this field.

---

Yayımlayan / Publisher	İKSAD / İKSAD
Yayın Dili / Language	Türkçe-İngilizce / Turkish-English
Basım Tarihi / Date of Publication	20/12/2024
Yayın Aralığı / Frequency	Yılda dört kez (Mart-Haziran-Eylül-Aralık) yayınlanır. Published four times a year (March-June- September December)

---

Tarıdığı İndeksler / Indexed and  
Abstracted in

MIAR

Scilit

ERIH PLUS  
ECONOMY, BUSINESS, SOCIETY, POLITICAL  
SCIENCE, LAW, HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

Google  
Scholar

SOBIAD 100  
100th Anniversary of the Republic of Turkey

---



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

<b>A Preliminary Study on the Effect of Different Phosphorus Levels on the Yield and Some Yield Components of Horse Bean (<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i>) Grown under Shade and Open Conditions</b>	
Recep SALTAŞ, Hakan GEREN.....	974
<b>Influence of Nickel on Urease Activity and Nitrogen Dynamics in Maize (<i>Zea mays</i>) Under Saline Conditions</b>	
Ferhat UĞURLAR.....	984
<b>Techno-Economic Analysis of Three 1.025 Mw Photovoltaic Power Plants</b>	
Turhan KOYUNCU, Fuat LÜLE.....	995
<b>Assessment of Cardiac Hypertrophy in National Race Horses by Ecocardiography</b>	
Melahat TOKER.....	1003
<b>Determination of Heart Tumor Foci in Pets and Clinical Results</b>	
Melahat TOKER.....	1010
<b>Effects of Different Tillage and Herbicide Applications on Weed Control and Yield in the Double Crop Maize Agriculture</b>	
Ümran ÇİFTÇİ TORUN, Songül GÜRSOY, Cumali ÖZASLAN.....	1016
<b>Ethnobotany, Medicinal and Nutritional Potential of Hawthorn (<i>Crataegus</i> spp.) Fruit</b>	
Hemin Jalil Mustafa MUSTAFA, Adnan YAVIÇ, Latife DOĞAN.....	1030
<b>Investigation of Hemocyte Types in <i>Lepisma saccharina</i></b>	
Gürhan ÖZTÜRK, Hüseyin ARIKAN, Görkem ÖZTÜRK.....	1040
<b>The Comparison Yield Performance of Chickpea Genotypes Grown in Different Locations by the GGE Biplot Method</b>	
Sibel IPEKESEN, Murat TUNC, Süreyya Betül RUFAIOGLU, Behiye Tuba BICER.....	1048
<b>Determination of Agronomical Characteristics of Some Potato Clones (<i>Solanum tuberosum</i> L.)</b>	
Taner KARAKANLI, Gülsüm ÖZTÜRK.....	1059
<b>Shoot Regeneration of Sweet Potato [<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.] under In Vitro Conditions</b>	
Gülsüm ÖZTÜRK, Muhammet Anıl AYDIN.....	1069

<b>Determination of Yield and Quality Parameters of Different Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) Populations in Muş Ecological Conditions</b>	
Yaşar KARADAĞ, Mahir ÖZKURT, Yasir TUFAN, Ayşe Nida KURT.....	1078
<b>Some Innovative Methods used to Extract Bioactive Compounds</b>	
Ayşe YILMAZ, Gökhan DURMAZ.....	1095
<b>The Effect of Alternative Weed Control Methods on Yield Parameters in Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)</b>	
Murat TUNC, Sibel IPEKESEN, Fatma BAŞDEMİR, Süreyya Betül RUFAIOĞLU.....	1120
<b>Mapping Environmental Noise from Road Transportation Using SoundPLAN: The Case of Harran University Osmanbey Campus</b>	
Tuba RASTGELDİ DOĞAN, Can Bülent KARAKUŞ, Ali SUZERGOZ.....	1130
<b>Devices Used in Measurement of Moisture Values in Wooden Elements and a New Device Proposal</b>	
Mustafa Emin TOPRAKCI, Ali URAL.....	1146
<b>Effects of Different Doses of Biochar and Zinc Phosphate Applications on the Development of Canola Plants</b>	
Vedat BEYYAVAŞ, Suat CUN, Erdal SAKİN, Dilek TURHAN.....	1159
<b>Digital Mapping of Soil pH and Electrical Conductivity: A Comparative Analysis of Kriging and Machine Learning Approaches</b>	
Mustafa ÖZTÜRK, Miraç KILIÇ, Hikmet GÜNAL.....	1168
<b>Determination of Natural Radiation Amount in Apricots Growing Up in Malatya</b>	
Mehmet KOŞAL, Adem ŞA.....	1186
<b>Two Parameter Beta-Exponential Distribution: Properties and Applications in Demography and Geostandards</b>	
Mohamed KOUADRIA, Halim ZEGHDOUDI.....	1195
<b>Determination of Nurses' Site Preference and Reasons For Intramuscular Injection in Gluteal Region: A Descriptive, Cross-Sectional Study</b>	
Gülbanu ZENCİR, Fadime GÖK, Züleyha ÖZTÜRK.....	1205
<b>Novel One Parameter Family: Special Case, Bayesian Estimation, Simulation and Applications</b>	
Meriem KEDDALI, Hamida TALHI, Mohamed KOUADRIA, Halim ZEGHDOUDI.....	1215

**Farklı Fosfor Seviyelerinin Gölge ve Açık Koşullarda Yetiştirilen Yemlik Bakla (*Vicia faba* var. *minor*)'da Verim ve Bazı Verim Bileşenlerine Etkisi Üzerine Bir Ön Araştırma**Recep SALTAS<sup>1\*</sup>, Hakan GEREN<sup>2</sup><sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [receptsaltas@hotmail.com](mailto:receptsaltas@hotmail.com)**Geliş Tarihi (Received):** 25.07.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 10.09.2024**Özet**

Deneme, 2022-23 kış sezonunda gölge ve açıkta yetiştirilen yemlik bakla (*Vicia faba* var. *minor*) bitkisinde, fosfor düzeylerinin tane verimi ve verim unsurlarına etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, bitkiler üzerinde altı farklı seviyede fosfor (0, 3, 6, 9, 12 ve 15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>) test edilmiş olup, bitki boyu, bitkide bakla sayısı, bin tane ağırlığı, biyolojik ve tane verimleri gibi bazı özellikler ölçülmüştür. Yetiştirme ortamı ile fosfor oranlarının yemlik baklanın ölçülen tüm özellikler üzerinde önemli etkisi saptanmıştır. Açık koşullarda yetiştirilen bitkiler, gölgeye kıyasla daha yüksek tane verimi üretmiş ve önemli ölçüde üstünlük sağlamıştır. Kontrol (P0) göre artan P oranları yemlik bakla verim ve verim bileşenlerini yükseltmiştir. Farklı P seviyeleri arasında en yüksek biyolojik ve tane verimi, açıkta yetiştirilen bitkiler için 9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> uygulamasıyla kaydedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Vicia faba* var. *minor*, gölge, fosfor, verim**A Preliminary Study on the Effect of Different Phosphorus Levels on the Yield and Some Yield Components of Horse Bean (*Vicia faba* var. *minor*) Grown under Shade and Open Conditions****Abstract**

The experiment was carried out during 2022-23 winter seasons to find out the effect of phosphorus levels on the grain yield and yield components of horse bean (*Vicia faba* var. *minor*) grown under shade and open conditions. Six different levels of phosphorus (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) were tested on the crops, and, some properties were measured such as plant height, number of pod per plant, thousand grain weight, yields of biological and grain in the research experiment. Growing condition (media) and rate of phosphorus had a significant effect on all of the measured traits of horse bean. Crops grown at open condition produced higher grain yield compared to shade and was significantly superior. Increasing rates of P increased the yield and yield components of horse bean compared to the control (P0). Among different P levels the highest biological and grain yield were recorded with the application of 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> for horse bean grown under open condition.

**Keywords:** *Vicia faba* var. *minor*, shade, phosphorus, yield

## 1. Giriş

Son yıllarda fotovoltaik panel kullanımının artmasına paralel olarak, bu panellerin gölgesi altında bitkisel ve hayvansal üretim yapılması yaygınlaşmaktadır. Agrovoltaik sistem olarak tanımlanan bu uygulamaların normal üretime göre olumlu veya olumsuz yönlerinin araştırılması gerekmektedir (Marrou ve ark., 2013; Cosgun, 2021; Hudelson ve Lieth, 2021). Türkiye’de bu konuyla ilgili bilimsel çalışmalar sınırlıdır. Baklagiller (*Leguminosae*) familyasının bir üyesi olan yemlik bakla (*Vicia faba var. minor*), “Hayvan Baklası” olarak da isimlendirilmektedir. Yemlik bakla, 20. yüzyıl başlangıcından günümüze değin dünyada çok yaygın bir yem bitkisi olarak Fransa, İtalya, İngiltere, tüm Akdeniz ülkeleri, Japonya, İran, ABD, Ekvator, Meksika ve özellikle Çin’de yetiştirilmektedir. Dünya’daki ekim alanı yaklaşık 6 milyon ha olup, bunun 4 milyon hektarı Çin’de, 0.5 milyon ha kadarı da Avrupa’da bulunmaktadır ülkemizde ve dünyada esasen tane amacıyla yetiştirilen bir bitkidir (Uçar ve ark., 2020; Coşkun ve Demiroğlu Topçu, 2022). Bakla taneleri sahip olduğu yüksek protein içeriği nedeniyle kesif (yoğun) yem üretiminde kullanılmaktadır. Yemlik bakla; tanelerinin iri olması, özel toprak isteklerinin bulunmaması, kış mevsimindeki yağışlarla yetişebilmesi, mekanizasyona uygunluğu gibi özellikleri nedeniyle göz ardı edilmemesi gereken bir bitkidir (Geren ve ark., 2009; Yüce ve ark., 2023).

Bilindiği gibi, bitkilerin birim alandan elde edilen toprak üstü (ot ve tane) verimlerini yükseltmenin en etkili ve temel yollarında birisi, gübre ihtiyaçlarını uygun değer bir dozda ve zamanda karşılamaktan geçmektedir. Fosfor (P) bitkide çok önemli bazı organik bileşiklerin yapısında bulunmaktadır. Bitkide enerji transferi yapan ATP bu bileşiklerin en önemlilerindendir (Dumanoğlu ve Geren, 2019). Ayrıca P, karbonhidratların parçalanmasında, polisakaritlerin bileşiminde de rol üstlenmekte ve bitkide genetik özellikleri belirleyen DNA’nın oluşumu için de

gereklidir. Fosfor bitki kök sisteminin gelişmesine katkıda bulunduğu gibi, çiçeklenme ve olgunlaşmayı da hızlandırmaktadır (Muhit ve Kır, 2022; Karaca Öner ve ark., 2023). Bitkiler gereksinim duydukları fosforun tamamına yakın bir bölümünü gelişmelerinin ilk dönemlerinde almakta ve bunu çeşitli organlarında biriktirmektedirler (Hashemabadi, 2013; Fouda, 2017; Sarkar ve ark., 2017). Bu çalışmanın amacı, farklı fosfor seviyelerinin gölge ve açık koşullarda yetiştirilen yemlik bakla (*Vicia faba var. minor*) bitkisinde tane verimi ve bazı verim bileşenlerine etkisini belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2022-23 yıllarının kışlık bitki üretim mevsiminde (Ekim-Haziran), EÜZF Tarla Bitkileri Bölümü araştırma sahası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemenin yürütüldüğü aylara ait ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarı sırasıyla 16.6°C ve 604 mm, uzun yıllar ortalaması ise 14.9°C ve 677 mm olarak kaydedilmiştir. Denemede kullanılan toprak tınlı-kum yapısındadır. Toprak tahlil neticeleri, toprak pH’sının 5.83 (orta asit), tuzun % 0.03 (tuzluluk tehlikesi yok), organik maddenin %1.72 (humusça fakir), kirecin % 0.82 (fakir) olduğunu göstermiştir. Bunlara ek olarak, toplam N % 0.04 (fakir), P 1.11 ppm (fakir), K 40 ppm (noksan) ve Ca 1300 ppm (fakir) olduğu saptanmıştır. Deneme sahasının iklim ve toprak özellikleri açısından, yemlik baklanın yetişmesini kısıtlayıcı bir unsur bulunmadığı anlaşılmış, yapılan gübre ve sulama uygulamaları sayesinde oldukça tatminkâr bitkiler yetiştirilmiştir.

Araştırmada, bitkisel materyal olarak yemlik bakla (*Vicia faba var. minor*) kullanılmıştır. Çalışmada iki faktör ele alınmış, bunlardan birincisi yetiştirme ortamı, ikincisi ise fosfor (P) seviyesidir. Birinci faktör, gölge ve açık koşullar olmak üzere iki seviye, ikinci faktör ise dekara P0: 0 kg, P3: 3 kg, P6: 6 kg, P9: 9 kg, P12: 12 kg ve P15: 15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> olmak üzere altı seviyeden oluşmuştur. Araştırma dış ortam saksı denemesi şeklinde ve iki faktörlü

tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurgulanmıştır. Denemede toplam 48 adet saksı kullanılmıştır.

3 Ekim 2022 tarihinde her bir saksıya dört adet bakla tohumu, 3 cm derinliğe ekilmiş ve çeşme suyu ile can suyu verilmiştir. Ekim işlemine paralel olarak saksı merkezine 5 cm derinliğinde çukur açılarak ve hesaplanan  $P_2O_5$  dozları TSP gübresi olarak uygulanmıştır. Bu işlemle birlikte tüm saksılara (kontrol dâhil)  $2 \text{ kg N da}^{-1}$  (üre formunda) ve  $10 \text{ kg K}_2O \text{ da}^{-1}$  ( $K_2SO_4$  formunda) de uygulanmıştır. Gübre uygulamalarının tümü bir seferde ve toplu olarak yapılmıştır (Ozdoğan Çavdar ve ark., 2020). Ekim işleminden sonra saksıların yarısı, % 60-70 seviyesinde gölge ortama taşınmıştır. Tohum çıkışından bir ay sonra saksıdaki bitki sayısı ikiye düşürülmüştür. Bitkiler 50-60 cm boya ulaştığında, devrilmelerini engellemek adına, her saksının ortasına bir çubuk dikilerek bitkiler bu çubuğa bağlanmıştır. Saksı içinde çıkan yabancı otlar elle sökülülmüştür.

Tüm bitkideki baklaların tamamen kuruduğu, baklanın avuç içinde ovuşturulduğunda kolaylıkla ayrıldığı dönem, bir başka ifadeyle tanedeki nem ~% 13'e düştüğünde (Haziran ayı ortası) hasat işlemi elle gerçekleştirilmiştir. Araştırmada incelenen özellikler şunlardır: Bitki boyu (cm): Tane hasat zamanına ulaşan bitkilerin boyu cetvelle ölçülmüştür. Bakla sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>): Tane hasadından önce bitkideki tüm baklalar sayılmıştır. Biyolojik verim (g bitki<sup>-1</sup>): Tane hasadı amacıyla bitki toprak seviyesinden bağ makasıyla kesilmiş ve hassas teraziyle tüm bitki kuru ağırlığı kaydedilmiştir. Tane verimi (g bitki<sup>-1</sup>): Bitki meyvelerindeki tüm baklalar elle harmanlanmış, taneler temizlenmiş ve ağırlıkları kaydedilmiştir. 1000-tane ağırlığı (g): Tane verimini oluşturan tanelerin sayısı belirlenmiş ve orantı kurularak hesaplanmıştır. Araştırmadan elde edilen veriler, varyans analizine tabi tutulmuş (Yurtsever, 1984), muameleler arasındaki

farklar LSD testi (% 1) kullanılarak belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Bitki boyu

Yapılan istatistiki analizler sonucu yemlik bakla bitki boyu üzerine, ortam ve fosfor seviyesi faktörleri ile bunların interaksiyonunun önemli olduğu anlaşılmıştır (Tablo 1). İnteraksiyonun önem arz etmesi nedeniyle en yüksek bitki boyu 136 cm ile P9 seviyesinde ve açık ortamda yetiştirilen uygulamada saptanmış olup, onu istatistiki bakımdan aynı grupta yer alan gölge ortamda yetiştirilen ve P12 (129 cm) uygulanan bitkiler takip etmiştir. En düşük bitki boyu ise 71 cm ile açık ortamda yetiştirilen P0 (kontrol) uygulamasında kaydedilmiştir. Çalışmada, gölge ortamda yetiştirilen yemlik bakla bitki boyu ortalamasının açık ortamda yetiştirilen bitkilere göre biraz daha uzun oldukları belirlenmiştir. Ayrıca her iki ortamda bitkilere uygulanan P seviyesi yükseldikçe bitki boylarının da arttığı saptanmıştır. Açık ortamda P9, gölge ortamda ise P12 seviyesinde bir kırılma noktası belirlenmesine karşılık, gölge ortamda P9 ve P15 dozları arasında istatistiki anlamda fark saptanmamıştır. Bitkisel üretimde sağlıklı bitki boyu uzaması gerek biyolojik verim gerekse tane verimini artırıcı önemli bir verim unsurudur. Bu bakımdan çalışmada, gölge koşullarda yetiştirilen yemlik bakla bitki boyu ortalamasının açık koşullarda yetiştirilenlere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiş olsa da, bu uzamanın sağlıklı olmadığı yargısına varılmıştır. Zira gölge koşullarda yetiştirilen bitkilerde biyolojik verim azalmıştır (Tablo 1). Pek çok araştırmacı, gölge koşullarına maruz kalan bitkilerde sağlıksız boy uzamasının meydana geldiğini bildirmesi, bulgularımızı desteklemektedir (Çakır ve Tuğluer, 2019; Shafiq ve ark., 2021; Acay ve Bicer, 2024).

**Tablo 1.** Açık ile gölge koşullarda yetiştirilen ve farklı P seviyelerinin yemlik baklada verim ve bazı verim unsurlarına etkisi

Fosfor seviyeleri	Bitki boyu (cm)		Bakla sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )		Biyolojik verim (g bitki <sup>-1</sup> )		Tane verimi (g bitki <sup>-1</sup> )		1000 tane ağırlığı (g)	
	Açık	Gölge	Açık	Gölge	Açık	Gölge	Açık	Gölge	Açık	Gölge
P0	71	99	14.0	4.5	60.5	20.7	20.8	5.2	748	650
P3	111	111	14.3	5.0	81.3	24.0	27.1	7.0	724	643
P6	111	117	15.0	5.8	104.0	37.3	33.5	9.0	723	562
P9	136	125	33.0	10.0	150.0	45.0	50.8	15.5	672	540
P12	122	129	26.5	11.0	120.0	61.0	43.8	20.3	640	516
P15	119	124	20.3	9.5	115.0	37.3	42.3	13.3	639	501
Ortalama	111	117	20.5	7.6	105.1	37.5	36.4	11.7	691	569
LSD (% 1)	O: 1.9 P: 5.9 OxP: 8.4		O: 0.6 P: 1.6 OxP: 2.3		O: 1.5 P: 5.3 OxP: 7.5		O: 1.2 P: 2.3 OxP: 3.3		O: 17.9 P: 43.1 OxP: 60.9	

O: ortam, P: fosfor seviyesi, OxP: interaksyon

Diğer taraftan çalışmada yemlik bakla bitkilerine uygulanan P seviyesi arttıkça bitki boylarının da yükseldiği saptanmıştır. Denemede kontrol (P0) dâhil, tüm saksılara eşit miktar N ve K uygulandığından, artan P seviyeleri karşısında bitki boyları da yükselmiştir. Bilindiği gibi, özellikle azotun hücre çoğalması ve büyümesi üzerine olumlu katkısı nedeniyle, azot açlığı çekmeyen yemlik bakla bitkilerinin boyları uzamıştır. *Vicia faba minor* bitkisine farklı dozlarda P (P0:0, P1:17.5, P2:35.0 ve P4:52.5 kg ha<sup>-1</sup>) uygulayan Turk ve Tawaha (2002), bitki boyu üzerine P dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu bildirmiştir. P0 dozunda 62.3 cm olan bitki boyunun artan P dozları karşısında sırasıyla 68.3 cm, 73.3 cm ve 77.0 cm'ye yükseldiğini ifade edilmiştir. İran koşullarında *Vicia faba* bitkisine farklı dozlarda P uygulayan (P0:0, P4:4, P8:8, P12:12 kg da<sup>-1</sup>) Hashemabadi (2013), boy üzerine P dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu ifade etmiştir. P0'da 109 cm olan bitki boyunun artan P dozları karşısında sırasıyla 113 ve 138 cm'ye yükseldiğini, P12'de ise 125 cm'ye düştüğünü belirten araştırmacı, P0, P4 ve P12 uygulamaları arasında istatistiki bir farkın olmadığını bildirmiştir. Araştırmacıların bu sonuçları bulgularımızı desteklemekte olup, ortaya çıkan farklılıkların temel nedenini, çalışmalarda kullanılan bitkisel materyal ve ekolojik faktörlerin (iklim, toprak, vb.) değişkenliğine dayandırmak mümkündür.

### 3.2. Bakla sayısı

Varyans analizi sonucu bakla sayısı üzerine, ortam ve fosfor seviyesi faktörleri ile OxP interaksyonunun önemli olduğu anlaşılmıştır (Tablo 1). En yüksek bakla sayısı 33.0 adet bitki<sup>-1</sup> ile P9 seviyesinde ve açık ortamda yetiştirilen uygulamada saptanmıştır. En düşük bakla sayısı ise 4.5 adet bitki<sup>-1</sup> ile gölge ortamda yetiştirilen P0 (kontrol) uygulamasında belirlenirken, onu istatistiki olarak ayı gurupta yer alan ve gölge ortamda yetiştirilen P3 (5.0 adet) ve P6 (5.8 adet) uygulamaları takip etmiştir. Çalışmanın bakla sayısına ilişkin bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, açık ortamda yetiştirilen bitkilerde kaydedilen bakla sayısı ortalamasının gölge ortamda yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her iki ortamda, bitkilere uygulanan P seviyesi arttıkça bakla sayılarının da yükseldiği saptanmıştır. Açık ortamda P9, gölge ortamda ise P12 seviyesinde bir kırılma noktası belirlenmesine karşılık, gölge ortamda P9, P12 ve P15 dozları arasında istatistiki anlamda fark saptanmamıştır.

Tane üretiminde, tohumların oluştuğu bakla veya başak gibi organların sayısı belli sınırlar içerisinde arttığında birim alandaki tane verimi de yükselmektedir (Alan ve Geren, 2006-2007).

Çalışmada, P elementince daha iyi beslenen ve daha fazla güneş ışığına maruz kalan yemlik bakla bitkilerinde bitki başına yüksek bakla sayısı elde edilmiştir. *Vicia faba minor* bitkisine farklı P dozu uygulayan Turk ve Tawaha (2002), P0 dozunda 5.2 adet olan bitki başına bakla sayısının artan P dozları karşısında 6.7, 9.6 ve 12.0 adede yükseldiğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Ozdoğan Çavdar ve ark. (2020)'da, *Vicia faba var. minor* bitkisinde P dozlarının bitki başına bakla sayısı üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bitkiye uygulanan P dozu (P0:0, P2:2, P4:4, P6:6, P8:8, P10:10, P12:12 ve P14:14 kg·da<sup>-1</sup>) arttıkça, P0 uygulamasında 25.8 adet olan bakla sayısının artan P dozları karşısında sırasıyla 35.8, 38.5, 45.3, 51.0, 54.8, 54.0 ve 55.8 adet olduğunu bildirmişlerdir. Ancak P8 uygulamasından sonraki artışın istatistiki anlam ifade etmediğini de eklemişlerdir. Değişik *Vicia faba* genotiplerine farklı P dozu (P0:0, P6:6, P9:9, P12:12 ve P15:15 kg·da<sup>-1</sup>) uygulayan Öncan Sümer ve Erten (2022), P0'da 15.4 adet olan bitki başına bakla sayısının, artan P dozu karşısında sırasıyla 16.0, 17.3, 17.9 ve 17.7 adete yükseldiğini, P12 ile P15 arasında istatistiki anlamda fark bulunmadığını vurgulamışlardır.

Pek çok araştırmacı gölgelemenin, fotosentez ürünlerinin sağlanmasında eksikliğe neden olduğunu ve sonuçta bitkideki bakla sayısı ile bakladaki tane sayısının azaldığını bildirmişlerdir. Örneğin Xia (1995), % 20 ve % 50 gölgeleme yoğunluğunun *Vicia faba* bitkisinde kontrol (%0 [açık]) grubuna göre daha az çiçek ve bakla ürettiğini belirtmiştir. Buna karşılık Lake ve ark. (2019), çiçeklenme öncesi gölgeleme uygulamasının bitki başına çiçek ve bakla sayısını artırdığını bildirmişlerdir. Değişik *Vicia faba* genotiplerini farklı gölge uygulaması (% 0 [açık], % 40, % 75 ve % 95 gölge) altında yetiştiren Acay ve Bicer (2024), % 0'da 10.3 adet olan bitki başına bakla sayısının artan gölgeleme oranı karşısında sırasıyla 12.7, 10.6 ve 8.6 adet olduğunu saptamışlardır. Mevcut çalışmada,

gölge koşullarda yetiştirilen yemlik bakla bitkilerinden açık koşullarda yetiştirilen bitkilere göre daha düşük bakla sayısı belirlenmiş olup, gölge koşul altında P dozu arttıkça bitki başına bakla sayısının da P12 uygulamasına kadar yükseldiği saptanmıştır.

### 3.3. Biyolojik verim

İstatistiki analizi sonuçları yemlik bakla biyolojik verimi üzerine, ortam ve fosfor seviyesi faktörleri ile O<sub>x</sub>P interaksiyonunun önemli olduğunu göstermiştir (Tablo 1). En yüksek biyolojik verim 150 g bitki<sup>-1</sup> ile P9 seviyesinde ve açık ortamda yetiştirilen uygulamada saptanmıştır. En düşük biyolojik verim ise 20.7 g bitki<sup>-1</sup> ile gölge ortamda yetiştirilen P0 (kontrol) uygulamasında belirlenirken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan ve gölge ortamda yetiştirilen P3 (24.0 g bitki<sup>-1</sup>) uygulaması takip etmiştir. Biyolojik verime dair bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, açık ortamda yetiştirilen bitkilerde ölçülen biyolojik verim ortalamasının gölge ortamda yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek olduğu (yaklaşık 3 kat) belirlenmiştir. Ayrıca her iki ortamda, bitkilere uygulanan P seviyesi arttıkça biyolojik verimin de yükseldiği saptanmıştır. Açık ortamda P9, gölge ortamda ise P12 seviyesinde bir kırılma noktası belirlenmiştir.

Bitkilerin kök hariç, toprak üstü kuru ağırlığını ifade eden biyolojik verim, yüksek verim elde etmek için yapılan tarımsal işlemlerin etkinliğini değerlendirmek için başvurulan bir özelliktir. Bu bağlamda, çalışmada her iki yetiştirme ortamında bitkilere uygulanan P gübresinin etkin kullanımıyla fotosentetik enerji transfer yolu iyileşmiş ve vejetatif büyümeyi artırarak daha yüksek biyokütle üretimine yol açmıştır (Fouda, 2017; Raheem ve ark., 2024). Kontrollü koşullarda *Vicia faba var. minor* bitkisinde P dozlarının biyolojik verim üzerinde önemli etkisi bulunduğunu belirten Ozdoğan Çavdar ve ark. (2020), bitkiye uygulanan P dozu arttıkça, P0 uygulamasında 109 g·bitki<sup>-1</sup> olan biyolojik verimin artan P dozları karşısında sırasıyla

126, 126, 143, 168, 225, 225 ve 226 g·bitki<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişler, ancak P10 ile P14 uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark bulunmadığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan, İran koşullarında yetiştirilen *Vicia faba* bitkisinde maksimum biyolojik verimin (10.2 t ha<sup>-1</sup>) hektara 100 kg P uygulamasıyla elde edildiğini bildiren Shakori ve Sharifi (2016), kontrol parseline (0 kg ha<sup>-1</sup>) kıyasla verimin % 40 daha fazla olduğunu bildirmiştir. Aydın ekolojik koşullarında *Vicia faba* genotiplerine farklı P dozu uygulayan Öncan Sümer ve Erten (2022), P0'da 296 kg da<sup>-1</sup> olan ortalama biyolojik verimin, artan P dozları karşısında sırasıyla 321, 334, 362 ve 339 kg da<sup>-1</sup>'a yükseldiğini, P12'nin optimum doz olduğunu ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmaya ait bulgular, yukarıdaki araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, bakla bitkisine uygulanan farklı dozdaki fosforun değişik tepkiler verdiğini söylemek mümkündür. Araştırma sonuçları arasındaki farklılığın iklim, toprak, çeşit, çevre koşulları, vb. gibi faktörlerden kaynaklanabileceği unutulmamalıdır.

### 3.4. Tane verimi

Varyans analiz sonuçları yemlik bakla tane verimi üzerine, ortam ve fosfor seviyesi faktörleri ile OxP interaksyonunun önemli olduğunu göstermiştir (Tablo 1). En yüksek tane verimi 50.8 g bitki<sup>-1</sup> ile P9 seviyesinde ve açık ortamda yetiştirilen uygulamada saptanmıştır. En düşük tane verim ise 5.2 g·bitki<sup>-1</sup> ile gölge ortamda yetiştirilen P0 (kontrol) uygulamasında belirlenirken, onu istatistiki olarak ayı gurupta yer alan ve gölge ortamda yetiştirilen P3 (7.0 g bitki<sup>-1</sup>) uygulaması izlemiştir. Tane verime ait bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, açık ortamda yetiştirilen bitkilerde kaydedilen tane verimi ortalamasının gölge ortamda yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek olduğu (yaklaşık 3 kat) belirlenmiştir. Ayrıca her iki ortamda, bitkilere uygulanan P seviyesi arttıkça tane veriminin de yükseldiği saptanmıştır. Açık ortamda P9, gölge ortamda ise P12

seviyesinde bir kırılma noktası belirlenmiştir.

Bilindiği gibi, bitkilerin fotosentez yapabilmeleri için güneş ışığı zorunludur. Ancak bazı bitkiler gölge koşullara biraz daha toleranslıdır. Pek çok araştırmacı azalan güneş ışığı karşısında verim ve verim unsurlarında da azalacağını bildirmişlerdir. Örneğin, Diyarbakır koşullarında değişik *Vicia faba* genotiplerini farklı gölge uygulaması (% 0 [açık], % 40, % 75 ve % 95 gölge) altında yetiştiren Acay ve Bicer (2024), % 0'da 151 kg da<sup>-1</sup> olan tane veriminin, artan gölgeleme oranı karşısında sırasıyla 185 kg, 149 kg ve 107 kg da<sup>-1</sup>'a düştüğü ifade etmişlerdir. Buna karşılık, İran ekolojik koşullarında değişik *Vicia faba* genotiplerini farklı gölge (% 0 [kontrol], % 18, % 48 ve % 70 gölge) ortamında yetiştiren Nasrullahzadeh ve ark. (2007), % 70 gölgede dekara 347 kg olan tane veriminin, % 48 gölgede 343 kg, % 18 ve % 0 gölgede sırasıyla 287 kg ve 250 kg'a düştüğünü bildirmiştir. Araştırmacılar bakla genotiplerinin gölge toleranslarının değişkenlik gösterdiğinin altını çizmişlerdir. Buna benzer olarak Aufhammer ve Götz-Lee (1989), *Vicia faba* tane verimindeki artışların bitki sıklığı ve gölgeleme oranı ile süresine göre değiştiğini, uygun yetiştirme koşullarında (% 0 [açık] ve metrekarede 20 bitki), kontrol uygulamasına göre tane veriminde % 40'lara varan artışlar kaydedildiğini ifade etmişlerdir. Patates (*Solanum tuberosum*) bitkisinde farklı gölge seviyelerinin (% 12, % 26 ve % 50) etkisini inceleyen Schulz ve ark. (2019), % 50 gölge koşullarda bitki büyümesi ve gelişiminde önemli kayıpların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmamızda, gölge koşullarda yetiştirilen yemlik bakla bitkilerinden açık koşullarda yetiştirilen bitkilere göre daha düşük tane verimi elde edilmiş olup, gölge koşul altında P dozu arttıkça tane veriminin de P12 uygulamasına kadar yükseldiği saptanmıştır. Bulgularımız, yukarıdaki araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, denemelerde kullanılan bitkisel materyal, gölgeleme dozu ve



süresinin tane verimi üzerinde çok etkili olduğu açıkça izlenmektedir.

Çalışmamızda artan P seviyesine paralel olarak, bitki kök seviyesinde alınabilir formda fosforun varlığı kök sistemini ve gelişimini uyararak verim unsurlarını arttırmış ve aynı zamanda topraktan besin emilimini iyileştirmesi nedeniyle tane verimi de yükselmiştir. Fosfor ayrıca hücre bölünmesine ve büyümesine yardımcı olduğundan yapraklardan meyvelere ve tohumlara karbonhidrat hareketini iyileştirmiştir (Fouda, 2017; Raheem ve ark., 2024). Mevcut bulgular, fosforun bakla büyümesini ve verimliliğini iyileştirmedeki hayati rolünü bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Kontrollü koşullarda yetiştirilen *Vicia faba var. minor* bitkisinde P dozlarının tane verimi üzerinde önemli etkisi bulunduğunu belirten Ozdoğan Çavdar ve ark. (2020), P0 uygulamasında 33.0 g bitki<sup>-1</sup> olan tane veriminin artan P dozları karşısında sırasıyla P2:50.5, P4:59.3, P6:70.8, P8:83.3, P10:95.3, P12:95.5 ve P14:95.8 g·bitki<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, P10 ile P14 uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark bulunmadığını da ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Aydın ekolojik koşullarında *Vicia faba* genotiplerine farklı P dozu uygulayan Öncan Sümer ve Erten (2022), P dozlarının tane verimi üzerinde önemli etkisinin (P0:265, P6:287, P9:300, P12:305 ve P15:302 kg·da<sup>-1</sup>) bulunduğunu fakat P9 ile P15 uygulamaları arasında istatistiki anlamda bir fark olmadığını altını çizmişlerdir. Buna karşılık Hashemabadi (2013), P dozlarının tane verimi üzerinde önemli etkisinin olmadığını belirtmiştir. Araştırmacı, İran ekolojik koşullarında *Vicia faba* bitkisine farklı dozlarda P uygulamış ve P0'dan P12'ye artan P dozları karşısında tane veriminin sırasıyla P0:123, P4:126, P8:130 ve P12:118 kg da<sup>-1</sup> olduğunu bildirmiştir. Bulgularımızın, P dozlarının tane verimi üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu bildiren araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.5. Bin tane ağırlığı

Varyans analiz sonuçları yemlik bakla bin tane ağırlığı üzerine, ortam ve P seviyesi faktörleri ile interaksiyonunun önemli olduğunu göstermiştir (Tablo 1). En yüksek bin tane ağırlığı 748 g ile P0 seviyesinde ve açık ortamda yetiştirilen uygulamada saptanmış, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan yine açık ortamda yetiştirilip P3 (724 g) ve P6 (723 g) uygulanan bitkilerde kaydedilmiştir. En düşük bin tane ağırlığı ise 501 g ile gölge ortamda yetiştirilen P15 uygulamasında belirlenirken, onu istatistiki olarak ayı grupta yer alan ve gölge ortamda yetiştirilen P12 (516 g), P9 (540 g) ve P6 (562 g) uygulamaları izlemiştir. Çalışmada bin tane ağırlığı ait bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, açık ortamda yetiştirilen bitkilerde kaydedilen bin tane ağırlığı ortalamasının gölge ortamda yetiştirilen bitkilere göre 122 g daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her iki ortamda, P0 yani kontrol uygulamalarında en iri tohumların elde edildiği ve bitkilere uygulanan P seviyesi arttıkça tane iriliğinin düştüğü saptanmıştır.

Tohumların iriliği hakkında fikir sahibi olunmasına yardımcı olan bin tane ağırlığı özelliği, bitki beslenmesi ile doğrudan ilişkili olsa da, tane doldurmaya neden olan diğer faktörler tarafından da etkilenmektedir. Mevcut çalışmada P0 (kontrol) bitkilerinde kaydedilen bitki başına en düşük bakla sayısı, en yüksek bin tane ağırlığının alınmasına neden olmuştur. Her ne kadar söz konusu bitkilere hiç P uygulaması yapılmassa da, P0 dahil tüm bitkilere sabit bir N ve K gübrelemesi yapılmıştır. Bu nedenle kontrol gurubundaki bitkiler toprakta var olan düşük miktardaki P sayesinde, hayatta kalmak adına tüm enerjisini kullanarak küçük boyutlu, az sayıda bakla fakat iri tohum olgunlaştırmıştır. Ancak bu olay her zaman geçerli olmayabilmektedir (Sarkar ve ark., 2017). Örneğin, kontrollü koşullarda *Vicia faba var. minor* bitkisinde P dozlarının bin tane ağırlığı üzerinde önemli etkisi bulunduğunu belirten Ozdoğan Çavdar ve ark. (2020), P0 uygulamasında 451 g olan bin tane ağırlığının artan P dozları karşısında

sırasıyla P2:590, P4:595, P6:649, P8:746, P10:716, P12:658 ve P14:613 grama yükseldiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar P8 ile P10 uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark bulunmadığını da ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Aydın ekolojik koşullarında *Vicia faba* genotiplerine farklı P dozu uygulayan Öncan Sümer ve Erten (2022), P dozlarının bin tane ağırlığı üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu (P0:1100 g, P6:1120 g, P9:1150 g, P12:1197 g ve P15:1150 g) saptamışlardır. Buna karşılık Hashemabadi (2013), P dozlarının bin tane ağırlığı üzerinde önemli etkisinin olmadığını belirtmiştir. Araştırmacı, İran ekolojik koşullarında *Vicia faba* bitkisine farklı dozlarda P uygulamış ve P0'dan P12'ye artan P dozları karşısında bin tane ağırlığının sırasıyla P0:2120, P4:2256, P8:2359 ve P12:2276 gram olduğunu bildirmiştir. Bulgularımızın, P dozlarının tane verimi üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu bildiren araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır.

Mevcut çalışmamızda, açık ortamda yetiştirilen bitkilerde kaydedilen 1000 tane ağırlığı ortalamasının, gölge ortamda yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bulgularımız, bazı araştırmacıların sonuçlarıyla çelişmektedir. Örneğin, İran ekolojik koşullarında değişik *Vicia faba* genotiplerini farklı gölge (% 0 [kontrol], % 18, % 48 ve % 70 gölge) ortamında yetiştiren Nasrullahzadeh ve ark. (2007), gölgelemenin bin tane ağırlığı üzerinde önemli etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bin tane ağırlığını % 0 gölgede [açık alan] 923 g olarak kaydeden araştırmacılar, gölge uygulamaları arasında istatistiki açıdan önemli fark olmaksızın % 18 gölgede 1039 g, % 48'de 1044 g ve % 70 gölgede 1015 grama yükseldiğini saptamışlardır. Acay ve Bicer (2024) açık alan ile düşük (% 40) ve orta (% 75) düzeyde gölgelemenin *Vicia faba*'da bitki başına bakla sayısı, bitki başına tohum sayısı ve bitki başına tohum verimini yükselttiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, bitkinin stres faktörleriyle başa çıkabilmesi için

gölgelemenin önemli olduğunu fakat gölgeleme şiddetinin durumu aksine döndürmemesi gerektiğini vurgulamışlardır.

#### 4. Sonuç

Bir ön çalışma niteliğinde yapılan araştırmada, gölge koşulda tane üretimi amacıyla yapılan yemlik bakla yetiştiriciliğinin açık koşulda yapılan üretime göre üçte bir oranında daha düşük tane verimi sağladığı belirlenmiştir. Bu sonuç çalışmada bitkisel materyal olarak kullanılan yemlik bakla genotipinin gölge koşullara yeterince toleranslı olmadığını göstermiştir. Gerek biyolojik verim, gerekse tane verimi açısından açık koşullarda en uygun fosfor dozunun dekara 9 kg olduğu belirlenmiştir. Daha düşük verim sağlanan gölge koşullarda ise bitkinin P ihtiyacının yükselerek dekara 12 kg uygulamasında en yüksek verimlerin (biyolojik ve tane verimi) alındığı kaydedilmiştir. Sonuçlarımız bu tip denemelerin, gölge şiddeti ve süresine bağlı olarak farklı bitkiler (aynı bitkinin farklı çeşitleri) üzerinde ve hâlihazırda kurulu fotovoltaik paneller altında, en az iki yıllık çalışmalarla tekrarlanması gerektiğini de akla getirmektedir.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Açıklama

Bu, çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

#### Kaynaklar

Acay, U., Bicer, B.T., 2024. Effect of plant density and shading applications on yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) varieties. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(1):13-27.

- Alan, Ö., Geren, H., 2007. Evaluation of heriability and correlation for seed yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agronomy*, 6(3):484-487.
- Alan, Ö., Geren, H., 2006. Ödemiş-İzmir koşullarında yetiştirilen bazı bakla (*Vicia faba* var. *major*) çeşitlerinin tohum verimi ve diğer bazı özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1):13-20.
- Aufhammer, W., Götz-Lee, I., 1989. Effects of inflorescence removal on seed yield performance of field beans (*Vicia faba*) under different shading treatments. *The Journal of Agricultural Science*, 113(3):317-323.
- Çakır, M., Tuğluer, M., 2019. Gölge Peyzajları ve Yönetimi (Bölüm 4), Ziraat, Orman ve Su Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler. Gece Kitaplığı, s:55-62.
- Cosgun, A.E., 2021. Türkiye’de 50MW Üstü GES üretimi gerçekleştiren şehirlerimizde agrivoltaic sistem kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13(2):711-718.
- Coşkun, A., Demiroğlu Topçu, G., 2022. Determination of the herbage yield and quality characteristics of some faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars grown under Bornova ecological conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(2):443-451.
- Dumanoğlu, Z. Geren, H., 2019. Horozibiği (*Amaranthus mantegazzianus*)’nde farklı azot ve fosfor seviyelerinin ot verimi ve bazı silaj özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1):45-52.
- Fouda, K.F., 2017. Effect of phosphorus level and some growth regulators on productivity of faba bean (*Vicia faba* L.). *Egyptian Journal of Soil Science*, 57(1):73-87.
- Geren H., Avcıoğlu R., Kavut Y.T., 2009. Yemlik Bakla (*Vicia faba* var. *minor* L.). Yembitkileri, Baklagil Yembitkileri, Emre Basımevi, İzmir, ss.435-439.
- Hashemabadi, D., 2013. Phosphorus fertilizers effect on the yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). *Annals of Biological Research*, 4(2):181-184.
- Hudelson, T., Lieth, J. H., 2021. Crop production in partial shade of solar photovoltaic panels on trackers, AIP Conference Proceedings, 2361.
- Karaca Öner, E., Arslanoğlu, Ş.F., İskender, R., 2023, Determination of the effects of different nitrogen and phosphorus applications on leaf area of echinacea (*Echinacea purpurea* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1):53-59.
- Lake, L., Godoy-Kutchart, D.E., Calderini, D.F., Verrell, A., Sadras, V.O., 2019. Yield determination and the critical period of faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 241:107575.
- Marrou, H., Guillioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., Wery, J., 2013. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, 177:117-132.
- Muhit, G., Kır, B., 2022. The effect of different doses of phosphorus applications on seed yield of Italian ryegrass. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1):82-89.
- Nasrullahzadeh, S., Ghassemi-Golezani, K., Javanshir, A., Valizade, M., Shakiba, M.R., 2007. Effects of shade stress on ground cover and grain yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 5(1):337-340.
- Ozdoğan Çavdar, T., Geren, H., Simić, A., Dželetović, Ž., 2020. A preliminary study on the effect of different phosphorus levels on the grain yield and some yield characteristics of horse bean (*Vicia faba* var. *minor*). *XI International Agriculture Symposium*, 8-9 October, Bosnia and Herzegovina, p:208-212.

- Öncan Sümer, F., Erten, H., 2022. Farklı fosfor dozlarının baklada (*Vicia faba* L.) verim ve verim komponentleri ile protein oranı üzerine etkisi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1):103-109.
- Raheem, A.H., Taha, A.A., Ashraa Kalee, H.H.H., 2024. Phosphate fertilizers effects on the growth and yield traits of faba bean (*Vicia faba* L.). *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 56(3):1324-1333.
- Sarkar, S., Sarkar, A., Zaman, A., 2017. Effect of irrigation and phosphorus levels on broad bean (*Vicia faba* L.) for improving growth, yield and water extraction pattern. *Legume Research*, 40(2):257-263.
- Schulz, V.S., Munz, S., Stolzenburg, K., Hartung, J., Weisenburger, S., Graeff-Hönninger, S., 2019. Impact of different shading levels on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomy*, 9: 330.
- Shafiq, I., Hussain, S., Hassan, B., Raza, A., Ahmad, I., Asghar, M.A., Wang, Z., Tan, T., Li, S., Tan, X., Ghafoor, A., Manaf, A., Ansar, M., Yang, F., Yang, W., 2021. Crop responses and management strategies under shade and drought stress. *Photosynthetica*, 59(4): 664-682.
- Shakori, S.İ., Sharifi, P., 2016. Effect of phosphate biofertilizer and chemical phosphorus on growth and yield of *Vicia faba* L. *Electronic Journal of Biology*, Vol. S1: 47-52.
- Türk, M.A., Tawaha, A.R.M., 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L. *minor*) in the absence of moisture stress. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 6(3):171-178.
- Xia, M.Z., 1995. Effect of shading on nodule growth and sugar distribution in faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 174(2):125-132.
- Uçar, Ö., Soysal, S., Erman, M., 2020. determination of the grain yield and yield components of some broad bean (*Vicia faba* L.) varieties cultivated in the ecological conditions of Siirt province, *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3):542-549.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 121, Ankara.
- Yüce, İ., Sarıkaya, M.F., Tatar, M., Kaddour, R.B., Karaköy, T., 2023. Characterization of some Turkish faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes for agro-morphological traits. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1):116-134.

---

**Atf Şekli:** Saltaş, R., Geren, H., 2024. Farklı Fosfor Seviyelerinin Gölge ve Açık Koşullarda Yetiştirilen Yemlik Bakla (*Vicia faba* var. *minor*)'da Verim ve Bazı Verim Bileşenlerine Etkisi Üzerine Bir Ön Araştırma. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 974–983  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14306032>.

**To Cite:** Saltaş, R., Geren, H., 2024. A Preliminary Study on the Effect of Different Phosphorus Levels on the Yield and Some Yield Components of Horse Bean (*Vicia faba* var. *minor*) Grown under Shade and Open Conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 974–983  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14306032>.

---

## Influence of Nickel on Urease Activity and Nitrogen Dynamics in Maize (*Zea mays*) Under Saline Conditions

Ferhat UĞURLAR <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Sanlıurfa

\*Corresponding author: [ferhatugurlar@gmail.com](mailto:ferhatugurlar@gmail.com)

**Received:** 25.07.2024

**Accepted:** 10.09.2024

### Abstract

Nickel (Ni) is a vital micronutrient that significantly contributes to essential plant functions, including normal growth, enzymatic activities, and nitrogen metabolism. Soil urease activity can markedly decrease under saline conditions, and both plants and soil organisms necessitate Ni for the effective assimilation of urea. This study investigates the effects of varying levels of Ni supplementation (0, 25, 50, and 100 mg kg<sup>-1</sup>) under saline soil conditions on soil and plant urease activity, biomass yield, chlorophyll content, nitrogen (N) content, and nitrate assimilation. Thermal imaging was employed to assess plant stress by measuring leaf temperature. Results showed that the 25 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatment notably improved soil urease activity, leading to enhanced nitrogen uptake and biomass production. This Ni dose also resulted in the lowest leaf temperature in maize, indicating reduced stress. Low Ni levels increased nitrate reductase (NR) activity, nitrate content, and free amino acids in maize, while sharply reducing ammonium accumulation, suggesting that Ni promotes plant growth by regulating nitrogen assimilation. However, the 100 mg kg<sup>-1</sup> dose caused toxicity in maize. All Ni concentrations decreased plant urease activity, indicating decreased urea uptake from the soil. Overall, these findings suggest that low doses of Ni support nitrogen metabolism and plant performance by regulating urease activity in both soil and plants, while higher doses have toxic effects.

**Keywords:** Nickel, urease, salinity, nitrogen uptake, nitrogen metabolism

## 1. Introduction

Soil salinity is a major global challenge, significantly limiting agricultural productivity (Singh, 2022). Salinity causes physiological stress in plants, including osmotic stress and ion imbalance, negatively impacting their growth, development, and nutrient uptake (Arif et al., 2020; Yasar et al., 2020; Balasubramaniam et al., 2023; Canavar et al., 2023; Gören et al., 2024). Salinity significantly affects the biological properties of soil, in addition to its direct effects on plants. The inhibition of microbial activity and enzymatic processes in saline environments restricts the availability of vital nutrients required for optimal plant growth (Zhou et al., 2017; Shahid et al., 2020; Ceritoğlu et al. 2020; Sun et al., 2021; Zhang et al., 2024). Urease activity, a crucial enzymatic process, is significantly influenced by salinity and is essential for nitrogen transformation in soils (Wang et al., 2021; Yao et al., 2021). Saline conditions can significantly reduce urease activity, thereby limiting nitrogen availability to plants and ultimately diminishing their growth and productivity (Wei et al., 2016; Zhu et al., 2023; Ramazanoglu et al., 2024). Urease is an essential enzyme that catalyzes the hydrolysis of urea into ammonia and carbon dioxide (D'Agostino and Carradori, 2024). The ammonia generated is then transformed into nitrate via nitrification, supplying plants with an essential nitrogen source for growth in agricultural soils (Grzyb et al., 2021; Robertson and Groffman, 2024). However, salinity diminishes urease activity in soils, thereby disrupting the nitrogen cycle (Li et al., 2021; Erdel, 2022; Ramazanoglu et al., 2024). Decreased urease activity may force plants to uptake urea, which is less efficient and potentially toxic for various plant species, including tomatoes (Tan et al., 2000), cucumbers (Tabatabaei, 2009), lettuce (Khoshgoftarmanesh et al., 2011), and soybeans (Kutman et al., 2014). Consequently, the regulation of urease

activity is essential for enhancing plant nitrogen use efficiency (Dimkpa et al., 2020). Nickel (Ni) is an essential element necessary for the optimal activity of the urease enzyme, and a shortage of Ni in soils can significantly hinder urease activity (Kamboj et al., 2018). In saline soils, where urease activity is already impaired, low Ni levels might worsen this issue, further reducing enzyme functionality and forcing plants to directly uptake urea. Under these conditions, Ni fertilization can increase urease activity, improve nitrogen absorption and hence promote plant growth (Lavres et al., 2016). For instance, Khoshgoftarmanesh et al. (2011) showed that urease activity was dramatically boosted by Ni supplementation in hydroponically grown lettuce fed with urea, resulting in improved plant nitrogen content. Similar results were reported for lettuce (Oliveira et al., 2013), onions (Alibakhshi and Khoshgoftarmanesh, 2016), and soybeans (Barcelos et al., 2018). Most studies have focused on the effect of Ni on urease activity under conditions where urea is the sole nitrogen source. Salinity limits urease activity, but at the same time, vital nitrogen sources such as ammonium and nitrate remain available to plants. The relationship between Ni addition and soil urease activity in saline soils, particularly with respect to plant nitrogen uptake efficiency, has not been adequately investigated.

This research investigates the effects of varying Ni doses on growth and nitrogen metabolism of maize plants under saline soil conditions. This study aims to improve the understanding of the role of Ni in plant nitrogen nutrition by investigating its regulation of soil urease activity.

## 2. Materials and Methods

The research was carried out in 2024 within the semi-controlled greenhouses at the Faculty of Agriculture, Harran University. Saline soils obtained from the Sanlıurfa Harran Plain in Türkiye served as the experimental soil, with their

characteristics detailed in Table 1. Five maize seeds were sown in plastic pots containing 2.5 kg of saline soil each, and following germination, one plant was retained in each pot. Following germination, various doses of NiCl<sub>2</sub> (0 (control), 25, 50, and 100 mg kg<sup>-1</sup>) were added to the pots. Ten days post-Ni

treatment, 50 mg kg<sup>-1</sup> of nitrogen (urea) was administered to each pot. Furthermore 50 mg kg<sup>-1</sup> phosphorus and 80 mg kg<sup>-1</sup> potassium were applied during seed planting as basic fertilization. The study utilized 12 pots, comprising 4 treatments, each replicated 3 times.

**Table 1.** General properties of the research soil

pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Total N (%)	Total C (%)	DTPA Extractable – Ni (mg kg <sup>-1</sup> )
7.2	35.8	0.13	0.68	0.428

### 2.1. Data collection and analysis

Leaf samples obtained from plants were preserved at -20°C for subsequent analysis. The remaining plants were dried at 70°C until a constant weight was achieved for the assessment of dry weight and nitrogen content. The dried plant material was subsequently ground, and the nitrogen content was analyzed employing the Kjeldahl method. SPAD values were obtained by averaging three measurements per plant using a Konica Minolta SPAD 502 instrument. Thermal images were acquired with a FLIR T540 thermal camera, and the images were analyzed utilizing FLIR Tools software to ascertain plant temperature. Leaf urease activity was evaluated using the method outlined by Hogan et al. (1983), while nitrate reductase (NR) activity was determined according to Jaworski's (1971) procedure. To analyze nitrogen compounds in plants, fresh leaf samples were boiled in distilled water for 1 h. After incubation, the samples were centrifuged at 5,000 rpm for 15 minutes to obtain a clear extract. The extracts were then used to measure total free amino acid, nitrate and ammonium content. Total amino acids were measured following the method of Lee and Takahashi (1966),

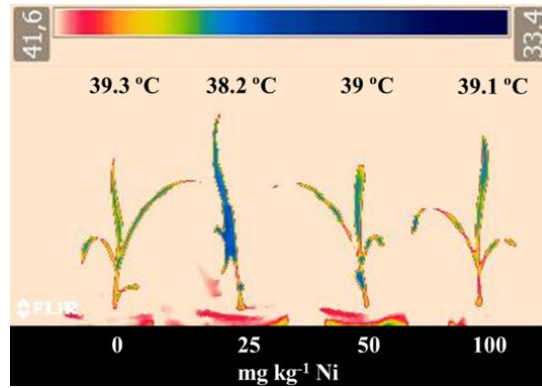
nitrate concentration was assessed following the protocol of Cataldo et al. (1975), and ammonium content was evaluated according to the procedure outlined by Husted et al. (2000). Soil samples were collected on days 1, 7, and 15 post-urea application to assess urease activity. Soil urease activity was assessed utilizing the methodology outlined by Tabatabai and Bremner (1972).

### 2.2. Statistical analysis

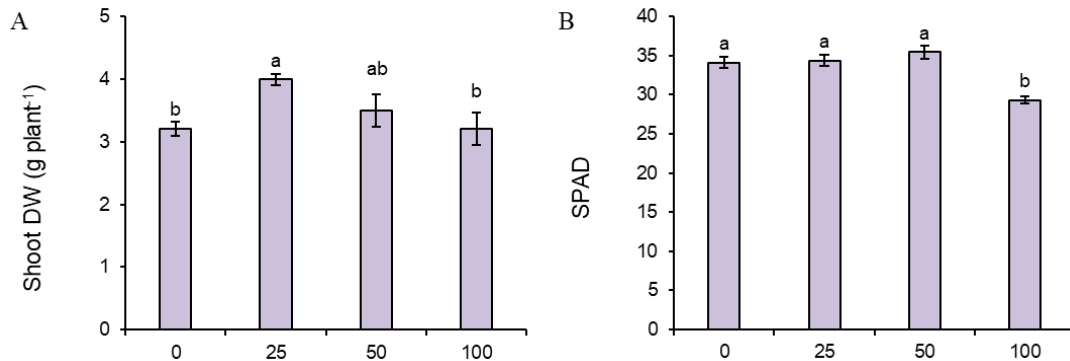
The analysis of the collected data for statistical significance was conducted using Duncan's Multiple Range Test in SPSS version 21.0.

### 3. Findings and Discussion

Figure 1 illustrates the effects of nickel (Ni) nutrition on temperature changes in maize plants grown under saline soil conditions. Maize plants treated with 25 mg kg<sup>-1</sup> Ni exhibited the lowest temperature values, whereas higher temperatures were recorded in other treatments. Additionally, the temperatures in plants treated with 0 mg kg<sup>-1</sup> and 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni remained at similar levels. Low Ni reduced canopy temperatures, suggesting that Ni may support certain physiological processes.



**Figure 1.** Thermal imaging of maize plants treated with 0, 25, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> Nickel (Ni) under saline soil conditions

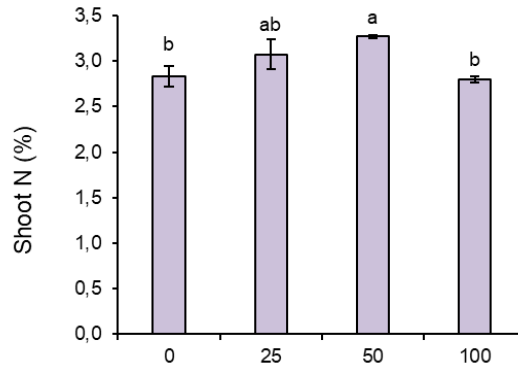


**Figure 2.** A) Shoot and root dry weight (DW) and B) SPAD value of maize seedlings treated with different doses of Nickel (0, 25, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni) under saline soil conditions

Ni is a crucial micronutrient for plants, exhibiting both essential and harmful properties (Parvez et al., 2021). Ni is necessary at low quantities for vital functions such enzyme activity, nitrogen (N) metabolism, and normal growth (Kaur et al., 2023). Although the essential role of Ni in plants is well-documented, elevated amounts are detrimental to numerous plant species (Hassan et al., 2019; Turan, 2022). Sabir et al. (2011) declared that Ni increased microelement uptake and growth in maize. Gerendás and Sattelmacher (1997) demonstrated that Ni improved biomass yield and chlorophyll content in

rye, wheat, soybean, rape, squash, and sunflower. In our study, 25 mg kg<sup>-1</sup> Ni increased shoot dry weight by 24% compared to plants not treated with Ni, while higher concentrations (100 mg kg<sup>-1</sup>) reduced biomass yield (Figure 2A). Regarding SPAD values, the 0, 25, and 50 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatments produced similar results, but the 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatment reduced SPAD values by 14% (Figure 2B). These findings suggest that low levels of Ni support plant growth under saline conditions, while higher concentrations are detrimental.

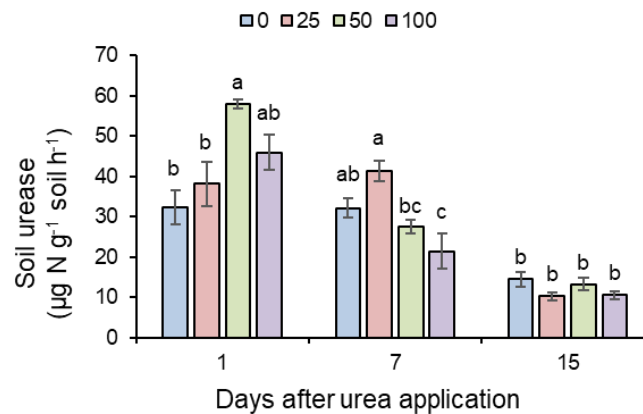




**Figure 3.** Shoot nitrogen (N) content in maize seedlings treated with different doses of Nickel (0, 25, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni) under saline soil conditions

The positive effects of low Ni levels on plant growth may be due to improved nutrient uptake and assimilation. Singh et al. (2011) reported that low Ni levels increased N content and uptake in wheat, which led to improved dry matter yield, while higher Ni concentrations reduced dry matter yield compared to lower Ni levels but remained higher than the control. Similarly, in our study, the 25 and 50 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatments increased N content in maize by 8.6% and 15.5%, respectively (Figure 3). However, the 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatment did not significantly alter total N content. This improvement in plant N content may be related to the effect of Ni on N transformation processes in the soil, because Ni is an essential component of the urease enzyme and is necessary for the proper functioning of this enzyme (Mazzei et al., 2020). Urease catalyzes the hydrolysis of urea to ammonia, a key

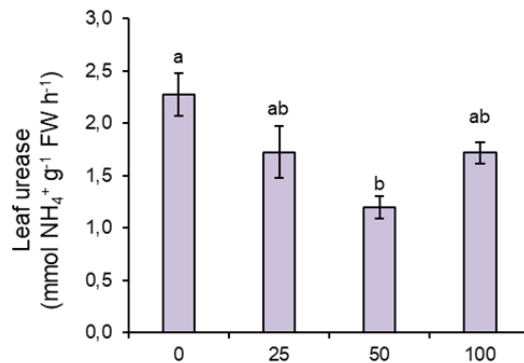
process for nitrogen assimilation (D'Agostino & Carradori, 2024). Saline conditions significantly reduce urease activity, which limits nitrogen uptake and, consequently, plant growth and productivity (Wei et al., 2016; Zhu et al., 2023; Ramazanoglu et al., 2024). Goswami et al. (2022) found that soil urease enzyme activity increased with rising Ni content in the soil. In our study, measurements taken on the first day after urea application showed that Ni increased soil urease activity by a large amount. The highest values were seen at the 50 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatment (Figure 4). Measurements taken on day 7 showed that the maximum urease activity occurred in the 25 mg kg<sup>-1</sup> Ni treatment, while higher Ni levels suppressed urease enzyme activity. By day 15, we observed no significant differences in soil urease activity across Ni treatments.



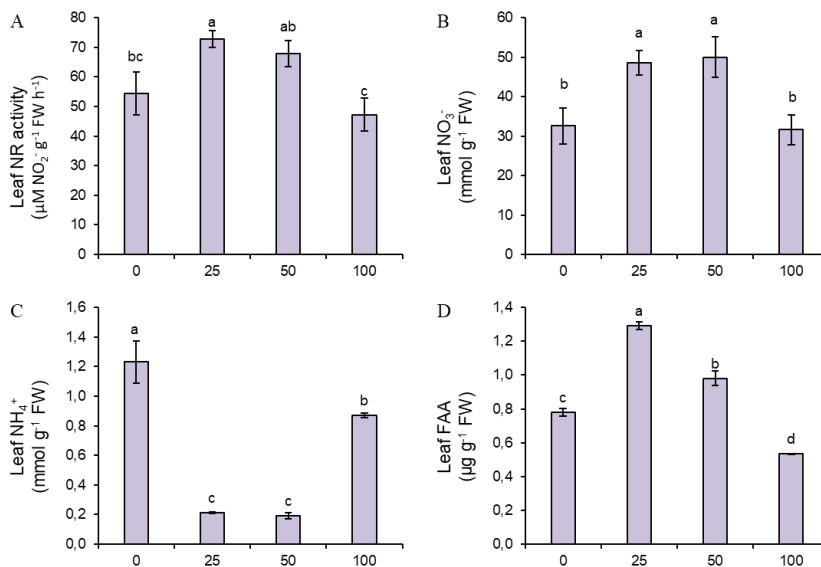
**Figure 4.** Soil urease enzyme activity in saline soil treated with different doses of Nickel (0, 25, 50, and 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni) at 1, 7, and 15 days after urea application

While urea serves as a crucial nitrogen source for field crops, excessive amounts of urea in plants, when it is the exclusive nitrogen source, might impede growth (Gerendás and Sattelmacher, 1997; Khoshgoftarmanesh et al., 2011). Ni is an essential component of urease, which is critical for urea assimilation (Sakamoto and Bryant, 2001; Tabatabaei, 2009; Witte, 2011; Mazzei et al., 2020). Ni has been shown to enhance urease activity in maize (Gheibi et al., 2009), lettuce (Khoshgoftarmanesh et al., 2011), and soybean (Barcelos et al., 2017), thereby decreasing urea contents. Contrary to previous studies, our findings show that Ni

supplementation decreased urease activity in maize leaves (Figure 5). This may be related to decreased urea uptake by plants due to increased soil urease due to Ni supplementation. Khoshgoftarmanesh et al. (2011) indicated that urease enzyme activity was undetectable in plants supplied with nitrogen sources other than urea. The elevated urease activity in Ni-treated soils, relative to untreated soils, may have facilitated the uptake of alternative nitrogen forms. To validate this, we require additional research, including an examination of alterations in urea concentrations in both soil and plant.



**Figure 5.** Leaf urease enzyme activity in maize seedlings treated with different doses of Nickel (0, 25, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni) under saline soil conditions



**Figure 6.** A) Leaf nitrate reductase (NR) activity, B) leaf nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), C) leaf ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and D) leaf free amino acids (FAA) contents in maize seedlings treated with different doses of Nickel (0, 25, 50 and 100 mg kg<sup>-1</sup> Ni) under saline soil conditions

Salinity disrupts nitrogen metabolism in plants by inhibiting the function of enzymes responsible for nitrogen assimilation (Liu et al., 2020; Hussain et al., 2021; Tian et al., 2022; 2023). Hessini et al. (2019) reported that salt stress reduced nitrate reductase (NR) activity and nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) concentration in maize leaves while increasing ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) accumulation. Furthermore, urea accumulation in urea-fed plants causes disruptions in N metabolism, leading to severe restrictions in ammonia supply for the synthesis of certain amino acids and diverse proteins (Gerendás et al., 1998). Besides its function in the urease enzyme, Ni also modulates the enzymes involved in the reduction of  $\text{NO}_3^-$ , therefore being essential for nitrogen metabolism in higher plants (Parvez et al., 2021). Zhang et al. (2022) demonstrated that Ni supplementation enhanced enzyme activities by up-regulating the gene expression of enzymes involved in carbon and nitrogen metabolism. In our study, 25 and 50  $\text{mg kg}^{-1}$  Ni supplementation significantly increased NR activity and plant nitrate content compared to soils without Ni application (Figure 6A, B). However, 100  $\text{mg kg}^{-1}$  Ni application suppressed NR activity and did not significantly change the nitrate content compared to untreated soils. Overall, Ni supplementation substantially reduced  $\text{NH}_4^+$  concentrations (Figure 6C). Specifically, the 25, 50, and 100  $\text{mg kg}^{-1}$  Ni treatments reduced  $\text{NH}_4^+$  content in maize leaves by 83%, 84%, and 29%, respectively. Ni supplementation also increased free amino acid (FAA) accumulation in maize leaves (Figure 6D). Compared to the control (0  $\text{mg kg}^{-1}$  Ni), the 25 and 50  $\text{mg kg}^{-1}$  Ni treatments increased FAA content by 66% and 26%, respectively, while 100  $\text{mg kg}^{-1}$  Ni application decreased the FAA content by 31%. These results indicate that Ni improves plant growth under saline conditions by regulating nitrate assimilation.

#### 4. Conclusion

This study revealed the effects of Nickel (Ni) supplementation on soil urease activity, growth and nitrogen metabolism of maize plants under saline soil conditions. Ni supplementation at low levels (25  $\text{mg kg}^{-1}$ ) regulated soil urease activity and positively affected plant N uptake, plant growth and chlorophyll content. Furthermore, Ni supplementation supported plant growth by regulating nitrogen assimilation processes in plants. However, high Ni levels (100  $\text{mg kg}^{-1}$ ) negatively affected nitrogen assimilation by suppressing the nitrate reductase enzyme, leading to reduced growth. The results show that Ni may improve plant performance in saline soils at low doses, but may be toxic at high doses. Future studies on different plant species will provide additional evidence to support the findings. Long-term studies will contribute to the optimization of fertilization strategies by evaluating the persistence and effects of Ni added to the soil.

#### Declaration of Conflicts of Interest

The author has no conflict of interest to declare.

#### Ethical Committee Approval

No ethics committee approval required

#### Acknowledgment

The author would like to thank Harran University for providing access to digital resources and research opportunities.

#### References

- Alibakhshi, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., 2016. The effect of nickel supply on bulb yield, urease and glutamine synthetase activity and concentrations of urea, amino acids and nitrogen of urea-fed onion plants. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(1): 37-51.

- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S., 2020. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156: 64-77.
- Baethgen, W.E., Alley, M.M., 1989. A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in soil and plant Kjeldahl digests. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20(9-10): 961-969.
- Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N., Zhang, H., 2023. Plants' response mechanisms to salinity stress. *Plants*, 12(12): 2253.
- Barcelos, J.P. de Q., Osorio, C.R.W. de S., Leal, A.J.F., Alves, C.Z., Santos, E.F., Reis, H.P.G., Reis, A.R.D., 2017. Effects of foliar nickel (Ni) application on mineral nutrition status, urease activity and physiological quality of soybean seeds. *Australian Journal of Crop Science*, 11: 184–192.
- Barcelos, J.P.Q., Reis, H.P.G., Godoy, C.V., Gratão, P.L., Furlani Junior, E., Putti, F.F., Campos, M., Reis, A.R., 2018. Impact of foliar nickel application on urease activity, antioxidant metabolism and control of powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) in soybean plants. *Plant Pathology*, 67(7): 1502-1513.
- Canavar, Ö., Öncan Sümer, F., 2023. The Effect of Foliar Application of Potassium Fertilizer at Seedling Stage of Soybean Plants Under Salinity. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(3): 606-618.
- Ceritoğlu, M., Erman, M., Yildiz, F., 2020. Effect of salinity on germination and some agro-morphological traits in chickpea seedlings. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 82-96.
- D'Agostino, I., Carradori, S., 2024. Urease. In: C.T. Supuran, W.A. Donald (Eds), *Metalloenzymes*, Elsevier: Academic Press, pp. 393-410.
- Dimkpa, C.O., Fugice, J., Singh, U., Lewis, T.D., 2020. Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency—Trends and perspectives. *Science of the Total Environment*, 731: 139113.
- Erdel, E., 2022. Effects of salinity and alkalinity on soil enzyme activities in soil aggregates of different sizes. *Eurasian Soil Science*, 55(6): 759-765.
- Gerendás, J., Sattelmacher, B., 1997. Significance of Ni supply for growth, urease activity and the concentrations of urea, amino acids and mineral nutrients of urea-grown plants. *Plant and Soil*, 190: 153-162.
- Gerendás, J., Zhu, Z., Sattelmacher, B., 1998. Influence of N and Ni supply on nitrogen metabolism and urease activity in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 49(326): 1545-1554.
- Gheibi, M.N., Kholdebarin, B., Ghanati, F., Teimouri, S., Niroomand, N., Samavati, M., 2009. Urease activity in maize (*Zea mays* L. CV. 704) as affected by nickel and nitrogen sources. *Iranian Journal of Science*, 33(4): 299-307.
- Goswami, S., Singh, S.K., Patra, A., Dutta, A., Mohapatra, K.K., 2022. Residual effects of nickel and its interaction with applied zinc and npk improve the growth, yield, and nutritional quality of cowpea and urease activity of soil grown in vertisols. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(4): 4262-4272.
- Gören, H.K., Tan, U., Küçük Kaya, S., Canavar, Ö., 2024. The Role of K-Humate and Iron Oxide Nanoparticles in Enhancing Nutrient Accumulation and Salinity Stress Tolerance in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(Special Issue): 879–891.
- Grzyb, A., Wolna-Maruwka, A., Niewiadomska, A., 2021. The significance of microbial transformation of nitrogen compounds in the light of integrated crop management. *Agronomy*, 11(7): 1415.

- Hassan, M.U., Chattha, M.U., Khan, I., Chattha, M.B., Aamer, M., Nawaz, M., Ali, A., Khan, M.A.U., and Khan, T. A., 2019. Nickel toxicity in plants: reasons, toxic effects, tolerance mechanisms, and remediation possibilities—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 12673-12688.
- Hessini, K., Issaoui, K., Ferchichi, S., Saif, T., Abdelly, C., Siddique, K.H., Cruz, C., 2019. Interactive effects of salinity and nitrogen forms on plant growth, photosynthesis and osmotic adjustment in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139: 171-178.
- Hogan, M.E., Swift, I.E., Done, J., 1983. Urease assay and ammonia release from leaf tissues. *Phytochemistry*, 22(3): 663-667.
- Hussain, S.J., Khan, N.A., Anjum, N.A., Masood, A., Khan, M.I.R., 2021. Mechanistic elucidation of salicylic acid and sulphur-induced defence systems, nitrogen metabolism, photosynthetic, and growth potential of mungbean (*Vigna radiata*) under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40: 1000-1016.
- Oliveira, T.C., Fontes, R.L.F., Rezende, S.T.D., Víctor Hugo, A.V., 2013. Effects of nickel and nitrogen soil fertilization on lettuce growth and urease activity. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 37: 698-706.
- Kamboj, N., Malik, R.S., Dhanker, P., Kumar, A., 2018. Importance of nickel in crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3): 3470-3475.
- Kaur, H., Kaur, H., Kaur, H., and Srivastava, S., 2023. The beneficial roles of trace and ultratrace elements in plants. *Plant Growth Regulation*, 100(2): 219-236.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., Hosseini, F., Afyuni, M., 2011. Nickel supplementation effect on the growth, urease activity and urea and nitrate concentrations in lettuce supplied with different nitrogen sources. *Scientia Horticulturae*, 130(2): 381-385.
- Kutman, B.Y., Kutman, U.B., Cakmak, I., 2014. Effects of seed nickel reserves or externally supplied nickel on the growth, nitrogen metabolites and nitrogen use efficiency of urea-or nitrate-fed soybean. *Plant and Soil*, 376: 261-276.
- Lavres, J., Castro Franco, G., de Sousa Câmara, G.M., 2016. Soybean seed treatment with nickel improves biological nitrogen fixation and urease activity. *Frontiers in Environmental Science*, 4: 37.
- Li, X., Wang, A., Wan, W., Luo, X., Zheng, L., He, G., Huang, D., Chen, W., Huang, Q., 2021. High salinity inhibits soil bacterial community mediating nitrogen cycling. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(21): e01366-21.
- Liu, L., Wang, B., Liu, D., Zou, C., Wu, P., Wang, Z., Wang, Y., Li, C., 2020. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal mechanisms of adaptation to salinity in which carbon and nitrogen metabolism is altered in sugar beet roots. *BMC Plant Biology*, 20: 1-21.
- Mazzei, L., Musiani, F., Ciurli, S., 2020. The structure-based reaction mechanism of urease, a nickel dependent enzyme: tale of a long debate. *JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 25(6): 829-845.
- Parwez, R., Nabi, A., Mukarram, M., Aftab, T., Khan, M.M.A., Naeem, M., 2021. Role of nickel in regulation of nitrogen metabolism in legume–rhizobium symbiosis under critical conditions. In: T. Aftab, K.R. Hakeem (Eds), *Frontiers in plant-soil interaction*, Elsevier: Academic Press, pp. 495-522.
- Ramazanoglu, E., 2023. Effects of biochar application as a carbon substrate on cotton plant growth and some soil enzymes. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 904-915.

- Ramazanoglu, E., Cun, S., Cevheri, C.I., Beyyavas, V., Sakin, E., 2024. Cottonseed meal soil application, nutrient uptake, biochemical attributes of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and activities of soil enzymes in saline soil. *Journal of Elementology*, 29(3).
- Robertson, G.P., Groffman, P.M., 2024. Nitrogen transformations. In: E.A. Paul, S.D. Frey (Eds), *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, 5th edn, Elsevier, pp. 407-438.
- Sabir, M., Ghafoor, A., Zia-ur-Rehman, M., Ahmad, H. R., Aziz, T., 2011. Growth and metal ionic composition of *Zea mays* as affected by nickel supplementation in the nutrient solution. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(2).
- Sakamoto, T., Bryant, D.A., 2001. Requirement of nickel as an essential micronutrient for the utilization of urea in the marine cyanobacterium *Synechococcus* sp. PCC 7002. *Microbes and Environments*, 16(3): 177-184.
- Shahid, M.A., Sarkhosh, A., Khan, N., Balal, R.M., Ali, S., Rossi, L., Gómez, C., Mattson, N., Nasim, W., Garcia-Sanchez, F., 2020. Insights into the physiological and biochemical impacts of salt stress on plant growth and development. *Agronomy*, 10(7): 938.
- Singh, A., 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38(1): 39-67.
- Singh, R.P., Chandel, S.K.S., Yadav, P.K., Singh, S.N., 2011. Effect of Ni on nitrogen uptake and yield of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Scientific Research*, 2(4): 61-63.
- Sun, H., Qu, J., Wang, X., Zheng, W., Li, C., Liu, Y., 2021. The response of soil organic nitrogen fractions and nitrogen availability to salinity in saline soils of the Yellow River Delta. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 29(8): 1397-1404.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1972. Assay of urease activity in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 4(4): 479-87.
- Tabatabaei, S.J., 2009. Supplements of nickel affect yield, quality, and nitrogen metabolism when urea or nitrate is the sole nitrogen source for cucumber. *Journal of Plant Nutrition*, 32(5): 713-724.
- Tan, X.W., Ikeda, H., Oda, M., 2000. Effects of nickel concentration in the nutrient solution on the nitrogen assimilation and growth of tomato seedlings in hydroponic culture supplied with urea or nitrate as the sole nitrogen source. *Scientia Horticulturae*, 84(3-4): 265-273.
- Tian, J., Pang, Y., Yuan, W., Peng, J., Zhao, Z., 2022. Growth and nitrogen metabolism in *Sophora japonica* (L.) as affected by salinity under different nitrogen forms. *Plant Science*, 322: 111347.
- Turan, V., 2022. Calcite in combination with olive pulp biochar reduces Ni mobility in soil and its distribution in chili plant. *International Journal of Phytoremediation*, 24(2): 166-176.
- Wang, J., Yang, C., Guo, Z., 2021. Response of enzyme activity of cultivated saline soil to sand covering. In: B. Nurhadi (Ed), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, pp. 42043.
- Wei, M.I.N., Guo, H.J., Zhang, W., Zhou, G.W., Jun, Y.E., Hou, Z.A., 2016. Irrigation water salinity and N fertilization: Effects on ammonia oxidizer abundance, enzyme activity and cotton growth in a drip irrigated cotton field. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(5): 1121-1131.
- Witte, C.P., 2011. Urea metabolism in plants. *Plant Science*, 180(3): 431-438.
- Yang, J.E., Kim, J.J., Skogley, E.O., Schaff, B.E., 1998. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. *Soil Science Society of America Journal*, 62: 1108-1115.

- Yaşar, F., Yıldırım, Ö., Üzal, Ö., 2020. Investigation of the effect of calcium applications on antioxidative enzyme activities in pepper plant under salt stress. *ISPEC Journal of Agricultural Science*, 4(2): 346-357.
- Yao, R., Li, H., Yang, J., Yin, C., Wang, X., Xie, W., Zhang, X., 2021. Interactive effects of amendment materials and soil salinity on net rates of urea hydrolysis and nitrification in salt-affected soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21: 3414-3427.
- Zhang, G., Bai, J., Zhai, Y., Jia, J., Zhao, Q., Wang, W., Hu, X., 2024. Microbial diversity and functions in saline soils: A review from a biogeochemical perspective. *Journal of Advanced Research*, 59: 129-140.
- Zhang, K., Li, S., Xu, Y., Zhou, Y., Ran, S., Zhao, H., Huang, W., Xu, R., Zhong, F., 2022. Effect of Nickel Ions on the Physiological and Transcriptional Responses to Carbon and Nitrogen Metabolism in Tomato Roots under Low Nitrogen Levels. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19): 11398.
- Zhou, M., Butterbach-Bahl, K., Vereecken, H., Brüggemann, N., 2017. A meta-analysis of soil salinization effects on nitrogen pools, cycles and fluxes in coastal ecosystems. *Global Change Biology*, 23(3): 1338-1352.
- Zhu, H.Y., Gan, B., Xu, J.B., Liang, F., Zhou, B.B., Sun, Y., Duan, M.L., Bai, Y.H., 2023. Effect of Soil Salinity on Nitrogen Transformation in Soil with Nitrogen Fertilizer Application. *Applied Ecology & Environmental Research*, 21(6).

---

**To Cite:** Uğurlar, F., 2024. Influence of Nickel on Urease Activity and Nitrogen Dynamics in Maize (*Zea mays*) Under Saline Conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 984-994.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14306271>.

---

## Techno-Economic Analysis of Three 1.025 Mw Photovoltaic Power Plants

Turhan KOYUNCU <sup>1</sup>, Fuat LÜLE <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Adiyaman University, Vocational School of Technical Sciences, Adiyaman

\*Corresponding author: [flule@adiyaman.edu.tr](mailto:flule@adiyaman.edu.tr)

**Received:** 28.07.2024

**Accepted:** 10.09.2024

### Abstract

Techno-economic analysis of three (A, B and C) 1.025 MW solar photovoltaic power plants (SPVPs) has been done and payback periods of these SPVPs has also been determined in this paper. Selected SPVPs were installed in location of Adiyaman City, Turkey (Latitude: 37,45°, Longitude: 38,17° and Altitude: 672 m) in 2017. Date of commencement of operation is November 27, 2017, installed power capacity per SPVP is 1.025 MW, installation cost per SPVP is \$1000000, supply method for installation is 100% equity capital and sales price of the electricity to the grid is 0.133 \$/kWh. The results of the work showed us that the first year average electric energy production is 1691642 kWh, internal consumption is 11513 kWh, net generation is 1680129 kWh and average payback period is 6.0 years for these SPVPs.

**Keywords:** Solar PV plant, techno-economic analysis, payback period



## 1. Introduction

Increasing demand and scarcity in conventional sources have triggered the scientist to pave way for the development of research in the field of renewable energy sources especially solar energy (Goura, 2015, Kumar and Sudhakar, 2015).

Renewable energy sources are considered as alternative energy sources due to environmental pollution, global warming and depletion of ozone layer caused by green house effect. *Earth receives about  $3.8 \times 10^{24}$  J* of solar energy on an average which is *6000 times greater than the world consumption*. Solar energy is most readily available source of energy. Solar energy is Non-polluting and maintenance free. Solar energy is becoming more and more attractive especially with the constant fluctuation in supply of grid electricity. Solar power plant is commonly based on the conversion of sunlight into electricity directly using *photovoltaic (PV)* panel (Omar et al., 2007, Shukla et al., 2016).

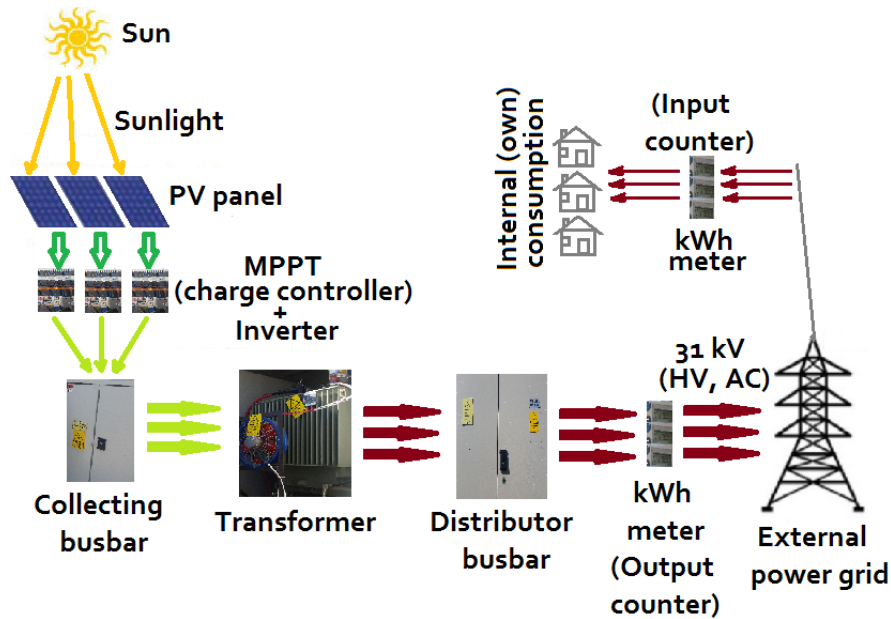
In current era the use of renewable technology for energy generation is growing at a faster rate. Considering the low stock of conventional fuels and consistent price rise the use of solar energy at places where solar radiations are available throughout the year must be utilized to its maximum. At the same time as the efficiency of the solar systems is low a real time financial analysis must be done to identify the conditions in which it will be most economical. The use of energy for the production and installation of the renewable system must be taken into account to calculate their energy payback time or payback period (Khatri, 2016, Chandel et

al., 2014, Kazem et al., 2017). Therefore, *techno-economic analysis of three 1.025 MW solar photovoltaic power plants (SPVPs)* that located in Adiyaman City, Turkey, has been done and payback periods of these SPVPs has also been determined in this paper. The results of the work showed us that the first year average electric energy production is 1691642 kWh, internal consumption is 11513 kWh, net generation is 1680129 kWh and average *payback period is 6.0 years* for these SPVPs.

## 2. Materials and Methods

Three (A, B and C) 1.025 MW solar photovoltaic power plants (SPVPs) has been selected for this work. These SPVPs were installed in location of Adiyaman City, Turkey (Latitude: 37,45°, Longitude: 38,17° and Altitude: 672 m) in 2017. Date of commencement of operation is November 27, 2017, installed power capacity per SPVP is 1.025 MW, installation cost per SPVP is \$1000000, supply method for installation is **100%** equity capital and sales price of the electricity to the grid is 0.133 \$/kWh.

Each selected solar photovoltaic power plant mainly has steel frame constructions for panel placing, *polycrystalline silicon* type solar PV (photovoltaic) panels, combinations of MPPT (maximum power point tracker) + inverter boxes, collecting busbar, transformer boxes, distributor busbar, kWh meter (output counter), underground cable line and mechanical components for external grid connection, control building, lighting and camera monitoring system (Fig. 1).



**Figure 1.** Schematic presentation of working principle of three 1.025 MW SPVPs

Technical specifications of polycrystalline silicon PV module are given in Table 1 and some other technical features regarding the three 1.025 MW solar photovoltaic power plants are also seen in Table 2. As seen from these tables that each PV module has 60 cells, 16.32 % peak efficiency (under STC : Standard Test Conditions : irradiance @ 1000 W/m<sup>2</sup> with an air mass 1.5, module temperature @ 25 °C and @ 0 m s<sup>-1</sup> wind speed) , 1.6236 m<sup>2</sup> area, 18.5 kg mass, 45 ± 2 °C nominal operating cell temperature and 97.5%, 90.0%, 80.0% of overall efficiency for first year, 10 years and 25 years, respectively.

Besides, it should be noted that the efficiency of solar PV panels are affected by environmental and climatic conditions, temperature, dust and using time (Darwish et al., 2015, Maghami et al., 2016, Costa et al., 2016, Ketjoy and Konyu, 2014, Menoufi et al., 2017, Kumar et al., 2013). In addition to this, other components of the SPVPs such as MPPT, inverter, and transformer has also efficiencies that commonly changing between 95 % ... 99 % (Koyuncu, 2018a). The maximum possible efficiency of solar panels can also be obtained in first year.

**Table 1.** Technical specifications of polycrystalline silicon PV module

Type	Polycrystalline silicon
Number of cells	60
Peak efficiency (%)	16.32
97.5% power output warranty period (Year)	First year
90% power output warranty period (Year)	10
80% power output warranty period (Year)	25

**Table 2.** Some technical features regarding three 1.025 MW solar photovoltaic power plants

PV module type	Polycrystalline silicon
Maximum labeled efficiency of module	16.32 %
Module power output warranty for first years	$0.975 \times 0.1632 = 0.15912 = 15.912 \%$
Module power output warranty for 10 years	$0.90 \times 0.1632 = 0.14688 = 14.688 \%$
Module power output warranty for 25 years	$0.80 \times 0.1632 = 0.13056 = 13.056 \%$
Estimated total efficiency of MPPT, inverter and transformer	$0.98 \times 0.98 \times 0.97 = 0.9316 = 93.160 \%$
Estimated average losses of power cut	0.274 %
Estimated average losses of dust	0.5 %
Calculated system total efficiency for first year	$0.15912 \times 0.9316 \times 0.99726 = 0.14783 = 14.783 \%$
Measured system total efficiency for first year	A = 15.04 %, B = 15.06 %, C = 14.91 % Average = 15.00 %
Estimated system total efficiency during 10 years	$0.14688 \times 0.9316 \times 0.99726 \times 0.9950 = 0.13577 = 13.577 \%$
Estimated system total efficiency during 25 years	$0.13056 \times 0.9316 \times 0.99726 \times 0.9950 = 0.12069 = 12.069 \%$
Overall cost of operation, maintenance and cleaning (twice a year) per SPVP and per year	2000 \$/Year (May, 2019, Turkey)
Sales price of the electricity to the grid	0.133 \$/kWh
Annual personal expenses for each SPVP	15350 \$/Year (May, 2019, Turkey)
Annual interest income of capital	21000 \$/Year (May, 2019, Turkey)

Payback period of a solar photovoltaic power plant can simply be calculated by using Equations 1 - 4. This easiest calculation is the initial (or installation) cost divided by cost displaced per year (CDP). Here, the CDP is equal to the difference

between annual net energy income and annual total of operation, maintenance cleaning cost, personnel expenses and interest income of capital per SPVP (Table 3) (Thumann and Mehta, 2008, Foster et al., 2010, Koyuncu, 2018a; 2018b; 2019).

$$PBP \text{ (Years)} = \frac{ICS}{CDP} \tag{1}$$

$$CDP \text{ (\$/kWh)} = EPA \times COE - (AOM + PER + INT) \tag{2}$$

$$PBP \text{ (Years)} = \frac{ICS}{EPA \times COE - (AOM + PER + INT)} \tag{3}$$

$$PBP \text{ (Years)} =$$

$$\frac{ICS \text{ (\$)}}{EPA(kWh/Year) \times COE(\$/kWh) - (AOM(\$/Year) + PER(\$/Year) + INT(\$/Year))} \tag{4}$$

Here :

**PBP** : Payback period, (Years)

**ICS** : Initial cost of the system (installation cost per SPVP), (ICS = \$ 1000000)

**CDP**: Cost displaced per year, (kWh/Year)

**EPA** : Annual net produced or generated energy per SPVP during 10 years, (EPA = 1547758, 1549230, 1529385 kWh/Year)

**COE** : Sales price of the electricity to the grid, (COE = 0.133 \$/kWh)

**AOM** : Annual operation, maintenance and cleaning cost per SPVP, ( AOM = 2000 \$/Year)

**PER** : Annual personal expenses per SPVP, (PER = 15350 \$/Year)

**INT** : Annual interest income of capital per SPVP, (INT = 21000 \$/Year)

Besides, in order to estimate the generated electric energy for 10 years and 25 years, Equations 5 – 8 can be used.

$$GEN_{10\ years} (kWh/Year) = \frac{GEN_{1\ year} (kWh/Year) \times \eta_{10\ years}}{\eta_{1\ year}} \tag{5}$$

$$GEN_{10\ years} (kWh/Year) = \frac{GEN_{1\ year} (kWh/Year) \times 0.13577}{0.14783} \tag{6}$$

$$GEN_{25\ years} (kWh/Year) = \frac{GEN_{1\ year} (kWh/Year) \times \eta_{25\ years}}{\eta_{1\ year}} \tag{7}$$

$$GEN_{25\ years} (kWh/Year) = \frac{GEN_{1\ year} (kWh/Year) \times 0.12069}{0.14783} \tag{8}$$

Where :

**GEN<sub>1,year</sub>** : Generated annual electric energy for first year per SPVP, ( $GEN_{1,year} = 1695811, 1698024, 1681092$  kWh/Year)  
**GEN<sub>10,year</sub>** : Estimated annual generated electric energy during 10 years, (kWh/Year)  
**GEN<sub>25,year</sub>** : Estimated annual generated electric energy during 25 years, (kWh/Year)

**η<sub>1,year</sub>** : Calculated system total efficiency for first year, ( $\eta_{1,year} = 14.783$  %)  
**η<sub>10,years</sub>** : Estimated system total efficiency during 10 years, ( $\eta_{10\ years} = 13.577$  %)  
**η<sub>25,years</sub>** : Estimated system total efficiency during 25 years, ( $\eta_{25\ years} = 12.069$  %)

**Table 3.** Description and rate of budget distribution of SPPs

<b>DESCRIPTION</b>	
Names of SPPs	A, B, C
Location	Adiyaman City, Turkey (Latitude : 37,45°, Longitude: 38,17° and Altitude : 672 m)
Date of commencement of operation	November 27, 2017
Installed power capacity per SPP	1.025 MW
Installation cost per SPP	\$ 1000000
Supply method for installation	100 % Equity capital
Sales price of the electricity to the grid	0.133 \$/kWh
<b>BUDGET DISTRIBUTION</b>	
Solar panels (45 %)	\$ 450000
MPPTs + Inverters (11 %)	\$ 110000
Steel frame constructions for panel placing (11 %)	\$ 110000
Solar cables (7 %)	\$ 70000
All other underground cable line and mechanical components for external grid connection (13 %)	\$ 130000
Transformer boxes (4 %)	\$ 40000
Cost of land (or field), control building, project, lighting, camera monitoring system, administrative or governmental permits, licenses and formalities (9 %)	\$ 90000

### 3. Findings and Discussion

Electricity generation of three 1.025 MW solar photovoltaic power plant (SPVPs), their internal electricity consumption and

net generated electric energy for sale are given in Table 4 and 5. All these *monthly data are related to first year operation of SPVPs*. As seen from these tables that total

generated electric energy is 1695811 kWh, 1698024 kWh and 1681092 kWh for A, B and C SPVPs, respectively. Total internal consumption is 9708 kWh, 10269 kWh and 14563 kWh for A, B and C SPVPs, respectively. The first year average electric energy production is 1691642 kWh, internal consumption is 11513 kWh and net

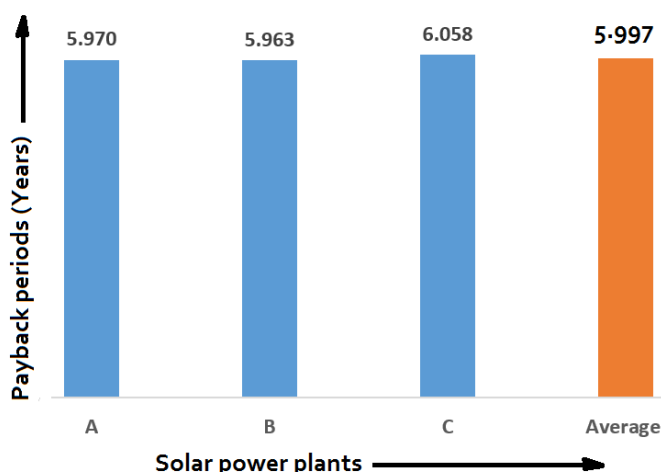
generation is 1680129 kWh. In addition, the payback period of these SPVPs is given in Fig. 2. As seen from this figure that the payback period of SPVPs are about the same and there is very little and negligible difference between them. The average payback period is 6.0 Years.

**Table 4.** Electricity generation of three 1.025 MW solar photovoltaic power plants

Months	Monthly Generation For First Year (kWh / Month)		
	Three 1.025 MW Solar Photovoltaic Power Plants		
	A	B	C
December 2017	93542	93048	92008
January 2018	83249	82077	81959
February 2018	88937	88891	87885
March 2018	144560	144754	144106
April 2018	174266	175068	172510
May 2018	165791	165709	163447
June 2018	184866	185976	182643
July 2018	198833	200001	196571
August 2018	192605	193404	191383
September 2018	163282	163890	163203
October 2018	117175	117260	117980
November 2018	88706	87946	87397
<b>Measured Value (From kWh Meter) For First Year</b>			
Total Gen. (kWh/Year)	1695811	1698024	1681092
Inter.Con. (kWh/Year)	9708	10269	14563
Net Gen. (kWh/Year)	1686103	1687755	1666529
<b>Estimated Annual Average Value During 10 Years</b>			
Total Gen. (kWh/Year)	1557466	1559499	1543948
Inter.Con. (kWh/Year)	9708	10269	14563
Net Gen. (kWh/Year)	1547758	1549230	1529385
<b>Estimated Annual Average Value During 25 Years</b>			
Total Gen.(kWh/Year)	1384478	1386285	1372462
Inter.Con. (kWh/Year)	9708	10269	14563
Net Gen. (kWh/Year)	1374770	1376016	1357899

**Table 5.** Internal electricity consumption of three identical solar photovoltaic power plants

MONTHS	MONTHLY INTERNAL CONSUMPTION (kWh / Month)		
	THREE 1.025 MW SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS		
	A	B	C
December 2017	1298	1423	2027
January 2018	1014	1074	1822
February 2018	830	882	1464
March 2018	815	874	1442
April 2018	667	700	1114
May 2018	657	698	1109
June 2018	518	564	825
July 2018	723	723	714
August 2018	650	682	961
September 2018	743	748	951
October 2018	884	937	1047
November 2018	909	964	1087
TOTAL (kWh/Year)	9708	10269	14563



**Figure 2.** Estimated payback periods of three 1.025 MW solar photovoltaic power plants

**4. Results**

As a result the average payback period is 6 years (24 %), average profit period is 19 years (76 %), estimated average generated electricity is 35274418 kWh during lifetime, average generated electric energy for payback time is 9252746 kWh (35.55 %) and average generated electricity for profit is 26021672 kWh (64.45 %) for these selected SPVPs.

**Declaration of Author Contributions**

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

**Declaration of Conflicts of Interest**

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

**References**

Chandel, M., Agrawal, G.D., Mathur, S., Mathur, A., 2014. Techno-economic analysis of solar photovoltaic power plant for garment zone of jaipur city. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2: 1-7.

Costa, S.C., Diniz, A.S.A., Kazmerski, L.L., 2016. Dust and soiling issues and impacts relating to solar energy systems: literature review update for 2012–2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63: 33-61.

- Darwish, Z.A., Kazem, H.A., Sopian, K., Al-Goul, M.A., Alawadhi, H., 2015. Effect of dust pollutant type on photovoltaic performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41: 735-744.
- Foster, R., Ghassemi, M., Cota, A., 2010. Solar Energy: Renewable Energy and the Environment, first ed. CRC, pp. 231-246.
- Goura, R., 2015. Analyzing the on-field performance of a 1-megawatt-grid-tied pv system in South India. *International Journal of Sustainable Energy*, 34(1): 1-9.
- Kazem, H.A., Albadi, M.H., Al-Waeli, A.H., Al-Busaidi, A.H., Chaichan, M.T., 2017. Techno-economic feasibility analysis of 1 mw photovoltaic grid connected system in oman. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10: 131-141.
- Ketjoy, N., Konyu, M., 2014. Study of dust effect on photovoltaic module for photovoltaic power plant. *Energy Procedia*, 52: 431-437.
- Khatri, R., 2016. Design and assessment of solar pv plant for girls hostel (GARGI) of MNIT University, Jaipur city: A case study. *Energy Reports*, 2: 89-98.
- Koyuncu, T., 2017. Practical efficiency of photovoltaic panel used for solar vehicles. *2nd International Conference on Green Energy Technology (ICGET)*, 18–20, July, Rome, Italy.
- Koyuncu, T., 2018a. Fundamentals of Engineering Science and Technology. first ed., Columbia, SC, USA, pp. 461–485.
- Koyuncu, T., 2018b. simple payback time of semi-flexible monocrystalline silicon solar panel used for solar vehicles, *3rd International Conference on Green Energy Technology (ICGET)*, 10-12 July, Amsterdam, Netherlands.
- Koyuncu, T., 2019. New generation vehicles vs conventional vehicles, first ed., Middletown, DE, USA, pp. 460-468.
- Kumar, B.S., Sudhakar, K., 2015. Performance evaluation of 10 mw grid connected solar photovoltaic power plant in India. *Energy Reports*, 1: 184-192.
- Kumar, E.S., Sarkar, B., Behera, D.K., 2013. Soiling and dust impact on the efficiency and the maximum power point in the photovoltaic modules. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(2): 1-8.
- Maghami, M.R., Hizam, H., Gomes, C., Radzi, M.A., Rezadad, M.I., Hajighorbani, S., 2016. Power Loss Due to Soiling on Solar Panel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59: 1307-1316.
- Menoufi, K., Farghal, H.F., Farghali, A.A., Khedr, M.H., 2017. Dust accumulation on photovoltaic panels: a case study at the east bank of the Nile (Beni-Suef, Egypt). *Energy Procedia*, 128: 24-31.
- Omar, A., Ismail, D., Muzamir, I., 2007. Simplification of sun tracking mode to gain high concentration solar energy. *American Journal of Applied Sciences*, 4(3): 171-175.
- Shukla, A.K., Sudhakar, K., Baredar, P., 2016. Simulation and performance analysis of 110 kWp grid-connected photovoltaic system for residential building in India: a comparative analysis of various PV technology. *Energy Reports*, 2: 82-88.
- Thumann, A., Mehta, D.P., 2008. Handbook of Energy Engineering, sixth ed. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, pp. 271-276.

**Ulusal Yarış Atlarında Kalp Hipertrofinin Ekokardiyografi ile Değerlendirilmesi**Melahat TOKER <sup>1\*</sup> <sup>1</sup> Yüksek ihtisas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoloji Bölümü, Ankara\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [melahattoker1410@hotmail.com](mailto:melahattoker1410@hotmail.com)

Geliş Tarihi (Received): 28.07.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 10.09.2024

**Özet**

Milli yarış atlarında kalbin gelişimine ve maksimal frekanstaki koşu hızına ilişkin yeterli veriler bulunmadığı için, kalbin morfolojik ve fizyolojik kapasitesi ekokardiyografi ile non invaziv olarak rahatlıkla ölçülebilir. Bir yarış atının seleksiyonunda temel amaç, ileri ki yarış hayatında ortalamanın üzerinde atletik potansiyel gösterebilecek olanı seçmektir. Çalışmamıza katılan atlar sağlıklı ve farklı cinsiyetten oluşmaktaydı. Atlara barınaklarında Esaote AU5 marka Renkli Doppler ekokardiyografi cihazı ile 2.5-3.75 mHz' lik prob kullanılarak atların standart ekokardiyografik değerlendirmesi parasternal ve apikalden olmak üzere 5 farklı pencereden iki boyutlu (2B) mod, M-mod ve Doppler ekokardiyografi yöntemleriyle yapıldı. Yapılan ekokardiyografide atların kalp kaslarının hipertrofik olduğu görüldü. İnterventriküler septum ve posterior duvarlarda kalınlaşma ve asendan aortta dilatasyon izlendi. Milli yarış atlarında atletik potansiyelin saptanması için sahaya yönelik, antrenörün çalışma düzenini bozmayan ve non-invaziv testlere gereksinim duyulmaktadır. Bu testlerden biride atlarda kalbin morfolojik ve fizyolojik kapasitelerini ekokardiyografi tekniğinde elde edilen verilerdir.

**Anahtar Kelimeler:** At, milli yarış, ekokardiyografi**Assessment of Cardiac Hypertrophy in National Race Horses by Ecocardiography****Abstract**

Since there is no sufficient data regarding the development of the heart and maximal frequency running speed in national racehorses, the morphological and physiological capacity of the heart can be easily measured non-invasively by echocardiography. The main goal in selecting a racehorse is to select one that will show above-average athletic potential in its future racing life. The horses participating in our study were healthy and of different genders. The horses were examined in their shelters using an Esaote AU5 brand Color Doppler echocardiography device with a 10 mHz probe. Standard echocardiographic evaluation of horses was performed using two-dimensional (2D) mode, M-mode and Doppler echocardiography methods from 5 different windows, parasternal and apical. Detailed echocardiography was performed on the left and right chest of the horses included in the study. In the study, reference ranges of end-diastolic diameter, end-systolic diameter, interventricular septum (IVS) diastolic and end-systolic thicknesses, and posterior wall diastolic and end-systolic thickness diameters were established. Fractional shortening, ejection fraction, heart rate and ventricular masses were measured. Echocardiography showed that the horses' heart muscles were hypertrophic. Thickening was observed in the interventricular septum and posterior walls. In order to determine the athletic potential of national racehorses, field-oriented, non-invasive tests that do not disrupt the trainer's work routine are needed. One of these tests is the data obtained using the echocardiography technique on the morphological and physiological capacities of the heart in horses.

**Keywords:** Horse, national race, echocardiography

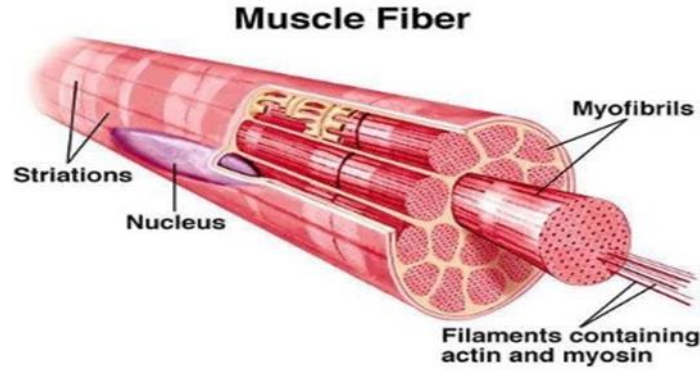


## 1. Giriş

Atlarda vücudun yaklaşık % 50-55'ini kaslar oluşturmaktadır. Hareketin oluşmasını sağlayan iskelet kasları, kontraktıl ve metabolik özellikleri ile birbirinden farklı liflerden oluşmuştur (Lindner ve ark., 2013; Edo ve ark., 2004). Hipertrofi, spor literatüründe kas liflerinin büyümesi ve güçlenmesi anlamlarında kullanılmaktadır. Atların yarışacağı aktivite türüne göre, lif tiplerinin oranının uygun antrenman programıyla değiştirilebilmesi sportif performansın geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. İskelet

kaslarındaki lif tiplerini tanıma ve antrenmana uyum mekanizmasını anlama, uygun antrenman programı geliştirerek atlarda sportif performansın artırılmasında önemlidir (Waller ve ark., 2010).

İnsanlarda olduğu gibi, atlarda da iskelet kası metabolik ve kontraktıl yapıları birbirinden farklı olan kas liflerinden oluşması, miyofibril ve sarkoplazmik retikülumdaki yapısal proteinler ile enzimlerin şekil 1'de görüldüğü farklı izoformlarının olmasından kaynaklanmaktadır (Marlin ve ark., 2003; Rivero ve ark., 2007).

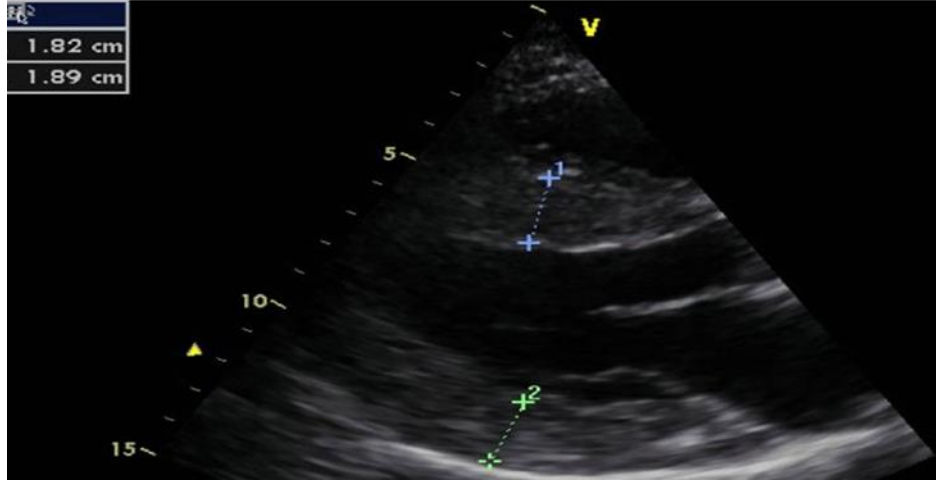


Şekil 1. Kas lif anatomisi

Kalp kasının kalınlığındaki artışla sol ventrikül genellikle zorlanır (Rivero ve ark., 2000) ve kalp boşluğunun genişlemesindeki artışa, kalp odalarının herhangi birinde genişleme eşlik eder. Kardiyak hipertrofi sıklıkla, karşılaştığı stresi veya basıncı arttırmak veya içindeki kanın (yüksek tansiyon hastalığı gibi) ventrikül olarak bilinen kalbin alt odalarından birini etkileyen bir reaksiyon olarak ortaya çıkar (Rivero ve ark., 2000). Kalp büyümesinin en önemli nedeni kalbin arterlerindeki arteriyel basınçtır, sol ventriküldeki aort ve sağ ventriküldeki pulmoner arterlerde oluşur (Leadon ve ark., 1991; Toker ve ark., 2008). Hipertrofik kardiyomiyopatide şekil 2.3 te görüldüğü gibi ventriküllerinin kas duvarlarında anormal büyüme veya

kalınlaşma meydana gelir ve kas hücreleri düzensiz görülür.

Hipertrofik kardiyomiyopati, genellikle sol ventrikülü (ana pompalama odası) ve özellikle septumu (kalbin ortasında, sağ ve sol tarafları ayıran kas alanı) etkileyeceği gibi, sağ ventrikülü de etkileyebilir. Kasın kalınlaşması ventrikülü daha sert hale getirir, bu da kalbin gevşemesini ve kanla doldurmasını zorlaştırır ve kanı dışarı pompalamak için büzülür. Kalp duvarına ve kalınlaşma miktarına bağlı olarak ventrikülün hacmi (ve ne kadar kan tutabileceği) azalabilir. Kalp kası kalınlaşması kalp ritim bozukluklarına, buradan hareketle de ani ölüm, inme gibi problemlere ve kalp yetersizliğine yol açabilmektedir.



Şekil 2. Kardiak hipertrofi (Sol Ventrikül Hipertrofi)



Şekil 3. Hipertrofik Kardiyomiyopati (Sol Ventrikül Septal ve apikal hipertrofi)

Atlarda istenilen sportif performansın sağlanmasında iskelet kaslarının önemi büyüktür ve hareketin oluşumu iskelet kaslarının kasılmasına bağlıdır. İskelet kası, kasılabilen ve kasılma esnasında kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren farklı tipteki kas liflerinden oluşmuştur. Çünkü farklı kas lif tipleri sayesinde atlar, hız, kuvvet ve dayanıklılık gibi performans öğelerini gerektiren sportif aktiviteleri gerçekleştirebilmektedir (Valberg ve ark., 2013).

Bu çalışmanın amacı, ortalama duvar kalınlığı (mean wall thickness MWT), diyastoldeki sol ventrikülün serbest duvar kalınlığı ile interventriküler septum kalınlığının aritmetik ortalamasıdır.

Ventrikülün duvar kalınlığını ifade etmek için, antrenmana adaptasyonun belirlenmesinde kullanılan parametrelerden biridir. Milli yarış atlarında kalbin ekokardiyografisinde alınan MWT nin antrenmana bağlı olarak arttığını sunmak istedik (Young, 1999).

## 2. Materyal ve Yöntem

5-16 yaşları arasında, 400 – 600 kg ağırlığında, farklı cinsiyet ve ırklardan (İngiliz, Hollanda, Holstein, Sel France, Hannover, Shire) oluşan sağlıklı atlar çalışmaya alındı. Atlarda ekokardiyografik muayene ayakta ve ön ayakları yana doğru açılmış pozisyonda uygulandı. Hareketli ve huysuz olanlara herhangi bir ilaçla sedasyon yapılmadan seyislerinden destek

alındı. Atların göğüs bölgesi görüntüyü net alabilmek için traş makinesi ile temizlendi ve probu muayene edilecek bölgeye yerleştirmeden önce deri ile arasına hava girişini engellemek için transmisyon ultrason jeli kullanıldı. Sol ventrikül ölçümleri göğsün sağ ve sol tarafından rahatlıkla elde edildi.

Çalışmada M mode, iki boyutlu, Continuous ve Pulsed Doppler ölçümleri için Esaote AU5 marka Renkli Doppler ultrason cihazı, 2.5-3.75 MHz'lik prob ve ayrıca siyah-beyaz ve renkli görüntüler için Mitsubishi printer cihazı kullanıldı. Kalpteki morfolojik değişimleri saptamak için sol ventriküler çapı sistolde (LVDs), sol ventriküler çapı diyastolde (LVDd), interventriküler septum kalınlığı sistolde (IVSs), interventriküler septum kalınlığı diyastolde (IVSd), sol ventrikül kütlesi (LVM) ve ortalama duvar kalınlığı (MWT) belirlendi. Kalbin fonksiyonlarına ilişkin değişimleri belirlemek amacıyla kalp hızı (HR), ejeksiyon fraksiyonu (EF), fraksiyonel kısalma (FS) saptandı. Ölçümler 19 cm ve 25 cm görüntüleme derinliklerinde yapıldı. Sağ hemitorakstaki kardiyak pencereden ilk önce B-mod'da uzun eksenden görüntü alındı. Uzun eksende 4 odacıklı görüntü elde etmek için transduserin kılavuz ışığı 4. interkostal aralıkta, dorsal düzlemde saat 1 yönünde hafif geriye doğru döndürülerek görüntü alındı. Daha sonra sol hemitorakstaki 5. interkostal aralıktan görüntü elde edildi. Transduserin kılavuz ışığı 90 derece saat yönünde döndürülüp, yaklaşık saat 4 pozisyonunda tutularak, kısa eksendeki görüntü elde edildi. Bu maniplasyonda chordae tendineae seviyesini ayarlamak için, balık ağzı görüntüsünün kaybolduğu

andaki seviye sabit tutulmaya çalışıldı. Ölçüm yapmak için B -mod ve M-mod görüntü alındı. M-mod görüntüde iken cihazın teicholz menüsünden eko kardiyografik parametreler alındı.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Milli yarış atlarıyla yapılan çalışmada M mode ve iki boyutlu ekokardiyografi teknikleri kullanıldı. Sol ventriküle ait LVIDD, LVIDS, EF, FS, LVM ve kalp hızı gibi parametrelerde, göğsün sağ ve sol tarafından alınışa göre anlamlı farklılıklar olmadığı tespit edildi. M mode ve iki boyutlu ekokardiyografi yöntemi ile elde göğsün sağ ve sol tarafından alınan sol ventriküle ait ölçümler arasında anlamlı bir farklılık kaydedilmemesi, sol ventrikülde bir dilatasyon olmadığını göstergesidir Sol ventrikül interventriküler septum ve arka duvar kalınlıklarında göğsün sağ ve sol tarafından alınan değerlerde anlamlı fark izlenmedi. Çalışmamızda atların kalp kaslarının diğer küçük baş hayvanlara göre daha hipertrofik olduğu görüldü.

Bu çalışmada göğsün sol tarafından alınan ejeksiyon fraksiyonu ile fraksiyonel kısalmanın sağ göğüsten alınan ejeksiyon fraksiyon ve fraksiyonel kısalma arasındaki değerlerin farklı olmaması, bu hayvanların sol ventrikül sistolik performansının ve fonksiyonel kapasitesinin normal olduğu düşünüldü. Yarış atları sürekli çalıştıklarından kalp atım sayılarında düzenli artış göstermektedir. Sol ventrikül kitle indeksi, sol ventrikül kitlesinin vücut yüzey alanına göre normal görüldü.

Atlarda iki boyutlu (B mod) ve M mod ekokardiyografik muayene ile aşağıda tabloda görülen parametrelere bakıldı (Tablo 1).

**Tablo 1.** Atlarda iki boyutlu (B mod) ve M mod ekokardiyografide sol - sağ ventrikülden alınan interventriküler septum ve arka duvar kalınlıklarının parametreleri

Parametreler	Ortalama	Min-Max
Sağdan interventrikül septumun diyastol kalınlığı (RIVSd, mm)	30	24-37
Soldan diyastolde interventriküler septum (LVIVSd, mm)	24	18-34
Sağdan ejeksiyon fraksiyon (REF, %)	58	39-72
Soldan ejeksiyon fraksiyon (LEF, %)	59	39-78
Sağdan diyastolde arka duvar kalınlığı (RPWDD, mm)	22	7-31
Soldan sol ventrikül diyastolde arka duvar (LLVPWDD,mm)	26	18-29
Sağ ventrikül diyastolde arka duvar kalınlığı (RVPWDD,mm)	17	10-31
Sol venrikül diyastolde arka duvar kalınlığı (LVPWDD, mm)	22	7-31
Soldan ortalama duvar kalınlığı (MWT,mm)	22	19-30
Sağdan ortalama duvar kalınlığı (MWT,mm)	26	24-37
Soldan fraksiyonel kısalma (LFS, %)	34.050	21-50
Sağdan fraksiyonel kısalma (RFS, %)	32.550	19-44
Solda kalp Hızı (HR,Hızı atım sayı/dak)	37.2	29-55
Sağdan kalp Hızı HR, (Hızı atım sayı/dak)	50.5	39-72
Soldan sol ventrikül kitlesi (LVM, gr)	2810	1978-4893
Sağdan sol ventrikül kitlesi (LVM,gr)	3194	1153-5959

#### 4. Sonuçlar

İnsanlarda kalp ve damar hastalıklarının tanısında çok yaygın olarak kullanılan ekokardiyografi, son zamanlarda küçük ve büyük hayvanların doğuştan veya sonradan oluşan kalp hastalıklarının tanısı amacıyla kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, atlarda egzersize bağlı olarak kalbin kaslarının genişlemesini ekokardiyografide yaygın olarak kullanılan M mode, B mode yöntemleri ile tespit etmek ve ayrıca at kalbinin yapısı ve işlevi hakkında daha fazla bilgi sahibi olarak daha sonraki deneysel çalışmalar için temel değerler elde etmektir (Toker ve ark., 2008). Ekokardiyografi milli atlarında uygulanan antrenman programlarına kardiyovasküler sistemin verdiği yanıtın incelenmesinde ya da atın kondisyonunun belirlenmesinde gittikçe artan oranda kullanılan non-invasif görüntüleyen ve kalpteki hipertrofiyi görsel olarak en iyi değerlendirme tekniğidir (Zucca ve ark., 2008). Ayrıca çeşitli patolojik durumların kalbin yapısında ve fonksiyonlarında meydana getirdiği değişimleri tam olarak belirleyebilmek için, normal büyüme ve

gelişmenin kalple ilgili ekokardiyografik parametreleri nasıl etkilediğinin de belirlenmesi gerekmektedir (Rovira ve ark., 2009). Çünkü ekokardiyografik verilerin yorumlanmasında atın ırkı, yaşı, yetiştirildiği çevresel şartlar ve uygulanan egzersiz programlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Söz konusu faktörler hayvanın konformasyonu etkilediği için, ekokardiyografik verilerde de değişime neden olmaktadır (Rovira ve ark., 2009; Valberg ve ark., 2013). Atlarda sol ventrikül çapına ilişkin normal değerlerin bilinmesi, sol ventrikülün iş yükünün irdelenmesi açısından önemlidir (Rovira ve ark., 2009).

Sol ventrikül çapına ilişkin bulgularımız benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Patteson'un (1996) erişkin safkan ingiliz atlarında bizim çalışmalarda bulduğumuz değerlere yakın olduğunu görmekteyiz. Bizimkiyle aynı yaş grubunda ve ırktaki yarış atlarında ölçüm yapan Leadon ve ark. (1991) da oldukça benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Leaddon ve ark., 1991). Antrenmanlı milli yarış atlarında sol ventrikül interventriküler septum ve posterior duvar çapında büyüme olduğu

görülmüştür. Ancak bu çalışmada kullanılan atlarda duvar kalınlığının artmasına bağlı hipertrofinin, sürekli yaptıkları egzersiz sonucunda oluştuğu düşünülmektedir.

Sunulan bu çalışmada sol ventrikülün sistolde ve diyastoldeki çapının normal olduğu görüldü. Bunların dışında sol ventriküle ait EF, FS ve LVM gibi parametrelerde, göğsün sağ ve sol tarafından alınışa göre anlamlı farklılıklar olmadığı tespit edildi. Bu çalışmada milli yarış atlarında göğsün sol tarafından alınan ejeksiyon fraksiyonu ile sağ göğüsten alınan ejeksiyon fraksiyon arasındaki değerlerin farklı olmaması, bu hayvanların sol ventrikül sistolik performansının ve fonksiyonel kapasitesinin normal olduğu şeklindeki gözlemi sağlamlaştırmaktadır (Özdemir ve ark., 1999). M mode standart kardiyak ölçümlerde yine bu çalışmada, göğsün sağ tarafından diyastolde arka duvar kalınlığı, ejeksiyon fraksiyon, sol ventrikül kitlesi, soldan diyastolde interventriküler septum, ejeksiyon fraksiyon ve sol ventrikül kitlesi değerlendirilirken, atlarda Amerikan Ekokardiyografi Cemiyeti'nin kabul ettiği çalışmada bu değerlere rastlanılmamıştır.

Kalp atım sayısı ve solunum tipinin, ekokardiyografik parametreleri etkilediğini çalışmalarımızda rastlanıldı. Öte yandan sürekli egzersiz yapan atlarda, egzersiz sonunda kalp atım sayısının kısa zamanda normal seviyeye dönme eğilimi göstermesi, bu atların düzenli yapmış oldukları çalışmaya bağlı olarak kalplerinde oluştuğu tespit edilen hipertrofinin neden olduğu bir durum olup, atların performanslarının iyi olduğunun önemli bir göstergesidir.

Milli yarış atlarında göğsün sağ ve sol tarafından alınan görüntülerde, sol ventrikülün M mode ve iki boyutlu yöntemle yapılan ekokardiyografi değerlerinde interventriküler septum ve arka duvar kalınlığında artış hipertrofi izlendi.

### Kaynaklar

Eto, D., Yamano, S., Mukai, K., Sugiura, T., Nasu, T., Tokuriki, M., 2004. Effect

of high intensity training on anaerobic capacity of middle gluteal muscle in thoroughbred horses. *Research in Veterinary Science* 76(2):139-44.

Leadon, D., McAllister, H., Mullins, E., Osborne, M., 1991. Electrocardiographic and echocardiographic measurements and their relationships in thoroughbred yearlings to subsequent performance. *Equine Exercise Physiology*, 3: 22-29.

Lindner, A., Dag Erginsoy, S., Kissenbeck, S., Mosen, H., Hetzel, U., Drommer, W., 2013. Effect of different blood-guided conditioning programmes on skeletal muscle ultrastructure and histochemistry of sport horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(2):374-86.

Marlin, D., Nankervis, K., 2003. Chapter 2: Energetics of exercise. Chapter 3: Muscles. Chapter 7: Muscular responses. *Equine Exercise Physiology*. 1st ed. U.K., Blackwell, p.7-85.

Özdemir, R., Tuncer, C., Güven, A., Pekdemir, H., Sezgin, A., Müderrisoğlu, Ö., 1999. Ekokardiyografik olarak sol ventriküler hipertrofi saptanan sporcularda geç potansiyel sıklığı. *MN Kardiyoloji*, 6: 102-105.

Rivero, J.L., 2007. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. *Journal Of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 54(6): 321-32.

Rivero, J.L.L., Letelier, A.I., 2000. Skeletal muscle profile of show jumpers: physiological and pathological considerations. In: Lindner A, ed. *The Elite Show Jumper, Conference on Equine Sports Medicine and Science*. Dortmund Germany, Lensing Druck, p.57-76.

Rovira, S., Muñoz, A., 2009. Two-dimensional- and m-mode echocardiographic measurements and indices of cardiac function in Spanish colts and fillies of different age. *Journal of Veterinary Medical Science*, 71(7):957-64.

- Rovira, S., Muñoz, A., Rodilla, V., 2009. Allometric scaling of echocardiographic measurements in healthy Spanish foals with different body weight. *Research in Veterinary Science*, 86(2): 325-331.
- Toker, M., Sağmanlıgil, V., 2008. Atlarda egzersiz öncesi ve sonrası sistolik ve diyastolik fonksiyonların doppler ekokardiyografi ile değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55: 7-12.
- Valberg, S.J., 2013. Muscle anatomy, physiology and adaptations to exercise and training. In: Hodgson DR, McKeever KH, McGowan CM, (Eds.) *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*. Elsevier Health Sciences. 2nd ed. China: Elsevier Saunders. p.174-201.
- Waller, A.P., Lindinger, M.I., 2010. Nutritional aspects of post exercise skeletal muscle glycogen synthesis in horses: a comparative review. *Equine Veterinary Journal*, 42(3):274-81.
- Young, L., 1999. Relative wall thickness: A useful indicator of sportspecific cardiac adaptatioos to training in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 19(9): 554-555.
- Zucca, E., Ferrucci, F., Croci, C., Di Fabio, V., Zaninelli, M., Ferro, E., 2008. Echocardiographic measurements of cardiac dimensions in normal Standardbred racehorses. *Journal of Veterinary Cardiology*, 10(1): 45-51.

---

**Atf Şekli:** Toker, M., 2024. Ulusal Yarış Atlarında Kalp Hipertrofinin Ekokardiyografi ile Değerlendirilmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1003–1009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14312697>.

**To Cite:** Toker, M., 2024. Assessment of Cardiac Hypertrophy in National Race Horses by Ecocardiography. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1003–1009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14312697>.

---

**Evcil Hayvanlarda Kalp Tümör Odakların Belirlenmesi ve Klinik Sonuçları**Melahat TOKER <sup>1\*</sup> <sup>1</sup> Yüksek İhtisas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoloji Bölümü, Ankara\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [melahattoker1410@hotmail.com](mailto:melahattoker1410@hotmail.com)**Geliş Tarihi (Received):** 28.07.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 10.09.2024**Özet**

Evcil hayvanlarda kalp boşluklarında oluşan ekojenik artışları (kardiak tümör-miksoma) ekokardiyografi ile değerlendirmek ve çıkan sonuçları paylaşmaktır. Ekokardiyografi yapılması için 2001 ile 2024 yılları arasında veteriner kliniklere gelen köpek ve kedilerden farklı görüntüler elde edildi. Ekokardiyografi çalışması için cihazlarda kedi- köpek kardiak probu kullanıldı ve görüntüler için renkli printer cihazla kayıtlar alındı. Kardiak çalışmalarda özellikle köpeklerde kalp içi ekojenik odakların çoğu tek taraflı olmakla beraber çift taraflı yerleşimli ekojenik artışlara rastlanıldı. Sol atrium yerleşim yeri açısından en sık görülen yer olmasına rağmen sağ atriumda nadir görüntülere rastlanıldı. Ekokardiyografide tümörün kaynaklandığı yer belirlenerek öncelikle medikal tedavi verildi. Hasta yakınlarına eğer medikal tedavi cevap vermezse tümörün çıkarılması gerekli olduğu söylendi. Kedi-köpek kardiak tümörü olan hastalarımızdan tedaviye cevap verenler oldu. Sol ve sağ atrium biatrial miksoması olan köpeğimiz ilk zamanlarda medikal tedavide iyi gibiydi ilerleyen kısa zamanda ex oldu. Sol atrial miksoması olan 2 kedide bir yılın sonunda ex oldu. Hala takip edilen kedi ve köpeklerimiz diğer kardiak problemlerinin tedaviye cevap vermesi hayat survivorlerini uzatmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Tümör, miksoma, renkli doppler ekokardiyografi, evcil hayvanlar**Determination of Heart Tumor Foci in Pets and Clinical Results****Abstract**

To evaluate echogenic increases in the heart chambers (cardiac tumor-myxoma) in domestic animals with echocardiography and to share the results. Different images were obtained from dogs and cats that came to veterinary clinics between 2001 and 2024 for echocardiography. For the echocardiography study, a cat-dog cardiac probe was used and the images were recorded with a color printer device. In cardiac studies, especially in dogs, most intracardiac echogenic foci were unilateral, but bilateral echogenic increases were observed. Although the left atrium was the most common location, rare images were observed in the right atrium. The origin of the tumor was determined on echocardiography and medical treatment was given first. The patient's relatives were told that if medical treatment did not respond, the tumor would have to be removed. Some of our patients with cat and dog cardiac tumors responded to treatment. Our dog, who had left and right atrium biatrial myxoma, seemed to be fine with medical treatment at first, but later died in a short time. Two cats with left atrial myxoma died after one year. Our cats and dogs, which are still being followed, are prolonging their lives as their other cardiac problems respond to treatment.

**Keywords:** Tumor, myxoma, color doppler echocardiography, pets

## 1.Giriş

Kardiak tümörlerden % 70-75'i benign, bunların da % 30-50'si miksomalar oluşturur. Kalp tümörleri primer (kalp kaynaklı) olabileceği gibi, bazen yakın bir tümörün yayılımı, bazen de uzaktaki bir tümörün metastazı olabilirler. Yerleşimleri, sırası ile % 75-80 sol atriumda, % 8- 20 sağ atriumda % 5-11 sağ ve sol atriumda, % 7 iki ventrikül arasında eşit dağılım gösterir (Colucci ve ark., 1992; Monnet ve ark., 1995). Miksoma, nonspesifik klinik özellikler sebebiyle klinik şüphesi zordur. Lokalizasyonlarına göre serebral ve pulmoneremboli nedeni olabilirler ve tanıda ekokardiyografi altın standarttır (González Ferrer ve ark., 2008; Islam, 2022). Miksomalar her ne kadar kalbin iyi huylu tümörleri olsalar da büyüme potansiyeli gösterdikleri, hareketli oldukları ve emboli (pıhtı atma) riski arz edebilir. Tümörün yapısı, lokalizasyonu, kitlenin büyüklüğü semptomları belirler. Miksomalar genellikle intrakardiyak tıkanma bulguları, embolizasyon, senkop veya ani ölüm (mitral kapağın tam olarak tıkanması veya koroner emboli nedeniyle) veya konstitüsyonel semptomlarla kendilerini gösterirler. Embolizasyon kardiyak miksomanın başlangıç semptomu olabilir. Embolizasyon tipik olarak düzensiz kenarlı ve jelatinöz yapısı olan, yumuşak kıvamlı, yazıda da tip 1 miksoma olarak tanımlanan papiller tip miksomada oluşur. Miksomaların yaklaşık % 10'unun genetik olduğu düşünülmektedir. Genellikle ateş, anemi ve sedimentasyon yüksekliği ile birlikte klinik olarak, sistemik emboli ve mitral darlığı semptomlarıyla ortaya çıkmasına rağmen nadir de olsa semptomsuz seyredebilirler. Hastaların büyük bir çoğunluğunda oluşan şikayetler genellikle kalbin sol kapakçığı olan mitral kapakçık hastalarındaki gibidir yani hastada nefes darlığı ve çarpıntı, bazen bayılma olabilir ve yere düşünce tekrar ayılır çünkü ayakta dururken miksoma kitlesi mitral kapağı tıkar ve beyine kan gidişi durur ve hasta bayılır, yere düşünce de yerçekimi etkisinden dolayı kitle mitral kapak içinde

dışarı çıkar ve beyine giden kan tekrar başlar ve hasta uyanır. Kalbin sağ tarafında yerleşmiş ise şikayetler, triküspid kapakçık hastalarındaki gibidir, nefes darlığı, çarpıntı görülür, çapı çok geniş ise boyun venlerinde dolgunluk, yüzde kızarıklık, karında ve bacaklarda ödem oluşabilir.

Dolaşıma katılıp embolizasyonuna bağlı Pulmoner Emboli görülebilir. Diğer komplikasyonlar arasında belirli kan anormallikleri bulunur. Düşük kırmızı kan hücresi sayısı (anemi) yorgunluğa, halsizliğe ve solgunluğa neden olabilir. Düşük trombosit sayısı kanın pıhtılaşması ile ilgili sorunlara neden olabilir ve insanların ciltlerinde kırmızı lekeler (peteşi) veya morluklar olabilir. Biz burada lokalizasyonları açısından hayvanlarda nispeten az görülen sağ atrial ve sol atrial kalp tümör vakalarını değerlendirilerek literatürlere katkı sağlamayı amaçladık.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Hayvan seçimi

Çalışma 2001- 2024 yılları arasında veteriner kliniklere gelen köpek ve kedilerden ekojenik artış gösteren (miksoma-tümör) hayvanlardan oluşturuldu.

### 2.2. Ekokardiyografik prodüser

Transtorasik ekokardiyografi (TTE) öncesinde evcil hayvanlar tetkik için hazırlandı. Bütün hastalara renkli Doppler Ekokardiyografi cihazları ile 5-7,5 mHz'lık ekokardiyografi probu kullanıldı, depth (derinlik) 2,5 cm, frame rate 125 fps ve renkli Doppler aliasing velositesi 40 cm/s olacak şekilde ayarlandı. Ekokardiyografik parametreler en az 3 kalp atımından elde edilecek şekilde kaydedildi. Görüntü alınabilmesi için transdüserin yerleştirileceği göğüs bölgesi çok tüylü olduğu için tıraş edildi ve bu bölgeye jel (Medical Mitsubishi Ultrason Gel) sürüldü. Hastaların hareket etmemesi için iki kişi ayaklarından tutarak sol tarafa yatırdı.



### 2.3. Ekokardiyografik teknikler

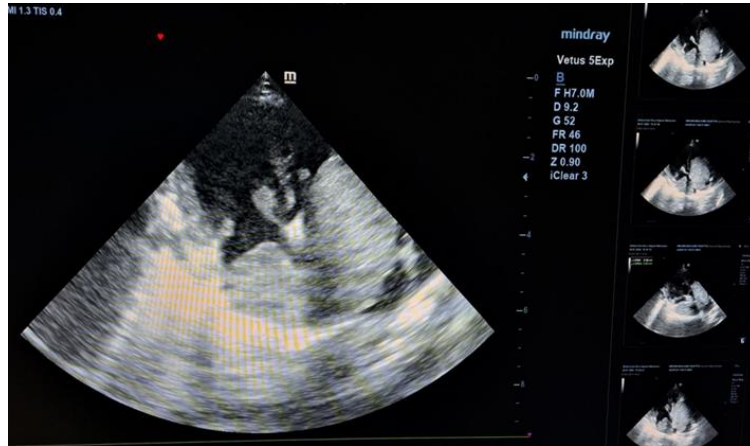
Ekokardiyografiye parasternal uzun eksen kesitinde 2. ile 4. interkostal aralıktan sol ve sağ sternum ile birleştiği yerden başlandı. Sternumun orta hattında 3. ile 4. interkostalaralıkta prob 30<sup>0</sup>-90<sup>0</sup> manevra yaptırılarak parasternal kısa eksen kesitinde görüntü elde edildi. Bütün ekokardiyografi çalışmalarında olduğu gibi evcil hayvanlarda da iki boyutlu (2D), M mod ve renkli Doppler teknikleri kullanıldı. Parasternal uzun eksen kesitinde teicholz yöntemiyle sol ventriküle ait parametreler alındı. Parasternal kısa eksen kesitinde aort kapağı, mitral kapak, triküspit kapak, pulmoner kapak, sol ventrikül papiller kas, pulmoner arterler, sağ ventrikül ve sağ atrium görüntüleri elde edildi. Prob

sternumdan biraz aşağı kaydırarak apikal pencerelerden farklı olarak modifiye kesit görüntü alınarak çalışmada değerli bilgiler elde edildi. Özellikle apikal 4(boşluk) kesitlerden kardiyak tümör tanısı net konuldu ve görüntüler resimlendi.

### 3. Bulgular

Evcil hayvanlarımızda Transtorasik Ekokardiyografide sol atriumu ya da sağ atriumu tamamen dolduran ya da her iki atriumda ekojenik artış gösteren kardiyak tümörler yuvarlak-oval, düzgün yüzeyli, solid kitle görünümünde izlendi.

Golden Retriever Cinsi 1 (bir) Köpekte İki boyutlu ekokardiyografide diastolde ve sistolde biatrial kardiyak tümör izlendi (şekil 1,2).



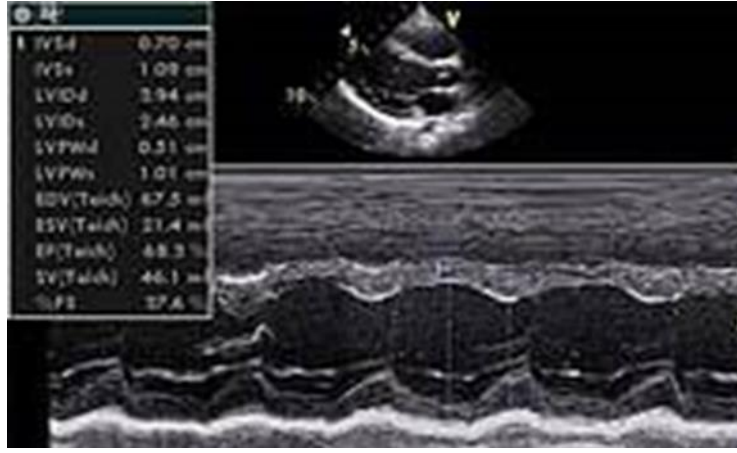
Şekil 1. Golden retriever cinsi köpekte iki boyutlu ekokardiyografide, diastolde biatrial kardiyak tümör örneği



Şekil 2. Golden retriever cinsi köpekte iki boyutlu ekokardiyografide, sistolde biatrial kitle (miksoma-tümör)

Bir pedikülle (sapla) sağ atrium posterior yüzüne tutunan miksomatöz yapıdaki miksomalar sapın kaynaklandığı atrium duvarlarından menşei alıyordu. Cocker cinsi 9 ve 10 yaşlarında 2 köpeğimizde sadece sol atriumda ekojenik artış izlendi. Yaşları 3, 11, 21 olan 2 dişi 1 erkek tekir kediler nefes darlığı, halsizlik, kusma ve karın bölgesinin belirgin şişme gibi şikayetlerin yaşanması üzerine kliniklere

başvurdular. Kedilerde yapılan Renkli Doppler ekokardiyografi incelemelerde parasternal uzun kesitinde teicholz yöntemiyle ortalama sol ventrikül diyastolik çapı 3.3 cm, sol atrium çapı 2.7 cm, interventriküler çapı 0.4 cm, lateral duvar çapı 0.3cm ve ejeksiyon fraksiyonu % 58, fraksiyonel kısalma % 28 değerleri elde edildi (şekil 3).

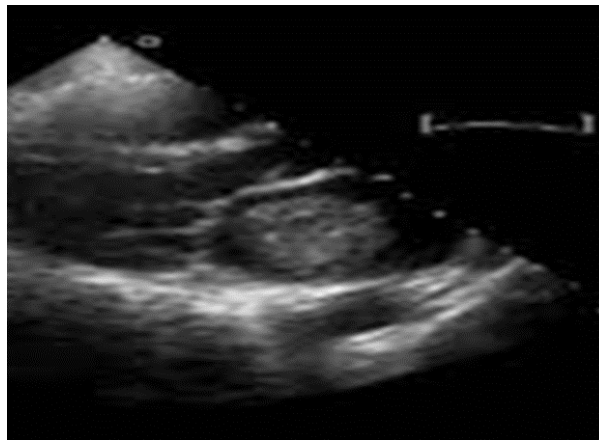


Şekil 3. Dişi tekir kedide teicholz yöntemiyle M mod ekokardiyografi

### 3.1. Sol ventrikül parametre ölçümü

Dişi tekir kedilerimizden birinin şikayetleri ciddi idi ve mitral kapakta orta derecede yetmezlik ve triküspit kapakta hafif derecede yetmezlik görülmekle birlikte pulmoner arter basıncı 28 mmhg

hesaplandı. Perikardial sıvı nispeten daha az görüldü. Diğer iki kedimizde sadece hafif mitral yetmezliği görüldü. Kedilerimizde mitral kapak anterior leaflet kısmında sol atriumdan menşei almış miksoma lehine boyutları farklı ekojenik artış izlendi (şekil 4).



Şekil 4. Tekir kedide iki boyutlu ekokardiyografide, kitle (miksoma-tümör) görüntü

#### 4. Tartışma ve Sonuç

İki boyutlu ekokardiyografi görüntüsünde biatriyal miksuma veya interatriyal septal miksuma genellikle fossa ovalisin sol atriyal tarafından ortaya çıkar ve foramen ovale yoluyla sağ atriyuma doğru prolabe olduğu görünür (Meng ve ark., 2002; González Ferrer ve ark., 2008; Greco ve ark., 2008). Miksomalar kardiak boşlukların endokardial yüzeyinden kaynaklanırlar ve kavite içi yayılım gösterirler. Atrial miksomaların % 95'i tek bir lezyondur. Atrial miksomalar % 90 oranında pediküllü olup, miksomanın endokardiyal yüzeye tutunması çoğunlukla ince bir pedikül ile; %10 oranında da pedikülsüz olarak geniş bir tabanla tutunur. Miksomalar fibrovasküler bir sapla fossaovalise, nadir olarak sağ ventrikül (% 5), mitral kapak (% 3) ve sol atriyal appendiksde yerleşim gösterirler (Ware, 2013; Khusnurrokhman ve ark., 2021). Miksomalar makroskopik olarak jelatinöz ve papiller bir görünümde olup, 1-2 cm'lik bir sapla endokarda tutunurlar ve embolize olmaya eğilim gösterirler. Sağ atriumdaki miksomalar, sol atriumdaki miksomalara göre daha solid yapıdadılar ve daha fazla geniş tabanlı olmaya eğilimlidirler. Morfolojik olarak iki tip miksuma tanımlanmıştır: Yuvarlak, düzgün yüzeyli, solid kitle (globüler yapı); düzensiz yüzeyli, parçalı kitle (polipoid yapı) yapılabiliyoruz (Lyons, 1991; Ware, 2013). Kardiyak miksomaların tromboembolik olaylar veya beyin metastazları nedeniyle nörolojik semptomları iyi bilinir. Serebral arterlerdeki hemoraji ve anevrizma özellikle sol atriyum içinde büyüyen miksuma ile ilişkilidir (Eddleman, 2010; Boyacıoğlu ve ark., 2018). Atrial miksomalar relatif olarak yavaş büyürler ve bazıları hiç semptom vermez. Miksomalı hastaların % 90'ında sistemik bulgular vardır. Bunlar başlıca kilo kaybı, yorgunluk, ateş ve eklem ağrılarıdır (Bartolatti ve ark., 1990; Kedokteran, 2022).

Trombüsle karışabilmesine rağmen bu oldukça nadir bir durumdur ve trombüs

daha düzensiz bir şekilde sahiptir ve daha frajildir (Ware, 2013; Kedokteran, 2022). Miksomalar emboli sebebi olmaları nedeniyle cerrahi eksizyonu en kısa zamanda yapılmalıdır ya da iyi medikal tedaviyle takip edilmelidir. Embolizasyona jelatinöz, yumuşak, lobüle, solid tümörlerde daha sık rastlanır. Sol atriyal miksomalarda embolizasyon insidansı % 25-50'dir. Pulmoner emboli % 10'dan az izlenir (İpek ve ark., 2005). Kardiyak kitle tanısında ilk istenen görüntüleme yöntemi genellikle Ekokardiyografidir.

Ekokardiyografi kalpteki ekojenik artışı tespit eden, şeklini, orijini, kapaklarda fonksiyon bozukluğuna neden olup olmadığını ayırt edici özelliğe sahip laboratuvar tanı yöntemidir.

Bizim vakalarda kalp dilatasyonu ve orta derecede mitral kapak yetmezlikleri saptandı.

Bazı hastalar medikal takip ve tedavi cevap verirken malign olan biatriyal tümörü olan köpeğimiz medikal tedaviye çok kısa zaman cevap vererek ve ex oldu. Triküspit kapaklarda yetmezlik akımları hafif derece saptanırken stenoza rastlanılmamıştır. Cerrahi eksizyonu yapılan hastalarımız olmadı. Kardiak tümörü olan hastaların mortalitesi medikal tedaviye rağmen zaman içerisinde yüksek seyretti. Eğer evcil hayvanlarda miksomalar beşeride olduğu gibi çıkartılma gibi imkanları olsaydı sanırım yaşam kaliteleri daha iyi olurdu.

Sonuç olarak, Ekokardiyografik görüntü kalp içi ve dışındaki ekojenik artış (kitle, tümör, miksuma, trombüs vb) için benzersiz bir araçtır. Miksomalar en sık kardiyak tümörler olsa bile biatriyal miksomalar beşeride oldukça nadir görülen bir durum iken biz 1(bir) köpeğimizde yakalama şansını elde ettik. Kardiak tümör ve miksomalarda fizik muayene bulguları olmayabilir ve klinik açıdan şüphe duyulması zordur ve ekokardiyografik kontrol şarttır.

#### Açıklama

Bu çalışmanın önerisi ve planlanması sürecinde verdiği tüm destekler için

veteriner hekim arkadaşlara ve kardiyolog arkadaşlara teşekkür ederim.

### Kaynaklar

- Bartolatti, U., Maraglino, G., Rubin, O.M., 1990. Surgical excision of intracardiac myxoma a 20-year follow-up. *Annals of Thoracic Surgery*, 49: 449-453.
- Colucci, W.S., Braunwald, E., 1992. Primary tumors of the heart. *Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine*, Fourth Edition, WB Saunders Company, pp. 1451- 1464.
- Eddleman, C.S., Gottardi-Littell, N.R., Bendok, B.R., Batjer, H.H., Bernstein, R.A., 2010. Rupture of cerebral myxomatous aneurysm months after resection of the primary cardiac tumor. *Neurocrit Care*, 13:252-255.
- González Ferrer, J.J., Carnero, M., Labayru, V.L., de Isla, L.P., Zamorano, J.L., 2008. Left atrial myxoma prolapsing through the foramen ovale. *European Journal of Echocardiography*, 9:595- 597.
- Greco, A., Meomartino, L., Raiano, V., Fatone, G., Brunetti, A., 2008. Effect of left vs. right recumbency on the vertebral heart score in normal dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49: 454-455.
- Ipek, G., Erentug, V., Bozbuga, N., Polat, A., Guler, M., Kirali, K., 2005. Surgical management of cardiac myxoma. *Journal of Cardiac Surgery*, 20:300-304
- Islam, A.K.M., 2022. Cardiac myxomas: A narrative review. *World Journal of Cardiology*, 14(4): 206-219.
- Boyacıoğlu, K., Ketenciler, S., Akdemir, İ., 2018. Kardiyak miksoma: tersiyer bir referans merkezinin 14 yıllık deneyimi. *Koşuyolu Heart Journal*, 21(3):253.
- Kedokteran, C.D., 2022. Diagnosis dan tata laksana miksoma jantung. *Journal Article*, 49(5): 265-268.
- Khusnurrokhman, G., Wulandari, L., 2021. Mediastinal non hodgkin's lymphoma to right atrium mimicking right atrial myxoma. *Folla Medica Indonesiana*, 57(4): 345-350.
- Lyons, S.V.I., Cord, J., Smith, S., 1991. Asymptomatic glant right atrial myxoma, Role of transesophageal echocardiography in management: *American Heart Journal*, 151:1555-1557.
- Meng, Q., Lai, H., Lima, J., Tong, W., Qian, Y., Lai, S., 2002. Echocardiographic and pathologic characteristics of primary cardiac tumors: a study of 149 cases. *International Journal of Cardiology*, 84: 69-75.
- Monnet, E., Orton, E.C., Salman, M., Boon, J., 1995. Idiopathic dilated cardiomyopathy in dogs: survival and prognostic indicators. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 9(1):12-7.
- Ware, A.W., 2013. Cardiomegaly, In: Ware AW, editör. *Cardiovascular Disease in Small Animal Medicine*, Francis Group, p. 98-100.

---

**Atf Şekli:** Toker, M., 2024. Evcil Hayvanlarda Kalp Tümör Odakların Belirlenmesi ve Klinik Sonuçları. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1010-1015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14312975>.

**To Cite:** Toker, M., 2024. Determination of Heart Tumor Foci in Pets and Clinical Results. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1010-1015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14312975>.

---

## Toprak İşleme ve Herbisit Uygulamalarının İkinci Ürün Mısır Tarımında Yabancı Ot Kontrolü ve Tane Verimine Etkileri

Ümran ÇİFTÇİ TORUN <sup>1\*</sup>, Songül GÜRSOY <sup>2</sup>, Cumali ÖZASLAN <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Diyarbakır

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği, Diyarbakır

<sup>3</sup> Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Diyarbakır

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [cftcumran@gmail.com](mailto:cftcumran@gmail.com)

**Geliş Tarihi (Received):** 29.07.2024

**Kabul Tarihi (Accepted):** 10.09.2024

### Özet

Bu çalışmanın amacı, arpa hasadı sonrası ikinci ürün mısır (*Zea mays* L.) tarımında farklı toprak işleme sistemleri ve herbisit uygulamalarının yabancı ot yoğunluğu ve tane verimini nasıl etkilediğini belirlemektir. Bu amaçla, 2022-23 yetiştirme sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında iki yıllık bir tarla denemesi yürütülerek, farklı toprak işleme yöntemleri [geleneksel toprak işleme (kulaklı pulluk+kültivatör), azaltılmış toprak işleme (diskli tırmık) ve sıfır toprak işleme] ve herbisit uygulamaları [çıkış öncesi, çıkış sonrası, çıkış öncesi + çıkış sonrası, yabancı otsuz kontrol, yabancı otlu kontrol] karşılaştırılmıştır. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülen denemelerde, ana parselleri toprak işleme yöntemleri, alt parselleri ise herbisit uygulamaları oluşturmuştur. Çalışma sonucunda, farklı toprak işleme yöntemlerinin hem yabancı ot yoğunluğu hem de tane verimi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, herbisit uygulamalarının yabancı otlar ve ürün verimi üzerinde etkili olduğu, herbisitlerin hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası birlikte uygulamasının yabancı otların yoğunluğunu ve biyomas ağırlıklarını önemli ölçüde azaltarak, tane veriminde artış meydana getirdiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İkinci ürün mısır, toprak işleme, yabancı ot, herbisit, verim

### Effects of Different Tillage and Herbicide Applications on Weed Control and Yield in the Double Crop Maize Agriculture

#### Abstract

The aim of this study was to determine how different tillage systems and herbicide application impact weed density and grain yield in the double crop maize (*Zea mays* L.) agriculture after barley. For this purpose, a two-years field trial was carried out in the experimental areas at Agriculture Faculty, Dicle University, Diyarbakır, Turkey in the 2022-23 growing season, comparing different soil tillage methods [conventional tillage (mouldboard plough+cultivator), reduced tillage (disc harrow) and no-tillage] and herbicide applications [pre-emergence, post-emergence, pre-emergence + post-emergence, weed-free control, weedy control]. In the experiments carried out with three replications according to the split plot design in randomized blocks, the main plots were composed of soil tillage methods and the sub-plots were composed of herbicide applications. The results of the study indicated that while different soil tillage methods had no effect on both weed density and the grain yield, herbicide applications significantly affected them. Both pre-emergence and post-emergence herbicide application significantly reduced the weed density and biomass.

**Keywords:** Double crop maize, tillage, herbicide, weed, yield

## 1. Giriş

İnsan gıdası, hayvan yemi ve çok çeşitli endüstriyel uygulamalarda çok yönlü kullanılmakta olan mısır bitkisi, buğday ve pirinçten sonra ekilen alan ve tüketim açısından kıyaslandığında, üçüncü en önemli tarım ürünlerinden biri haline gelmiştir. Başlangıçta Orta Amerika'da yetiştirilen mısır, coğrafi adaptasyon ve iklimsel direncinden dolayı tüm dünyaya hızlıca yayılmıştır (Abbassian, 2007). Günümüzde ise geniş kullanım alanları, yüksek uyum kapasitesi ve verimliliği sayesinde dünya çapında buğdaydan sonra en çok üretilen tahıl konumuna gelmiştir (Turhal, 2021). Mısır bitkisinin gelişim hızı ve verimi buğdaydan oldukça yüksektir. Ayrıca buğday bitkisi, 7–8 aylık bir zaman diliminde 70–120 cm boya ulaşmakta, bitki başına 50–100 tohum üretebilmekteyken, mısır bitkisi 4 ay gibi kısa bir süre diliminde 2,5–4,5 metre boya ulaşabilmekte ve tek bir bitkiden 600–1000 tohum üretebilmektedir. Mısır bitkisinin bu yüksek dane ve yeşil aksam veriminden dolayı insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanımının yanı sıra biyo-yakıt olarak ta bütün gözleri kendisine çevirmiştir (Özcan, 2009). Mısır bitkisi ana veya ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir. Özellikle Güneydoğu Anadolu gibi sıcak bölgelerde 1980 yılından beri Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından desteklenen projelerle ikinci ürün tarımı buğday ve arpa hasadından sonra yaygın olarak uygulanmaya devam etmektedir (Ayaz ve ark., 2013). İkinci ürün mısır tarımında karlılığı ve verimi artırmak için göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan birisi de bir önceki kışlık tahıldan boşalan tarlanın en kısa zamanda hazırlanarak ekim işleminin gerçekleştirilmesidir. Ülkemizde diğer ürünlerde olduğu gibi ikinci ürün mısır tarımında da yoğun toprak işleme girdi maliyetlerinde önemli oranda artış meydana getirdiği gibi, tohum yatağı hazırlığı ve ekimin zamanında yapılmasında önemli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Geleneksel toprak işleme yöntemlerinin gerek girdi maliyetlerinde

meydana getirdiği artış gerekse toprağın sürdürülebilirliği üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, bu yöntemlere alternatif oluşturabilecek koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemlerinin yaygınlaştırılması yönünde yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmaktadır (Sağlam ve ark., 2010).

Fakat, korumalı toprak işleme yöntemlerinde toprağın devrilerek işlenmemesi, yabancı ot tohumlarının toprak yüzeyinde kalması çimlenmeleri ve çıkışlarını kolaylaştırdığı için bu yöntemlerin yaygınlaştırılmasında karşılaşılan en önemli sorunlardan biri olduğu ifade edilmektedir (Işık ve ark., 2000). Bitkisel üretimde ekonomik verim kaybının başlıca nedenlerinden biri, yabancı otlardır. Yabancı otlar, kültür bitkileriyle hem rekabet ederek hem de allelopatik etkiler yoluyla olumsuz bir etki yaratmakta ve tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir (Sırrı ve ark., 2020). Mısır bitkisi, yabancı otlar ile çok iyi rekabet etmesine rağmen yabancı otlarla mücadele edilmediği takdirde mısır tarımında yabancı otlar, tohum ve yeşil aksam verimi ile ürün kalitesinin düşmesine ve hasadın yapılmasında sorunlara neden olmaktadır. Özellikle erken gelişim döneminde mısırın yabancı otlarla rekabetinin çok zayıf olduğu, bu dönemde yabancı otların kontrol altına alınmasının oldukça önemli bir husus olduğu ifade edilmektedir. Bitkinin çimlenme döneminden 4-6 yapraklı döneme gelinceye kadarki süreçte yabancı otlarla uygun mücadelenin yapılmaması ürün verim ve kalitesinde önemli düzeyde kayıpların meydana geldiği bildirilmiştir (Berzsenyi ve ark., 1995; Hall ve ark., 2002; Güngör ve Uygur, 2005; Silva ve ark., 2011). Birçok kültür bitkisinde olduğu gibi mısır tarımında da yabancı otların zararını en aza indirmek için çeşitli kontrol yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yabancı ot kontrol yöntemleri kültürel, mekanik, kimyasal yabancı ot kontrol yöntemleri olarak sıralanabilir. Kültürel yabancı ot kontrolü, çeşit seçimi, ürün rotasyonu, toprak işleme,

malçlama, hasat ve hasat sonrası işleme gibi ürün yönetimi uygulamalarını içermektedir. Toprak işleme, yabancı ot tohumlarının çimlenmesi ve gelişimi üzerindeki büyük etkisi nedeniyle yabancı ot kontrolünde en önemli uygulamalardan biri olarak bilinmektedir (Shrestha ve ark., 2019; Işık ve ark., 2000). Son yıllarda dünya genelinde kimyasal kullanımına yönelik artan çevresel farkındalık ve hassasiyetler, yabancı ot kontrolünde toprak işlemenin önemini daha da artırmıştır. Toprak işleme esnasında toprağın fiziksel özelliklerinin değişmesi ve yabancı ot tohumlarının toprağa gömülmesi yabancı otların çıkışı ve gelişimi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca, farklı toprak işleme aletleri ve makinelerinin ve bu alet ve makinelerin periyodik kullanımından ortaya çıkan toprak işleme yöntemlerinin yabancı ot kontrolü üzerindeki etkileri, topraktaki yabancı ot tohumlarının dağılımı, yoğunluğu ve çimlenme yetenekleri üzerindeki farklı etkilerinden dolayı farklıdır. Dolayısıyla toprak işleme yöntemindeki değişiklik sadece kültür bitkisinin büyümesini değil aynı zamanda yabancı ot gelişimini de etkilemektedir (Buhler ve ark., 2000; Reuss ve ark., 2001; Lutman ve ark., 2002). Son yıllarda, toprak erozyonunu azaltması ve toprak nem kaybını önlemesi nedeniyle korumalı toprak işleme sistemlerine olan ilgi artmıştır (Hussain ve ark., 2021). Ancak korumalı toprak işleme yöntemlerinde, toprak yüzeyinde kalan yabancı ot tohumlarının çıkışının hızlı olması, kültür bitkilerinin ilk gelişim dönemlerinde yabancı otlarla rekabetini azalttığı için sorunlara neden olmaktadır (Giller ve ark., 2015; Nichols ve ark., 2015). Birçok araştırmacı (Carter ve ark., 2002; Cardina ve ark., 2002; Adeux ve ark., 2019) korumalı toprak işleme sistemlerinin yabancı ot yoğunluğunda artış meydana getirdiğini gözlemlerken, Chauhan ve Johnson (2010); Samarajeewa ve ark. (2006) korumalı toprak işleme

yöntemlerinde bir önceki ürün artıklarının toprak yüzeyinde bırakılmasının, yabancı otların çıkışını bastırdığı ve çıkış zamanını geciktirdiği için kültür bitkilerinin yabancı otlarla rekabetinde önemli bir katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, toprak işleme ve toprak yüzeyindeki anız, herbisitlerin etkinliği üzerinde önemli etkiye sahiptir (MacLaren ve ark., 2021). Toprak işleme sistemlerinin yabancı ot kontrolü ve verim üzerindeki bu farklı araştırma sonuçları, çalışmaların yürütüldüğü alanlardaki iklim, toprak koşulları, ürün deseni ve uygulanan tarımsal işlemlerdeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilmektedir. Toprağın işlenmemesinden dolayı mısır tarımında ortaya çıkacak yabancı otların kontrolü amacıyla ekim öncesi, çıkış öncesi veya çıkış sonrası herbisit uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla mısır bitkisine selektif pek çok herbisit çeşidi geliştirilmiştir. Bu herbisitler arasında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ikinci ürün tarımında Dimethenamid-p+Terbuthylazine etken maddeli herbisitler çıkış öncesi, Mesotrione+ Nicosulfuron etken maddeli herbisitler çıkış sonrası yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu herbisitlerin farklı toprak işleme sistemlerindeki etkinliği de farklı olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, arpa hasadı sonrası ikinci ürün mısır (*Zea mays* L.) tarımında farklı toprak işleme sistemleri ve herbisit uygulamalarının yabancı ot ve tane verimi üzerine etkilerini araştırmaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Denemeler, 2022-2023 yaz yetiştirme sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında (37°53'25"N, 40°16'29"E) iki yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. Denemenin kurulduğu 2022 ve 2023 yıllarına ve uzun yıllara ait Diyarbakır ilinin meteorolojik verileri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Diyarbakır iline ait uzun yıllar ve deneme alanının kurulmuş olduğu yıllara ait meteorolojik veriler

Aylar	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)			Yağış Ortalaması (mm)			Nispi Nem Oranı (%)		
	2022	2023	Uzun yıllar	2022	2023	Uzun yıllar	2022	2023	Uzun yıllar
<b>Haziran</b>	26.9	26.2	26.49	10.8	0	5.98	34	37.5	34.62
<b>Temmuz</b>	31.1	30.8	31.57	0	1.4	1.38	22.6	25.2	25.5
<b>Ağustos</b>	31	32.1	31.02	0	0	0.26	25.8	22.4	25.49
<b>Eylül</b>	26	26.6	25.52	0	0.4	4.7	25.4	26.7	29.13
<b>Ekim</b>	19.1	18.7	18.45	23.4	5.8	45.02	43.8	52.9	46.8
<b>Kasım</b>	10.7	13.2	9.94	87.6	13.6	38.38	77.5	74.0	70.42

Denemelerin yürütüldüğü Diyarbakır ilinin uzun yıllar meteorolojik verilerine göre, sert kara ikliminin tipik özelliklerini taşıdığını, yaz aylarında sıcaklıklar oldukça yüksek, kışların diğer Doğu Anadolu bölgelerine kıyasla daha ılıman geçtiği belirtilmektedir. En sıcak ay ortalama sıcaklığı 31 dereceye kadar yükselirken, en soğuk ay ortalama sıcaklığı ise 1,8 derece olarak ölçülür. Deneme çalışmalarının yürütüldüğü dönemlerin son 10 yıllık sıcaklık ortalamalarına bakıldığında; en yüksek ortalama sıcaklık Temmuz (31.57 °C), en fazla yağış Ekim (45.02 mm), en yüksek nispi nem Kasım (% 70.42) ayında ve vejetasyon dönemlerinde ortalama 95.72 mm toplam yağış meydana geldiği görülmüştür. Bitki vejetasyon döneminin 2022 ve 2023 yıllarındaki meteorolojik verileri uzun yılların ortalamalarıyla karşılaştırıldığında, genellikle aylık sıcaklık ortalamaların uzun yıllardan daha yüksek, nispi neminin ise daha düşük olduğu Tablo 1’de görülmektedir. Ön bitkinin arpa olduğu deneme çalışmalarının yürütüldüğü alanların yüzey anız miktarı, 2022 yılında 152 kg ha<sup>-1</sup>, 2023 yılında ise 247 kg ha<sup>-1</sup>; toprak özellikleri ise kil bünyeli, ph 7,99, organik madde 0,72, % CaCO<sub>3</sub> 2,28, alınabilir P ve K sırasıyla 12,08 kg da<sup>-1</sup>, 63,45 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Arpa hasadı sonrası ikinci ürün mısır tarımında farklı toprak işleme yöntemleri ve herbisit uygulamalarının denendiği bu çalışmada denemeler, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemelerde ana parsellerin toprak işleme yöntemleri [geleneksel toprak işleme yöntemleri (kulaklı pulluk+kültivatör,

KP+K), azaltılmış toprak işleme (diskli tırmık, DT) ve sıfır toprak işleme (Doğrudan ekim)], alt parselleri ise herbisit uygulamaları [çıkış öncesi (ÇÖ), çıkış sonrası (ÇS), çıkış öncesi + çıkış sonrası (ÇÖ+ÇS), yabancı otsuz kontrol, yabancı otlu kontrol] oluşturmuştur. Toplam parsel sayısı 45 olan denemelerdeki her bir alt parselin genişliği 2m, uzunluğu ise 5m olarak belirlenmiştir. Geleneksel toprak işleme yönteminin uygulanacağı parseller, kulaklı pullukla (25-30 cm) ve kültivatör (10-15 cm); azaltılmış toprak işleme yönteminde diskli tırmık (15-20 cm) ile işlenmiş, doğrudan ekim yönteminde ise herhangi bir toprak işleme yapılmadan ekici ayaklarının önünde diskli kesicilere sahip pünomatik ekim makinasıyla sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Tohumluk olarak Diyarbakır bölgesinde yoğun olarak tercih edilen Kws firmasına ait kefrancos mısır çeşidi, ekim derinliği 6-8 cm olacak şekilde ekimler gerçekleştirilmiştir. Tohumluk miktarı, m<sup>2</sup> ye 10 tohum ekilecek şekilde hesaplanmıştır. Gübre olarak dekara 12 kg saf azot, 12 kg saf fosfor olacak şekilde 20-20-0 formu ekimle birlikte ve üre formu (% 46 N) üst gübre olarak kullanılmıştır. Ekimden hemen sonra yağmurlama sistemiyle sulama yapılmış, daha sonraki aşamalarda bitkiler 15-20 cm boylandığında 1 kez olmak üzere çapalama işlemi ve lister çekilerek karıklar oluşturulmuş ve karık sulama sistemiyle sulama işlemi yapılmıştır. Ortalama 9 defa sulama yapılmış; toprak yapısı, iklim koşulları ve bitki istekleri doğrultusunda sulama sayısında artış azalış göstermiştir. Diyarbakır’ da sorun olan hastalık veya



zararlılarla karşılaşılması durumunda deneme alanının tamamına ilaçlama yapılmıştır (mısır koçan kurdu, mısır kurdu ve bozkurt için Maestro (50 g l<sup>-1</sup> Lambda-cyhalothrin) 30-50 ml da<sup>-1</sup> dozda, Mısır tel kurdu için Hekvidor (600 g l<sup>-1</sup> Imidacloprid), 600 ml/100 kg tohum ilaçlaması, Mısır çizgili yaprak kurdu için Doctrine (WG),12,5 g da<sup>-1</sup> kullanılmıştır). Denemelerde herbisit uygulamaları çıkış öncesi, çıkış sonrası, hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası olarak uygulanmıştır. Kullanılan herbisitlerin, ticari isimleri,

etkili maddeleri ve uygulama zamanları ve dozları Tablo 2’de verilmiştir. Deneme alanında yabancı otlara karşı herbisit uygulamasında yapılmasında 16 litre kapasiteye sahip yelpaze huzmeli meme uçlu mekanik sırt pülverizatörü kullanılmıştır. Yabancı otsuz kontrol parsellerinde, ekimden 82-90 gün sonrasına kadar her hafta yabancı otlar elle temizlenerek kontrol altına alınmış; Tamamen yabancı otlu kontrol parsellerinde ise herhangi bir yabancı ot kontrolü yapılmamıştır.

**Tablo 2.** Deneme alanına uygulanan herbisitler

Ticari ismi	Etkili madde	Doz (ml da <sup>-1</sup> )	Uygulama zamanı	Etki ettiği yabancı otlar
<b>Akris</b>	Dimethenamid-P +Terbutylazine	300	Ekimden sonra 3 gün içinde	Benekli darıcan ( <i>Echinochloa colonum</i> )
				Çatal out ( <i>Digitaria sanguinalis</i> )
				Darıcan ( <i>Echinochloa crus-galli</i> )
				Köpek üzümü ( <i>Solanum nigrum</i> )
				Semizotu ( <i>Portulaca oleracea</i> )
				Sirken ( <i>Chenopodium album</i> )
				Sürünücü horozibiği ( <i>Amaranthus blitoides</i> )
				Şeytan elması ( <i>Datura stramonium</i> )
				Tilki kuyruğu ( <i>Amaranthus retroflexus</i> )
				Yapışkan ot ( <i>Setaria verticillata</i> )
Yabani bamya ( <i>Hibiscus trionum</i> )				
<b>Monett</b>	Mesotrione+Nicosulfuron	200-300	Yabancı otlar 2-6 iken yapraklı dönemde	Benekli darıcan ( <i>Echinochloa colonum</i> )
				Domuz pıtrağı ( <i>Xanthium strumarium</i> )
				İmam pamuğu ( <i>Abutilon theophrastii</i> )
				Kanyaş ( <i>Sorghum halepense</i> )
				Köpek üzümü ( <i>Solanum nigrum</i> )
				Sirken ( <i>Chenopodium album</i> )
				Tarla sarmaşığı ( <i>Convolvulus arvensis</i> )
Tilkikuyruğu ( <i>Amaranthus retroflexus</i> )				
Yabani bamya ( <i>Hibiscus trionum</i> )				

Uygulamaların yabancı otların yoğunluğu üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yabancı otların vejetatif durumları göz önünde bulundurularak birinci sayım ekimden 26 gün sonra (kontrol parsellerinde kültür bitkisi çıkışları tamamlandığında), ikinci sayım ekimden 45 gün sonra, üçüncü sayım ekimden 100 gün sonra (mısırların tepe püskülü çıkardığı dönemde) ve dördüncü sayım ekimden 130 gün sonra (hasattan önce) olmak üzere dört ayrı dönemde 1 m<sup>2</sup>'lik çerçeve her bir parsele iki defa

atılarak çerçeveye düşen yabancı otlar sayılmış ve ortalamaları alınmıştır. Yabancı otların kuru biyomas ağırlıklarını belirlemek amacıyla 2022 sadece hasat öncesi, 2023 yılında ise hem çapalama hem de hasat öncesi her parselde 1 m<sup>2</sup> alandaki yabancı otlar toprak yüzeyinden hasat edilerek etüvde 70 °C’de 48 saat bekletilerek tartımları yapılmıştır (Doğan ve ark., 2009). Toprak işleme herbisit uygulamalarının mısır tane verimine etkilerini belirlemek amacıyla 4 sıralı parsellerin birer sırası ve parsellerin

başından ve sonunda 3'er bitki kenar tesiri olarak bırakılıp ortadaki iki sıra elle hasat edilmiş; Hasat edilen koçanlar elle danelenmiş, danelenmiş mısırın nem içeriği belirlenerek, dane verimi % 15 nem içeriğine göre düzeltilmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP istatistik paket programı (SAS Institute Inc., 2002) kullanılarak Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Faktörlerin etkilerinin istatistik olarak önemli bulunduğu durumlarda, gruplar arasındaki LSD çoklu testi kullanılarak  $P \leq 0,05$  önem seviyesine göre karşılaştırılmıştır. Veriler varyans analizine tabi tutulmadan normallik açısından test edilmiş; normal dağılım göstermeyen

yabancı ot yoğunluğu ve yabancı ot kuru biyomas ağırlığına ait verilere karekök ( $\sqrt{x + 0,5}$ ) dönüşümü uygulanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Deneme alanında bulunan yabancı ot türleri ve yoğunlukları Tablo 3'te verilmiştir. Denemelerin yürütüldüğü 2023 yılında deneme alanındaki metre karede yabancı ot sayısı 39.14 bitki  $m^2$  olurken, 2022 yılında ise 8.17 bitki  $m^2$  olduğu Tablo 3'te görülmektedir. Her iki yılda da en yoğun yabancı ot türlerinin kendinden gelen arpa ve domuz pıtrağının olduğu bunu kanyaşın izlediği görülmüştür. Birinci yıldaki yabancı ot tür sayısının ikinci yıldan daha az olduğu görülmüştür.

**Tablo 3.** Deneme alanında gözlenen yabancı ot türleri ve ortalama yoğunlukları

Bilimsel ismi	Türkçe ismi	Ortalama yoğunluk, bitki $m^2$	
		2022	2023
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Kırmızı köklü horoz ibiği	0,33	0,35
<i>Convolvulus arvensis</i>	Tarla sarmaşığı	0,22	0,25
<i>Convolvulus galaticus</i>	Boz tarla sarmaşığı	0,49	0,60
<i>Convolvulus betanicifolius</i>	Kabatüylü tarla sarmaşığı	-	0,19
<i>Cyperus longus</i>	Uzun topalak	-	1,16
<i>Citrullus colocynthis</i>	Ebuçehil karpuzu	-	0,05
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Meyan	0,22	-
<i>Hordeum vulgare</i>	Kendinden gelen arpa	5,27	14,86
<i>Hibiscus trionum</i>	Yabani bamya	-	0,08
<i>Malvella leprosa</i>	Ebegümeçi	0,02	-
<i>Myagrurn perfoliatum</i>	Gönül hardalı	-	0,27
<i>Physalis angulata</i>	Fener otu	-	1,02
<i>Physalis philadelphica</i>	Fener otu	-	0,10
<i>Portulaca oleracea</i>	Semizotu	-	1,02
<i>Polygonum cognatum</i>	Madımak	-	0,05
<i>Silybum marianum</i>	Meryemana dikenli	0,05	0,10
<i>Sorghum halepense</i>	Kanyaş	0,49	4,16
<i>Sinapis arvensis</i>	Yabani hardal	-	1,41
<i>Xanthium strumarium</i>	Domuz pıtrağı	1,08	13,52
<b>Toplam</b>		<b>8,17</b>	<b>39,14</b>

Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının yabancı otların yoğunluğu üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yabancı otların vejetatif durumları göz önünde bulundurularak birinci sayım ekimden 26 gün sonra (kontrol parsellerinde kültür bitkisi çıkışları tamamlandığında) ikinci sayım ekimden 45 gün sonra, üçüncü sayım ekimden 100 gün

sonra (mısırların tepe püskülü çıkardığı dönemde) ve dördüncü sayım ekimden 130 gün sonra (hasattan önce) birim alandaki yabancı ot sayılarına uygulanan varyans analizi ve LSD çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7'de verilmiştir. Söz konusu tablolar incelendiği zaman gözlemlerin alındığı tüm dönemlerde herbisit uygulamalarının birim

alandaki yabancı ot yoğunluğu üzerinde önemli etkiye sahip olduğu, toprak işleme uygulamaları arasında istatiki anlamda önemli düzeyde bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Her dört dönemde alınan yabancı ot yoğunluğu gözlemlerinde de, birim alandaki en düşük toplam yabancı ot sayısı, hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası herbisitlerin uygulandığı parsellerde olduğu gözlemlenmiştir. Herbisitlerin uygulandığı parseller yabancı ot kontrolüne yönelik herhangi bir işlemin yapılmadığı otlu kontrol parselleriyle kıyaslandığı zaman, birinci ve ikinci yabancı ot sayımı dönemlerinde, hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası birlikte uygulandığı parsellerdeki yabancı ot kontrol etkinliğinin % 87 olduğu, sadece çıkış sonrası uygulamalarda ise % 70~78 dolaylarında olduğu görülmüştür. Birinci sayım döneminde çıkış sonrası herbisit uygulamalarındaki yabancı ot yoğunluğunun daha yüksek olması, çıkış sonrası uygulanan Mesotrione+Nicosulfuron etkili maddeye sahip monett herbisitinin deneme alanındaki tüm yabancı ot türlerine etkisinin aynı anda olmamasından kaynaklanmış olabilir. Herbisitlerin yabancı ot türlerini kontrol etmedeki etkinliği, iklim (yağış, sıcaklık), toprak (nem, organik madde, tekstür, pH vb.) ve uygulanan tarımsal işlemler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Fakat, hangi faktörün herbisitinin etkinliğini etkilediğini birbirinden ayırmak oldukça

güçtür (Sushaa ve ark., 2018). Bu çalışmada, deneme alanlarının özelliklerinin her iki yılda farklı olması, yabancı ot yoğunluklarının yıllar arasında farklı olmasına neden olmuş olabilir. Yabancı ot yoğunluğuna etkisi bakımından toprak işleme yöntemleri arasında önemli bir farklılık olmamasına rağmen, kulaklı pulluk+kültivatör toprak işleme yönteminin kullanıldığı alanlardaki yabancı ot yoğunluğunun diskli tırmık ve toprak işlemez ekim yöntemlerinin uygulandığı alanlardan daha düşük olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Conns (1987), Ali ve ark. (2011) gibi araştırmacılar, kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işleme yöntemlerinin azaltılmış ve toprak işlemez ekim yöntemleri ile karşılaştırıldığı zaman yabancı ot yoğunluğunu azalttığını gözlemlemişlerdir. Fakat Usman ve ark. (2010) korumalı toprak işleme yöntemlerindeki yabancı ot yoğunluğunun geleneksel toprak işleme yöntemlerinden daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Literatürdeki bu farklı sonuçlar, yürütülen çalışmalarda iklim ve toprak özellikleri veya uygulanan kültürel işlemlerin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, toprak işleme uygulamalarında kullanılan farklı toprak işleme aletlerinin yabancı ot tohumlarının toprağın farklı derinliklerine gömülmesine neden olduğu için yabancı otların çıkışı üzerinde de önemli derecede etkili olmaktadır (Buhler, 1995).

**Tablo 4.** Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının ekimden 26 gün sonra yabancı ot yoğunluğuna etkisi (bitki m<sup>2</sup>)

Herbisit uygulamaları	2022			2023			Ortalama (Herbisit)
	KP+K	DT	DE	KP+K	DT	DE	
ÇÖ	4.25	5.75	4.65	12.26	13.95	17.93	9.13 c
ÇS	6.17	6.41	6.98	21.89	26.90	28.36	14.56 b
ÇÖ+ÇS	2.86	2.86	3.31	13.49	11.99	7.30	6.34 c
Kontrol (otsuz)	0	0	0	0	0	0	0 d
Kontrol (otlu)	34.03	26.77	23.22	51.77	86.78	83.05	48.72 a
<b>Ortalama (Yıllar)</b>	5.75 b			18.22 a			
Toprak işleme Uygulamaları	Herbisit uygulamaları					Ortalama (Toprak işleme)	
	ÇÖ	ÇS	ÇÖ+ÇS	Kontrol (Otsuz)	Kontrol (Otlı)		
KP+K	7.77	12.88	7.27	0	42.44	9.94	
DT	9.43	14.96	6.71	0	52.54	12.11	
DE	10.27	15.93	5.13	0	48.58	11.64	
Varyans Analizi							
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi			Kareler ortalaması			
Yıl	1			67.73**			
Hata 1	4			2.46			
Toprak işleme	2			0.42ns			
Hata 2	8			0.43			
Herbisit	4			88.12**			
Yıl*Toprak işleme	2			0.83ns			
Yıl*Herbisit	4			6.42**			
Toprak işleme*herbisit	8			0.28ns			
Yıl*Toprak işleme*Herbisit	8			0.89ns			
Hata	47			0.58			
Genel	88						
<b>Değişim katsayısı (%)</b>	22.22						

KP+K, Kulaklı Pulluk+Kültivatör; DT, Diskli Tırmık; DE, Doğrudan Ekim; ÇÖ, Çıkış Öncesi Herbisit Uygulama; ÇS, Çıkış Sonrası Herbisit Uygulama; \*, %5 Seviyesinde Önemli; \*\*, %1 Seviyesinde Önemli; ns, Önemli Değil.

**Tablo 5.** Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının ekimden 45 gün sonraki yabancı ot yoğunluğuna etkisi (bitki m<sup>2</sup>)

Herbisit uygulamaları	2022			2023			Ortalama (Herbisit)
	KP+K	DT	DE	KP+K	DT	DE	
ÇÖ	3.84	4.24	7.24	10.88	10.49	12.41	7.84b
ÇS	4.87	4.66	4.59	9.29	11.27	6.94	6.73b
ÇÖ+ÇS	2.20	2.45	3.65	4.48	5.59	4.97	3.79c
Kontrol (otsuz)	0	0	0	0	0	0	0d
Kontrol (otlu)	33.24	26.78	23.22	26.37	42.12	36.83	31.09a
<b>Ortalama (Yıllar)</b>	5.34 b			9.13 a			
Toprak işleme Uygulamaları	Herbisit uygulamaları					Ortalama (Toprak işleme)	
	ÇÖ	ÇS	ÇÖ+ÇS	Kontrol (Otsuz)	Kontrol (Otlı)		
KP+K	6.94	9.91	3.25	0	29.70	6.36	
DT	7.04	7.62	3.88	0	34.02	7.65	
DE	9.65	5.70	4.28	0	29.64	7.41	
Varyans Analizi							
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi			Kareler ortalaması			
Yıl	1			8.37**			
Hata 1	4			3.49			
Toprak işleme	2			0.14ns			
Hata 2	8			0.71			
Herbisit	4			54.53**			
Yıl*Toprak işleme	2			0.39ns			
Yıl*Herbisit	4			0.72ns			
Toprak işleme*herbisit	8			0.21ns			
Yıl*Toprak işleme*Herbisit	8			0.38ns			
Hata	47			0.41			
Genel	88						
<b>Değişim katsayısı (%)</b>	23.33						

KP+K, Kulaklı Pulluk+Kültivatör; DT, Diskli Tırmık; DE, Doğrudan Ekim; ÇÖ, Çıkış Öncesi Herbisit Uygulama; ÇS, Çıkış Sonrası Herbisit Uygulama; \*, %5 Seviyesinde Önemli; \*\*, %1 Seviyesinde Önemli; ns, Önemli Değil.

**Tablo 6.** Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının ekimden 100 gün sonraki yabancı ot yoğunluğuna etkisi (bitki m<sup>2</sup>)

Herbisit uygulamaları	2022			2023			Ortalama (Herbisit)
	KP+K	DT	DE	KP+K	DT	DE	
ÇÖ	7.19	9.05	5.32	13.90	12.96	15.32	10.30b
ÇS	7.81	7.65	10.95	9.62	12.91	11.19	9.94b
ÇÖ+ÇS	4.53	4.96	3.96	5.33	8.24	7.11	5.60c
Kontrol (otsuz)	0	0	0	0	0	0	0
Kontrol (otlu)	7.19	26.78	23.22	16.38	24.62	21.29	24.06a
<b>Ortalama (Yıllar)</b>	7.40			8.80			
Toprak işleme Uygulamaları	Herbisit uygulamaları					Ortalama (Toprak işleme)	
	ÇÖ	ÇS	ÇÖ+ÇS	Kontrol (Otsuz)	Kontrol (Otlı)		
KP+K	10.28	8.69	4.92	0	24.32	7.16	
DT	10.92	10.25	6.51	0	25.69	8.63	
DE	9.71	11.07	5.43	0	22.24	7.92	
Varyans Analizi							
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi			Kareler ortalaması			
Yıl	1			1.26 ns			
Hata 1	4			2.62			
Toprak işleme	2			0.19ns			
Hata 2	8			0.69			
Herbisit	4			40.87**			
Yıl*Toprak işleme	2			0.46ns			
Yıl*Herbisit	4			1.83**			
Toprak işleme*herbisit	8			0.10ns			
Yıl*Toprak işleme*Herbisit	8			0.32ns			
Hata	47			0.44			
Genel	88						
<b>Değişim katsayısı (%)</b>	22.83						

KP+K, Kulaklı Pulluk+Kültivatör; DT, Diskli Tırmık; DE, Doğrudan Ekim; ÇÖ, Çıkış Öncesi Herbisit Uygulama; ÇS, Çıkış Sonrası Herbisit Uygulama; \*, %5 Seviyesinde Önemli; \*\*, %1 Seviyesinde Önemli; ns, Önemli Değil.

**Tablo 7.** Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının ekimden 130 gün sonraki yabancı ot yoğunluğuna etkisi (bitki m<sup>2</sup>)

Herbisit uygulamaları	2022			2023			Ortalama (Herbisit)
	KP+K	DT	DE	KP+K	DT	DE	
ÇÖ	11.16	9.34	10.91	6.17	10.06	7.85	9.16 b
ÇS	9.45	11.51	8.37	7.82	7.58	11.10	9.25 b
ÇÖ+ÇS	6.21	5.72	7.13	4.01	3.12	4.66	5.06 c
Kontrol (otsuz)	0	0	0	0	0	0	0 d
Kontrol (otlu)	34.28	26.78	23.22	16.39	18.89	18.12	21.98 a
<b>Ortalama (Yıllar)</b>	8.31 a			6.29 b			
Toprak işleme Uygulamaları	Herbisit uygulamaları					Ortalama (Toprak işleme)	
	ÇÖ	ÇS	ÇÖ+ÇS	Kontrol (Otsuz)	Kontrol (Otlı)		
KP+K	8.49	8.62	5.05	0	24.54	6.86	
DT	9.69	9.45	4.34	0	22.67	7.42	
DE	9.32	9.69	5.83	0	20.59	7.50	
Varyans Analizi							
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi			Kareler ortalaması			
Yıl	1			3.99*			
Hata 1	4			2.61			
Toprak işleme	2			0.00187 ns			
Hata 2	8			0.36			
Herbisit	4			37.83**			
Yıl*Toprak işleme	2			0.37 ns			
Yıl*Herbisit	4			0.69 ns			
Toprak işleme*herbisit	8			0.12 ns			
Yıl*Toprak işleme*Herbisit	8			0.24 ns			
Hata	47			0.31			
Genel	88						
<b>Değişim katsayısı (%)</b>	22.83						

KP+K, Kulaklı Pulluk+Kültivatör; DT, Diskli Tırmık; DE, Doğrudan Ekim; ÇÖ, Çıkış Öncesi Herbisit Uygulama; ÇS, Çıkış Sonrası Herbisit Uygulama; \*, %5 Seviyesinde Önemli; \*\*, %1 Seviyesinde Önemli; ns, Önemli Değil.

Çalışmada kullanılan uygulamaların yabancı otların hasat öncesi kuru biyomas ağırlıklarına etkisini belirlemek amacıyla elde edilen verilere uygulanan varyans

analizi ve LSD çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Tablo 8 incelendiği zaman, hem herbisit uygulamalarının hem de toprak işleme

yöntemlerinin yabancı otların hasat öncesi kuru biyomas ağırlığını önemli derecede etkilediği görülmektedir. Herbisit uygulamaları ilişkin ortalamalar karşılaştırıldığında, en düşük yabancı ot kuru biyomas ağırlığı otsuz kontrol parsellerinden sonra hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası herbisitlerin uygulandığı parsellerde olduğu gözlemlenmiştir. Yalnızca çıkış öncesi ve yalnızca çıkış sonrası herbisit uygulamaları arasındaki farkın istatiki anlamda önemli olmadığı gözlenmiştir. Herbisitlerin uygulandığı parseller yabancı ot kontrolüne yönelik herhangi bir işlemin yapılmadığı otlu kontrol parselleriyle kıyaslandığı zaman,

herbisitlerin hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası birlikte uygulandığı parsellerdeki yabancı ot kuru biyomas ağırlığının % 85 oranında, çıkış öncesi uygulamalarda % 68, çıkış sonrası uygulamalarda ise % 58 oranında daha az olduğu görülmüştür. Yabancı ot kuru biyomas ağırlığına etkisi yönünden toprak işleme uygulamaları karşılaştırıldığında, kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işleme uygulamasında yabancı ot kuru biyomas ağırlığının en düşük olduğu, diskli tırmık ve toprak işlemez doğrudan ekim uygulamaları arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu Tablo 8'de görülmektedir.

**Tablo 8.** Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının hasat öncesi yabancı ot kuru ağırlığına etkisi (g m<sup>2</sup>)

Herbisit uygulamaları	2022			2023			Ortalama (Herbisit)
	KP+K	DT	DE	KP+K	DT	DE	
ÇÖ	28.08	58.99	39.11	18.04	51.43	66.30	41.83 b
ÇS	26.27	78.12	62.63	37.07	49.13	107.64	57.16 b
ÇÖ+ÇS	13.65	26.94	15.49	17.03	10.31	38.01	19.39c
Kontrol (otsuz)	0	0	0	0	0	0	0 d
Kontrol (otlu)	114.80	157.09	126.06	88.46	137.70	179.97	132.37 a
<b>Ortalama (Yıllar)</b>	36.30			38.57			
Toprak işleme Uygulamaları	Herbisit uygulamaları				Ortalama (Toprak işleme)		
	ÇÖ	ÇS	ÇÖ+ÇS	Kontrol (Otsuz)	Kontrol (Otlu)		
KP+K	22.79	31.44	15.29	0	101.20	24.99 b	
DT	55.15	62.79	18.01	0	147.24	41.96 a	
DE	51.83	83.63	25.54	0	151.82	47.27a	
Varyans Analizi							
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi			Kareler ortalaması			
Yıl	1			0.76ns			
Hata 1	4			13.34			
Toprak işleme	2			28.89*			
Hata 2	8			4.01			
Herbisit	4			286.22**			
Yıl*Toprak işleme	2			14.93			
Yıl*Herbisit	4			0.21			
Toprak işleme*herbisit	8			3.63			
Yıl*Toprak işleme*Herbisit	8			1.84			
Hata	48			2.94			
Genel	89						
<b>Değişim katsayısı (%)</b>				27.82			

KP+K, Kulaklı Pulluk+Kültivatör; DT, Diskli Tırmık; DE, Doğrudan Ekim; ÇÖ, Çıkış Öncesi Herbisit Uygulama; ÇS, Çıkış Sonrası Herbisit Uygulama; \*, %5 Seviyesinde Önemli; \*\*, %1 Seviyesinde Önemli; ns, Önemli Değil.

Arpa hasadı sonrası ikinci ürün olarak ekilen mısırın ortalama dekara tane verimleri gözönüne alındığında herbisit uygulamalarının ve yılların mısırın tane verimini önemli derecede etkilediği, toprak işleme yöntemleri arasında farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada yıl, herbisit,

toprak işleme uygulamaları arasındaki tüm interaksiyonların istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 9). Yıllar karşılaştırıldığı zaman, 2022 yılındaki mısırın tane veriminin (1089.90 kg/dekar) 2023 yılında elde edilen verimden (472.89 kg dekar<sup>-1</sup>) önemli düzeyde daha yüksek olduğu Tablo 9'da

görülmektedir. 2023'te toprak yüzeyinde bulunan anız miktarının fazla olmasından dolayı ekim mibzerinin tohumları eşit dağıtamaması ve bunun sonucunda bitki çıkışlarının az olması ve böcek zararından dolayı verimde düşüş meydana gelmiştir. Birim alandaki en yüksek tane verimi, hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası herbisitlerin uygulandığı parsellerde olduğu gözlemlenmiştir. Herbisitlerin uygulandığı parseller yabancı ot kontrolüne yönelik herhangi bir işlemin yapılmadığı otlu kontrol parselleriyle kıyaslandığı zaman, herbisitlerin hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası birlikte uygulanması mısırın tane verimini % 41.26 oranında artırırken, sadece çıkış öncesi herbisit uygulaması % 22, sadece çıkış sonrası uygulamalarda ise % 21 dolaylarında ürün verimini artırdığı görülmüştür. İki yıllık birleşik analiz sonuçları, ikinci ürün tane verimine etkisi yönünden toprak işleme yöntemleri arasında istatiki anlamda önemli düzeyde farklılıkların olmadığını göstermiştir. Ortalama tane verimi, kulaklı pulluk+kültivatör uygulamasında 746.82

kg/dekar, diskli tırmık uygulamasında 796.40 kg dekar-1, toprak işlesiz doğrudan ekim yönteminde ise 800.95 kg/dekar olarak belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar toprak işleme yöntemlerinin ürün verimi üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik yürüttükleri çalışmalarda farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Zeren ve ark. (1993), Yalçın ve ark. (2003), So ve ark. (2009) gibi birçok araştırmacı ikinci ürün mısır tarımında minimum toprak işleme yöntemleri veya doğrudan ekim uygulamalarının başarıyla uygulanabileceğini belirlerken, Korucu ve ark. (2004), Arora ve ark. (1991), Kersten ve Hack (1991) toprak işlesiz doğrudan ekim yönteminde ürün veriminin pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işleme yöntemlerindeki kadar düşük olduğunu gözlemlenmişlerdir. Bu çalışmalarda sonuçların farklılığı, çalışmaların yürütüldüğü iklim ve toprak özelliklerin farklı olması yanında, kullanılan ekim makinası, anız yönetimi ve kültürel işlemlerin farklı olmasından kaynaklanmıştır olabilir.

**Tablo 9.** Toprak işleme ve herbisit uygulamalarının ikinci ürün mısır tarımında tane verimine etkisi, kg dekar<sup>-1</sup>

Herbisit uygulamaları	2022			2023			Ortalama (Herbisit)
	KP+K	DT	DE	KP+K	DT	DE	
ÇÖ	1103	1117	1173	400	370	479	773.60 b
ÇS	1120	1040	958	424	501	552	765.98 b
ÇÖ+ÇS	1077	1362	1274	589	518	534	892.34 a
Kontrol (otsuz)	1161	1206	1076	559	504	553	843.40b
Kontrol (otlu)	618	1068	996	415	278	415	631.64c
<b>Ortalama (Yıllar)</b>	1089.90 a			472.89 b			
Toprak işleme Uygulamaları	Herbisit uygulamaları				Ortalama (Toprak işleme)		
	ÇÖ	ÇS	ÇÖ+ÇS	Kontrol (Otsuz)	Kontrol (Otlı)		
KP+K	752	773	833	860	517	746.82	
DT	743	770	940	855	673	796.40	
DE	826	755	904	815	705	800.95	
Varyans Analizi							
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi			Kareler ortalaması			
Yıl	1			8565780**			
Hata 1	4			625546			
Toprak işleme	2			27048.2ns			
Hata 2	8			33869.6			
Herbisit	4			174942**			
Yıl*Toprak işleme	2			69060.8 ns			
Yıl*Herbisit	4			31968.2 ns			
Toprak işleme*herbisit	8			17093.7 ns			
Yıl*Toprak işleme*Herbisit	8			39450.1 ns			
Hata	47			24882			
Genel	88						
<b>Değişim katsayısı (%)</b>				20.10			

KP+K, Kulaklı Pulluk+Kültivatör; DT, Diskli Tırmık; DE, Doğrudan Ekim; ÇÖ, Çıkış Öncesi Herbisit Uygulama; ÇS, Çıkış Sonrası Herbisit Uygulama; \*, %5 Seviyesinde Önemli; \*\*, %1 Seviyesinde Önemli; ns, Önemli Değil.

#### 4. Sonuçlar

Farklı toprak işleme ve herbisit uygulamalarının arpa hasadı sonrası ikinci ürün mısır tarımında yabancı ot yoğunluğu ve tane verimi üzerine olan etkilerinin belirlendiği bu çalışmanın sonuçlarına göre; Yabancı ot kontrolüne yönelik herhangi bir işlemin yapılmadığı otlu kontrol parselleriyle kıyaslandığı zaman, herbisit uygulamalarının hem toplam yabancı ot yoğunluğunu hem de yabancı otların toplam kuru biyomas ağırlığını önemli düzeyde azalttığı görülmüştür. Herbisitlerin hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası uygulanması durumunda yabancı otların yoğunlukları ve biyomas ağırlıklarının diğer uygulamalara göre daha düşük, tane veriminin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toprak işleme uygulamalarının yabancı ot yoğunluğu ve verim üzerindeki etkileri önemsiz olurken, Kulaklı pulluk+kültüvatör uygulamasındaki, yabancı ot kuru biyomas ağırlığının daha düşük olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışmadaki bulgular deneme alanına benzer toprak ve iklim koşullarında arpadan sonra ikinci ürün mısır tarımında doğrudan anıza ekim yönteminin kullanılabileceğini göstermektedir.

#### Yazar Katkısı

Makalenin hazırlanmasında yazarlar eşit katkıda buldukları ve makalenin yayınlama aşamasında son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

#### Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın 'İkinci Ürün Mısır Tarımında Uygulanan Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinde Sürdürülebilir Yabancı Ot Kontrol Olanaklarının Araştırılması' başlıklı yazım aşamasındaki doktora tezinden üretilmiştir.

#### Kaynaklar

- Abbassian, A., 2006. Maize: International Market Profile. In Background Paper for the Competitive Agriculture in Sub-Saharan African, Economic and Social Department, Trade and Markets Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy.
- Adeux, G., Munier-Jolain, N., Meunier, D., Farcy, P., Carlesi, S., Barberi, P., Cordeau, S., 2019. Diversified grain-based cropping systems provide long-term weed control while limiting herbicide use and yield losses. *Agronomy for Sustainable Development*, 39: 42.
- Ali, K., Khalil, S.K., Hussain, Z., Munsif, F., Waqas, M., 2011. Effect of various tillage methods and nitrogen management on weeds and maize performance. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 17(3).
- Arora, V.K., Gajri, P.R., Prihar, S.S., 1991. Tillage effect on corn in sandy soil in relation to water retentively, nutrient and water management and seasonal evaporability. *Soil and Tillage Research*, 21:1-21.
- Ayaz, M., Özpınar, H., Yaman, S., Acar, A.A., Aksu, Y., Yavrutürk, Y., Niksarlı İnal, F., Aksu, S., Aygün, Y., 2013. İkinci ürün tarımında yaygın olarak kullanılan ve kullanılabilecek olan silajlık mısır çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 1-11.
- Berzsenyi, P., Bonis, B., Arendas, T., 1995. Investigations about the effects of some factors influencing the efficacy of postemergence weed control in maize (*Zea mays* L.), dang quoc lap, agricultural research institute of the hungarian academy of sciences, *9th EWRS Symposium*, Budapest, pp. 257-264.



- Buhler, D.D., 1995. Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. *Crop Science*, 35: 1247 - 1258.
- Buhler, D.D., Liebman, M., Obrycki, J.J., 2000. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science*, 48: 274-280.
- Cardina, J., Herms, C.P., Doohan, D.J., 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50: 448-460.
- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ioany, J.A., White, R.P., 2002. Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool – humid climate of Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research*, 67: 85-98.
- Chauhan, B.S., Johnson, D.E., 2010. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. *Advances in Agronomy*, 105: 221-262.
- Conns, J.S., 1987. Effect of tillage and cropping sequence on Alaskan weed vegetation: Studies on land under cultivation for eleven years. *Soil and Tillage Research*, 9: 265-274.
- Doğan, M.N., Unay, A., Boz, O., Oğüt, D., 2009. Effect of pre-sowing and pre-emergence glyphosate applications on weeds in stale seedbed cotton. *Crop Protection*, 28: 503-507.
- Giller, K.E., Andersson, J.A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., Vanlauwe, B., 2015. Beyond conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 6: 870.
- Güngör, M., Uygur, F.N., 2005. Adana ili mısır ekim alanlarında yabancı otlara karşı uygulanan kimyasal mücadelenin önemi ve ortaya çıkan sorunların araştırılması. Yüksek lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Hall, R.M., Swanton C.J., Anderson W.G., 2002. The critical period of weed control in grain maize (*Zea mays*). *Weed Science Congress*, 40: 441-447.
- Hussain, S., Guo, R., Sarwar, M., Ren, X., Krstic, D., Aslam, Z., Zulifqar, U., Rauf, A., Hano, C., El-Esawi, M.A., 2021. Carbon sequestration to avoid soil degradation: A review on the role of conservation tillage. *Plants*, 10: 2001.
- Işık, D., Mennan, H., Dok, M., Kaya Altop, E., 2000. Koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinde yabancı ot mücadelesi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 27(2):45-57.
- Kersten, M., Hack, F., 1991. Effect of four tillage methods on growth of maize in Zambia.
- Korucu, T., Say, M.S., Cerit, İ., Ülger, A.C., Kirişçi, V., Turkay, M.A., Sarihan, H., Şen, H.M., 2004. Farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak sıkışıklığı ve verim üzerindeki etkileri. 22. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Kongre Bildiriler Kitabı, 08-10 Eylül, Aydın, pp. 12.
- Lutman, P.J.W., Cussans, G.W., Wright, K.J., Wilson, B.J., Wright, G. Mc. N., Lawsan, H.M., 2002. The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. *Weed Research*, 42: 231- 241.
- MacLaren, C., Labuschagne, J., Swanepoel, P.A., 2021. Tillage practices affect weed differently in monoculture vs. crop rotation. *Soil and Tillage Research*, 205: 104795.
- Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R., Govaerts, B., 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. *Field Crop. Research*, 183: 56-68.
- Özcan, S., 2009. Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2(2): 01-34.

- Reuss, S.A., Buhler, D.D., Gunsolus, J.L., 2001. Effects of soil depth and aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil. *Applied Soil Ecology*, 16: 209-217.
- Sağlam, R., Çıkman, A., Monis, T., 2010. Harran ovasında azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemez tarım tekniklerinin uygulanması (II. ürün mısır ve susam yetiştiriciliği). *Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı*, Konya, 27 Mayıs.
- Sırrı, M., Özaslan, C., Fidan, M., 2020. Siirt'te doğal yayılış gösteren parazit yabancı otlar ve konukçuları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(4): 808-822.
- Samarajeewa, K.B.D.P., Horiuchi, T., Oba, S., 2006. Finger millet (*Eleuchis corocana* L. Gaertn) as a cover crop on weed control, growth and yield of soybean under different tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 90: 93-99.
- Shrestha, J., Timsina, K.T., Subedi, S., Pokhrel, D., Chaudhary, A., 2019. Sustainable weed management in maize (*Zea mays* L.) production: a review in perspective of southern Asia. *Turkish Journal of Weed Science*, 22(1):133-143.
- Silva, P.S.L., Silva, P.I.B., Silva, K.M.B., Oliveira, V.R., Pontes Filho, F.S.T., 2011. Corn growth and yield in competition with weeds. *Planta daninha*, 29(4): 793-802.
- So, H.B., Grabski, A., Desborough, P., 2009. The impact of 14 Years of Conventional and No-Till Cultivation on the Physical Properties and Crop Yields of a Loam Soil at Grafton NSW Australia.
- Sushaa, V.S., Dasa, T.K., Natha, C.P., Pandeyb, R., Paul, S., Ghosh, S., 2018. Impacts of tillage and herbicide mixture on weed interference, agronomic productivity and profitability of a maize – Wheat system in the Northwestern Indo-Gangetic Plains. *Field Crops Research*, 219: 180-191.
- Usman, K., Khalil, S.K., Khan, M.A., 2010. Impact of tillage and herbicides on weed density and some physiological traits of wheat under rice-wheat cropping system. *Sarhad Journal of Agriculture*, 26(4): 475-487.
- Turhal, K., 2021. Türkiye'de yıllara göre mısır (*Zea mays* L.) ekim alanları ile verimin mısır üretimine olan etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2): 418-425.
- Yalçın, H., Çakır, E., Akdemir, H., Öcel, T., Soya, H., 2003. Doğrudan ekim ve dipkazan uygulamalarının ikinci ürün mısırdaki verime etkileri. *21. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Konya, pp. 167-171.
- Zeren, Y., Işık, A., Özgüven, F., 1993. GAP bölgesinde ikinci ürün tane mısır yetiştirmede farklı toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırılması. *5. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, İzmir, pp. 43-54.

---

**Atıf Şekli:** Çiftçi Torun, Ü., Gürsoy, S., Özaslan, C., 2024. Toprak İşleme ve Herbisit Uygulamalarının İkinci Ürün Mısır Tarımında Yabancı Ot Kontrolü ve Tane Verimine Etkileri. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1016-1029.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14313234>.

**To Cite:** Çiftçi Torun, Ü., Gürsoy, S., Özaslan, C., 2024. Effects of Different Tillage and Herbicide Applications on Weed Control and Yield in the Double Crop Maize Agriculture. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1016-1029.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14313234>.

---

**Alıç (*Crataegus* spp.) Meyvesinin Etnobotaniği, Tıbbi ve Besinsel Potansiyeli**Hemin Jalil Mustafa MUSTAFA <sup>1</sup>, Adnan YAVIÇ <sup>1\*</sup>, Latife DOĞAN <sup>2</sup><sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türk Halk Edebiyatı Anabilim Dalı, Van\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [adnanyavic@yyu.edu.tr](mailto:adnanyavic@yyu.edu.tr)**Geliş Tarihi (Received):** 02.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 15.09.2024**Özet**

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), geniş bir etnobotanik geçmişe ve geleneksel kullanıma sahip olup, özellikle kalp sağlığını destekleyici özellikleriyle tanınmaktadır. Tarih boyunca farklı kültürlerde halk hekimliğinde kalp ritmini düzenlemek, kan dolaşımını iyileştirmek, sindirim sorunlarını hafifletmek ve bağışıklık sistemini güçlendirmek amacıyla yaygın şekilde kullanılmıştır. Modern bilimsel araştırmalar ise alıcın içerdiği flavonoidler, fenolik bileşikler, triterpenoidler ve proantosiyanidinler gibi biyoaktif bileşiklerin güçlü antioksidan, anti-inflamatuar ve kardiyovasküler sağlığı destekleyici özelliklerini doğrulamaktadır. Bu nedenle, alıç meyvesi fonksiyonel gıdalar ve doğal sağlık ürünlerinde yüksek bir kullanım potansiyeline sahiptir. Alıç meyvesi, dünya genelinde ve özellikle Türkiye’de önemli bir etnobotanik değere sahiptir. Türkiye’nin çeşitli bölgelerinde alıç, yüksek tansiyonu düşürmek, sindirim problemlerini hafifletmek, kan dolaşımını iyileştirmek ve sakinleştirici bir etki yaratmak amacıyla kullanılmaktadır. Anadolu kültüründe alıç, sadece bir gıda maddesi değil, aynı zamanda sağlık kaynağı olarak görülür. Özellikle kalp sağlığını destekleyici, bağışıklık sistemini güçlendirici ve metabolik dengeyi koruyucu etkileri ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma, alıç meyvesinin antioksidan kapasitesinin oksidatif stresi azaltıcı etkilerini ve hücre sağlığını destekleyici özelliklerini ele almakta ve modern sağlık ürünleri ile fonksiyonel gıdalarda doğal bir bileşen olarak kullanım potansiyelini incelemektedir. Ancak alıcın sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin daha kapsamlı anlaşılabilmesi için ek araştırmalar gerekmektedir. Özellikle alıcın güvenli ve etkin doz aralıklarının belirlenmesi, biyokimyasal etkilerinin aydınlatılması ve kanser gibi ciddi hastalıklardaki potansiyel rolünün araştırılması büyük önem taşımaktadır. Alıç, çay ve kapsül formlarında kalp sağlığını destekleyici olarak kullanılabilmesi gibi, kurutulmuş meyve veya reçel olarak tüketildiğinde doğal bir antioksidan katkısı sağlar. Geleneksel tüketim biçimleri olan pekmez, sirke ve marmelat gibi ürünler de bağışıklık sistemini destekleyen sağlıklı bir diyetin parçası olarak önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalp sağlığı, geleneksel kullanım, antioksidan özellikler, besin değeri**Ethnobotany, Medicinal and Nutritional Potential of Hawthorn (*Crataegus* spp.) Fruit****Abstract**

Hawthorn fruit (*Crataegus* spp.) has a broad ethnobotanical history and traditional use, primarily recognized for its heart health-supporting properties. Throughout history, it has been widely utilized in various cultures’ folk medicine to regulate heart rhythm, improve blood circulation, alleviate digestive issues, and strengthen the immune system. Modern scientific studies further validate these traditional uses by confirming that hawthorn’s bioactive compounds, including flavonoids, phenolic compounds, triterpenoids, and proanthocyanidin, provide potent antioxidant, anti-inflammatory, and cardiovascular-supporting benefits. Consequently, hawthorn fruit holds significant potential as a natural ingredient in functional foods and health products. Hawthorn fruit is particularly valued for its ethnobotanical importance worldwide and especially in Turkey. In many Turkish regions, it is employed for its ability to lower high blood pressure, soothe digestive problems, enhance blood circulation, and provide a calming effect. In Anatolian culture, hawthorn is regarded not only as a food but also as a source of health. Its contributions to heart health, immune system enhancement, and metabolic balance are particularly emphasized. This study examines the antioxidant properties of hawthorn fruit, its effects on reducing oxidative stress, and its cell health-supporting attributes, with an evaluation of its potential as a natural component in modern health products and functional foods. However, further research is required to thoroughly understand the beneficial effects of hawthorn fruit on health. Specifically, determining safe and effective dosage ranges, elucidating its biochemical effects, and exploring its potential role in serious conditions like cancer are of paramount importance. Hawthorn can be consumed in forms such as tea and capsules to support cardiovascular health, while dried fruit or jam offers a natural antioxidant boost. Traditional forms like molasses, vinegar, and marmalade are also recommended as part of a health-supportive diet for immune system benefits.

**Keywords:** Cardiovascular health, traditional use, antioxidant properties, nutritional value, functional foods

## 1.Giriş

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), uzun bir kullanım geçmişine sahip, geleneksel tıpta önemli bir yere sahip olan bitkisel bir üründür. Özellikle kalp ve damar sağlığı üzerindeki olumlu etkileriyle tanınan alıç, farklı kültürlerde halk sağlığını desteklemek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Chang ve ark., 2002; Bahorun ve ark., 2003). Alıcın temel biyoaktif bileşenleri olan flavonoidler ve fenolik bileşikler, antioksidan özellikleri sayesinde kardiyovasküler sağlığın korunmasında önemli katkılar sunmaktadır (Nazhand ve ark., 2020). Türkiye’de "kalp dostu" olarak bilinen alıç, halk arasında kalp rahatsızlıklarının hafifletilmesi amacıyla yaygın olarak tüketilmektedir (Walker ve ark., 2006) (Şekil 1).

Alıcın besin değeri de oldukça yüksektir; C ve E vitaminleri, potasyum, magnezyum gibi minerallerin yanı sıra diyet lifleri içermesi, onu yalnızca sağlığı destekleyici bir gıda olarak değil, aynı zamanda gıda endüstrisinde fonksiyonel bir bileşen olarak da değerli kılmaktadır (Alirezalu ve ark., 2020). Bu nedenle, gıda takviyelerinde ve doğal ilaçlarda sıkça kullanılan bir bileşen haline gelmiştir.

Bu çalışmada alıç meyvesinin tarihsel ve etnobotanik önemi, tıbbi özellikleri ve besinsel potansiyeli incelenmiştir. Mevcut literatürün gözden geçirilmesiyle, alıcın halk sağlığına katkıları ve geniş bir

yelpazeye yayılan kullanımları ele alınarak bu bitkinin gelecekteki araştırmalarda daha iyi anlaşılmasına katkı sunulması amaçlanmaktadır.

## 2. Etnobotanik Özellikler

### 2.1.Kültürel ve geleneksel kullanımı

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), tarih boyunca hem Türkiye’de hem de dünya genelinde geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan bir bitki olmuştur. Türkiye’nin farklı bölgelerinde alıç, kalp sağlığını destekleme ve yüksek tansiyonu düşürme gibi sorunlarda doğal bir tedavi aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle kırsal kesimlerde, kalp çarpıntısı, anksiyete ve sindirim sorunlarını hafifletmek için alıç tüketimi yaygındır (Altundag ve Öztürk, 2011). Türkiye’de alıç genellikle kurutulmuş halde tüketilirken, alıç reçeli, pekmezi ve çayı gibi ürünleri de yaygındır. Alıç çayı, özellikle sakinleştirici etkisi nedeniyle stres ve uyku sorunları yaşayan bireyler tarafından tercih edilmektedir (Şekil 1).

Avrupa’da ise alıç, Orta Çağ’dan bu yana kalp sağlığına katkısı olduğu düşünülerek kullanılmıştır. Almanya, Fransa ve İngiltere gibi ülkelerde kalp çarpıntısı, kan dolaşımı problemleri ve anksiyete gibi rahatsızlıkların tedavisinde, alıç içerikli bitkisel ilaçlar kullanılmıştır (Fong, 2008).



Şekil 1. Alıç bitki ve meyvesinden yapılan geniş ürün desenine ait örnekler

Çin'de ise alıç meyvesi, sindirim sorunları, yüksek kan basıncı ve damar sertleşmesine karşı geleneksel Çin tıbbında önemli bir yere sahiptir (Li ve ark., 2023). Alıç, Çin mutfağında kurutulmuş formda veya tatlılarda kullanıldığı gibi, alıç şarabı gibi içeceklerin yapımında da tercih edilmektedir.

Alıç'ın tüm bu geleneksel kullanımları, modern tıpta yapılan araştırmalarla desteklenmiş ve bitki, kalp ve damar sağlığı ile sindirim sorunları gibi alanlarda bitkisel tedavi seçeneklerinde yerini almıştır (Zhang ve ark., 2001). Bu özellikleri, alıç meyvesini dünya genelinde hem kültürel hem de tıbbi açıdan değerli bir bitki haline getirmiştir.

## 2.2. Kullanım yöntemleri

Alıç meyvesi, Türkiye ve dünya genelinde çeşitli şekillerde tüketilmektedir. Taze, kurutulmuş, çay, reçel, şurup veya pekmez gibi formları halk arasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Her bir kullanım şeklinin kendine özgü yararları bulunmakta ve farklı sağlık sorunları için tercih edilmektedir.

**Taze Alıç Meyvesi:** Taze alıç, bağışıklık sistemini destekleme, enerji sağlama ve genel sağlığı koruma amacıyla doğrudan tüketilebilir.

**Kurutulmuş Alıç Meyvesi:** Kurutulmuş alıç, yaygın bir tüketim şeklidir ve uzun süre saklanabilir.

**Alıç Çayı:** Alıç çayı, kurutulmuş meyve veya yaprakların demlenmesiyle elde edilir.

**Alıç Reçeli ve Şurubu:** Alıçtan yapılan reçel ve şuruplar, Türkiye'de ve dünya genelinde tatlandırıcı olarak tercih edilmektedir.

**Alıç Pekmezi:** Türkiye'de özellikle Anadolu'da alıç pekmezi, enerji verici ve kan yapıcı özellikleri ile bilinir.

**Alıç Sirkesi:** Anadolu'da alıç sirkesi en kaliteli sirke olarak tanımlanmaktadır. Kullanımı yaygındır.

**Ekstrakt ve Tablet Formları:** Alıç meyvesinin sağlığa faydaları nedeniyle ekstre ve tablet formundaki ürünleri de geliştirilmiştir. Bu ürünler, özellikle kalp

sağlığını desteklemek amacıyla kullanılan Alıç'ın biyoaktif bileşenlerini yüksek konsantrasyonda sunar (Baharun ve ark., 2003).

Alıç meyvesinin bu farklı kullanım yöntemleri, kalp ve damar sağlığını desteklemekten sindirim sorunlarını hafifletmeye kadar geniş bir sağlık yelpazesi sunar. Geleneksel tıpta olduğu kadar modern sağlık uygulamalarında da yer bulan alıç, halk sağlığı açısından önemli bir bitkisel destek olarak değerlendirilmektedir.

## 3. Bölgesel Çeşitlilik

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), Türkiye ve dünya genelinde geniş bir coğrafi yayılıma sahip olup, farklı kültürlerde çeşitli amaçlarla kullanılan çok yönlü bir bitkidir. Bölgelere göre farklı tüketim şekilleri ve geleneksel kullanım alanları bulunan alıç, her coğrafyada kendine özgü şifa amaçları ve tüketim alışkanlıklarıyla öne çıkmaktadır.

**Türkiye:** Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde alıç meyvesi, geleneksel tıpta yaygın bir şekilde kullanılır. Kuzey ve İç Anadolu'da halk arasında "yaban elması" veya "yabani erik" olarak bilinen alıç, kalp sağlığını desteklemek amacıyla sıklıkla tüketilir (Gerçek ve ark., 2023). İç Anadolu'da kurutulmuş alıç meyvesi, tansiyonu düzenlemek amacıyla çay olarak demlenirken; Akdeniz bölgesinde reçel, pekmez ve şurup yapılarak tüketilir. Güneydoğu Anadolu'da alıç, mide sorunlarına karşı faydalı olarak görülür ve sindirim sistemini desteklemek amacıyla kullanılır. Bazı bölgelerde alıç yaprakları ve çiçekleri de çay olarak hazırlanarak tüketilmektedir.

**Avrupa:** Alıç, Avrupa'da Orta Çağ'dan bu yana kalp sağlığını koruma ve dolaşım sistemi sorunlarını hafifletme amacıyla kullanılan bir bitkidir. Almanya, Fransa ve İngiltere gibi ülkelerde kalp ritmini düzenleme ve kan dolaşımını iyileştirme amacıyla tercih edilen alıç, günümüzde tablet ve kapsül formunda bitkisel takviye olarak da yaygın bir şekilde

kullanılmaktadır (Fong, 2008). Almanya'da alıç bazlı bitkisel ilaçlar, kalp sağlığını destekleyici özellikleri nedeniyle resmi olarak tıbbi preparat olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, Avrupa'nın bazı bölgelerinde alıç çiçekleri kurutulmuş olarak sakınleştirici etkisi nedeniyle çay olarak da tüketilir.

Çin ve Asya: Alıç, Çin'de geleneksel Çin tıbbında önemli bir yere sahiptir. Özellikle sindirim sorunları, yüksek tansiyon ve dolaşım sistemi rahatsızlıklarında kullanılır. Çin halkı, alıç meyvesini yemeklerden sonra sindirimi kolaylaştırmak için çay ya da şekerli tatlılar olarak tüketir (Li ve ark., 2023). Çin'de "*hawthorn berry wine*" adıyla bilinen alıç şarabı, sindirim sağlığını ve kan dolaşımını destekleyici etkileriyle üretilir. Japonya ve Kore gibi Asya ülkelerinde de benzer şekilde, alıç meyvesi sindirim sistemi sağlığını destekleyici ve enerji verici özellikleri nedeniyle popülerdir.

Kuzey Amerika: Kuzey Amerika'da alıç, yerli halklar tarafından yüzyıllardır çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Kalp sağlığına olan faydaları nedeniyle tercih edilen alıç, Kuzey Amerika'nın farklı bölgelerinde kalp ve dolaşım sağlığını desteklemek amacıyla tüketilmektedir (Foster ve Duke, 1990). Günümüzde Kuzey Amerika'da alıç, kalp sağlığını destekleyici bir bitkisel takviye olarak reçetesiz satılmakta ve halk arasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Orta Doğu ve Balkanlar: Orta Doğu ve Balkanlar'da da alıç meyvesi, çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Balkan ülkelerinde alıç, kan basıncını düşürme ve dolaşımını iyileştirme amacıyla geleneksel olarak tercih edilir. Balkan mutfağında reçel, komposto veya şurup olarak kullanılırken; Orta Doğu'da alıç meyvesi kurutulmuş formda çay veya tatlıların içinde tüketilir ve sindirimi kolaylaştırıcı etkileri nedeniyle tercih edilir (Tsanova-Savova ve ark., 2022).

Bu bölgesel çeşitlilik, alıç meyvesinin dünya genelinde yaygın bir kullanım alanına sahip olduğunu ve her bölgenin bu bitkiyi kendi kültürel ve sağlık gereksinimlerine göre uyarladığını ortaya

koymaktadır. Alıç'ın farklı coğrafyalarda çeşitlenen tüketim şekilleri ve kullanım amaçları, bitkinin kültürel açıdan ne kadar değerli olduğunu göstermektedir.

#### 4. Tıbbi Potansiyeli

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), içerdiği biyoaktif bileşenler (flavonoidler, fenolik asitler, triterpenoidler gibi) sayesinde çeşitli farmakolojik etkiler sunar. Bu bileşenler, antioksidan, anti-inflamatuar, kan basıncını düzenleyici (antihipertansif) ve kalp koruyucu (kardiyoprotektif) özellikleriyle kalp-damar sağlığını ve genel sağlığı destekler. Günümüzde yapılan araştırmalar, alıcın kalp-damar sağlığı başta olmak üzere birçok sağlık sorununda olumlu etkilerini kanıtlamaktadır.

Antioksidan Etkiler: Alıç, yüksek antioksidan içeriği ile serbest radikalleri nötralize ederek hücre hasarını önler, oksidatif stresi azaltır ve bağışıklık sistemini destekler. Bu özellikler, kronik hastalıkların (kanser, diyabet, kalp hastalıkları gibi) önlenmesine yardımcı olur ve yaşlanma sürecini geciktirir (Bahorun ve ark., 2003; Nazhand ve ark., 2020).

Anti-inflamatuar Etkiler: Alıç'ın içerdiği bileşikler, inflammatuar yanıtı baskılayarak iltihaplanmayı azaltır. Bu özellik, romatoid artrit ve kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik inflamasyonla ilişkili durumlarda alıcın yararlı bir destek olarak kullanılmasını sağlar (Chang ve ark., 2002).

Antihipertansif Etkiler: Flavonoidler sayesinde alıç, kan damarlarını genişletir ve kan akışını iyileştirerek kan basıncını düzenler. Bu etkisi, alıcın doğal bir tansiyon dengeleyici olarak halk arasında kullanımını yaygınlaştırmıştır (Walker ve ark., 2006).

Kardiyoprotektif Etkiler: Alıç, kalp kası üzerindeki stresi azaltarak kalp fonksiyonlarını destekler, oksijenlenmeyi artırır ve göğüs ağrısı (angina), kalp yetmezliği, aritmi gibi durumların yönetiminde faydalıdır. Klinik çalışmalar, düzenli alıç tüketiminin çarpıntı ve anksiyete gibi semptomları

hafifletebileceğini göstermektedir (Koch ve Malek, 2011; Chang ve ark., 2002).

## 5. Biyolojik Aktiviteler

Alıç meyvesi, içerdiği flavonoidler, fenolik bileşikler, triterpenoidler ve proantosiyanidinler gibi biyoaktif maddelerle pek çok biyolojik etki sağlar. Bu bileşenler kalp-damar sağlığını korur, inflamasyonu azaltır, bağışıklığı güçlendirir ve yaşlanma karşıtı faydalar sunar.

**Flavonoidler:** Quercetin, hyperoside, rutin ve vitexin gibi flavonoidler, güçlü antioksidan özellikleriyle serbest radikalleri yok ederek hücreleri korur, kalp-damar hastalıkları riskini azaltır (Bahorun ve ark., 2003).

**Fenolik Bileşikler:** Klorojenik asit ve proantosiyanidinler gibi fenolik bileşikler, antioksidan kapasiteyi artırarak kronik hastalıkların (kanser, diyabet) önlenmesine katkıda bulunur ve bağışıklığı güçlendirir (Nazhand ve ark., 2020).

**Triterpenoidler:** Ursolik asit, oleanolik asit ve betulinik asit gibi bileşikler, iltihaplanmayı azaltarak artrit gibi hastalıklarda yarar sağlar ve bazı kanser türlerine karşı koruma sunar (Alirezalu ve ark., 2020).

**Proantosiyanidinler:** Damar sağlığını destekleyerek hipertansiyon ve damar tıkanıklığını önler, aynı zamanda cilt sağlığını destekleyerek yaşlanma belirtilerini azaltır (Chang ve ark., 2002).

### 5.1. Yan etkiler ve güvenlik

Alıç meyvesi, genellikle güvenli kabul edilen bir bitkisel destek olmasına rağmen, aşırı veya yanlış kullanımı bazı yan etkilere yol açabilir. Özellikle kardiyovasküler

sistem üzerinde etkili olan alıç, bazı ilaçlarla etkileşime girebilir, bu nedenle dikkat edilmesi gereken durumlar şunlardır:

**Hipotansiyon Riski:** Tansiyon düşürücü etkisi nedeniyle, tansiyon ilaçlarıyla birlikte alıç tüketimi, kan basıncında aşırı düşüşe yol açabilir. Bu durumda alıç kullanmadan önce doktora danışılmalıdır (Pittler ve ark., 2003).

**Kalp İlaçlarıyla Etkileşim:** Kardiyotonik ilaçlarla birlikte alıç kullanımı, kalp ritim düzensizliklerine sebep olabilir. Kalp ilacı kullanan bireyler, alıç ürünlerini doktor gözetiminde kullanmalıdır (Chang ve ark., 2002).

**Sindirim Sistemi Yan Etkileri:** Aşırı alıç tüketimi mide bulantısı ve ishal gibi sindirim sorunlarına yol açabilir. Bu etkiler genellikle tüketim miktarının azaltılmasıyla düzeler (Bahorun ve ark., 2003).

**Alerjik Reaksiyonlar:** Alıç, bazı bireylerde alerjik reaksiyonlara yol açabilir; bu nedenle ilk tüketimde düşük dozlar önerilir.

**Hamilelik ve Emzirme:** Hamile veya emziren kadınlarda alıç kullanımıyla ilgili yeterli veri bulunmamaktadır; bu gruptaki bireyler doktor tavsiyesi almalıdır (Alirezalu ve ark., 2020).

**Çocuklarda Kullanım:** Çocuklarda alıç tüketimi yüksek dozlarda güvenli olmayabilir; kullanımı doktor önerisine dayalı olmalıdır.

Alıç meyvesi, dikkatli ve dozaja uygun kullanıldığında genellikle güvenli bir takviye olarak kabul edilir. Ancak, hassas bünyelerde veya yüksek dozlarda tüketildiğinde yan etki riski oluşabileceğinden, kullanmadan önce uzman görüşü almak önemlidir.

**Tablo 1.** Alıç meyvesinin besin içerikleri (USDA-Food Data Central)

Besin Ögesi	100 g Alıç Meyvesi	Besin Ögesi	100 g Alıç Meyvesi
<b>Kalori</b>	52 kcal	<b>Vitamin B2 (Riboflavin)</b>	0.05 mg
<b>Karbonhidrat</b>	11.3 g	<b>Vitamin B3 (Niasin)</b>	0.3 mg
<b>Lif</b>	2.2 g	<b>Potasyum</b>	300 mg
<b>Seker</b>	6.4 g	<b>Kalsiyum</b>	25 mg
<b>Protein</b>	0.9 g	<b>Demir</b>	0.9 mg
<b>Yağ</b>	0.4 g	<b>Magnezyum</b>	18 mg
<b>Vitamin C</b>	90 mg	<b>Fosfor</b>	30 mg
<b>Vitamin A</b>	2 µg	<b>Cinko</b>	0.15 mg
<b>Vitamin B1 (Tiamin)</b>	0.04 g		

## 6. Besin İçeriği

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), zengin besin içeriğiyle sağlıklı bir gıda ve besin desteği olarak öne çıkmaktadır. İçerdiği C vitamini, mineraller, diyet lifleri ve antioksidanlar, Alıç'ın bağışıklık sistemi destekleyici, sindirimi düzenleyici ve kardiyovasküler sağlığı koruyucu özelliklerini güçlendirmektedir (Tablo 1).

### 6.1. Makro besin öğeleri

**Karbonhidrat:** Alıç meyvesi, çoğunlukla doğal şekerlerden oluşan karbonhidrat içerir ve bu, enerji sağlar. Lif açısından zengin olması sayesinde sindirimi yavaşlatır ve tokluk hissi sağlar (Li ve ark., 2023).

**Lif:** Özellikle çözünmeyen lifler açısından zengin olan alıç, bağırsak hareketlerini düzenleyerek kabızlığı önler ve kolesterol seviyesini dengelemeye katkıda bulunur (Alirezalu ve ark., 2020).

**C Vitamini:** Alıç, yüksek C vitamini içeriğiyle bağışıklığı güçlendirir, vücudu serbest radikallerden korur, cilt sağlığını destekler ve demir emilimini artırarak kansızlık riskini azaltır (Bahorun ve ark., 2003).

**B Vitaminleri:** Alıç, enerji metabolizması ve sinir sistemi sağlığı için önemli olan B vitaminlerini içerir. Bu vitaminler, hücre yenilenmesini destekler (Zhang ve ark., 2001).

**A Vitamini:** Alıçta düşük miktarda da olsa A vitamini bulunur; göz sağlığına katkıda bulunur, bağışıklık sistemini güçlendirir ve cilt sağlığını korur.

**Potasyum:** Kalp sağlığını destekler, kan basıncını düzenler ve kas fonksiyonlarını iyileştirir (Walker ve ark., 2006).

**Magnezyum:** Sinir sistemi sağlığı ve kas işlevleri için önemlidir. Kalp ritmini düzenlemede de rol oynar.

**Demir:** C vitamini ile birlikte alındığında demir emilimini artırır ve kansızlığa karşı destek sağlar.

**Çinko ve Kalsiyum:** Çinko bağışıklık sistemini güçlendirirken, kalsiyum kemik sağlığını korur.

## 6.2. Antioksidan bileşenler

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), sahip olduğu çeşitli antioksidan bileşenlerle vücudu serbest radikallerin zararlarından koruyarak hücre sağlığını destekler ve yaşlanma sürecini yavaşlatır. Özellikle flavonoidler, fenolik asitler, triterpenoidler ve proantosiyanidinler gibi bileşikler, alıcın yüksek antioksidan kapasitesinin temelini oluşturur.

Flavonoidler, quercetin, rutin, vitexin ve hyperoside gibi bileşenlerle, vücutta oksidatif stresin neden olduğu hücre hasarını azaltır, kalp-damar sağlığını destekler ve bağışıklık sistemini güçlendirir (Bahorun ve ark., 2003). Fenolik asitler, özellikle klorojenik ve kafeik asit, kardiyovasküler sağlığı koruyarak kanser gibi kronik hastalıklara karşı koruma sağlar (Nazhand ve ark., 2020). Triterpenoidler, ursolik ve oleanolik asit gibi bileşenlerle iltihaplanmayı önleyici ve anti-tümör etkiler gösterir, bu da kalp sağlığını ve genel sağlığı destekler (Alirezalu ve ark., 2020). Proantosiyanidinler ise damar sağlığını koruyan ve cilt elastikiyetini artırarak yaşlanma belirtilerini azaltan güçlü antioksidanlar olarak bilinir (Zhang ve ark., 2001).

Bu biyoaktif bileşenler sayesinde alıç meyvesi, hücre sağlığını korur ve kronik hastalıklara karşı doğal bir destek sunar.

## 7. Diyet ve Sağlık İlişkisi

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), içerdiği vitaminler, mineraller, lif ve antioksidan bileşenler ile sağlıklı beslenmeye değerli bir katkı sunar. Doğal bir gıda takviyesi olarak günlük diyete eklenebilen alıç, çeşitli sağlık yararları sağlayarak uzun vadeli sağlığı destekler ve birçok kronik hastalığın önlenmesine yardımcı olur.

### 7.1. Kalp ve damar sağlığı

Alıç, kalp sağlığını destekleyen flavonoidler, fenolik bileşikler ve triterpenoidler açısından zengindir. Bu bileşenler kan damarlarını genişleterek kan akışını iyileştirir, kan basıncını düzenler ve kalbe daha fazla oksijen sağlar (Koch ve



Malek, 2011). Bu etkiler, alıcın yüksek tansiyon, damar sertliği ve kalp hastalıklarının önlenmesinde faydalı olmasını sağlar.

Ayrıca, alıç kötü kolesterol (LDL) seviyelerini düşürmeye yardımcı olurken iyi kolesterol (HDL) seviyelerini artırabilir; bu da kalp hastalığı riskini azaltmada önemli rol oynar (Walker ve ark., 2006).

## 7.2. Bağışıklık sistemi ve hastalıklara karşı koruma

Yüksek C vitamini ve antioksidan içeriği ile alıç, bağışıklık sistemini güçlendirir. C vitamini, bağışıklık hücrelerinin işlevini destekleyerek vücudu enfeksiyonlara karşı korur (Bahorun ve ark., 2003). Soğuk algınlığı gibi yaygın hastalıkların önlenmesinde etkilidir.

Alıç, serbest radikalleri nötralize ederek yaşlanmayı yavaşlatır ve kansere karşı koruma sağlar (Nazhand ve ark., 2020).

## 7.3. Sindirim sistemi sağlığı

Alıç, çözünür ve çözünmez lif açısından zengindir ve sindirim sistemini destekler. Lifli yapısı, bağırsak hareketlerini düzenler, kabızlığı önler ve sağlıklı bir sindirim süreci sağlar (Li ve ark., 2023).

Mide sağlığını destekleyen alıç, mide asidini düzenleyerek şişkinlik ve mide ağrısını hafifletir. Geleneksel Çin tıbbında alıç, sindirim sistemi sağlığını iyileştirmek için yaygın olarak kullanılır.

## 7.4. Kan şekeri kontrolü ve diyabet riski

Alıç, kan şekeri seviyelerini düzenlemeye yardımcı olabilir. İçeriğindeki bileşikler, insülin duyarlılığını artırarak diyabet riskini azaltmada destek sağlar (Chang ve ark., 2002).

Lifli yapısı, karbonhidratların sindirimini yavaşlatarak kan şekeri dalgalanmalarını önler, bu da diyabet yönetiminde önemlidir.

## 7.5. Antioksidan ve anti-inflamatuar etkiler

Alıç'ın antioksidan kapasitesi, vücutta iltihaplanmayı azaltmaya yardımcı olur.

Antioksidanlar, hücrelerdeki oksidatif stresi azaltarak inflamasyonun önüne geçer; bu durum diyabet, kalp hastalıkları ve kanser gibi birçok hastalığın temel sebeplerinden biridir (Alirezalu ve ark., 2020).

Alıç aynı zamanda yaşlanma sürecini yavaşlatır, cilt sağlığını korur, kırışıklıkların oluşumunu geciktirir ve cildin elastikiyetini artırır.

## 7.6. Günlük diyete eklenmesi

Alıç meyvesi taze, kurutulmuş, çay, reçel, şurup veya pekmez olarak günlük diyete kolayca eklenebilir. Lifli yapısı sayesinde tokluk sağlar, enerji verir ve sağlıklı bir tatlandırıcı alternatifi olarak tercih edilebilir.

Alıç çayı, kalp sağlığını destekleyici ve sakinleştirici etkileri nedeniyle günlük diyetin bir parçası olabilir. Antioksidan kapasitesi sayesinde, günlük çay alışkanlığınıza sağlıklı bir alternatif sunar.

Alıç meyvesinin düzenli tüketimi, sağlıklı bir yaşam tarzını destekleyerek uzun vadeli sağlık yararları sunar. Antioksidan kapasitesi, lif içeriği ve kalp-damar sağlığına yönelik olumlu etkileri sayesinde alıç, kronik hastalıkların riskini azaltır ve genel sağlığı destekler.

## 8. Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), besin değerleri ve biyoaktif bileşenleri ile gıda endüstrisinde fonksiyonel bir bileşen olarak geniş kullanım alanına sahiptir. Antioksidan, anti-inflamatuar, kardiyovasküler sağlığı destekleyici ve sindirimi kolaylaştırıcı özellikleri sayesinde alıç, fonksiyonel gıdalar, besin takviyeleri ve sağlıklı yaşam ürünlerinde tercih edilmektedir. Sağlıklı ürünlere artan talep doğrultusunda Alıç'ın gıda endüstrisindeki rolü giderek önem kazanmaktadır.

### 8.1. Fonksiyonel gıdalar

Alıç meyvesi, yüksek antioksidan içeriği sayesinde fonksiyonel gıdalarda raf ömrünü uzatıcı rol oynar. Alıç özleri, meyve suyu, enerji içeceği, yoğurt ve smoothie gibi sağlıklı içeceklerde sıkça kullanılmaktadır (Koch ve Malek, 2011). Hafif tatlı tadı ve

düşük kalorisi ile alıç, doğal bir tatlandırıcı olarak da fonksiyonel gıdalara eklenir. Özellikle organik ve doğal ürünleri tercih eden tüketiciler için alıç katkılı ürünler giderek daha popüler hale gelmiştir.

### 8.2. Fonksiyonel içecekler ve çaylar

Alıç çayı, stres azaltıcı ve tansiyon dengeleyici etkileri ile popüler bir içecek haline gelmiştir. Bitkisel çay karışımlarında kalp sağlığını destekleyen özellikleri nedeniyle sıklıkla kullanılır (Chang ve ark., 2002). Alıç ekstraktı veya alıç aroması, enerji içecekleri, probiyotik içecekler ve soğuk çaylar gibi çeşitli içeceklerde de yer alır. Bu içecekler, sindirim sistemini destekleyici ve bağışıklık güçlendirici özellikleri ile tüketiciye sağlık faydaları sunar.

### 8.3. Besin takviyeleri

Alıç ekstraktları, kapsül ve tablet formlarında besin takviyesi olarak kullanılır. Özellikle kalp sağlığını destekleme ve antioksidan özellikleriyle bilinen alıç takviyeleri, diyetine doğal destek eklemek isteyen bireyler arasında popülerdir (Pittler ve ark., 2003). Bu takviyeler kan dolaşımını iyileştirme, tansiyonu dengeleme, stresi azaltma ve bağışıklık sistemini güçlendirme gibi özellikleri ile öne çıkar ve özellikle yaşlanmaya bağlı kalp-damar sorunları yaşayan bireyler için koruyucu rol oynar.

### 8.4. Reçel, marmelat ve şuruplar

Alıç, doğal tatlandırıcı olarak reçel, marmelat ve şurup gibi ürünlerde kullanılır. Özellikle Türkiye’de geleneksel olarak tüketilen alıç reçeli ve şurubu, lezzetli olduğu kadar sağlıklı bir alternatiftir (Li ve ark., 2023).

Alıç şurubu, hafif tatlı yapısı ve sindirimi kolaylaştırıcı özellikleriyle yemek sonrası tüketilir. Endüstriyel üretiminde alıç kullanımı, sağlıklı ve doğal ürünlere yönelik artan talebi karşılar.

### 8.5. Atıştırmalık ve fırın ürünleri

Alıç, kurutulmuş meyve veya püre formunda atıştırmalıklarda tercih edilir.

Kurutulmuş alıç, enerji barları, granola ve fındık karışımlarında sağlıklı bir alternatif olarak kullanılır. Antioksidan özellikleri ile cilt sağlığını destekleyici ve yaşlanma karşıtı etkiler sağlar.

Alıç püre veya kurusu, bisküvi ve kek gibi fırın ürünlerinde doğal bir tat ve antioksidan katkısı sunar; böylece sağlıklı atıştırmalık seçenekleri yaratır.

### 8.6. Gıda koruyucu ve doğal antioksidan

Alıç, gıda endüstrisinde doğal bir koruyucu olarak kullanılır. Antioksidan özelliği sayesinde oksidatif bozulmayı yavaşlatarak ürünlerin raf ömrünü uzatır (Nazhand ve ark., 2020). Alıç ekstraktı, işlenmiş gıdalarda koruyucu olarak kullanılır ve kimyasal koruyuculara doğal bir alternatif sunar. Kimyasal katkılardan kaçınmak isteyen tüketiciler için alıç katkılı ürünler ideal bir seçenek haline gelmiştir.

Alıç meyvesi, sağlıklı yaşam talebini karşılayan fonksiyonel gıdalardan takviyelere, reçel ve atıştırmalıklardan içeceklere kadar geniş bir yelpazede tüketiciye sunulmaktadır. Bu özellikleri ile alıç, doğal ve besleyici bir seçenek olarak gıda endüstrisinde önemli bir bileşen olarak öne çıkmaktadır.

### 9. Sonuç ve Öneriler

Alıç meyvesi (*Crataegus* spp.), etnobotanik mirası, tıbbi faydaları ve zengin besin içeriği ile kültürel ve tarihsel olarak önemli bir bitki olup, geleneksel halk hekimliğinde kalp sağlığını destekleme, sindirim sorunlarını hafifletme ve genel sağlığı iyileştirme amacıyla uzun yıllardır kullanılmaktadır. Modern bilimsel araştırmalar da alıç meyvesinin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini desteklemekte; özellikle flavonoidler, fenolik bileşikler, triterpenoidler ve proantosiyanidinler gibi biyoaktif bileşenlerin antioksidan ve anti-inflamatuar özellikleri ile kalp-damar sağlığını ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği bulgusuna ulaşılmaktadır. Bu özellikleri sayesinde alıç, fonksiyonel gıdalar ve sağlık destek ürünlerinde tercih edilerek sağlıklı yaşamı destekleyen doğal

bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Alıç'ın sağlık üzerindeki olumlu etkilerini daha iyi anlamak için kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır. Özellikle güvenli ve etkin doz aralıklarının belirlenmesi, biyokimyasal etki mekanizmalarının ayrıntılı olarak incelenmesi ve alıcın kanser gibi ciddi hastalıklar üzerindeki potansiyel etkilerinin araştırılması öncelikli konular arasında yer almalıdır. Ayrıca, düzenli alıç tüketiminin metabolik sağlık ve bağışıklık sistemi üzerindeki uzun vadeli etkilerini değerlendiren çalışmalar da alıç meyvesinin sağlık üzerindeki yararlarını daha net bir şekilde ortaya koyabilir. Alıç meyvesini günlük yaşama dâhil etmek isteyenler için çeşitli uygulama önerileri bulunmaktadır. Kalp sağlığını desteklemek amacıyla alıç çayı veya kapsül formunda tüketimi önerilirken, kurutulmuş meyve ya da reçel olarak diyetin bir parçası hâline getirilmesi doğal bir antioksidan kaynağı sunmaktadır. Stres ve uyku düzenine katkıda bulunmak için akşamları alıç çayı tüketimi yararlı olabilir. Ayrıca, alıç meyvesinin doğal bir koruyucu olarak fonksiyonel gıdalar ve sağlık takviyelerinde yer alması, ürünlerin raf ömrünü uzatma ve sağlıklı bir alternatif sağlama açısından önemlidir. Geleneksel tüketim biçimleri olan alıç pekmezi, sirke ve marmelat gibi ürünler de bağışıklık sistemini desteklemek amacıyla günlük diyetle dâhil edilebilir. Alıç tüm ürünleri ile sağlıklı yaşamın desteklenmesinde ve çeşitli sağlık sorunlarının önlenmesinde değerli bir bileşen olarak dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, alıcın tıbbi etkilerinden tam anlamıyla yararlanabilmek için bireylerin tüketim şekli ve miktarına özen göstermeleri, gerektiğinde uzman görüşüne başvurmaları önerilmektedir. Bu bilinçli yaklaşım, Alıç'ın sağlık üzerindeki potansiyel yararlarının en üst düzeye çıkarılmasına ve toplum sağlığının iyileştirilmesine önemli katkılar sağlayabilir.

#### **Yazarların katkı beyanı**

H.J.M.M Derlemenin makaleye dönüştürülmesinde katkıda bulunmuştur.

AY: Derlemenin planlanması, araştırılması ve makalenin yazımında katkıda bulunmuştur. LD: Derlemenin etnobotanik ve halk hekimliği kısımlarının yazımında katkıda bulunmuştur.

#### **Çıkar çatışması**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### **Kaynaklar**

- Alirezalu, A., Ahmadi, N., Salehi, P., Sonboli, A., Alirezalu, K., Mousavi Khaneghah, A., Lorenzo, J.M., 2020. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compounds of hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits species for potential use in food applications. *Foods*, 9(4): 436.
- Altundag, E., Ozturk, M., 2011. Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 19: 756-777.
- Bahorun, T., Gressier, B., Troitin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., Pinkas, M., 1996. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel Forschung*, 46(11): 1086-1089.
- Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F., Chow, M.S., 2002. Hawthorn. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 42(6): 605-612.
- Fong, H.H., 2008. British herbal compendium. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy & Phytopharmacology*, 15(4): 312-313.
- Foster, S., Duke, J.A., 1990. Eastern/Central medicinal plants. Peterson Field Guides.
- Gercek, Y.C., Ozyurt, D., Erol, O., Ozturk, B.D., Oz, G.C., 2023. Comparison of polyphenolic profile and antioxidant capacity of Prunus subgenus Cerasus L. species from Turkey. *European Food Research and Technology*, 249(5): 1363-1376.

- Koch, E., Malek, F.A., 2011. Standardized extracts from hawthorn leaves and flowers in the treatment of cardiovascular disorders: An overview of pre-clinical and clinical studies. *Planta Medica*, 77(11): 1123-1128.
- Li, R., Luan, F., Zhao, Y., Wu, M., Lu, Y., Tao, C., Wan, L., 2023. Crataegus pinnatifida: A botanical, ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological overview. *Journal of Ethnopharmacology*, 301: 115819.
- Nazhand, A., Lucarini, M., Durazzo, A., Zaccardelli, M., Cristarella, S., Souto, S. B., Santini, A., 2020. Hawthorn (Crataegus spp.): An updated overview on its beneficial properties. *Forests*, 11(5): 564.
- Phipps, J.B., O'Kennon, R.J., Lance, R.W., 2003. Hawthorns and medlars. Royal Horticultural Society.
- Pittler, M.H., Schmidt, K., Ernst, E., 2003. Hawthorn extract for treating chronic heart failure: Meta-analysis of randomized trials. *The American Journal of Medicine*, 114(8): 665-674.
- Tsanova-Savova, S., Velikov, S., Paneva, S., Koleva, P., Nikolchova, P., Etugov, D., Savova, Z., 2022. Comparative evaluation of the content of antioxidant polyphenolic compounds in selected Bulgarian medicinal plants. *Acta Medica Bulgarica*, 49(1): 26-34.
- USDA United States Department of Agriculture, FoodData Central. (<https://fdc.nal.usda.gov/>) (Erişim Tarihi: 08.05.2024)
- Walker, A.F., Marakis, G., Simpson, E., Hope, J.L., Robinson, P.A., Hassanein, M., Simpson, H.C. (2006. Hypotensive effects of hawthorn for patients with diabetes taking prescription drugs: a randomised controlled trial. *British Journal of General Practice*, 56(527): 437-443.
- Zhang, Z., Chang, Q., Zhu, M., Huang, Y., Ho, W.K.K., 2001. Characterization of antioxidants present in hawthorn fruits. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 12(3): 144-152.

---

**Atf Şekli:** Mustafa, H.J.M., Yaviç, A., Doğan, L., 2024. Alıç (*Crataegus* spp.) Meyvesinin Etnobotaniği, Tıbbi ve Besinsel Potansiyeli. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1030–1039. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14313503>.

**To Cite:** Mustafa, H.J.M., Yaviç, A., Doğan, L., 2024. Ethnobotany, Medicinal and Nutritional Potential of Hawthorn (*Crataegus* spp.) Fruit. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1030–1039. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14313503>.

---

## Investigation of Hemocyte Types in *Lepisma saccharina*

Gürhan ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Hüseyin ARIKAN<sup>2</sup>, Görkem ÖZTÜRK<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Milli Eğitim Bakanlığı, Bursa

<sup>2</sup> Ege University, Department of Biology, Faculty of Science, İzmir

<sup>3</sup> Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Siirt

\*Corresponding author: [gorkem.ozturk@siirt.edu.tr](mailto:gorkem.ozturk@siirt.edu.tr)

**Received:** 03.08.2024

**Accepted:** 16.09.2024

### Abstract

Hemocytes are specialized hemolymph cells found in insects, responsible for a variety of important physiological functions such as immunity, wound healing, and the regulation of the insect's circulatory system. The study of insect hemocytes has become increasingly important in recent years due to the emergence of insect-borne diseases and the need to develop new strategies for insect control. Understanding the biology of insect hemocytes has the potential to lead to the development of novel insecticides and strategies for controlling insect-borne diseases. The aim of this study was to examine the hemocytes in *Lepisma saccharina* to determine if there were any variations in the types of hemocytes present among ametabolous and holometabolous insect or in comparison to other arthropods. Hemolymph of *L. saccharina* collected and hemolymph smears were stained with Wright's stain. In adult *L. saccharina* two hemocyte types, prohemocyte and plasmatocyte were observed. The hemocyte types were identified based on their size, presence or absence of granules, and the ratio of their nucleus to cytoplasm, using light microscopy.

**Keywords:** Hemolymph, insect, prohemocyte, plasmatocyte, granulocyte, oenocytoid

## 1. Introduction

Most species on Earth are insects, and thus understanding their evolutionary relationships is key to understanding the evolution of life. (Trautwein et al., 2012). *Lepisma saccharina*, commonly known as the silverfish, is a small, wingless insect found throughout the world. It is a primitive insect that has remained largely unchanged for millions of years. With its distinctive silvery scales and elongated body (van Gelderen et al., 2010; Joshi et al., 2020), it is an intriguing creature that has fascinated scientists and casual observers alike for centuries. *L. saccharina* has even been incorporated into medical treatments (Zimian et al., 1997). The features of the immune system of this ancient and interesting species are also quite remarkable.

Immunity is a response to environmental conditions. From the moment life began on Earth, immune mechanisms have also begun to develop. Insects, as invertebrates, lack certain important immune mechanisms found in vertebrates. The most significant of these is the production of antibodies specifically developed for antigens, a form of defense known as acquired immunity. While insects do not have such a robust immune system, they are not completely defenseless in the external world (Zhang et al., 2015). In 1918, Rudolf W. Glaser revealed for the first time that grasshoppers had immune systems (Glaser, 1918).

Unlike vertebrates, insects do not exhibit antigen-specific immune responses. These immune responses are mediated by antibodies produced in vertebrate animals against microorganisms. This defense system, known as adaptive or acquired immunity, is absent in insects, as in all invertebrates. However, the absence of antibody production does not mean that invertebrates lack defenses against microorganisms. In fact, they can defend themselves, primarily through their innate immune system. Innate immunity can occur at both the cellular and humoral levels, utilizing body fluids circulating between

cells. Various mechanisms exist to fend off microbial spread (Zhang et al., 2015).

When vertebrates and invertebrates are compared in terms of immune system, body fluids in vertebrates are mostly found in a closed circulation within the blood and lymphatic vessels, while invertebrates have an open circulation. In invertebrates with an open circulatory system, such as insects, body fluids are called hemolymph because there is no separation of blood and lymphatic fluids as seen in vertebrates. Therefore, there are different mechanisms in invertebrates to prevent the spread of microbes. Hemocytes mediate defense mechanisms such as phagocytosis, capsule formation and coagulation (Lackie, 1988; Strand and Pech, 1995; Gillespie et al., 1997; Irwing et al., 2005). Encapsulation is an immune response wherein insects protect themselves from multicellular parasites such as nematodes. During encapsulation, specific insect hemocytes are attracted to foreign invaders and accumulate on their surfaces (Levin, 2007). This process effectively traps the invader in a capsule of hemocytes, rendering the parasite harmless to the insect host.

In humoral immunity, when compared especially with vertebrates, the lipid and glycogen-rich fat body, which is a structure reminiscent of the liver in terms of its function, takes part in insects (Larsen, 1976). Here, different mechanisms such as coagulation, formation of melanin pigment and production of peptides with antimicrobial properties can be mentioned.

The main factor in the evolutionary success of insects is their effective immune system that allows them to fight pathogens (Morley et al., 2013). Insects do not have an adaptive immune system capable of specifically recognizing and responding to particular pathogens. Instead, they possess various physical, chemical, and cellular mechanisms that work together to protect them from infection (Owens, 2019). One important adaptive ability of insects that facilitates their success is the plasticity of their immune system. Although they only

have innate immune mechanisms, insects can increase their resistance after the first encounter with the pathogen (Sułek et al., 2021). Insects possess a variety of hemocyte types that play important roles in their immune system. They are responsible for recognizing, engulfing, and killing pathogens. The most common types of hemocytes in insects are plasmatocytes, granulocytes, oenocytoids, spherulocytes, adipohemocytes and coagulocytes (Kwon et al., 2014).

In this context, research on insect immunity has become increasingly significant, with scientists making great strides in unraveling the mysteries of this ancient and complex system. This study was conducted to analyze *L. saccharina*, an ametabolous insect species, in terms of hemocyte types.

## 2. Material and Methods

In this study, samples of *Lepisma saccharina* from the Lepismatidae family were examined. *Lepisma saccharina* samples were collected as a result of field surveys in and around Iznik during March and April. A total of 15 samples were used in the study. Hemolymph needed for the measurement and examination of hemocytes was obtained by cutting the femur at the joint connecting it to the thorax using small scissors. The hemolymph was collected into heparinized hematocrit capillary tubes. Hemocyte measurements and counts were performed using smears stained with Wright's dye.

Preparation of the smear: A drop of hemolymph fluid was dripped 1 cm from one edge of a pre-cleaned slide. A second clean slide was taken as a spreader and

adjusted to make a 25° angle with the hemolymph drop, the spreading was performed by pushing the spreading slide at the same speed and left to dry. Staining was performed according to the staining cup method. Accordingly, well spread preparates were selected and placed on the shelf of the staining cup. It was waited for one minute by dropping enough (10-12 drops) of Wright's dye was added enough (10-12 drops) to be spread on the slide and 10-12 drops of buffer solution were dropped and waited for 10 minutes. Then, the dye-buffer mixture was poured, shaken in distilled water and left to dry. Afterwards, the concealer was dripped and the coverslip was closed to make a permanent preparate.

Hemocyte Counting: Hemocyte type counts were performed using a Neubauer hemocytometer. Counting was conducted for each type of hemocyte detected in each sample in 25 squares with an area of 1 mm<sup>2</sup> in the middle and the average was taken. Standard Hayem's solution was used as the dilution solution for counting hemocyte types.

## 3. Findings and Discussion

The first studies on hemocytes, known as insect blood cells, were conducted in 1918 by Rudolf W. Glaser, who discovered that grasshoppers had an immune system. Since then, studies on the insect immune system have primarily focused on determining hemocyte types. Initially, many different types of hemocytes were identified. Up to 30 different hemocyte types have been identified in some insects (Demirsoy, 2006). Gupta (1979) compiled a table of hemocyte types identified across various insect orders (Table 1).

**Table 1.** In the study conducted by Gupta (1979), hemocyte types detected in various insect orders

Takım	PR	PL	GR	SP	CO	AD	OE
Collembola	-	-	+	-	-	-	-
Thysanura	-	+	+	+	-	+	-
Ephemeroptera	+	+	+	-	-	-	+
Odonata	-	+	+	-	-	-	-
Orthoptera	+	+	+	+	-	-	-
Dermoptera	+	+	+	+	-	+	-
Blattaria	+	+	+	+	+	+	+
Mantodea	+	+	+	+	-	-	-
Plecoptera	+	+	+	+	-	+	-
Hemiptera	+	+	+	-	+	-	+
Hymenoptera	+	+	+	-	+	-	+
Coleoptera	+	+	+	+	+	+	+
Megaloptera	+	+	+	-	-	+	+
Neuroptera	+	+	+	+	+	-	+
Trichoptera	+	+	+	-	-	-	-
Lepidoptera	+	+	+	+	+	+	+
Diptera	+	+	+	+	+	+	+

PR=Prohemosit, PL=Plazmatosit, GR=Granülosit, CO=Koagülosit, AD=Adipohemosit, OE=Önositoit

Different numbers of hemocyte types were determined in studies on insects. Seven types of hemocyte were identified as ultra-structurally: Prohemocyte, plasmatocyte, granulocyte, spherulocyte, adipohemocyte, oenocytoid, and coagulocyte. Two more varieties were observed: vermicide and podosite. When podocytes and vermicides were first observed, they were not considered as separate hemocyte types because they were ultrastructurally similar to plasmatocytes (Devauchelle, 1971). In lepidopteran larvae, four different hemocyte types are known: plasmatocytes, which play a role in capsule formation; granulocytes, which perform phagocytosis eucytoids, which produce enzymes like phenoloxidase involved in melanin synthesis; and spherulocytes whose immune-related functions are not fully understood (Lavine and Strand, 2002). Jalali and Salehi (2008) determined a total of six hemocyte types in *Papilio demoleus* type: prohemocyte, plasmatocyte, granulocyte, spherulocyte, eocytoid, and adipohemocyte. Yelkovan et al. (2021) determined five hemocyte types in *Apis mellifera anatolica* as prohemocyte, plasmatocyte, granulocyte, adipohemocyte and oenocytoid in all castes. Öztürk et al.

(2024) identified four different hemocyte types (prohemocyte, plasmatocyte, granulocyte, and oenocytoid) in *Bombyx mori* throughout its life stages.

In this study, light microscopy examinations of the hemolymph of the ametabolous species *Lepisma saccharina* revealed the presence of two main hemocyte types: prohemocytes and plasmatocytes (Figure 1). An average of 30 prohemocytes and 70 plasmatocytes were counted per 1 mm<sup>3</sup> of hemolymph. Although the prohemocytes detected in the hemolymph are smaller in size, they have a nucleus that fills almost the entire cell. The average diameter of prohemocytes was measured as 7.25±0.14µm. The average size values were calculated as 40±1.58µm<sup>2</sup>. According to Silva et al. (2002), the diameter of prohemocytes in *Anastrepha obliqua* larvae was reported to be in the range of 7.5-13.12 µm. Prohemocytes are undifferentiated cells found in the hematopoietic system of insects, particularly in the larvae and pupae stages (Lanot et al., 2001). They are typically located in the hematopoietic organs of insects, such as the lymph glands (Lan et al., 2020). These cells are capable of differentiating into other types of

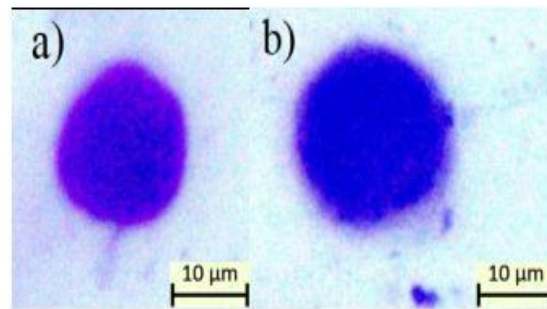


hemocytes (plasmatocytes or granulocytes), which play a crucial role in the immune response of insects (Yamashita and Iwabuchi, 2001). Wu et al. (2016) stated that prohemocytes were not detectable in the hemolymph of *Galleria mellonella* larvae since they quickly transformed into different types of hemocytes.

Plasmatocytes have a spherical shape and do not vary in form; they are usually found in groups within the hemolymph. The nucleus of plasmatocytes is also spherical and is typically located near the center of the cell. The average length values of plasmatocytes were measured as  $10.50 \pm 0.74 \mu\text{m}$ . The average size values were calculated as  $96 \pm 1.39 \mu\text{m}^2$ . In *A. obliqua* larvae, Silva et al. (2002) found that spherical plasmatocytes had a diameter of 13-26  $\mu\text{m}$ , while oval plasmatocytes were

26-34  $\mu\text{m}$  in length and 15-30  $\mu\text{m}$  in width. Plasmatocytes, which are similar to vertebrate macrophages, play a role in phagocytosis, eliminating apoptotic cells during development, encapsulating or digesting pathogens (Evans et al., 2003; Hartenstein, 2006).

Prohemocytes and plasmatocytes are similar in shape. It was observed that prohemocytes were usually single, while plasmatocytes were usually composed of several cells. In prohemocytes, it was observed that the nucleus filled almost the entire cell and the cytoplasm occupied very little space. In plasmatocytes, the nucleus is centrally located and includes most of the cell. Plasmatocytes are generally spherical in shape, and cytoplasmic extensions are not observed.



**Figure 1.** Hemocyte species detected in the hemolymph of *Lepisma saccharina* a) Prohemocyte b) Plasmatocyte

Previous studies on hemolymph in *Lepisma saccharina* primarily focused on amino acid determinations (Punzo, 1987). *Lepisma saccharina* species was included in the Zygentoma order instead of the Thysanura order. Gupta did not conduct a study specifically on this order because it was classified as a subclass within the Thysanura order until a new classification was made as a separate order. Gupta (1979) included granulocyte, plasmatocyte and spherulocyte types in the palaeoptera included in the Thysanura team. In the current study, prohemocyte and plasmatocyte types were observed in the hemolymph of samples belonging to *Lepisma saccharina* species, while

granulocyte and spherulocyte types were not observed. Prohemocyte was detected in the samples in accordance with the studies where prohemocyte is considered as the common origin of hemocyte types, especially plasmatocyte. For example, in a study conducted in the larvae of *Lithacodes fasciola* species, hemolymph ranged between  $1.10 \times 10^6$  -  $8.23 \times 10^6$  cells/ml (Stoepler et al., 2012).

#### 4. Conclusion

In the relatively primitive insect species, ametabolous *Lepisma saccharina*, two hemocyte types—prohemocytes and plasmatocytes—were identified. The absence of granulocytes, which play

significant roles in the immune system, suggests that *Lepisma saccharina* has a more primitive immune system. It can also be interpreted that the immune system they have in terms of the habitat is sufficient to contribute to the survival of the insect. Prohemocytes are smaller in size than other cells and similar in shape and are spherical. Only spherically shaped plasmatocytes were detected in *Lepisma saccharina*. Plasmatocytes were larger cells than prohemocytes and were usually seen in groups. Although the prohemocytes detected in the hemolymph of *Lepisma saccharina* species are smaller in size, they have a nucleus that fills almost the entire cell. It was determined that prohemocytes were smaller in size than other cells. In the studies conducted by Gupta (1979), it was determined that prohemocytes were generally 6-14  $\mu\text{m}$  in diameter. In the current study, the mean diameter of prohemocytes in *Lepisma saccharina* was measured as 7.25  $\mu\text{m}$ .

In the current study, plasmatocytes in *Lepisma saccharina* had a spherical shape and when examined morphologically, it was determined that they did not show diversity and were generally found in the hemolymph in groups. Besides, in plasmatocytes detected in this species, the nucleus has a spherical shape and is usually located close to the center. It was stated by Gupta (1979) that plasmatocytes could be 3.3-5  $\mu\text{m}$  in width and 3.3-40  $\mu\text{m}$  in length. In the current study, the mean diameter detected in spherically shaped plasmatocytes in *Lepisma saccharina* was measured as 10.50  $\mu\text{m}$ . It can be said that the absence of granulocytes, which play an important role in the immune system, in *Lepisma saccharina* indicates that it has a more primitive immune system compared to other insects.

Based on the literature data, insects are incredibly diverse and have evolved a range of strategies for dealing with immune challenges. Therefore, hemocytes can vary in terms of their size, shape, and function, and different insect species may have

different combinations of these cell types. Additionally, the density of hemocytes in the insect's hemolymph can also vary depending on a range of factors, including the insect's life stage, the type of infection or immune challenge it is facing, and the specific hemocyte types involved. Overall, the complex interplay between different types of hemocytes and their densities is a fascinating area of research that continues to yield insights into the remarkable immune defenses of insects.

In conclusion, insect immune system plays a pivotal role in shaping the evolution of insect-pathogen interactions, with pathogens evolving strategies to evade immune responses and insects developing countermeasures to detect and combat these pathogens. By understanding the complexity and adaptability of the insect immune system, we can gain insights into how insects have evolved to survive in their environments, which may inform new strategies for controlling insect-borne diseases.

#### **Declaration of Author Contributions**

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

#### **Declaration of Conflicts of Interest**

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### **Acknowledgment**

The current research project resulted from the PhD thesis of the first author.

#### **References**

- Demirsoy, A., 2003. Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar/ Böcekler, Entomoloji, Cilt II/ Kısım II, 9. Baskı, Meteksan Matbaacılık, Ankara.
- Devauchelle, G., 1971. Etude ultrastructurale des hemocytes du *Coleoptere Melolontha melolontha* (L.), *Journal of Ultrastructure Research*, 34: 492-516.

- Evans, C.J., Hartenstein, V., Banerjee, U., 2003. Conserved mechanisms in *Drosophila* and Vertebrate Hematopoiesis. *Developmental Cell*, 5:673-690.
- Gillespie, J.P., Kanost, M.R., Trenczek, T., 1997. Biological mediators of insect immunity. *Annual Review of Entomology*, 42:611-643.
- Glaser, R.W., 1918. On the existence of immunity principles in insects. *Psyche*, 25:39-46.
- Grimaldi, D., Engel, M.S., 2005. Evolution of the Insects. Cambridge University Press.
- Gupta, A.P., 1979. Arthropod hemocytes and phylogeny, *Arthropod Phylogeny*, 669-735.
- Hartenstein, V., 2006. Blood cells and blood cell development in the animal kingdom, *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 22:677-712.
- Irving, P., Ubeda, J., Doucet, D., Troxler, L., Lagueux, M., Zachary, D., Hoffmann, J., Hetru, C., Meister, M., 2005. New insights into *Drosophila* larval haemocyte functions through genomewide analysis. *Cellular Microbiology*, 7:335-350.
- Jalali, J., Salehi, R., 2008. The hemocyte types, differential and total count in *Papilio demoleus* L. (Lepidoptera: Papilionidae) during post-embryonic development. *Munis Entomology & Zoology*, 3(1):199-216.
- Joshi, M.J., Prithiv Raj, V., Solanki, C.B., 2020. Silverfish (*Lepisma saccharina*): An overview and their management. *Agriculture & Foods: e-Newsletter*, 2.
- Kwon, H., Bang, K., Cho, S., 2014. Characterization of the hemocytes in larvae of *Protaetia brevitarsis seulensis*: involvement of granulocyte-mediated phagocytosis. *PLoS One*, 9(8): e103620.
- Lackie, A.M., 1988. Haemocyte behavior, *Advances in Insect Physiology*, 21:85-178.
- Lan, W., Liu, S., Zhao, L., Su, Y., 2020. Regulation of *Drosophila* hematopoiesis in Lymph Gland: from a developmental signaling point of view. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15):52-46.
- Lanot, R., Zachary, D., Holder, F., Meister, M., 2001. Postembryonic hematopoiesis in *Drosophila*. *Developmental biology*, 230(2):243-257.
- Larsen, W.J., 1976. Cell remodeling in the fat body of an insect, *Tissue Cell*, 8(1):73-92.
- Lavine, M.D., Strand, M.R., 2002. Insect hemocytes and their role in cellular immune responses. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 32:1237-1242.
- Levin, D.M., 2007. An integrin required for the encapsulation immune response in the tobacco hornworm *Manduca sexta* L. (Lepidoptera: Sphingidae), Doktora Tezi, Kansas State University, College of Agriculture, Department of Entomology, Manhattan, Kansas.
- Morley, EL., Jones, G., Radford, AN., 2014. The importance of invertebrates when considering the impacts of anthropogenic noise. *Proceedings of the Royal Society B*, 281:20132683.
- Müller, U., Vogel, P., Alber, G., Schaub, G.A., 2008. The innate immune system of mammals and insects. *Trends in Innate Immunity*, 15:21-44.
- Owens, B., 2019. How plants and insects inherit immunity from their parents. *Nature*, 575(7784):S55-S56.
- Öztürk, G., Akat Çömüden, E., Arıkan, H., 2024. Characterization of hemocyte types in *Bombyx mori* throughout pupa, larva, and adult stages by light microscopy. *Biharean Biologist*, 18(1):12-18.
- Punzo, F., 1987. Physiological amino acids in brain tissue of the lepidoptera, *Lepisma saccharina* and *Thermobia domestica* (Insecta, Thysanura). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C Comparative Pharmacology*, 88(2):255-258.

- Sheehan, G., Farrell, G., Kavanagh, K., 2020. Immune priming: the secret weapon of the insect world. *Virulence*, 11(1):238-246.
- Silva, J.E.B., Boleli, I.C., Simões, Z.L.P., 2002. Hemocyte types and total and differential counts in unparasitized and parasitized *Anastrepha obliqua* (Diptera, Tephritidae) larvae. *Brazilian Journal of Biology*, 62: 689-699.
- Stoepler, T.M., Castillo, J.C., Lill, J.T., Eleftherianos, I., 2012. A simple protocol for extracting hemocytes from wild caterpillars. *Journal of Visualized Experiments*, 69:1-6.
- Strand, M.R., Pech, L.L., 1995. Immunological basis for compatibility in parasitoid–host relationships. *Annual Review Entomology*, 40:31-56.
- Sulek, M., Kordaczuk, J., Wojda, I., 2021. Current understanding of immune priming phenomena in insects. *Journal of Invertebrate Pathology*, 185:107656.
- Trautwein, M.D., Wiegmann, B.M., Beutel, R., Kjer, K.M., Yeates, D.K., 2012. Advances in insect phylogeny at the dawn of the postgenomic era. *Annual Review of Entomology*, 57:449-68.
- van Gelderen, F., 2010. Radiography of the Silverfish (*Lepisma saccharina*). *Shadows: The New Zealand Journal of Medical Radiation Technology*, 53(3):18.
- Wu, G., Liu, Y., Ding, Y., Yi, Y., 2016. Ultrastructural and functional characterization of circulating hemocytes from *Galleria mellonella* larva: Cell types and their role in the innate immunity. *Tissue and Cell*, 48(4):297-304.
- Yamashita, M., Iwabuchi, K., 2001. *Bombyx mori* prohemocyte division and differentiation in individual microcultures. *Journal of Insect Physiology*, 47(4-5):325-331.
- Yelkovan, S., Arıkan, H., Çakıcı, Ö., 2020. Caste and age-related changes in circulatory hemocytes of honey bee, *Apis mellifera anatolica* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Apicultural Research*, 60(3):512–521.
- Zhang K., Yu, S., Su, J., Xu, M., Tan, P., Zhang, Y., Xiang, Z. And Cui, H., 2015. Identification and characterization of three novel hemocyte-specific promoters in silkworm *Bombyx mori*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 461(1):102-108.
- Zimian, D., Yonghua, Z., Xiwu, G., 1997. Medicinal insects in China. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4):209-220.

---

**To Cite:** Öztürk, G., Arıkan, H., Öztürk, G., 2024. Investigation of Hemocyte Types in *Lepisma saccharina*. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1040–1047.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14325733>.

---

## The Comparison Yield Performance of Chickpea Genotypes Grown in Different Locations by the GGE Biplot Method

Sibel IPEKESEN <sup>1</sup>, Murat TUNC <sup>2</sup>, Süreyya Betül RUFATIOGLU <sup>3\*</sup>, Behiye Tuba BICER <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dicle University, Agriculture Faculty, Department of Field Crops, Diyarbakir

<sup>2</sup> Harran University, Agriculture Faculty, Department of Field Crops, Sanliurfa

<sup>3</sup> Harran University, Agriculture Faculty, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Sanliurfa

\*Corresponding author: [sureyyarufaioglu@harran.edu.tr](mailto:sureyyarufaioglu@harran.edu.tr)

Received: 05.08.2024

Accepted: 20.09.2024

### Abstract

G×E interaction is critical for understanding how genetic and environmental factors affect plant performance, and this interaction is essential for developing more efficient and adaptive genotypes in plant breeding. In study, The GGE biplot analysis played a crucial role in determining effects on the yield performance of genotype × environment (G×E) interactions and comparing the stability and adaptability of genotypes in Diyarbakir and Kiziltepe. Additionally, cluster analysis was performed using the Ward method, which grouped the genotypes based on yield similarities and identified distinct groups adapted to different environmental conditions. The experiments were arranged by the factorial experimental design with four replications in each environment during the summer seasons of 2015 and 2016. Consequently, the significant differences were determined between genotypes and locations and their interactions. GGE biplot analysis found that the variations in the yield performance of genotypes were caused by 81.24% by the first principal component (PC1) and 18.76% by the second principal component (PC2). FLIP98-206C and FLIP98-143C genotypes were shown high yield potential and stability. In contrast, genotypes D1-3 and Azkan exhibited lower stability and yield performance. Therefore, the high-yielding and broadly adapted genotypes must be prioritized for experiments in regions Diyarbakir and Kiziltepe. However, narrower target regions must be identified for low-performing genotypes and large-scale experiments in these regions should be conducted to understand the long-term yield and stability performance of high-yielding genotypes.

**Keywords:** Chickpea, GGE biplot, Genotype × Environment interaction, yield performance, cluster analysis

## 1. Introduction

Legumes (Leguminosae) are recognized as a key component of sustainable agriculture. This group of plants contributes to environmental sustainability by improving soil fertility and through their ability to biologically fix nitrogen, thus reducing the need for chemical fertilizers (Rufaioglu ve Tunc, 2024). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a significant legume crops worldwide with high nutritional value and economic benefits particularly in arid and semi-arid climates (Varshney et al., 2019; Ipekesen ve Bicer, 2021). Chickpea plays a critical role in human nutrition due to its high protein content, richness in fiber and essential minerals (Jukanti et al., 2012). The increasing demand for food and the rapid decline in agricultural areas have required genetic improvement and the development of suitable cultivation strategies in strategic crops like chickpea to enhance agricultural productivity (Patel et al., 2021). However, global climate change is a threat for the sustainability and productivity of agricultural production. Therefore, the yield performance of genotypes should be identified, and the best genotypes should be selected having high yield under optimal environmental conditions (Yan and Tinker, 2014). This is particularly critical for identifying genotypes capable of providing high productivity in marginal agricultural areas and under changing climatic conditions (Upadhyaya et al., 2011).

GGE biplot analysis has been used as an effective method for evaluating genotype×environment interactions in many crops. GGE biplot was used to compare the yield performances of chickpea genotypes undergrown in different locations (Yan and Tinker, 2015). GGE biplot analysis is a technique developed to evaluate the yield performance of genotypes under specific environmental conditions and to visualize genotype×environment interactions (Yan and Kang, 2003). This analysis method, unlike other analytical techniques, highlights both the effects of genotype and

environment, thus providing a more comprehensive evaluation (Mohammadi and Amri, 2013). It provides a graphical tool to better understand the performance of genotypes under different environments and to identify genotypes having the best yields (Yan and Tinker, 2006; Gauch, 2006). GGE biplot analysis simultaneously presents both yield and stability performance of genotypes under different environments (Yan and Tinker, 2006; Gauch, 2006). GGE biplot analysis facilitates decision-making processes in genetic breeding programs and cultivation strategies (Yan and Tinker, 2014). Moreover, GGE biplot analysis serves as a crucial tool for farmers and breeders by enabling a multidimensional assessment of environmental impacts on genotype performance particularly in ensuring sustainable productivity in agricultural production (Yan and Tinker, 2006; Dehghani et al., 2019). Thus, producers can predict which genotype will be more productive under specific conditions and design production (Yan et al., 2007; Gauch, 2013).

GGE biplot method has been widely employed to investigate genotype × environment interactions in many crops such as maize, wheat, and cotton (Blanche and Myers, 2006; Alwala et al., 2010; Yan et al., 2010). Besides simple analysis of variance and correlation analyses, the interpretation of graphs such as GGE biplot, which looks complex but offers a visual feast for multiple selections, provides a great advantage when determining genotype superiority (Bayhan, 2022). This method was also used to determine the yield and stability performance of chickpea genotypes under different locations and provides more effective and reliable results compared to alternative methods (Yan et al., 2007; Gauch, 2013). GGE biplot analysis, by revealing the sensitivity of genotypes to environmental conditions, facilitates the selection of the most suitable genotypes for cultivation in specific regions. Thus, it contributes to a better understanding of the impact of environmental variables on

agricultural production and the development of genotypes capable of coping with these effects (Upadhyaya et al., 2011) and plays a significant role in selecting genotypes for yield and stability (Patel et al., 2021).

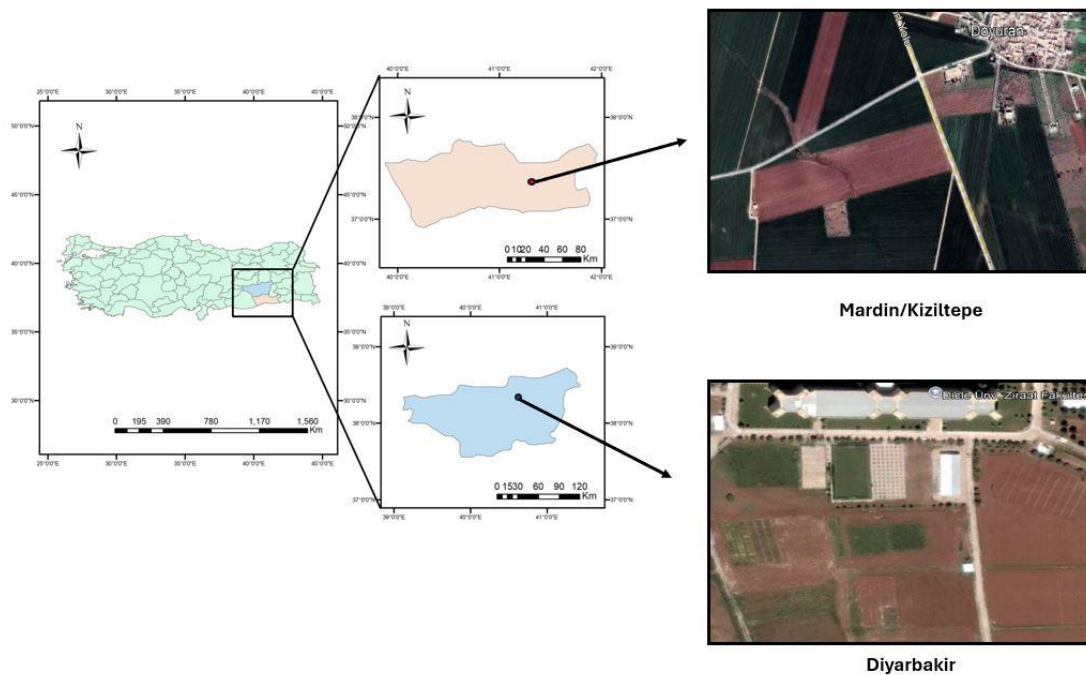
GGE biplot analysis can also identify specific adaptation abilities of genotypes by determining the adaptation abilities of genotypes to different environments and helps optimize local agricultural practices (Yan and Tinker, 2014). In another study, GGE biplot analysis was used to determine in which traits genotypes were superior and it was suggested that these genotypes could be used as parents in quality-oriented breeding programs (Karaman, 2020). Some studies have shown that GGE biplot analysis makes it possible to select chickpea genotypes that provide high yields in specific regions and exhibit stability against environmental variations (Mohammadi ve Amri, 2013). This case both provides higher profits to the producer and contributes to the sustainability of agriculture (Patel et al., 2021). Therefore, GGE biplot analysis is significant both in genetic breeding studies and for the sustainability of agricultural economics.

The aim of this study is to evaluate the yield performance of chickpea genotypes grown in different locations using the GGE biplot method and to reveal the responses of the genotypes to environmental variations.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Material

The experiments were carried out during the 2015 and 2016 summer season in two different environments in Türkiye. The locations consist of Diyarbakir province and Kiziltepe district of Mardin province located in the South-eastern Anatolia Region, Türkiye (Figure 1). Summer experiments were made in Kiziltepe on 15 February, in Diyarbakir on 18 February 2016. The experiments were set up based on the factorial experimental design with four replications in each environment. The plots consisted of six rows of 5 m length and 40 cm intervals. Sowings were made manually at a sowing density of 55 seeds/m<sup>2</sup>. In experiments, 30 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen and 50 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus fertilizers were used. Data on seed yield were obtained from 6.4 m<sup>2</sup> of each plot. The name and origin of 19 chickpea genotypes were given in Table 1.



**Figure 1.** Study area map

**Table 1.** Name/Code and origin of 19 chickpea genotypes

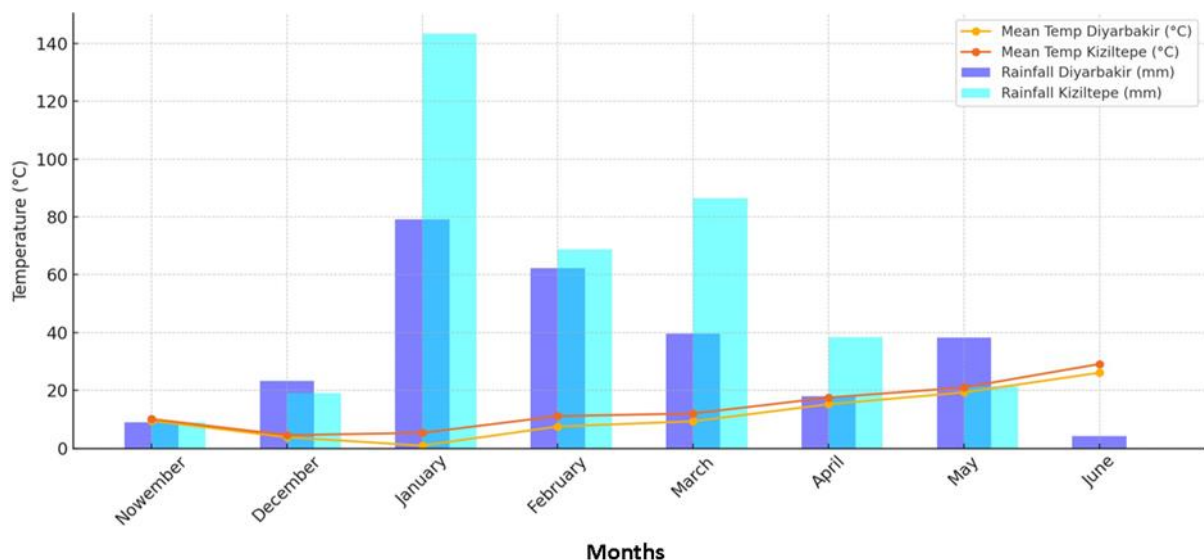
Name/Code	Origin
D2-5	Konya × Balıkesir
D2-8(9)	Konya × Balıkesir
D1-3	Konya × Balıkesir
D2-6	Konya × Balıkesir
D1-13	Konya × ILC3279
D1-14	Diyar 95 × ILC 482
D1-28(9)	ILC3279 × Balıkesir
R4	Diyar 95 × ILC 482
R6	Diyar 95 × ILC 482
N5-5	Diyarbakir local variety
FLIP97-254C	Icarda
FLIP99-34C	Icarda
FLIP98-143C	Icarda
FLIP98-206C	Icarda
DIYAR	Türkiye
Arda	Türkiye
Azkan	Türkiye
Gokce	Türkiye
Cagatay	Türkiye

## 2.2. Soil properties

The soil texture of Diyarbakir experiment was clay loam, pH was between 7.19 and 7.24 and was poor for organic matter (0.79%). The soil texture of Kiziltepe experiment was clayey, pH was 7.59 and there was better organic matter (1.69%) than Diyarbakir experiment.

## 2.3. Climate data for locations

Figure 1 was presented the monthly average temperature (°C) and total rainfall (mm) data for Diyarbakir and Kiziltepe locations. Mean temperatures exhibited similar trends in both locations, however, Kiziltepe generally had higher temperature values than Diyarbakir.

**Figure 2.** Climate data for two locations

When examining rainfall values, it was seen that seasonal variations in both

Diyarbakir and Kiziltepe. Rainfall increased during the winter months



(November-February) and decreased significantly during the summer season (June-September). Particularly in January, rainfall was recorded as 79.2 mm in Diyarbakir and 143.4 mm in Kiziltepe, highlighting this period as one of the wettest seasons in both locations. Additionally, January was the coldest period in terms of temperature values. The average temperature was reduced to 0.9°C in Diyarbakir and 5.3°C in Kiziltepe. This difference showed that Kiziltepe had a relatively milder climate even during winter. Data was a crucial guide for developing location-specific strategies in agricultural practices and genotype selection (Figure 2).

#### 2.4. Statistical analysis

Data were subjected to GGE biplot analysis to determine the effect of location, genotype and location  $\times$  genotype interaction for yield in Genstat 12<sup>th</sup> Edition software. The cluster analysis realized to divide genotypes into groups based on similarity in yield by using Ward (Standardized by Column) method in JMP-Pro17 software. Graph analysis of the GGE biplot was realized by single-value decomposition according to the following formula reported by Yan et al. (2000).

$Y_{ij}$ : the mean of  $i$ th genotype in  $j$ th environment,

$\mu$  mean of all genotypes  
 $\beta_j$ ; main effect of  $j$ th environment  
 $n$ ; Singular value,  
 $\lambda_1$  and  $\lambda_2$ ; the special quantities for the first and second components  
 $\xi_{i1}$  and  $\xi_{i2}$ ; the special vectors of genotypes  
 $\eta_{i1}$  and  $\eta_{i2}$  ; Environment eigenvectors for  $n^{\text{th}}$  interaction principal component,  
 $\varepsilon_{ij}$ ; the remaining quantity for the  $i$ th genotype in  $j$ th environment

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

(Yan, et al., 2000).

The GGE biplots were carried out to obtain the correlations among environments and genotypes using polygon, ranking and comparison techniques (Yan, 2002).

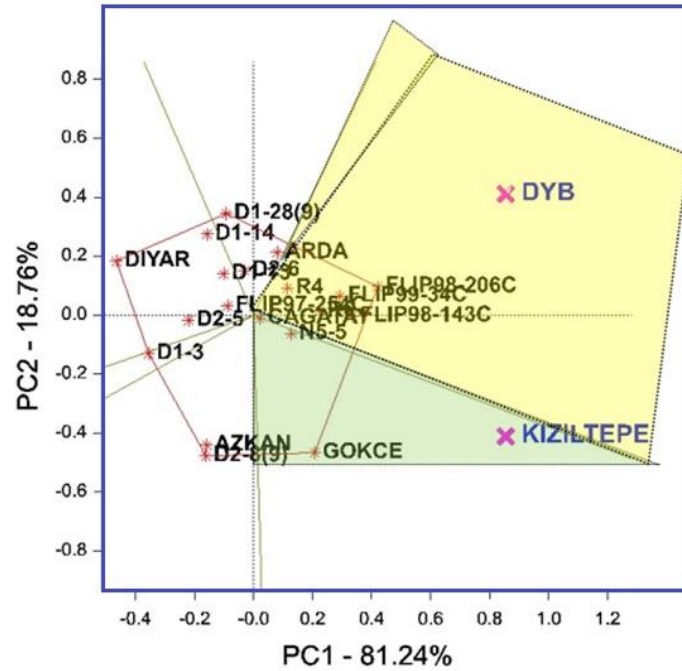
#### 3. Result and Discussion

The results of the variance analysis showed that genotype ( $F=17.36^{**}$ ), location ( $F=60.78^{**}$ ), and genotype  $\times$  location interaction ( $F=4.72^{**}$ ) were found to be statistically significant ( $p<0.01$ ) (Table 1). All three factors had remarkable effects on the traits. The error variance was calculated as 149.55, and a coefficient of variation (CV) of 10.02% was observed (Table 2).

**Table 2.** Analysis of variance for 19 chickpea genotypes sown in the summer season at two environments

Variance Sources	DF	Mean Square	F Ratio
Genotype	18	2595.556	17.3556**
Location	1	9089.244	60.7766**
Genotype $\times$ Location	18	705.2157	4.7155**
Error	114	149.5518	
C. Total	151		
CV (%)	10.02		

\*\*; significant level at  $P \leq 0.01$ .



**Figure 3.** The determination of suitable genotypes in each environment by polygons

In the polygon graph, the first principal component (PC1) explained 81.24% of the total variance, while the second principal component (PC2) accounted for 18.76%. These components created new variables that reduced data complexity, making the similarities and differences between genotypes more comprehensible. In our study, the high explanatory values of PC1 and PC2 indicated that these two components effectively represented the genotype-environment interactions in the data. Each point in the graph represented a genotype, and the distance between genotypes reflected the degree of similarity or difference in their responses to environmental conditions. Genotypes positioned close to each other exhibited similar responses to environmental conditions for the traits analysed, whereas those farther apart showed different responses.

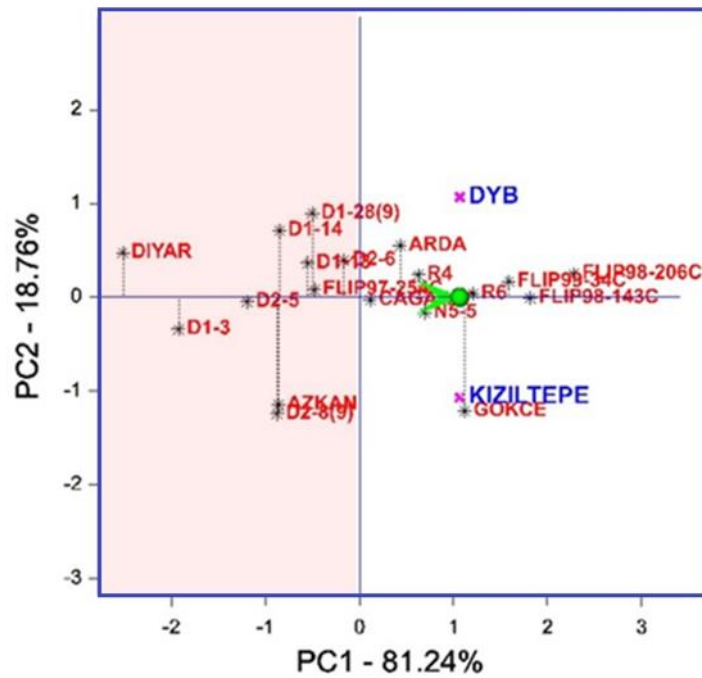
The polygons in the graph illustrated the range of environments in which each genotype performs well. The polygons divided into two major regions labelled Diyarbakir and Kiziltepe, represented the performance of genotypes in the experiment conducted in these two locations. The

boundaries of the polygons highlighted which genotypes were most suitable for specific locations and under what conditions they achieved the highest yields. While the genotypes in the DYB region were better adapted to the environmental characteristics of Diyarbakir, the genotypes in the Kiziltepe region were adapted to the characteristics of Kiziltepe. Since these two locations had different climatic and environmental conditions, the responses of the genotypes varied under these conditions. This clustering of genotypes was highly useful in identifying regional adaptation differences and determining which genotypes were better suitable for specific regions. The clustering of genotypes such as Diyar, D1-3, D1-14, D1-28, and D2-96 under Diyarbakir location showed that these genotypes had a higher performance for yield compared to other genotypes in this location.

These genotypes were found to have a high adaptation structure to the soil and climate conditions of Diyarbakir. In the Kiziltepe region, Gökçe, Azkan, DZ-87 and FLIP98-143C were clustered. The temperature in Kiziltepe, climate and soil conditions of these genotypes showed that

they were well suited to this region. The superior yield and stability of the FLIP98-143C and FLIP98-206C genotypes in this region showed that these genotypes could be recommended specifically for Kızıltepe. The closeness of FLIP98-206C and FLIP98-143C in the graph showed that these two genotypes responded similarly to environmental conditions and therefore

showed comparable performance in both locations. There was a significant distance between genotypes located in different clusters such as Azkan and Diyar. This indicated that the responses of these two genotypes to environmental conditions considerably differed, and they performed better in different locations (Figure 3).

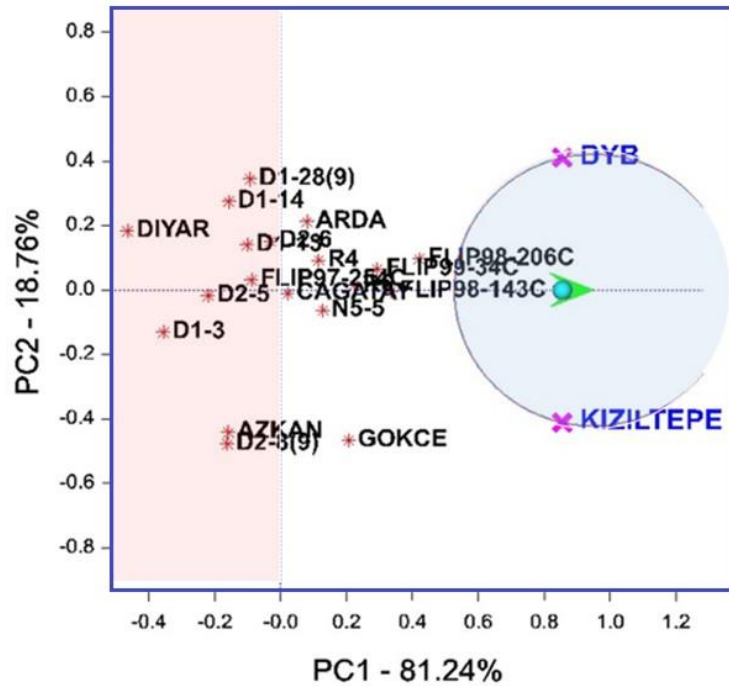


**Figure 4.** The determination of stability of genotypes based on average environment coordination (AEC) by ranking biplot analysis

Figure 4 represents a ranking biplot analysis based on the Average Environment Coordinate (AEC) method to determine the stability of chickpea genotypes. In this graph, the performance and stability of genotypes for yield were evaluated. The AEC line indicated whether the genotypes were close to the average yield and how well they adapted to environmental conditions. Genotypes located on or near the AEC line were considered closer to the average yield and generally stable, while those farther from the line were less stable and exhibited more variable performance under different environmental conditions.

The clustering of genotypes in two separate locations can be interpreted as an

indication of their specific adaptation capabilities to environmental conditions. Genotypes located in the Kiziltepe region were more adapted to the environmental conditions of this region and exhibited higher yield performance. On the other hand, genotypes clustered in the Diyarbakir region were better adapted to its specific conditions. Diyar, Azkan, and D1-3 located near or along the AEC line in the graph suggested that these genotypes were more stable compared to others in terms of stability. In contrast, genotypes positioned farther from the AEC line (FLIP98-206C) were more sensitive to environmental conditions and exhibited variable performance for yield (Figure 4).



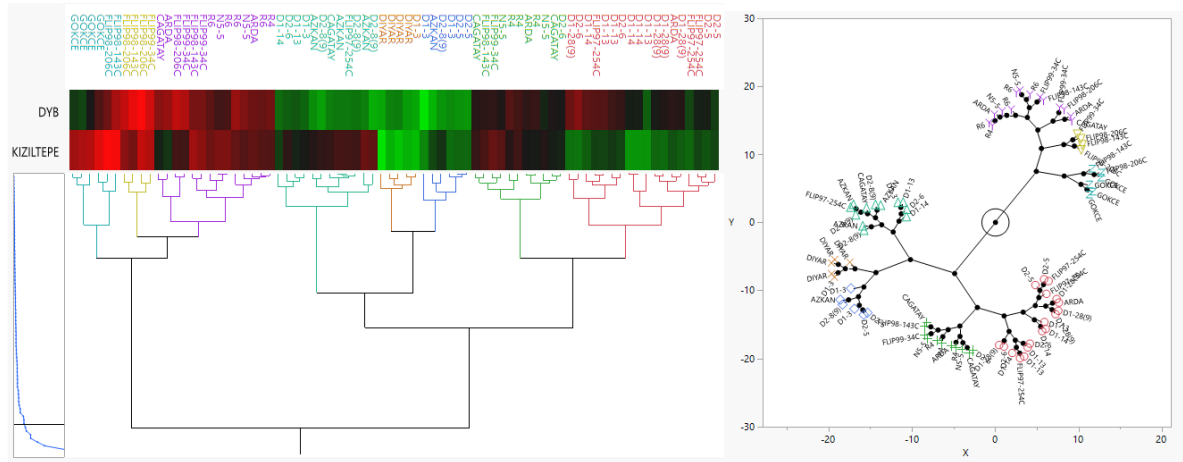
**Figure 5.** Ranking of genotypes according to ideal center by comparison biplot analysis

Figure 5 compares the yield performance and stability of chickpea genotypes in different locations with the ideal genotype. The ideal genotype represented the best characteristics for high yield and stability, and the proximity of genotypes to this center was used to assess their performance and adaptability. In the graph, the ideal genotype was positioned at a central location, and the distances of other genotypes from this center indicated their overall performance in yield and stability.

Genotypes located closest to the ideal centre were the most suitable for high-yield potential and environmental stability. In this graph, FLIP98-206C and FLIP98-143C were located closer to the ideal center, and these genotypes exhibited above-average performance in both locations. Genotypes located farther from the ideal center had a lower ideal performance for yield and stability. Especially, D1-3, Azkan, and DZ-87 located at a distance from the ideal

genotype indicated lower adaptability for both yield and stability.

The clustering of genotypes based on Kiziltepe and Diyarbakir locations reflected the impact of environmental factors in these locations on the stability of the genotypes. The proximity of the Gokce genotype to the Kiziltepe cluster indicated that this genotype was better adapted to Kiziltepe and performs well under its environmental conditions. Evaluating genotypes based on such a biplot analysis was crucial for identifying genotypes that exhibited high yield and stability in both environments. Among genotypes, FLIP98-206C located near the ideal center demonstrated wide adaptability. Therefore this genotype could be used as parents in breeding programs. Conversely, genotypes with low environmental adaptability (D1-3) should be required to be reassessed for different environmental conditions or have their use in breeding programs limited (Figure 5).



**Figure 6.** Clustering analysis by using Wards method for summer sowing

This graph represents the clustering analysis performed using the Ward method. On the left side of the graph, the dendrogram illustrated the clustering of genotypes, while on the right side, the visual representation of genotypes was shown using multidimensional scaling (MDS). This analysis aimed to group genotypes into similar clusters based on their yield performance and similarities. The Ward method clustered genotypes according to their degree of similarity, enabling a clearer observation of their responses to environmental conditions (Ward, 1963). The dendrogram in the graph showed how genotypes were grouped into clusters and how these clusters were organized based on yield and environmental responses.

In the graph, genotypes evaluated separately for Diyarbakir and Kiziltepe locations were placed in different clusters based on their responses to environmental conditions. This indicated that the environmental differences observed in these two locations affect the yield and stability performance of the genotypes. Genotypes within the same clusters demonstrated better adaptation to similar environmental conditions and exhibited high yield and stability characteristics (Figure 5). This suggested that these genotypes could be utilized in agricultural practices and breeding programs to ensure yield and stability under similar environmental conditions (Milligan and Cooper, 1987).

This analysis was crucial for identifying which location genotypes achieved higher yields and where they maintained stable performance (Kaufman and Rousseeuw, 2005). The similarities identified in the clustering analysis of genotypes facilitated the selection of genotypes most suitable for varying environmental conditions. Utilizing these genotypes as parents in future breeding programs will contribute to the development of varieties with a broad adaptation capacity (Hair et al., 2014).

#### 4. Conclusion

The GGE biplot analysis in the study demonstrated that genotypes respond differently to various environmental conditions and possess broad adaptation ability. The genotypes FLIP98-206C and FLIP98-143C, positioned close to the ideal center in the biplot analysis, were shown to have high yield potential and stability. In contrast, genotypes such as D1-3 and Azkan were found to exhibit lower stability and yield performance. It is recommended that high-yielding and broadly adapted genotypes like FLIP98-206C and FLIP98-143C be prioritized for trials in regions such as Diyarbakir and Kiziltepe. However, large-scale experiments in these regions will provide a more detailed understanding of the long-term yield and stability performance of these genotypes. Additionally, the adaptability of these genotypes should be tested in other arid and

semi-arid regions to plan their widespread cultivation under suitable conditions. Additionally, for low-performing genotypes (D1-3 and Azkan), it is recommended to identify narrower target regions and focus more intensively on breeding efforts in these areas. Developing specific tolerances of these genotypes to certain environmental conditions and conducting improvement studies in this direction will provide a more strategic approach to their utilization.

#### Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

#### Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### References

- Alwala, S., Kwolek, T., McPherson, M., Pellow, J., Meyer, D., 2010. A comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. *Field Crops Research*, 119(2): 225-230.
- Annicchiarico, P., 2012. Genotype × Environment Interactions: Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations. FAO.
- Badu-Apraku, B., Lum, A.F., 2010. The pattern of genotypic performance of extra-early maize cultivars in contrasting environments. *Agronomy Journal*, 102(2): 381-389.
- Badu-Apraku, B., Oyekunle, M., Akinwale, R.O., Lum, A.F., 2011. Combining ability, heterosis and genetic diversity of extra-early white maize inbreds under stress and non-stress environments. *Field Crops Research*, 121(2): 277-288.
- Bayhan, M., 2022. GGE Biplot analiz yöntemi ile makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) genotiplerinde kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3): 573-582.
- Blanche, S.B., Myers, G.O., 2006. Identifying stable cotton cultivars across diverse environments using the GGE biplot method. *Agronomy Journal*, 98(6): 1382-1388.
- Crossa, J., Fox, P.N., Pfeiffer, W.H., Rajaram, S., Gauch, H.G., 1990. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical and Applied Genetics*, 80(6): 818-824.
- Dehghani, H., Ebadi, A., Yousefi, A., 2019. Biplot analysis of genotype × environment interaction for determining the best locations for chickpea production. *Journal of Crop Improvement*, 33(2): 177-188.
- FAO (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World 2020.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K.H.M., 2020. Climate Change and Crop Production. Springer.
- Gauch, H.G., 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*, 46(4): 1488-1500.
- Gauch, H.G., 2013. A simple protocol for AMMI analysis of yield trials. *Crop Science*, 53(5): 1860-1869.
- Gulluoglu, L., Bakal, H., Onat, B., 2017. Evaluation of peanut genotypes for yield and stability using GGE biplot analysis. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1): 96-104.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R.L., 2014. *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Pearson.
- Ipekesen, S., Biçer, B.T., 2021. The effect of fertilization on plant and agricultural traits of chickpeas. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 320-332.
- Jukanti, A.K., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., Chibbar, R.N., 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1): S11-S26.

- Karaman, M., 2020. Yazlık ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tarımsal özellikler bakımından değerlendirilmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 68-81.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P.J., 2005. Finding groups in data: An introduction to cluster analysis. *John Wiley & Sons*.
- Milligan, G.W., Cooper, M.C., 1987. Methodology review: Clustering methods. *Applied Psychological Measurement*, 11(4): 329-354.
- Mohammadi, R., Amri, A., 2013. Genotype  $\times$  environment interaction and genetic improvement for yield and yield stability of rainfed durum wheat in Iran. *Euphytica*, 192(3): 227-249.
- Patel, J., Singh, S., Sharma, A., 2021. Climate resilient agricultural practices for chickpea. *Journal of Agricultural Science*, 13(4): 56-68.
- Rufaioglu, S.B., Tunc, M., 2024. Sustainable agriculture approaches in legumes. *ISPEC Journal of Science Institute*, 3(1), 38-52.
- Upadhyaya, H.D., Dwivedi, S.L., Gowda, C.L.L., Singh, S., 2011. Identification of diverse germplasm lines for agronomic traits in a chickpea (*Cicer arietinum*) core collection for use in crop improvement. *Field Crops Research*, 123(3): 93-103.
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301): 236-244.
- Yan, W., 2002. Singular value partitioning in biplot analysis of multi environment trial data. *Agronomy Journal*, 94:990-996.
- Yan, W., Tinker, N.A., 2006. Biplot analysis of multi environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 623-645.
- Yan, W., Kang, M.S., 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press.
- Yan, W., Tinker, N.A., 2014. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype  $\times$  environment interaction. *Crop Science*, 45(3): 1004-1016.
- Yan, W., Tinker, N.A., 2015. Biplot analysis of multi-environment trial data., 92(5): 881-892.
- Yan, W., Cornelius, P.L., Crossa, J., Hunt, L.A., 2007. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science*, 47(3): 654-663.
- Yan, W., Cornelius, P.L., Crossa, J., Hunt, L.A., 2010. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science*, 41(3): 656-663.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., Szlavnic, Z., 2007. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40(3): 597-605.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., Szlavnic, Z., 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40:597-605.

---

**To Cite:** İpekesen, S., Tunç, M., Rufaioglu, S.B., Biçer, B.T., 2024. The Comparison Yield Performance of Chickpea Genotypes Grown in Different Locations by the GGE Biplot Method. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1048-1058.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14326221>.

---

**Bazı Patates Klonlarının (*Solanum tuberosum* L.) Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi**Taner KARAKANLI<sup>1</sup>, Gülsüm ÖZTÜRK<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [gulsum.ozturk@ege.edu.tr](mailto:gulsum.ozturk@ege.edu.tr)**Geliş Tarihi (Received):** 08.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 28.09.2024**Özet**

Çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama Alanlarında gerçekleştirilmiştir. Patates ıslahı kapsamında, ebeveyn olarak kullanılan Bettina, Nif çeşitleri ile bunların melezi patates klonları, 1 Mart 2023 tarihinde Tesadüf Blokları Deneme Deseninde tarla denemesine alınmıştır. Patates klonlarının optimum gelişimini sağlamak için bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Gelişimlerini tamamlayan bitkiler 30 Haziran 2023 tarihinde hasat edilmiştir. Çalışmada, bitki boyu, sap sayısı, yumru sayısı, tek yumru ağırlığı, ocak verimi, parsel verimi, yumru eni ve yumru boyu gibi morfolojik ve verim özellikleri incelenmiştir. Varyans analizi uygulanarak bu özelliklerdeki varyanslar hesaplanmış ve Asgari Önemli Fark (AÖF) sınıflandırmaları gerçekleştirilmiştir. Melezlemeler sonucu elde edilen patates klonları arasında morfolojik ve verim özellikleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Morfolojik özellikler bakımından; en yüksek bitki boyu Klon 1-387 (68.00 cm) ve en yüksek sap sayısı Klon 1-375 (5.33 adet)'den elde edilmiştir. Verim özellikleri değerlendirildiğinde; yumru sayısı bakımından Klon 1-445 (10.33 adet), tek yumru ağırlığı bakımından Klon 1-327 (79.29 g), ocak verimi bakımından Klon 1-327 (768.84 g), parsel verimi bakımından Klon 1-445 (5.00 kg), yumru eni için Klon 1-445 (5.14 cm) ve yumru boyu için Klon 1-327 (7.54 cm) ile en yüksek ortalamayı vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patates klon, seleksiyon, morfolojik ve verim özellikleri**Determination of Agronomical Characteristics of Some Potato Clones (*Solanum tuberosum* L.)****Abstract**

The study was carried out at Ege University, Faculty of Agriculture, Field Crops Research and Application Areas. In the scope of potato breeding, Bettina, Nif varieties used as parents and their crosses potato clones were taken into the field trial on March 1, 2023 in the Randomized Complete Block Design. Potato clones were regularly maintained to ensure optimum development. The plants that completed their development were harvested on June 30, 2023. Morphological and yield characteristics of tubers such as plant height, stem number, tuber number, single tuber weight, plant yield, plot yield, tuber width and tuber length were analyzed in the study. Variances in these traits were calculated by applying analysis of variance and Least Significant Difference (LSD) groupings were performed. Statistically significant differences were found among the potato clones obtained as a result of crosses in terms of morphological and yield traits. In terms of morphological traits; the highest plant height was obtained from Clone 1-387 (68.00 cm) and the highest mean was obtained from Clone 1-375 (5.33 number) in terms of stem number. When yield characteristics were evaluated; Clone 1-445 (10.33 number) for tuber number, Clone 1-327 (79.29 g) for single tuber weight, Clone 1-327 (768.84 g) for plant yield, Clone 1-445 (5.00 kg) for plot yield, Clone 1-445 (5.14 cm) for tuber width and Clone 1-327 (7.54 cm) for tuber length had the highest means.

**Keywords:** Potatoes clone, selection, morphological and yield characteristics



## 1. Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.) anavatanı Güney Amerika olan Solanaceae familyasına ait karbonhidrat bakımından zengin, nişasta, protein ve mineral maddeler içeriği yanında A, B, C vitamin kompleksleri içeren çok yönlü kullanıma sahip tek yıllık bir endüstri bitkisidir (İlisulu, 1986; Çaylak, 2002; Ozturk, 2021a; Ozturk, 2021b).

TÜİK 2023 yılı verilerine göre, Türkiye'de patates üretimi 5.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretim, 150.9 bin hektar ekim alanında gerçekleştirilmiş olup, dekara verim  $3777 \text{ kg da}^{-1}$  olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2023). Son yıllarda Ülkemiz yerel patates çeşitleri geliştirilmiş ancak yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle ülkemizde patates ıslah çalışmaları hem verimi artırma hem de yerli çeşit sayısını arttırıp, çiftçilerin hizmetine sunmak ve bunun da sürekliliğinin sağlanması ile mümkün olacaktır.

Bugün Avrupa'da kültürü yapılan patatesler *Andigena* ve *Tuberosum* alt türü olup, ıslah çalışmaları bu gen kaynakları yanında yabancı türler ve *Neotuberosum* kültür formları ile de yapılmaktadır (Yıldırım, 1979; Yıldırım ve Yıldırım, 2002b; Ozturk, 2021a; Ozturk, 2021b). Patates ıslah ve melezleme çalışmaları yüksek oranda çiçek ve tohum oluşturma potansiyeline sahip olan türlerde başarılı bulunmuştur (Simmonds, 1997; Yıldırım ve Yıldırım, 2002a; Ozturk ve Yıldırım, 2020).

Patates ıslahında amaç yüksek verim kapasitesine sahip ve biyotik ile abiyotik

stres koşullarına karşı dayanıklı, su kullanım etkinliği yüksek, depo koşullarına dayanıklı yeni çeşitler geliştirmektir (Ozturk, 2022). Bu amaçların bir veya bir kaç göz önüne alınarak başlatılan patates ıslah çalışmaları yoğun iş gücü, zaman ve emek gerektirmektedir (Swiezyflski, 1984; Ozturk, 2022).

Patatesteki çeşitli melezleme zorlukları patates ıslahının klon seleksiyonu olarak gerçekleşmesine olanak sağlamaktadır (Gültekin ve Çalışkan, 1997; Yıldırım ve ark., 1988; Bradshaw ve ark., 1998; Aydın, 2021; Mehmet, 2021). Seleksiyonla elde edilen klonlar birkaç generasyon çoğaltılarak ıslah programına başlanmakta (Gopal, 2015) ve bu klonlar mikro verim denemelerine alınarak seleksiyona devam edilmektedir (Öztürk ve Yıldırım, 2018).

Bu çalışmada, Bettina x Nif melez kombinasyonlarına ait patates klonlarının tarla verim denemelerine alınarak morfolojik ve verim özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Araştırma alanının yeri, yılı, iklim koşulları ve toprak özellikleri

Çalışma, 2023 yılı patates yetiştirme dönemi içinde Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama Alanlarında yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü İzmir ili Bornova ilçesine ait 2023 yılı iklim verileri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca tarla denemesi alanlarından alınan toprak örneklerinin çeşitli özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** 2023 yılı deneme alanına (Bornova) ait aylık iklim verileri\*

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Toplam Yağış (mm)
Şubat	9.1	8.5
Mart	13.4	89.3
Nisan	16.1	86.1
Mayıs	20.6	18.4
Haziran	25.6	81.2
Temmuz	30.7	1.2

\*: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

**Tablo 2.** Tarla denemesinin bulunduğu Bornova'ya ait toprak özellikleri (Öztürk, 2021d)

Toprak Derinliği	Tekstür	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)	pH	Kireç (%CaCO <sub>3</sub> )	Organik madde (%)	Toplam Tuz (%)
0-20 cm	Milli-Kil	24.72	42.72	32.56	7.10	15.46	2.17	0.095
20-40 cm	Killi-Tın	32.72	36.72	30.56	7.60	18.64	2.15	0.075

## 2.2. Tohumluk materyali

Çalışmada materyal olarak, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde daha önce başlatılan patates ıslah programı kapsamında, elde edilen Bettina x Nif melez kombinasyonuna ait patates klonları kullanılmıştır. Çalışmada ebeveyn olarak Tarla Bitkileri Bölümünde 1998 yılında tescil edilen ilk yerli çeşit olan Nif ile intodüksiyon ticari çeşidi olan Bettina kullanılmıştır. Nif çeşidi yüksek düzeyde çiçek ve meyve üretim kapasitesi bulunan orta erkenci ve yüksek verimli bir

patates çeşidi olup; oval şekilli yumrulara sahiptir. Bettina çeşidi ise orta erkenci ve beyaz çiçekli olup, ağır toprak ve zorlu iklim koşullarında dahi yüksek verim potansiyeline sahiptir. Oval şekilli, sarı kabuklu ve pürüzsüz yüzeyle yumrulara sahip olan Bettina, açık sarı et rengindedir (Öztürk ve Yıldırım, 2018; Ozturk ve Yıldırım, 2020; Ozturk, 2021c). Tarla denemesinde kullanılan Bettina x Nif melez kombinasyonuna ait patates klonları Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Bettina X Nif çeşidi melez kombinasyonuna ait patates klonları

Sıra No	Patates Klon No	Pedigri (♀ x ♂)
1	1-317	Bettina x Nif
2	1-327	Bettina x Nif
3	1-338	Bettina x Nif
4	1-375	Bettina x Nif
5	1-387	Bettina x Nif
6	1-407	Bettina x Nif
7	1-420	Bettina x Nif
8	1-445	Bettina x Nif
9	Bettina (Kontrol)	Franzi x 795/883
10	Nif (Kontrol)	Cosima x R.143

## 2.3. Yöntem

Çalışmada genetik materyal olarak kullanılan Bettina x Nif melez kombinasyonuna ait patates klonları Bornova deneme tarlasında 1 Mart 2023 tarihinde Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre sıra üzeri 30 cm ve sıra arası 70 cm olacak şekilde 3 tekerrürlü ve 2 sıradan oluşan tarla denemesine alınmıştır (Ozturk, 2022).

Dikim işlemini takiben 30 gün içinde bitki çıkışları % 75 olarak gözlemlenmiş olup, bitkiler yaklaşık 10-15 cm uzunluğa ulaştığında ilk çapalama yapılmıştır. Bitki gelişimini takriben ikinci çapalama işlemi gerçekleştirilmiş ve son olarak bir kez

boğaz doldurma işlemi uygulanmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca patates klonlarının optimal gelişimini sağlamak amacıyla gerekli bakım işlemleri düzenli bir şekilde yapılmıştır. Bu kapsamda, sulama ve yabancı ot temizliği gibi bakım uygulamaları periyodik olarak elle gerçekleştirilmiştir. Çiçeklenme sürecini takiben, 5 Mayıs 2023 tarihinde patates klonlarının morfolojik özelliklerini değerlendirmek amacıyla gözlemler gerçekleştirilmiş ve bu gözlemler sonucunda elde edilen veriler kaydedilmiştir.

Gelişimlerini tamamlayan bitkiler 30 Haziran 2023 tarihinde hasat edilmiştir.

Hasat sonrası elde edilen yumruların; yumru sayısı (adet), tek yumru ağırlığı (gr), ocak verimi (g), parsel verimi (kg), yumru

eni ve boyu (cm) gibi verim özellikleri ölçülmüştür.



**Şekil 1.** a;b;c;d;e. Patates klonlarının tarla denemesindeki bakım işlemleri ve gelişim dönemleri, f. Patates klonlarına ait morfolojik özelliklerin ölçümü, g. Hasat edilen patates klonları, h;i. Tarla denemesi sonucunda hasat edilen patates klonlarının yumrularına ait ölçüm işlemleri

## 2.4. İstatistiksel analizler

Tarla denemesinde yetiştirme periyodu içinde Bettina x Nif melez kombinasyonlarına ait patates klonlarından elde edilen ölçüm sonuçları, TOTEMSTAT (Açıkgöz ve ark., 2004) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiş ve ortalamalar Asgari Önemli Fark (AÖF) testi kullanılarak karşılaştırılmıştır (Steel and Torrie, 1980).

## 3. Bulgular ve Tartışma

Bettina x Nif melez kombinasyonuna ait patates klonlarının tarla denemesinden elde edilen özelliklere ait verilerin varyans analiz sonuçları ve AÖF sınıflandırmaları Tablo 4’de verilmiştir. Morfolojik ve verim özelliklerine ait ortalamaların dağılımları ise Şekil 2 ve Şekil 3’de sunulmuştur.

**Tablo 4.** Tarla denemesinde yetiştirilen klonların morfolojik ve verim özelliklerine ait ortalamaları, AÖF sınıflandırması ve F değerleri

Sıra no	Klon No	Bitki Boyu (cm)	Sap Sayısı (adet)	Yumru Sayısı (adet)	Tek Yumru Ağırlığı (g)
1	1-317	44.67 d	3.00 bcd	<b>9.67 a</b>	71.22 ab
2	1-327	56.33 b	3.00 bcd	<b>10.00 a</b>	<b>79.29 a</b>
3	1-338	44.67 d	4.33 ab	6.33 bc	66.36 ab
4	1-375	51.33 c	<b>5.33 a</b>	8.33 ab	65.34 ab
5	1-387	<b>68.00 a</b>	2.67 cd	<b>9.67 a</b>	<b>79.12 a</b>
6	1-407	37.33 e	4.00 abc	<b>9.33 a</b>	63.89 ab
7	1-420	29.67 f	1.67 d	2.67 d	41.25 c
8	1-445	47.00 d	3.00 bcd	<b>10.33 a</b>	70.86 ab
9	Bettina (Kontrol)	44.33 d	3.67 bc	5.33 cd	70.29 ab
10	Nif (Kontrol)	50.67 c	4.00 abc	6.00 bc	51.75 bc
<b>AÖF<sub>(0.05)</sub></b>		2.823	1.516	2.973	20.277
<b>F değeri</b>		119.502**	4.000**	6.512**	2.955*
Sıra no	Klon No	Ocak Verimi (g)	Parsel Verimi (kg)	Yumru Eni (cm)	Yumru Boyu (cm)
1	1-317	675.27 abc	3.12 b	4.86 ab	6.16 bc
2	1-327	<b>768.84 a</b>	<b>4.40 a</b>	4.39 cd	<b>7.54 a</b>
3	1-338	519.63 cd	2.58 bc	4.55 bc	5.89 cd
4	1-375	542.68 bcd	2.39 c	4.53 bc	6.04 bc
5	1-387	<b>742.36 a</b>	<b>4.50 a</b>	4.88 ab	6.59 b
6	1-407	596.50 abc	2.47 c	4.42 cd	6.53 bc
7	1-420	116.37 f	0.57 d	3.62 e	4.27 e
8	1-445	724.33 ab	<b>5.00 a</b>	<b>5.14 a</b>	6.03 bc
9	Bettina (Kontrol)	378.10 de	2.18 c	4.33 cd	5.95 bcd
10	Nif (Kontrol)	303.31 e	0.90 d	3.99 de	5.33 d
<b>AÖF<sub>(0.05)</sub></b>		184.076	0.622	0.425	0.649
<b>F değeri</b>		11.892**	49.829**	9.498**	15.022**

\* $p \leq 0.05$  düzeyinde önemli \*\*  $p \leq 0.01$  düzeyinde önemli

Tarla denemesinde Bettina x Nif melez kombinasyonuna ait patates klonlarının bitki boyuna (cm) ait varyans analizi sonucu bulunan F değeri ile patates klonlarının ortalamaları Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde bitki boyu (cm), sap sayısı, yumru sayısı, ocak verimimi, parsel verimi, yumru eni, yumru boyu bakımından  $p \leq 0.01$ ; tek yumru ağırlığı bakımından  $p \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

### 3.1. Morfolojik özellikler

Tablo 4’deki patates klonlarının bitki boyu (cm) ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek bitki boyu ortalaması 68.00 cm ile Klon 1-387’den elde edilmiştir. Bu klonu 56,33 cm ile Klon 1-327 takip etmiştir. Bitki boyu bakımından Klon 1-375 (51.33 cm) ve Nif (50.67 cm) aynı grupta yer alıp bu klonları izlemiştir. Bitki boyu bakımından 1-420 no’lu klon 29.67 cm ile en düşük ortalamayı vermiştir. Yıldırım ve ark. (1988) tarafından yapılan melezleme çalışmasında, ebeveyn kaynağı olarak kullanılan Nif patates çeşidi, Cosima x R.143 melez kombinasyonu sonucu ıslah edilmiş olup, yüksek bitki boyu özelliği göstermiştir. Öztürk ve Yıldırım (2018)

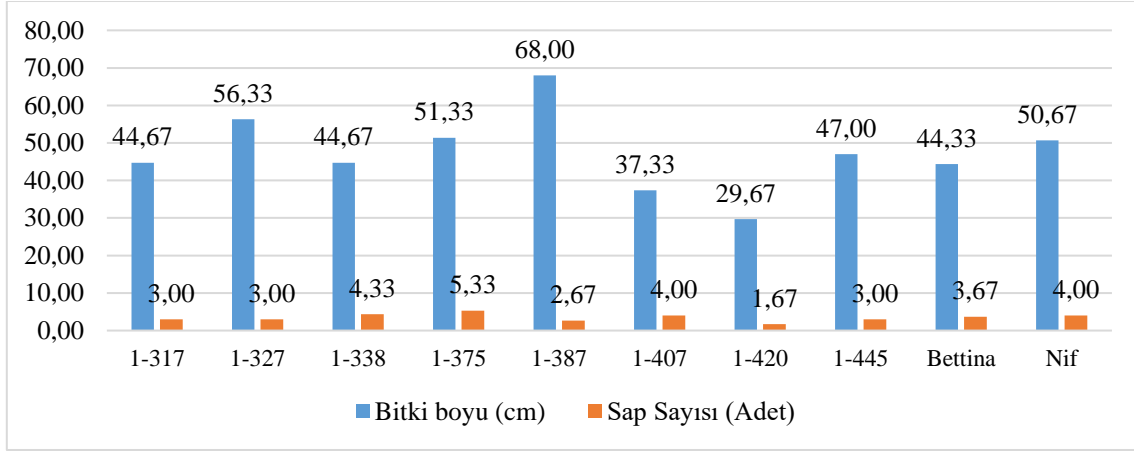
tarafından yapılan çalışmada, Bettina x Nif melez kombinasyonu klonlarının bitki boyu açısından yüksek ortalama değerler verdiğini bildirilmişlerdir. Mehmet (2021) ve Öztürk (2021d) tarafından yapılan seleksiyon çalışmalarında, ebeveyn olarak kullanılan Nif çeşidine ait patates klonlardan en yüksek bitki boyu elde edilmiştir. Çalışmamızda, Bettina x Nif melez kombinasyonundan elde edilen klonlardan bazıları kontrol grubu olan Nif ve Bettina ebeveynlerinden yüksek ortalamalar verdiği görülmüştür.

Tablo 4’deki patates klonlarının sap sayısı (adet) ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek sap sayısı ortalaması 5.33 adet ile Klon 1-375 vermiştir. Bu klonu 4.33 adet ile Klon 1-338 takip etmiştir. Klon 1-407 (4.00 adet) ve Nif (4.00 adet) ise aynı grupta yer alarak bu klonları izlemiştir. Sap sayısı yönünden 1-420 numaralı klon 1.67 adet ile en düşük ortalamayı vermiştir. Öztürk ve Yıldırım (2018) ve Mehmet (2021) tarafından yapılan ıslah çalışmalarında, ebeveyn olarak kullanılan Bettina ve Nif melez kombinasyonuna ait patates klonu 177 en yüksek ortalamayı verdiğini açıklamışlardır. Öztürk (2021d)’ün yaptığı

melezleme çalışmasında Bettina x Nif melez kombinasyonu klonu 1-122 (5.5 adet) en yüksek ortalamayı verdiğini bildirmiştir. Sap sayısı önemli bir seleksiyon kriteri olarak değerlendirilmekte olup bu alanda

daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile uyumlu bulunmuştur.

Patates klonlarının morfolojik özelliklerine ait ortalamaların dağılımları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Tarla denemesindeki patates klonlarının morfolojik özelliklerine ait ortalamalarının dağılımları

### 3.2. Verim özellikleri

Tablo 4’deki patates klonlarının yumru sayısı (adet) ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek ortalama Klon 1-445 (10.33 adet), Klon 1-327 (10.00 adet), Klon 1-387 (9.67 adet); Klon 1-317 (9.67 adet) ve Klon 1-407 (9.33 adet)’den elde edilmiştir. Yumru sayısı bakımından 1-420 no’lu klon 2.67 adet ile en düşük ortalamayı vermiştir. Öztürk ve Yıldırım (2018) tarafından yürütülen seleksiyon çalışmasında, Bettina x Nif melezinden elde edilen Klon 176 (12.00 adet) ve Klon 174 (11.80 adet) yumru sayısı bakımından yüksek ortalamalar verdiğini belirtmişlerdir. Mehmet (2021) aynı melez kombinasyondan elde edilen Klon 177 (13.80 adet) ve Klon 176 (13.00 adet) klonlarının da yüksek yumru sayısı verdiğini bildirmiştir. Ayrıca, Öztürk (2021d) tarafından yürütülen çalışmada Bettina x Nif melezinden elde edilen Klon 1-75 13.00 adet ile yüksek yumru sayısı verdiğini bildirmiştir. Patates ıslahında yumru sayısı bir seleksiyon kriteri olup, ocak verimi ve parsel verimi ile birlikte değerlendirilmektedir.

Tek yumru ağırlığı (g) bakımından en yüksek ortalama Klon 1-327 (79.29 g) ve Klon 1-387 (79.12 g)’den elde edilmiştir. Klon 1-317 (71.22 g); Klon 1-445 (70.86 g); Bettina (70.29 g); Klon 1-338 (66.36 g); Klon 1-375 (65.34 g) ve Klon 1-407 (63.89 g) aynı grupta yer alarak bu klonları izlemişlerdir. Tek yumru ağırlığı (g) bakımından 1-420 no’lu klon 41.25 g ile en düşük ortalamayı vermiştir. Yapılan bir çalışmada tek yumru ağırlığı bakımından ortalamalar karşılaştırıldığında Bettina x Nif melezine ait Klon 1-20 ve Klon 1-120 numaralı klonlar 118.30 g ile en yüksek bulunmuştur (Öztürk, 2021d). Başka bir çalışmada ise aynı melez kombinasyondan elde edilen Klon 159, tek yumru ağırlığı bakımından 63.70 g ile yüksek ortalama verdiğini bildirilmiştir (Mehmet, 2021). Bettina x Nif melez kombinasyonu elde edilen sonuçlar farklı yıllarda gerçekleşmiş olup elde edilen bulgular yukarıdaki araştırmacıların sonuçları ile uyumlu bulunmuştur.

Ocak verimi (g) ortalamaları karşılaştırıldığında ise en yüksek ortalama 768.84 g ile Klon 1-327 vermiştir. Bu klonu aynı grupta yer alan 742.36 g ile Klon 1-387

takip etmiştir. Klon 1-445 (724.33 g); Klon 1-317 (675.27 g) ve 1-407 (596.50 g) yüksek ortalama değerleriyle öne çıkan diğer klonlar arasında yer almaktadır. Ocak verimi yönünden, 1-420 numaralı klon 116.37 g ile en düşük ortalama vermiştir. Öztürk (2021d), ocak verimi bakımından  $p \leq 0.01$  düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlendiğini belirtmiş ve bu patates klonlarının ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek değeri Bettina x Nif melezi olan Klon 1-20'nin (1239.50 g) sağladığını ifade etmiştir. Yapılan başka bir çalışmada yine aynı melez kombinasyonundan elde edilen Klon 159 (795.40 g) en yüksek ortalamayı verdiğini bildirmiştir (Mehmet, 2021).

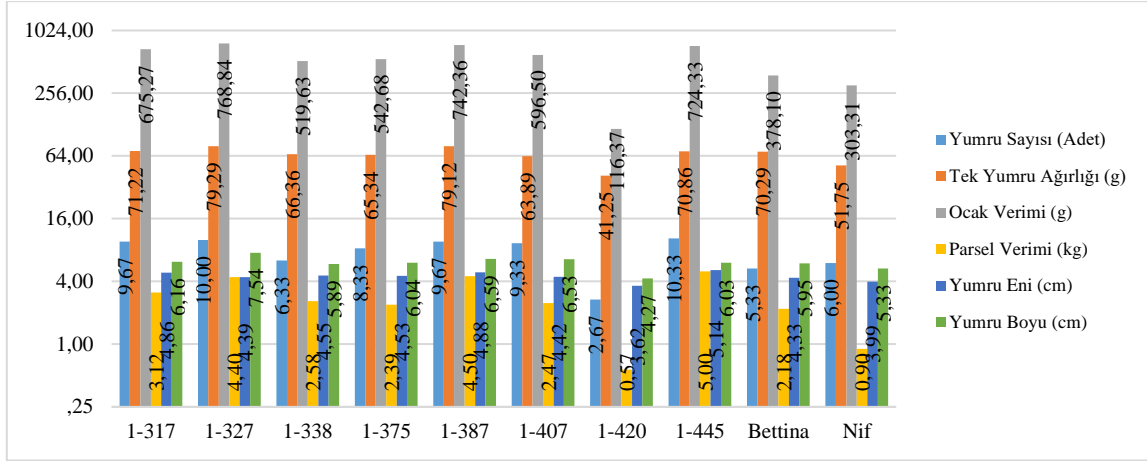
Parsel verimi (kg) ortalamaları karşılaştırıldığında, en yüksek ortalama değeri 5.00 kg ile Klon 1-445 sağlamıştır. Bu klonu aynı grupta yer alan sırasıyla, 4.50 kg ile Klon 1-387 ve 4.40 kg ile Klon 1-327, yüksek ortalama değerleriyle takip etmiştir. Parsel verimi açısından, Nif (0.90 kg) ve Klon 1-420 (0.57 kg) en düşük ortalama değerleri göstermişlerdir. Öztürk (2021d) tarafından gerçekleştirilen seleksiyon çalışmasında, Bettina x Nif melezi olan Klon 1-86 (10.4 kg) parsel verimi bakımından en yüksek ortalama elde etmiştir. Buna karşılık, Mehmet (2021) tarafından yürütülen bir diğer melezleme çalışmasında, aynı kombinasyona ait Klon 159'un (2.20 kg) en yüksek parsel verimini elde ettiğini bildirilmiş olup, bu sonuç, çalışmamızın bulgularından daha düşük bir değer olarak bulunmuştur. Gopal ve ark. (1992) patates ıslahında başlangıçta pozitif seleksiyonun uygun olmadığını belirtmiş ve bu süreçte daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için daha fazla yıl, lokasyon ve tekrarlı deneme yapılması gerektiğini

vurgulamışlardır. Çalışmamız tek yıl üzerine gerçekleştirilmiş olup, tescil aşamasında seçilen klonların birkaç yıl ve birkaç lokasyonda değerlendirilmesi uygun olacaktır (Yıldırım ve Yıldırım, 2002).

Yumru eni (cm) ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek yumru eni (cm) ortalaması 5.14 cm ile Klon 1-445'ten elde edilmiştir. Bu klonu 4.88 cm ile Klon 1-387 ve 4.86 cm ile Klon 1-317 takip etmiştir. Yumru eni bakımından 1-420 no'lu klon 3.62 cm ile en düşük ortalamayı vermiştir. Öztürk (2021) ve Mehmet (2021) yaptıkları ıslah çalışmalarında Bettina x Nif melez kombinasyonlarına ait patates klonlarının yumru eni bakımından yüksek ortalamalara sahip olduklarını vurgulamışlardır.

Tablo 4'deki patates klonlarının yumru boyu (cm) ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek yumru boyu (cm) ortalaması 7.54 cm ile Klon 1-327 olmuştur. Bu klonu 6.59 cm ile Klon 1-387 takip etmiştir. Klon 1-407 (6.53 cm); Klon 1-317 (6.16 cm); Klon 1-375 (6.04) ve Klon 1-445 (6.03) yüksek ortalama değerleriyle öne çıkan diğer klonlar arasında yer almaktadır. Yumru boyu yönünden, 1-420 numaralı klon 4.27 cm ile en düşük ortalama değeri göstermiştir. Öztürk (2021d), yumru boyu bakımından  $p \leq 0.01$  düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlendiğini belirtmiş ve bu patates klonlarının ortalamaları karşılaştırıldığında en yüksek değerleri Bettina x Nif melezi olan Klon 1-107 (7.2 cm); Klon 1-120 (7.1 cm) ve Klon 1-20 (7.1 cm) verdiğini bildirmiştir.

Patates klonlarının verim özelliklerine ait ortalamaların dağılımları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Tarla denemesindeki patates klonlarının verim özelliklerine ait ortalamalarının dağılımları

#### 4. Sonuçlar

Tarla denemesinde Bettina x Nif melez kombinasyonlarına ait patates klonlarının bitki boyu, sap sayısı, yumru sayısı, tek yumru ağırlığı, ocak verimi, parsel verimi, yumru eni ve yumru boyu gibi çeşitli tarımsal özellikleri incelenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, incelenen morfolojik ve verim özellikleri bakımından klonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın bulguları, patates klonları arasında performans farklılıkları olduğunu ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar, patates ıslah programlarının daha verimli ve dayanıklı çeşitler geliştirme sürecinde önemli bilgiler sunmaktadır. Klonlar arasında yapılan karşılaştırmalarda, belirli klonların tarımsal özellikler bakımından üstün performans sergilediği görülmüştür.

Elde edilen bulgular ve bu bulguların tartışılması sonucunda aşağıdaki sonuç ve öneriler verilmiştir;

Bulgulara göre, bitki boyu Klon 1-387 (68.00 cm), sap sayısı Klon 1-375 (5.33 adet), yumru sayısı Klon 1-445 (10.33 adet), tek yumru ağırlığı Klon 1-327 (79.29 g) ve ocak verimi Klon 1-327 (768,84 g) ile elde en yüksek bulunmuştur. Ayrıca, parsel veriminde en yüksek değer Klon 1-445 (5.00 kg), yumru eni bakımından en yüksek ortalama Klon 1-445 (5.14 cm) ve yumru boyunda en yüksek ortalama Klon 1-327 (7.54 cm) olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, patates ıslahında kullanılacak klonların seçilmesinde, hem verim hem de morfolojik özelliklerin dikkate alınması, yüksek verim ve iyi morfolojik özellikler sunan klonların, gelecekteki ıslah programlarında tercih edilmesi ve bu klonların çeşitli çevresel koşullarda performanslarının daha detaylı değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, yüksek performans gösteren klonların ticari üretimde uygulanabilirliğinin artırılması için farklı yıllar ve lokasyonlarda denemelerinin yapılması, ıslah sürecine katkıda bulunabilir. Bunun yanı sıra, düşük performans gösteren klonların iyileştirilmesi ve geliştirilmesi yönündeki çalışmalar, daha dengeli ve yüksek verimli patates çeşitlerinin elde edilmesine yardımcı olabilir.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Açıklama

Bu, çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

**Kaynaklar**

- Açıkgöz, N., İlker, E., Gökçöl, A., 2004. Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmeleri. Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi. Yayın No:2.
- Aydın, M.A., 2021. Klon 6/7 x 101 patates melezinin ilk generasyonunda verim komponentlerine dayalı klon seleksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir.
- Bradshaw, J. E., Dale, M.F.B., Swan, G.E.L., Todd, D., Wilson, R.N., 1998. Early-generation selection between and within pair crosses in a potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. *Theoretical and Applied Genetics*, 97(8): 1331-1339.
- Çaylak, Ö., 2002. Patates yetiştirme, Kartarım, Ankara.
- Gopal, J., Gaur, P.C., Rana, M.S., 1992. Early generation selection for agronomic characters in a potato breeding programme. *Theoretical and Applied Genetics*. 84(5-6): 709-713.
- Gopal, J., 2015. Challenges and way-forward in selection of superior parents, crosses and clones in potato breeding. *Potato research*, 58(2): 165-188.
- Gültekin, S., Çalışkan, C., 1997. Bazı patates çeşitlerinde özellikler arası ilişkilerin faktör analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir
- İlisulu, K., 1986. Nişasta şeker bitkileri ve ıslahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 960, Ders Kitabı: 279, Ankara, 110-130s.
- Mehmet, M., 2021. Patateste bazı tarımsal özellikler arası ilişkiler. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova-İzmir.
- Ozturk, G., Yildirim, Z., 2020. New potato breeding clones for regional testing in Western Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 25(2): 131-137.
- Ozturk, G., 2021a. Melezleme ile elde edilen bazı patates klonlarının morfolojik ve verim özelliklerinin karşılaştırılması. 4th International Education and Innovative Sciences Symposium. November 24, Ankara, Turkey, 347-353p.
- Ozturk, G., 2021b. Melezleme ile elde edilen bazı patates klonlarının verim özelliklerinin karşılaştırılması. 4th International Education and Innovative Sciences Symposium, November 24, Ankara, Turkey, p. 354-359.
- Ozturk, G., 2021c. Bazı patates klonlarının verim performanslarının karşılaştırılması. 6. Uluslararası Erciyes Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 1-2 Eylül 2021, Kayseri, s. 141-149.
- Ozturk, G., 2021d. Patateste melezleme yoluyla Ege bölgesine uygun erkenci ve verimli çeşitlerin geliştirilmesi. Ege Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP), FGA-2019-20749 no'lu Proje Sonuç Raporu, Bornova-İzmir.
- Ozturk, G., 2022. Breeding studies in potato and development of advanced clones. *Cukurova 8th International Scientific Researches Conference*, April 15-17, Adana, p. 577-578.
- Öztürk, G., Yıldırım, Z., 2018. Melezleme yoluyla Ege bölgesi koşullarına uygun patates (*Solanum tuberosum* L.) klonlarının elde edilmesi. 2014-ZRF-052 no'lu Proje Sonuç Raporu, Bornova-İzmir.
- Simmonds, N.W., 1997. A review of potato propagation by means of seed, as distinct from clonal propagation by tubers. *Potato Research*, 40: 191-214.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc. N.Y.
- Swiezyflski, K.M., 1984. Early generation selection methods used in polish potato breeding. Invitational paper presented to early generation selection methods for resistance and horticultural factors symposium. *PAA 65th Annual Meeting*, August 4, p. 385.



- TÜİK., 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. (<https://data.tuik.gov.tr>) (Erişim Tarihi: 31.07.2023).
- Yıldırım, M.B., Çalışkan, C.F., Çaylak, Ö., Yıldırım, Z., 1988. Erkenci ve tohumdan üretim teknolojisine uygun patates klonlarının melezleme yoluyla elde edilmesi. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu 114 Nolu Proje Kesin Raporu. Bornova.
- Yıldırım, M.B., 1979. Patates yetiştirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 395.
- Yıldırım, M.B., Yıldırım, Z., 2002a. Patates Tarımı. Patates ıslahı, s.1-26
- Yıldırım, M.B., Yıldırım, Z., 2002b. patates ıslahı ve biyoteknolojisi. Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitapları. Bornova-İzmir

---

**Atıf Şekli:** Karakanlı, T., Öztürk, G., 2024. Bazı Patates Klonlarının (*Solanum tuberosum* L.) Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1059–1068.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14327347>.

**To Cite:** Karakanlı, T., Öztürk, G., 2024. Determination of Agronomical Characteristics of Some Potato Clones (*Solanum tuberosum* L.). *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1059–1068.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14327347>.

---

**İn Vitro Koşullarda Tatlı Patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]'in Sürgün Rejenerasyonu**Gülsüm ÖZTÜRK <sup>1\*</sup>, Muhammet Anıl AYDIN <sup>2</sup><sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [gulsum.ozturk@ege.edu.tr](mailto:gulsum.ozturk@ege.edu.tr)**Geliş Tarihi (Received):** 08.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 28.09.2024**Özet**

Tatlı patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] insan ve hayvan beslenmesi yanında nişasta sanayide kullanılan yüksek katma değerli bir endüstri bitkisidir. Bu çalışmada tatlı patatesin aksillary tomurcuklarının in vitro'da MS temel ortamına farklı konsantrasyonda Kinetin içeren besin ortamlarında sürgün gelişimi incelenmiştir. Bitkicik boyu, kök sayısı, kök uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı bakımından 0.5 mg l<sup>-1</sup> Kinetin içeren besin ortamı sırasıyla 8.0 cm; 3.0 adet; 2.1 cm ve 10.0 adet ile yüksek bulunmuştur. Gelişen sürgünler 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA (Indol 3- butirik asit) ve 1.0 mg l<sup>-1</sup> NAA (1-Naftalenetik asit) ortamlarında alt kültüre alınmış ve çoğaltımlarına devam edilmiştir. Bitki boyu, kök sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum sayısı bakımından 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA içeren ortam başarılı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde tatlı patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] genotipinin aksillary tomurcukları ile in vitro sürgün rejenerasyonu sağlanmıştır. Elde edilen sürgünlerin alt kültürü ile çok sayıda fide üretimi yapılarak ticari üretimde iyi bir potansiyel oluşturulabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tatlı patates, sürgün gelişimi, kinetin, IBA, NAA**Shoot Regeneration of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] under In Vitro Conditions****Abstract**

Sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] is a high income industrial plant used in human and animal nutrition and starch industry. Shoot initiation of axillary buds of sweet potato was investigated in vitro on different culture media in this study. Different concentrations of Kinetin were supplemented with MS basic medium and in vitro shoot regeneration was compared. The length of plantlets, root number, root length (cm) and number of leaves had the highest mean in 0.5 mg l<sup>-1</sup> Kinetin medium with 8.0 cm, 3.0, 2.1 cm and 10.0, respectively. The growing shoots were sub-cultured in 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA (Indole 3-butyric acid) and 1.0 mg l<sup>-1</sup> NAA (1-Naphthalenic acid) media and propagation was continued. The medium of 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA had found to be successful in terms of plant height, root number, root length, leaf number and internode. In result, *in vitro* shoot regeneration of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] genotype has been found successful. So *in vitro* propagation can be done with axillary buds and a potential can be achieved in commercial production with sub-cultures.

**Keywords:** Sweet potato, shoot initiation, kinetin, IBA, NAA

## 1. Giriş

Tatlı Patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]'in anavatanı Orta Amerika ile Güney Amerika'nın kuzey-batı bölgeleri olduğu tahmin edilmekte, Türkiye'ye 19. yüzyılın ikinci yarısı ile 20. yüzyılın başlarında, Kıbrıs üzerinden girdiği tahmin edilmektedir (Arıoğlu, 1997). Dünyada yaklaşık 133 milyon ton yıllık üretimi ile buğday, pirinç, mısır, patates, arpa ve manyok'dan sonra 7. sırada gelmektedir (İşler, 2009). Tatlı patates sıcak iklim bitkisi olup, Akdeniz iklim kuşağında ve ılıman bölgelerinde yetiştirilmektedir (Şanlı, 2019; Karan ve Sanlı, 2021). Yabancı dölllenme %60 civarında olup, kültürü yapılan türlerin ploidi seviyesi  $2n=6x=90$  hexaploiddir (Austin, 1988; Shiotani ve ark., 1991; Şanlı, 2019). Sapları otsu ve sürünücü yapıda olup sap uzunlukları 50-250 cm kadar boylanabilmektedir (İşler, 2009).

Tatlı patates çok yönlü kullanımı ile önemli bir kültür bitkisidir. Taze olarak insan ve hayvan beslenmesinde, bunun yanında sanayi hammadde kaynağı olarak işlenerek de değerlendirilmektedir. Depo köklerinden nişasta ve alkol hammaddesi ile glikoz, un, tekstil ve şurup gibi farklı alanlarda yararlanılmaktadır (Scott, 1992; Wolfe, 1992; Tewe, 1994). Yumru et renkleri açık sarıdan, kirli beyaza ve koyu portakal rengine değişmektedir. Sarı veya turuncu renkli çeşitler protein, vitamin A ve C vitamini, beyaz et renkli çeşitler ise nişasta bakımından zengin olup, pürelük olarak da değerlendirilmektedir (Woolfe, 1992). Yumruları içerdiği fenolik bileşikler ve antioksidanlar bakımından kansere, kalp rahatsızlıklarına karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Kohlmeier ve Hastings, 1995; Van Popoel ve Goldbohm, 1995; Russell, 1998; Tokusoglu ve ark., 2003; 2005; Scalbert ve ark., 2005; Yıldırım ve ark., 2007; Karan ve Sanlı, 2021).

Tatlı patatesin posası protein ve karotenoidlerce zengin olduğundan küspe yapısında, toprak üstü aksamı kurutulmuş ya da silaj yapılarak da hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (Vural ve ark., 2000;

Yıldırım, 2009; Peters ve ark., 2009; An ve ark., 2004).

Tatlı patates yetiştiriciliği yumru, köklü sürgün ve çelik gibi klasik yöntemler yanında biyoteknolojik yöntemler ile de gerçekleştirilmektedir (Valverde ve ark., 2007; Yıldırım ve ark., 2011; Ozturk, 2021). İn vitro çoğaltım ile başta virüs ve diğer hastalık etmenlerinden arı in vitro bitkiciklerin elde edilmesi (Mukherjee, 2002; Dugassa ve Feyissa, 2011; Sivparsad ve Gubba, 2012), ve bu genetik materyalin mikro çoğaltım kültürü ile hızlı ve etkili bir üretim gerçekleştirilmektedir (Kalashnikova ve Kirakosyan, 2016; Kalashnikova, 2020; Ozturk, 2023).

Doku kültürü çoğaltımı ile hızlı çoğaltım yanında, her mevsim üretim yapılabilen, depolamada yer ve zamandan kazanç sağlanmaktadır (Zobayed ve ark., 1999; Aka-Kaçar ve ark., 2001; Ferreira, 2021). Ticari üretimde in vitro koşullarda elde edilen fideler dış koşullara alınarak önemli bir üretim potansiyeli sağlanmaktadır (Templeton ve Collins 1985; Yıldırım ve ark., 2005; Oggema ve ark., 2007; Dugassa ve Feyissa, 2011). Tatlı patatesin in vitro koşullarda farklı eksplantları kullanılarak ve farklı kültürleri yapılarak in vitro rejenerasyon yetenekleri araştırılmıştır (Paula ve ark., 1991; Zobayed ve ark., 1999; Hirai ve Sakai, 2002; Mukherjee, 2002; Lineberger, 2006; Oggema ve ark., 2007; Yıldırım ve ark., 2011; Ogero ve ark., 2012; Shaibu ve ark., 2016; Masekesa ve ark., 2016; Guillermo ve ark., 2017; Parvin ve ark., 2018; Alula ve ark., 2018; Ye ve ark., 2020). Besin ortamında BAP ve Kinetin gibi sitokinin ile NAA gibi oksinler kombineli olarak kullanılmaktadır (Gaspar ve ark., 1996; Grossmann, 2007).

Bu çalışma ile Tamayukata tatlı patates genotipinin in vitro koşullarda Kinetinin farklı dozlarını içeren besin ortamında rejenerasyon yeteneklerinin belirlenmesi ve alt kültürünün yapılarak çoğaltılması amaçlanmıştır. Çalışma ile tatlı patates bitkisi için ticari üretimde kullanılacak en uygun ve ekonomik in vitro protokolün oluşturulması hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada Tamayukata tatlı patates genotipi kullanılmıştır. Tarla koşullarında yetiştirilen bu genotipe ait saplar alınmış ve aksilary tomurcuklar eksplant kaynağı olarak kullanılmıştır. Çalışma Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tamayukata genotipine ait sürgünlerin temizlenmesi ve sterilizasyon işlemleri ön hazırlık odasında gerçekleştirilmiştir. Yüzey sterilizasyonları %70'lik etil alkolde ve %2.5'lük sodyum hipokloritte (NaOCl) tamamlanan tomurcukların in vitro kültürleri yapılmıştır. Kontrol olarak Murashige ve Skoog (1962) temel besin ortamı kullanılmış, bu ortam sürgün gelişim için 0.5; 1.0; 2.0 ve 3.0 mg l<sup>-1</sup> Kinetin (Kn) ile düzenlenmiştir. İn vitro rejenerasyon için kültürler 2000-3000 lüks ışık şiddetinde ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşullarda iklim odasına alınmış ve Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 2 tekerrürlü olarak in vitro denemeler gerçekleştirilmiştir. Tatlı patates genotipinin tomurcuklarının in vitro rejenerasyonu sağlanmış, sürgün sayısı, kök sayısı, kök uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı gözlemleri yapılmıştır. Gelişen sürgünlerin

1.0 mg IBA<sup>-1</sup> ve 1.0 mg l<sup>-1</sup> NAA içeren ortamlarda Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre alt kültürleri yapılmıştır. Burada bitki boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum sayısı özellikleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Totemstat (Acikgoz ve ark., 2004) programı ile analiz edilmiş, ortalamalar Steel ve Torrie (1980)'ye göre karşılaştırılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Tamayukata tatlı patates genotipinin aksilary tomurcukları kullanılarak faklı Kn içeren ortamda sürgün rejenerasyonu sağlanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda Sitokinin ortamında bitkicik boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı özelliklerine ait varyans analizi sonucu Tablo 1'de bu özelliklere ait dağılımlar Şekil 1'de verilmiştir. Elde edilen in vitro bitkilerin iki farklı oksin içeren ortamda alt kültürü yapılmış ve bitki boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum sayısı özelliklerine ait ortalamalar, LSD ve F değerleri ise Tablo 2'de, bu özelliklere ait dağılımlar ise Şekil 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Tatlı patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]'in tomurcuk eksplantlarının farklı konsantrasyonda Kinetin (Kn) içeren ortamlarda in vitro rejenerasyonu

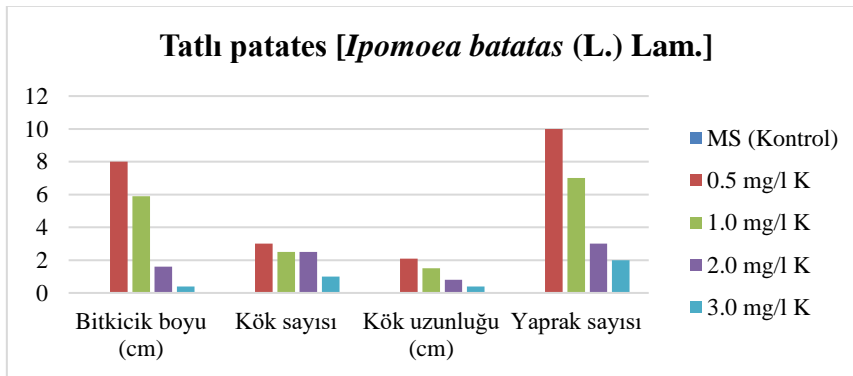
Ortam no	Ortam	Bitkicik boyu (cm)	Kök sayısı	Kök uzunluğu (cm)	Yaprak sayısı
1	MS (Kontrol)	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.5 mg l <sup>-1</sup> K	<b>8.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.1</b>	<b>10.0</b>
3	1.0 mg l <sup>-1</sup> K	5.9	2.5	1.5	7.0
4	2.0 mg l <sup>-1</sup> K	1.6	2.5	0.8	3.0
5	3.0 mg l <sup>-1</sup> K	0.4	1.0	0.4	2.0
	LSD <sub>(0.05)</sub>	1.696	1.991	0.508	2.300
	F	58.776**	5.250*	36.833**	40.750**

Tamayukata tatlı patates genotipinin kontrol ve 4 farklı konsantrasyonda Kn içeren besin ortamında çeşitli özellikler bakımından elde edilen ortalamalar Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde in vitro kültürde ortamlar arasında kök sayısı dışında, bitkicik boyu (cm), kök uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı özellikleri bakımından p≤0.01, kök sayısı özelliği

bakımından p≤0.05 düzeyinde istatistiksel farklılıkların olduğu görülmektedir. Farklı konsantrasyonda Kn içeren ortamlar karşılaştırıldığında bitkicik boyu bakımından 2. no'lu MS+0.5 mg l<sup>-1</sup> Kn ortamının 8.0 cm ile öne çıktığı görülmektedir. Bu ortamı litreye 1.0 mg Kn içeren ortam 5.9 cm ile izlemiştir. Kök sayısı bakımından litreye 0.5 mg Kn (3.0

adet) içeren ortam yüksek bulunmuş olup bu ortamı 1.0 ve 2.0 mg l<sup>-1</sup> konsantrasyona sahip ortamlar izlemiştir. Kök uzunluğu bakımından 2.1 cm ile 0.5 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortam en yüksek bulunmuştur. Bu ortamı 1.5 cm kök uzunluğu ile litreye 1.0 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortam izlemiştir. Yaprak sayısı bakımından MS+0.5 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortam 10 adet ile yüksek bulunmuş, bu ortamı 7 adet ile 1.0 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortam izlemiştir. Tamayukata tatlı patates genotipinin aksillary tomurcukları ile yapılan in vitro kültürde MS+0.5 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortam incelenen tüm özellikler bakımından üstün bulunmuştur. Mukherjee (2002) 3 ila 5 mm ebatlarında ki aksiller tomurcuk eksplantlarını 1 mg l<sup>-1</sup> BAP içeren ortamda kültüre almış gelişen sürgünleri dış koşullara alıştırmıştır. Abubakar ve ark. (2018) yaptığı çalışmada farklı tatlı patates genotiplerinin in vitro rejenerasyonunun farklı olduğunu bildirmiştir. Yüksek konsantrasyonda sitokin içeren besin ortamlarının kallus oluşumunu teşvik ettiği özellikle BAP, Kinetin ve BA gibi sitokin içeren ortamların sürgün gelişimini teşvik ettiği düşük konsantrasyonda Kinetin içeren ortamlara NAA eklenmesi durumunda kallus oluştuğunu aksi durumda sürgün gelişiminin teşvik edildiğini bildirmiştir (Masekesa ve ark., 2016). Litz ve Conover (1978), aksiller tomurcuk eksplantları ile

yaptıkları çalışmada 1 mg l<sup>-1</sup> Kinetin içeren ortamda 5.1 adet sürgün elde edildiğini ve bu ortamın önerildiği bildirmiştir. Ogero ve ark. (2012), MS besin ortamında 30 g sakkaroz içeren ortamları ekonomik olarak önermiştir. DoliĖski ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada 0.1 mg l<sup>-1</sup> Kinetin ve 1.0 mg l<sup>-1</sup> GA kombinasyonunun kök ve sürgün oluşumu bakımından olumlu sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Sitokin ve GA içeren ortamların oksin içeren ortamlara göre daha fazla kök ve sürgün oluşturduğu, boğum oluşturma üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Alula ve ark. (2018) 0.5 mg l<sup>-1</sup> BAP ile 0.5 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortamların meristem gelişimi için en uygun olduğunu bildirmiştir. Parvin ve ark. (2018) 1.5 mg l<sup>-1</sup> BAP + 0.1 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortamın sürgün sayısını 11 adet olarak bulmuştur. Çalışmamızda tek başına Kn içeren ortamlar kullanılmış olup, düşük konsantrasyonda Kn içeren ortam başarılı bulunmuştur. Ticari üretimde ekonomiklik göz önüne alındığında tek başına hormon kullanımı bir avantaj olarak görülebilir. Tatlı patates (*Ipomea batatas* (Lam) L.) genotipinin bitkicik boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu ve yaprak sayısı ortalamalarının dağılımları Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Tatlı Patates [*Ipomea batatas* (L.) Lam.]’in farklı Kn içeren ortamlarda bitkicik boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu ve yaprak sayısı özelliklerine ait ortalamalarının dağılımları

Tatlı patates [*Ipomea batatas* (L.) Lam.], genotipinin in vitro koşullarda elde edilen fideleri MS (Kontrol), MS+1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA ve MS+1.0 mg l<sup>-1</sup> NAA içeren

ortamda alt kültüre alınmıştır. Alt kültür koşulları bitki boyu (cm), kök sayısı, kök boyu (cm), yaprak sayısı ve boğum sayısı özellikleri Tablo 2’de verilmiştir

**Tablo 2.** Tatlı patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]'in iki farklı oksin içeren ortamda alt kültürü

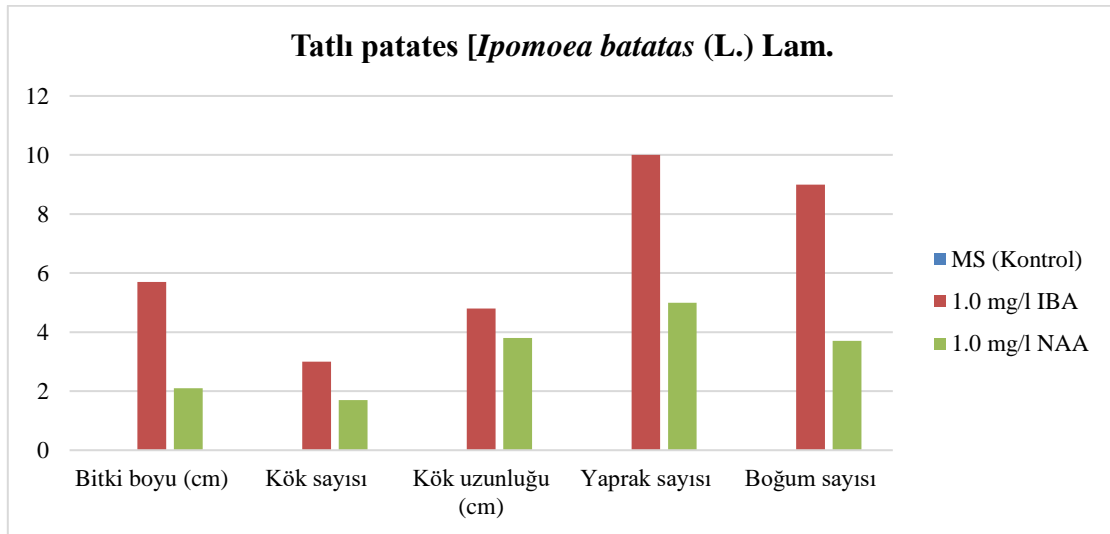
Ortam no	Ortam	Bitki boyu (cm)	Kök sayısı	Kök uzunluğu (cm)	Yaprak sayısı	Boğum sayısı
1	MS (Kontrol)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.0 mg l <sup>-1</sup> IBA	5.7	3.0	4.8	10.0	9.0
3	1.0 mg l <sup>-1</sup> NAA	2.1	1.7	3.8	5.0	3.7
	LSD(0.05)	0.997	1.332	1.589	2.307	2.401
	F	99.125**	15.250**	30.279**	56.250**	42.538**

Tablo 2’de iki farklı oksin içeren besin ortamında elde edilen bitki boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu (cm), yaprak sayısı ve boğum sayısı özellikleri için  $p \leq 0.01$  önem düzeyinde farklılıkların olduğu görülmektedir. Bahsedilen özellikler bakımından ortamlar karşılaştırıldığında bitki boyu bakımından MS+1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA içeren ortam 5.7 cm ile yüksek bulunmuştur. MS+1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA içeren ortam kök sayısı (3.0 adet), kök uzunluğu (4.8 cm), yaprak sayısı (10 adet) ve boğum sayısı (9.0 adet) bakımından da NAA içeren ortama göre yüksek bulunmuştur.

Alula ve ark. (2018) 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA ile 1.0 mg l<sup>-1</sup> NAA kombinasyonunun 11.7 adet ile en yüksek kök sayısı, IBA 0.75 mg l<sup>-1</sup> ile NAA 0.5 mg l<sup>-1</sup> kombinasyonu en yüksek kök uzunluğu (3.43 cm) verdiğini bildirmiştir. Parvin ve ark. (2018) 0.5 mg l<sup>-1</sup> IBA + 0.1 mg l<sup>-1</sup> NAA içeren ortamdan en yüksek kök sayısı ve uzunluğu elde

etmişlerdir. Söz konusu ortamın daha fazla hücre bölünmesini ve kök uzamasını sağladığı ve sonuçta bitkicik başına daha fazla kök oluşturduğunu vurgulanmıştır. Baydemir (2021) tatlı patatesle yaptığı çalışmada kök sayısının BA, NAA ve GA içermeyen ortamlarda yüksek olduğunu, kök uzunluğunun ise besin ortamında NAA konsantrasyonuna göre değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda kombine olmadan IBA ve NAA içeren ortamlar kullanılmış olup, IBA içeren ortam başarılı bulunmuş ve yukarıda bahsedilen araştırmacıların sonuçları ile uyumlu bulunmuştur.

Tatlı patates (*Ipomea batatas* (Lam) L.) genotipinin iki farklı oksin içeren alt kültür ortamında bitki boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu (cm), yaprak sayısı ve boğum sayısı özelliklerine ait ortalamalarının dağılımları Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Tatlı patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]'in iki farklı oksin içeren ortamda alt türü ve bitki boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum sayısı özelliklerine ait ortalamalarının dağılımları

#### 4. Sonuçlar

Tatlı patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] genotipinin farklı konsantrasyonda Kn içeren besin ortamları rejenerasyon ile bitkicik boyu, kök sayısı, kök uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı özellikleri bakımından MS+0.5 mg l<sup>-1</sup> Kn içeren ortam başarılı bulunmuştur. Alt kültür aşamasında bitki boyu (cm), kök sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum sayısı özellikleri bakımından 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA içeren ortam başarılı bulunmuştur. Aksillar tomurcuklar ve düşük oranda Kn tatlı patates bitkilerinin in vitro rejenerasyonu ve buradan gelişen bitkilerin alt kültürü için 1.0 mg l<sup>-1</sup> IBA içeren ortam önerilebilir. Alt kültür aşamasında daha hızlı ve çok sayıda fide elde edilmesi bakımından kombine olmayan besin ortamları ekonomik bakımdan daha avantajlı olup bu bitkinin ticari üretiminde klasik yöntemlere göre in vitro kültürlerin de değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Kaynaklar

Acikgöz, N., Ilker, E., Gokcol, A., 2004. Evaluation of biological research in computer. E.U. TOTEM, Publication No:2, Izmir.

Aka Kaçar, Y., Yalçın Mendi, Y., Yılmaz, N., Küden, A., Çetiner, S., 2001. In vitro besi ortamında kullanılan değişik katılaştırıcıları maddelerinin ve farklı pH düzeylerinin bazı kiraz (*Prunus avium* L.) anaçlarının çoğaltılması üzerine etkileri. *I. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu*, 25-28 Eylül, Yalova, s. 161-166.

Alula K., Zeleke H., Manikandan M., 2018. In vitro propagation of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) through apical meristem culture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(1):2386-2389.

An, L.V., Lindberg, J.E., 2004. Ensiling of sweet potato leaves (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and nutritive value of sweet potato leaf silage for growing pigs, Asian-Aus. *Journal of Animal Science*, 17:497-503.

Arıoğlu, H.H., 1997. Nişasta ve Şeker Bitkileri, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın Sayı: 188.

Austin, A.D., 1988. The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweetpotatoes and related wild species. In: International Potato Centre (CIP). Exploration, Maintenance and Utilization of Sweetpotato Genetic resources, pp. 27-59.

Baydemir, G., 2021. Portekiz Gandra yerel tatlı patates (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) genotipinin in vitro mikro çoğaltılması üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin ve besi ortamlarının etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Diyarbakır.

DoliĖski, R., Olek, A., 2013. Micropropagation of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) from node explants. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 12(4): 117-127.

Dugassa, G., Feyissa, T., 2011. In Vitro production of virus-free sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] by meristem culture and thermotherapy. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 34(1): 17-28.

Ferreira, M.E., 2021. Boas Praticas na Cultura da Batata-Doce. (www.inia.pt), (Erişim Tarihi:18.06.2024).

Gaspar, T., Kevers, C., Penel, C., Greppin, H., Reid, D.M., Thorpe, T.A., 1996. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 32(4):272-289.

- Grossmann, K., 2007. Auxin herbicide action: lifting the veil step by step. *Plant Signaling & Behavior*, 2:421-425.
- Guillermo, E.D.P., Consuelo, R.I., Jorge, C.C., En IS, F., Walter, H., 2017. Development and agronomic evaluation of in vitro somaclonal variation in sweet potato regenerated plants from direct organogenesis of roots. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 7(1):39-44.
- Hirai, D., Sakai, A., 2002 Simplified cryopreservation of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] by optimizing conditions for osmoprotection. *Cell Biology and Morphogenesis*, 21:961–966.
- İşler, N., 2009. Tatlı patates, ([www.mku.edu.tr/files/898-beb83317-d033-46c0-8c9d-243289a43abc.pdf](http://www.mku.edu.tr/files/898-beb83317-d033-46c0-8c9d-243289a43abc.pdf)). (Erişim Tarihi: 18 Ekim 2024)
- Kalashnikova, E.A., Kirakosyan, R.N., 2016. Modern aspects of biotechnology, M.: RGAU-MSKhA
- Kalashnikova, E.A., 2020. Plant Cell Engineering: Textbook and Workshop, M.: Yurait, Ser. 76 Higher Education (2nd ed.).
- Karan, Y.B, Şanlı, Ö.G., 2021. The assessment of yield and quality traits of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes in middle Black Sea region, Turkey. *PLoS One*, 16(9): e0257703.
- Kohlmeier, L., Hastings, S.B., 1995. Epidemiologic evidence of a role of carotenoids in cardiovascular disease prevention. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(6):1370S-1376S.
- Litz, R.E., Conover, R.A., 1978. In vitro propagation on sweet potato. *HortScience*, 13(6): 659–660.
- Masekesa, R.T., Gasura, E., Matikiti, A., Kujeke, G., Ngadze, E., Icishahayo, D., Robertson, A., 2016. Effect of BAP, NAA and GA<sub>3</sub>, either alone or in combination, on meristem culture and plantlet establishment in sweet potato (CV BRONDAL). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 16(1): 10653–10669.
- Mukherjee, A., 2002. Effect on NaCl on in vitro propagation of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 102: 431–441.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco cultures. *Plant Physiology*, 15:473-479.
- Ogero, K.O., Mwangi, M., Mburugu, G.N., Ngugi, M.M., Ombori, O., 2012. Low cost tissue culture technology in the regeneration of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam). *Research Journal of Biology*, 2(2):51-58.
- Ozturk, G., 2021. Field performances of different seedling types used in sweet potato [*Ipomea batatas* (L.) Lam] growing. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(1): 54-59.
- Ozturk, G., 2023. In Vitro Propagation of *Ornothogalum umbellatum*. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4):825-832.
- Parvin, J., Robbani, M., Hasan, M.F., Hoque, F., 2018. Standardization of plant growth regulators for successful tissue culture of sweet potato. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 16(2):178-181.
- Paula, M.A., Reis, V.M., Döbereiner, J., 1991. Interactions of *Glomus clarum* with *Acetobacter diazotrophicus* in infection of sweet potato (*Ipomoea batatas*), sugarcane (*Saccharum* spp.), and sweet sorghum (*Sorghum vulgate*). *Biology and Fertility of Soils*, 11:111–115.
- Peters, D., Tinh, N.T., Thach, P.N., 2009. Sweet potatoroot silage fermentation and quality, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management Uppsala, 46p.
- Russell, R.M., 1998. Physiological and clinical significance of carotenoids. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research*, 68: 349-353.



- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L., 2005. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 287–306.
- Scott, G.J., Otieno, J., Ferris, S.B., Muganga, A.K., Maldonado, L., 1998. Sweetpotato in Ugandan food systems: Enhancing food security and alleviating poverty. Program Report 1997-98, International Potato Center, Lima, Peru.
- Shaibu, A.S., Abubakar, A.S., Lawan, Z. M., Ibrahim, A.K., Rabi, H.M., Muhammad, A.I., 2016. Media optimization and effect of surface sterilization timing on in vitro propagation of sweet potato. *Proceedings of the 2nd International Conference on Drylands*.
- Shiotani, I., Huang, Z.Z., Sakamoto, S., Miyazaki, T., 1991. The role of wild *Ipomoea trifida* germplasm in sweet potato breeding. *Proc. of the 9 th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*, 20-26 October, Accra, Ghana.
- Sivparsad, B.J., Gubba, A., 2012. Development of an efficient plant regeneration protocol for sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cv. Blesbok. *African Journal of Biotechnology*, 11(84): 14982-14987.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1980. Principles and procedures of statistics, McGraw-Hill Book Company, Inc. N.Y.
- Şanlı, O.G., 2019. Bazı tatlı patates yerel genotiplerinin Tokat-Kazova şartlarında yetiştirilerek bitki gelişim özellikleri ve verim değerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tokat.
- Templeton-Somers, K.M., Collins, W.W., 1985. Heritability of regeneration in tissue cultures of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 71:835-841.
- Tokusoglu, O., Kocak, S., Aycan, S., Yıldırım, Z., 2003. Comparative study for detection of B-group vitamins and folic acid by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and differential pulse polarography (DPP) in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). In 2003 IFT Annual Meeting Book of Abstracts. p.239. July 12-16 in McCormick Place, South Building, Chicago IL, USA.
- Tokusoglu, O., Yıldırım, Z., Durucasu, I., 2005. Nutraceutical phenolics (total polyphenols, chlorogenic [5-O-Caffeoylquinic] acid) in tubers, leaves, stalks and stems of new developed sweetpotato (*Ipomoea Batatas* L.): Alterations in tubers during short-term storage. *Journal of Food Technology*, 3(3): 444-448.
- Valverde, R.A., Clark, C.A., Valkonen, J.P.T., 2007. Viruses and virus disease complexes of sweetpotato. *Plant Viruses* 1: 116-126.
- Van Popoel, G., Goldbohm, R.A., 1995. Epidemiological evidence for  $\beta$ -carotene and cancer prevention. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62: 1393-1402.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), Ege Üniversitesi Basımevi, S:253-260
- Woolfe, J.A., 1992. Sweet potato: an untapped food resource, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 634s.
- Ye, A., Singh, J., Somaratne, G., Nau, F., Ferrua, M.J., Dupont, D., Singh, R.P., 2020. Role of biochemical and mechanical disintegration on  $\beta$ -carotene release from steamed and fried sweet potatoes during in vitro gastric digestion. *Food Research International*, 136: 1-8.
- Yıldırım, Z., Tokuşoğlu, Ö., Aygün, H., 2005. Ege bölgesine uygun tatlı patates (*Ipomoea batatas* L.) genotiplerinin belirlenmesi, Proje Sonuç Raporu (TOGTAG-2957), Tübitak, Ankara.
- Yıldırım, Z., Tokuşoğlu, Ö., Öztürk, G., Aygün, H., 2007. Ege Bölgesine uygun tatlı patates (*Ipomoea batatas* L.) genotiplerinin belirlenmesi, *Türkiye 7. Tarla Bitkileri Kongresi* 25-27 Haziran, Erzurum, s.450-453.

Yıldırım, Z., 2009. Tatlı patates yetiştiriciliği. *Tarım Türk Dergisi*, 15:70-71.

Yıldırım, Z., Tokuşoğlu, Ö., Öztürk, G., 2011. Determination of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] genotypes suitable to the Aegean region of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1): 48-53.

Zobayed, F.A., Zobayed, S.M.A., Kubota, C., Kozai, T., Hasegawa, O., 1999. Supporting material affects the growth and development of in vitro sweet potato plantlets cultured photoautotrophically. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 35:470-74.

---

**Atıf Şekli:** Öztürk, G., Aydın, M.A., 2024. İn Vitro Koşullarda Tatlı Patates [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]’in Sürgün Rejenerasyonu. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1069–1077.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14352745>.

**To Cite:** Öztürk, G., Aydın, M.A., 2024. Shoot Regeneration of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] under In Vitro Conditons. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1069–1077.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14352745>.

---

**Muş Ekolojik Koşullarında Farklı Yonca (*Medicago sativa* L.) Popülasyonlarının Verim ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi**Yaşar KARADAĞ<sup>1\*</sup>, Mahir ÖZKURT<sup>2</sup>, Yasir TUFAN<sup>2</sup>, Ayşe Nida KURT<sup>2</sup><sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya<sup>2</sup> Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [y.karadag@alparslan.edu.tr](mailto:y.karadag@alparslan.edu.tr)**Geliş Tarihi (Received):** 10.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 30.09.2024**Özet**

Bu çalışma, Muş ili merkez ilçesine bağlı Özdilek köyü koşullarında farklı yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin verim ve kalite özelliklerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Tohumluk materyal olarak Muş ilinin farklı lokasyonlarından toplanan 10 popülasyon kullanılmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada bitki boyu, seyrekleşme oranı, ana sap sayısı, biçim sayısı, ana sapta yan dal sayısı, çiçeklenme, gün sayısı, kışa dayanıklılık, yeşil otta kuru ot oranı, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, asit deterjan lif, nötral deterjan lif, asit deterjan lignin, ham protein oranı, ham protein verimi, sindirilebilir kuru madde oranı, sindirilebilir kuru madde oranı, nispi yem değeri gibi parametreler incelenmiştir. Ortalama çiçeklenme süresi genotipler arasında 111.33 ile 125.33 gün arasında değişirken, ana sap uzunluğu 62.95 cm (Popülasyon 8) ile 114.65 cm (Popülasyon 4) arasında değişim göstermiştir. En yüksek yeşil ot verimi 5032 kg da<sup>-1</sup> (Popülasyon 9) ile kaydedilirken, en düşük 3950 kg da<sup>-1</sup> (Popülasyon 7) olarak bulunmuştur. Ham protein oranı ise % 20.70 (Popülasyon 2) ile % 24.09 (Popülasyon 5) arasında değişmiştir. 1, 9 ve 10 numaralı genotipler, verim ve kalite açısından üstün özellikler göstermiş ve gelecekteki ıslah çalışmalarında kullanılabilir potansiyele sahip oldukları belirlenmiştir. Bu çalışma, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yonca yetiştiriciliği ve kaba yem açığının kapatılmasına yönelik önemli bulgular sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Muş, yonca, verim, kalite**Determination of Yield and Quality Parameters of Different Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Populations in Muş Ecological Conditions****Abstract**

This study was conducted to evaluate the yield and quality characteristics of different alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes under the conditions of Özdilek village in the central district of Muş province. Ten populations collected from different locations of Muş province were used as seed material. Plant height, number of main stems, number of cuttings, number of lateral branches on the main shoot, flowering time, number of days, winter hardiness, ratio of green herbage to dry hay, green herbage yield, the yield of dry grass, the acid detergent fiber, the neutral detergent fiber, the acid detergent lignin, the crude protein ratio, the crude protein yield, the digestible dry matter yield, the percentage of digestible dry matter and the relative feed value were examined. The mean flowering time varied between 111.33 and 125.33 days among the genotypes, while the main stem length varied between 62.95 cm (population 8) and 114.65 cm (population 4). The highest yield of green grass was 5032 kg ha<sup>-1</sup> (population 9) and the lowest was 3950 kg ha<sup>-1</sup> (population 7). The crude protein content varied between 20.70% (population 2) and 24.09% (population 5). Genotypes 1, 9 and 10 showed superior characteristics in terms of yield and quality and have the potential to be used in future breeding studies. This study provides important insights for alfalfa cultivation in the Eastern Anatolia region and to address the feed deficit.

**Keywords:** Muş, alfalfa, yield, quality

## 1. Giriş

Son yıllarda hayvancılığın en önemli sorunlarından biri, kaliteli kaba yem üretimindeki yetersizliktir. Türkiye’de kaba yem açığı, hayvanların besin ihtiyaçlarının karşılanmasını zorlaştırmakta ve hayvancılığın ekonomik verimliliğini olumsuz etkilemektedir (Anonim, 2019; Dönmez, 2023; Gönülal ve Palta, 2024). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, yem bitkileri ekim alanı yaklaşık 2 milyon hektar olup, bu alandan yıllık ortalama 13 milyon ton kuru ot üretilmektedir. Ancak bu üretim miktarı, Türkiye’nin toplam 18.6 milyon büyükbaş hayvan birimini (BBHB) beslemek için yeterli değildir (TÜİK, 2019).

Yem bitkileri arasında yaygın yonca (*Medicago sativa* L.), yüksek adaptasyon yeteneği ve üstün besin değerleri ile dikkat çekmektedir. Yonca, hem protein hem de karbonhidrat bakımından zengin, uzun ömürlü bir bitki olup, genellikle dünyanın birçok bölgesinde “yem bitkilerinin kraliçesi” olarak adlandırılmaktadır (Avcıoğlu ve ark., 2009; Armağan ve Işık, 2023; Özkurt ve ark., 2023). Sulama ve bakım uygulamalarının etkin olduğu bölgelerde, yonca kuru ot verimi 2500 kg da<sup>-1</sup>’ya kadar çıkabilmekte ve bu durum bitkinin potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir (Tosun, 1974; Avcıoğlu ve ark., 2009).

Muş ili, Doğu Anadolu Bölgesi’nde çayır mera ve yem bitkileri üretim alanlarının geniş olduğu bir bölgedir. Ancak, bölge yüksek üretim kapasitesine rağmen verim açısından Türkiye ortalamasının gerisinde kalmıştır. Muş’taki yonca üretimi, 2018 yılı

verilerine göre 1343140 ton yeşil ot ile ilk sıralarda yer almasına rağmen, ortalama kuru ot verimi 2528 kg da<sup>-1</sup> ile 40. sırada kalmıştır (Kara ve ark., 2009). Bunun en önemli sebeplerinden biri, bölgeye uygun genotiplerin belirlenmemesidir.

Bu çalışma, Muş ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı popülasyonların verim ve kalite özelliklerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada elde edilen bulgular, bölgedeki kaliteli kaba yem açığının kapatılması ve yonca yetiştiriciliğinin verimliliğinin artırılmasına yönelik önemli veriler sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca üreticilerin genellikle yerel popülasyonları kullanması da bu araştırmanın önemini ortaya koymaktadır. Üreticilerin özellikle kaliteden çok verime önem vermesi elde edilen yonca otunun kalitesinin bilinmemesine yol açmakta bu da hayvan beslemede kaliteli bir ot yerine düşük kaliteli yonca otu ile beslenmeye yol açmaktadır. Bölgede üretilen yoncaların büyük bir kısmının yerel ekotipler olması da genetik varyasyonun belirlenmesi açısından araştırmayı önemli bir yere koymaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 2020-2022 yılları arasında Muş ili merkez ilçesine bağlı Özdilek köyü üretici arazisinde yürütülmüştür. Çalışma alanında kullanılan toprak analizleri, deneme deseni, gözlem ve ölçüm yöntemleri aşağıda detaylandırılmıştır.

Araştırma alanına ait toprak özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Bu özellikler, Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından analiz edilmiştir.

**Tablo 1.** Araştırma alanına ait toprak özellikleri

	Yağış Miktarı(mm)			Sıcaklık		
	2021	2022	Uzun yıllar ort.	2021	2022	Uzun yıllar ort.
Ocak	105.47	107.03	104.8	-5.95	-10.99	-5.4
Şubat	42.19	47.83	79.8	-4.31	-5.9	-3.5
Mart	126.56	176.47	128.4	0.45	-4.84	3.1
Nisan	17.05	36.4	65.2	8.58	7.34	11.0
Mayıs	7.66	84.26	69.4	15.12	10.32	15.8
Haziran	3.29	27.37	25.0	21.59	18.71	21.6
Temmuz	3.31	1.17	9.8	27.15	24.78	26.2
Ağustos	9.98	0.09	3.5	25.82	26.8	26.5
Eylül	13.84	10.77	16.7	18.73	20.44	21.6
Ekim	45.48	21.38	57.9	10.61	12.45	14.2
Kasım	38.68	57.27	50.1	4.08	3.69	6.5
Aralık	74.58	5.13	89.1	-6.54	-0.52	-0.8
<b>Toplam/ortalama</b>	488.08	575.15	699.7	9.69	8.6	11.4

**Tablo 2.** Muş ili uzun yıllar (2012-2022) ve araştırma yıllar (2021-2022) vejetasyon dönemini kapsayan bazı iklim verileri

Özellik	Değer
Toprak bünyesi	Killi-tınlı
pH	6.61
Elektriksel iletkenlik	0.61 dS/m
Organik madde oranı	% 2.21
Toplam alınabilir fosfor	2.20 kg da <sup>-1</sup>
Toplam alınabilir potasyum	78.0 kg da <sup>-1</sup>

Kaynak: [https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer\(2023\)](https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer(2023))

Araştırma Muş ili ekolojik koşullarında 10.04.2021 tarihinde merkez ilçeye bağlı Özdilek köyü üretici şartlarında Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olacak şekilde yürütülmüştür. Araştırmada sıra arası mesafe 20 cm ve her parsel 6 sıradan oluşmuştur. Parsel sıra uzunluğu 5 metredir. Buna göre parsel alanı her bir çeşit için 6 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılacak tohumluk miktarı ise 2 kg da<sup>-1</sup> üzerinden hesaplanmıştır (Yılmaz ve Albayrak, 2016). Parsele atılacak tohumluk miktarı çeşitlerin çimlenme yüzdeleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Deneme alanına toprak analizi sonucuna göre saf 4 kg da<sup>-1</sup> azot, 10 kg da<sup>-1</sup> fosforlu gübre gelecek şekilde eksik kalan kısmın tamamlanması şeklinde gübre (18-46 DAP) uygulanmıştır. Sulama, bitkinin gelişme dönemine ve bölgenin yağış durumuna göre

yapılmıştır. Yabancı ot kontrolü özellikle bitkiler fide döneminde iken yapılmıştır. Hasat; bitkiler % 10 çiçeklenme dönemine geldiğinde iki sıra ve ortadaki dört sıranın her iki ucundan 50 cm'lik kısımları kenar tesiri olarak deneme dışı bırakılarak yapılmıştır (Avcıoğlu ve ark., 2009). Çok yıllık yem bitkilerinde, ekim yılı tesis yılı olduğundan ilk yıl gözlem ve ölçüm alınmamıştır. Gözlem ve ölçümler, yoncanın 2. verim yılında (2021) elde edilmiştir. Denemede ana sap uzunluğu, ana sap kalınlığı ve ana sap sayısı özellikleri 2. biçimden önce belirlenmiştir. Araştırmada aşağıda açıklanan gözlem ve ölçümler Ankom (2008), Anonim (2001), Bulgurlu ve Ergül (1978), Cherney ve ark. (1985), Çerekçi (2003), Sarıçiçek (1995), Sevimay (1992), Sheaffer ve ark. (1995), Van Soest ve ark (1991)'ün kullandığı yöntemler esas alınarak yapılmıştır.

## 2.1. Araştırmada incelenen özellikler

Çiçeklenme gün sayısı Ekim tarihi ile parseldeki bitkilerin % 10 çiçeklendiği döneme kadar geçen gün sayısı olarak hesaplanmıştır. Yatma Durumu (1-5): Her parseldeki bitkiler (1-5) skalasına göre; 1= dik, 2 = yarı dik, 3= orta, 4= yarı yatık, 5= yatık şeklinde belirlenmiştir. Seyrekleşme Oranı (%): Her parseldeki bitkiler sonbaharda gözlenerek % seyreklik durumu belirlenmiştir. Kışa Dayanıklılık (%): Parselde kış zararı gören bitkilerin %'si gözle tahmin edilerek belirlenmiştir. Ana sap uzunluğu (cm): İkinci biçim öncesinde her parselde on adet bitkiden toprak yüzeyinden itibaren ilk tomurcuk arasının uzunluğuna kadar olan kısmı cetvelle ölçülerek hesaplanmıştır. Ana sap kalınlığı (mm): İkinci biçimde her parselde on adet çiçek tomurcuğu oluşturan ilk bitkilerinin sap kalınlığı 2. ve 3. boğum arası 0.1 mm bölmeli kumpasla ölçülerek hesaplanmıştır. Ana sapta yan dal sayısı (adet): Her parselde on bitkide ana sap üzerindeki dal sayısı sayılmıştır. Biçim sayısı (adet): Yılda kaç kez biçim yapıldığı belirlenmiştir (Anonim, 2001). Yeşil ot verimi (kg da<sup>-1</sup>): Her parselin kenarlarından 1'er sıra, üst ve alt kısmından 0.5 m biçilerek parselden uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan alan biçilerek hasat edilmiştir. Her parselden elde edilen yeşil ot tartılacak ve elde edilen değerler dekara çevrilerek yeşil ot verimi hesaplanmıştır. Yeşil otta kuru ot oranı (%): Hasat edilen bitkilerden 0.5 kg'lık örnekler önce dış ortamda gölgede 2-3 gün kurutulduktan sonra 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 48 saat süreyle sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra tartılacak ve belirlenen kuru ağırlıklarda gerekli dönüşümler hesaplanarak % yeşil otta kuru ot oranları belirlenmiştir. Ham protein, kuru madde verimi, asit deterjan lif (ADF) oranı (%), nötral deterjan lif (NDF) oranı (%), asit deterjan lignin (ADL) oranı (%), sindirilebilir kuru madde oranı (%), Near Infrared Reflectance Spectroscopy

(NIRS) (Foss6500) cihazı ile IC-0904FE paket programı kullanılarak belirlenmiştir.

Ham protein verimi (kg da<sup>-1</sup>): Ham protein oranları belirlenecek parsellerde, kuru madde verimleri ile ham protein oranı çarpılarak parsel ham protein verimleri belirlenmiştir. Bu değerlerden daha sonra dekara ham protein verimleri hesaplanmıştır.

Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (SKMO) aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$SKMO: 88.9 - (0.779 \times \% ADF)$$

Sindirilebilir kuru madde verimi (kg da<sup>-1</sup>): Sindirilebilir kuru madde oranı, kuru madde verimleri ile çarpılarak sindirilebilir kuru madde verimi elde edilmiştir (Sheaffer ve ark., 1995). Nispi yem değeri (NYD): Yem bitkilerinde yaygın olarak kullanılan kalite ölçüsüdür. ADF ve NDF analiz sonuçları kullanılarak, aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak hesaplanmıştır (Sheaffer ve ark., 1995).

$$Kuru Madde Tüketimi (KMT) = 120 / (\% NDF)$$

$$Nispi Yem Değeri = (SKMO \times KMT) / 1.29$$

## 2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen sonuçlar MSTAT paket analiz programı ile varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre ortaya çıkan ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Çiçeklenme gün sayısı

Yonca popülasyonlarının çiçeklenme gün sayıları Tablo 3'te verilmiştir. Ortalama çiçeklenme gün sayısı 111.33-125.33 gün arasında değişmiştir. Yonca popülasyonları ilk yılda ortalama 117.033 günde, ikinci yılda ortalama 115.100 günde çiçeklenmişlerdir (Tablo 3). İstatistik analiz sonuçlarına göre yıl\*çeşit interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek

ortalama çiçeklenme gün sayısı değeri 125.333 gün ile 7. popülasyon, en düşük ortalama çiçeklenme gün sayısı değeri 111.333 gün ile 3. popülasyondan elde edilmiştir. Benzer çalışmalarda Gülcan ve Anlarsal (1992), çiçeklenme gün sayılarının

25.25-26.83 gün, Öten ve ark. (2017) çiçeklenme gün sayısını 155-165 gün arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Farklılıkların genotip, tarımsal uygulamalar ve farklı ekolojilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 3.** Araştırmada incelenen yonca popülasyonlarının ortalama çiçeklenme gün sayıları (gün) ve ana sap uzunlukları (cm)

Popülasyonlar	Çiçeklenme Gün Sayısı (Gün)			Ana Sap Uzunluğu (cm)		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	118.33 D*	119.33 C	118.833 C <sup>2</sup>	84.633 C*	68.400 J	69.350 E <sup>2</sup>
2	120.667 B	119.66 BC	120.167 B	70.300 I	70.300 I	68.533 F
3	112.33 I	110.33 J	111.333 G	66.767 L	115.300 A	114.650 A
4	115.33 EF	111.66 I	113.500 F	114.000 B	79.500 E	76.467 C
5	113.66 GH	115.66 E	114.667 DE	73.433 H	80.800 D	82.717 B
6	115.33 EF	112.67 HI	114.000 EF	68.433 J	64.567 N	66.500 H
7	130.00 A	120.66 B	125.333 A	63.267 O	65.433 M	64.350 I
8	114.33 FG	112.66 HI	113.500 F	62.500 P	63.400 O	62.950 J
9	115.67 EFG	114.67 EFG	115.167 D	66.500 L	67.300 K	66.900 G
10	114.66 EFG	113.66 GH	114.167 EF	74.700 G	75.200 F	74.950 D
<b>Ortalama</b>	117.033 a <sup>1</sup>	115.100 b		74.453 b <sup>1</sup>	75.020 a	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen popülasyon x yıl kombinasyon ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı küçük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen yıl ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.2. Ana sap uzunluğu

Yonca popülasyonlarının ana sap uzunlukları Tablo 3'te verilmiştir. Tabloya göre her iki yılda da en yüksek ana sap uzunluğu 4. popülasyondan elde edilmiştir. Yonca popülasyonlarının ana sap uzunlukları yıl\*popülasyon interaksyonu bakımından önemli farklar tespit edilmiştir. Ortalama ana sap uzunluğu bakımından en yüksek 114.650 cm ile 4. popülasyon, en düşük 62.950 cm ile 8. popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 3). Ana sap uzunluğu, çevresel faktörlerden önemli düzeyde etkilenen morfolojik karakterlerden biri

olup, bitki büyüme ve gelişim düzeyinin belirlenmesinde en önemli kriterlerden birisidir. Benzer çalışmalarda ana sap uzunluğu Kır (2010) 85.10-93.20 cm, Karaköy ve Saraç (2018) 70.1-74.5 cm, Erbeyi ve ark., (2022) 52.26-59.29 cm bulunmuştur. Ana sap uzunluğunda meydana gelen farklılık popülasyonların genetik yapısından ileri gelmiş olabilir. Aynı zamanda ana sap uzunluğu bakımından araştırmalar arasındaki farklılıklar yonca çeşitlerinin değişik ekolojilere farklı tepki vermesinden de kaynaklanabilir.

**Tablo 4.** Araştırmada incelenen yonca popülasyonlarının ortalama ana sap kalınlığı (mm) ve ana sap sayısı (adet)

Popülasyonlar	Ana Sap Kalınlığı (mm)			Ana Sap Sayısı (adet)		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	3.20 DE*	3.16 DE	3.18 D <sup>2</sup>	10.33 C*	10.00 D	10.16 CD <sup>2</sup>
2	3.20 DE	2.80 F	3.00 E	10.00 D	11.00 A	10.50 B
3	3.50 BC	3.10 DE	3.51 AB	10.00 D	10.00 D	10.00 D
4	4.20 A	3.53 A	3.65 A	10.66 B	10.00 D	10.33 BC
5	3.16 DE	3.10 DE	3.18 D	9.00 E	9.00 E	9.00 F
6	3.50 BC	3.20 DE	3.41 BC	11.00 A	11.00 A	11.00 A
7	3.10 DE	2.83 F	2.96 E	10.00 D	10.00 D	10.00 D
8	3.03 EF	3.23 DE	3.13 DE	9.00 E	10.00 D	9.50 E
9	3.20 DE	3.36 BCD	3.28 CD	10.00 D	9.00 E	9.50 E
10	3.26 CDE	3.00 EF	3.13 DE	10.00 D	10.00 D	10.00 D
<b>Ortalama</b>	3.33 a <sup>1</sup>	3.15 b		10.66 a <sup>1</sup>	10.00 b	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl kombinasyon ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı büyük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen yıl ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.3. Ana sap kalınlığı

Yonca popülasyonlarının ana sap kalınlıkları Tablo 4'te verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ana sap kalınlıkları her iki yılda da 4 nolu popülasyondan (4.20 mm, 3.53 mm) elde edilmiştir. Yonca popülasyonlarının ana sap kalınlıkları yıl\*çeşit interaksyonları bakımından önemli farklar tespit edilmiştir. Ortalama ana sap kalınlığı bakımından en yüksek 3.650 mm ile 4 nolu popülasyon, en düşük 2.967 mm ile 7 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 4). Mevcut sonuçlar Kır (2010) ve Karaköy ve Saraç (2018)'in bulguları ile benzer, Erbeyi ve ark., (2022)'nin sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi farklı çeşit, ekoloji ve uygulamalar arasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

### 3.4. Ana sap sayısı

Yonca popülasyonlarının ana sap sayısı Tablo 4'te verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ana sap sayıları ilk yıl 4 nolu popülasyondan (11.00 adet), ikinci yıl 4 nolu ve aynı istatistikî grupta yer alan 2 nolu popülasyondan (11.00 adet) elde

edilmiştir. Yonca popülasyonlarının ana sap sayıları yıl\*popülasyon interaksyonları bakımından önemli farklar tespit edilmiştir. Ortalama ana sap sayısı bakımından en yüksek 11.000 adet ile 6 nolu popülasyon en düşük 9.000 adet ile 5 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 4). Faridullah ve ark. (2009) yoncada ana sap sayısı veya bitkide kardeş sayısının genetik bir özellik olduğunu bildirdiği gibi mevcut çalışmada da ortaya çıkan farklılıkların popülasyonların genetik özelliklerinden kaynaklandığı düşünülebilir. Ayrıca araştırmaların yürütüldüğü ekolojik koşullarında söz konusu farklılıklara neden olduğu söylenebilir.

### 3.5. Yatma durumu (1-5)

Yonca popülasyonlarının yatma durumları Tablo 5'te verilmiştir. Yonca popülasyonlarının yatma durumları yıllar, çeşitler ve yıl\*popülasyon interaksyonları bakımından önemsiz bulunmuştur. Yoncanın dik gelişme özelliği ile baklagiller arasında önemli bir yeri olduğunu belirten Gençkan (1992) ve Avcıoğlu ve ark. (1989) ile de sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

**Tablo 5.** Araştırmada incelenen yonca popülasyonlarının ortalama yatma durumu (1-5), ortalama seyrekleşme oranı (%), kışa dayanıklılık oranı ortalamaları (%)

Popülasyonlar	Yatma Durumu (1-5)			Seyrekleşme Oranı (%)			Kışa Dayanıklılık (%)		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	3.00	2.00	2.50	8.00	9.00	8.50	92.00	93.00	92.50
2	2.00	3.00	2.50	8.00	9.00	8.50	95.00	95.00	95.00
3	2.00	2.00	2.00	9.00	9.00	9.00	95.00	94.00	94.50
4	1.00	1.00	1.00	10.00	8.00	9.00	94.00	93.00	93.50
5	1.00	1.00	1.00	9.00	9.00	9.00	93.00	94.00	93.50
6	3.00	2.00	2.50	10.00	10.00	10.00	95.00	96.00	95.50
7	2.00	1.00	1.50	8.00	9.00	8.50	93.00	94.00	93.50
8	1.00	2.00	1.50	9.00	9.00	9.00	95.00	95.00	95.00
9	1.00	1.00	1.00	9.00	8.00	8.50	96.00	97.00	96.50
10	2.00	1.00	1.50	10.00	8.00	9.00	98.00	98.00	98.00
<b>Ortalama</b>	1.80	1.60		9.00	8.80		94.60	94.90	

### 3.6. Seyrekleşme oranı

Yonca popülasyonlarının seyrekleşme oranları Tablo 5'te verilmiştir. Popülasyonların ortalama seyrekleşme oranı birinci yıl % 9.0 ikinci yıl ise % 8.80

olarak tespit edilmiştir. Popülasyonlar içinde en fazla seyrekleşme oranı 6 numaralı popülasyondan elde edilirken, en az seyrekleşme oranı ise 1, 2, 7 ve 9 numaralı popülasyonlardan elde edilmiştir (Tablo 5). Yonca popülasyonlarının



seyrekleşme oranları yıllar, çeşitler ve yıl\*çeşit interaksyonları bakımından önemsiz bulunmuştur.

### 3.7. Kışa dayanıklılık

Yonca popülasyonlarının kışa dayanıklılık Tablo 5'te verilmiştir. Yonca

popülasyonlarının kışa dayanıklılıkları yıllar, çeşitler ve yıl\*popülasyon interaksyonları bakımından önemsiz bulunmuştur. En yüksek ortalama kışa dayanıklılık % 98 ile 10. popülasyondan en düşük % 92.50 ile 1. popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 6.** Araştırmada incelenen yonca çeşitlerinin ortalama yeşil ot verimleri (kg da<sup>-1</sup>) ve kuru ot verimleri (kg da<sup>-1</sup>)

Popülasyonlar	Yeşil Ot Verimi (kg da <sup>-1</sup> )			Kuru Ot Verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	5.140 A*	4.700 BCD	4.920 A <sup>2</sup>	1.287 A*	1.173 B-E	1.230 A <sup>2</sup>
2	4.663 B-E	4.553 B-F	4.593 B	1.160 B-F	1.137 B-G	1.148 B
3	4.367 FG	4.297 G	4.332 C	1.093 GH	1.073 H	1.083 C
4	4.437 EFG	4.737 BC	4.587 B	1.113 E-H	1.183 BC	1.148 B
5	4.503 C-G	4.463 D-G	4.483 B	1.127 C-H	1.117 D-H	1.122 B
6	4.373 FG	4.703 BCD	4.538 B	1.090 GH	1.177 BCD	1.133 B
7	3.630 H	4.270 G	3.950 D	907 I	1.067 H	987 D
8	4.610 B-F	4.407 EFG	4.508 B	1.150 B-G	1.100 FGH	1.125 B
9	5.277 A	4.787 B	5.032 A	1.320 A	1.197 B	1.258 A
10	4.403 EFG	4.620 B-E	4.512 B	1.103 FGH	1.157 B-F	1.130 B
<b>Ortalama</b>	4.537	4.554		1.135	1.138	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl kombinasyon ortalamaları Duncan testine göre P ≤0.01 hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı küçük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen yıl ortalamaları Duncan testine göre P ≤0.01 hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.8. Yeşil ot verimi

Yonca popülasyonlarının yeşil ot verimleri Tablo 6'da verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama yeşil ot verimlerinde popülasyonlar ve yıl\*popülasyon interaksyonları bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Popülasyonların ortalama yeşil ot verimleri 3950-5032 kg da<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Ortama yaş ot verimleri bakımından en düşük verim 7 nolu popülasyondan elde edilirken, en yüksek verim ise 1 nolu popülasyon ile aynı istatistiki grubu oluşturan 9 nolu popülasyondan elde edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında en yüksek yeşil otverimi 1 nolu popülasyon ile 9 nolu popülasyondan, ikinci yıl ise 1, 2, 4, 6 ve 10 nolu popülasyon ile aynı istatistiki grubu oluşturan 9 nolu popülasyondan elde edilmiştir. Yıl\*popülasyon interaksyonunda en yüksek ortalama yeşil ot verimi araştırmanın birinci yılında 9 nolu (5032 kg da<sup>-1</sup>) ve 1 nolu (4920 kg da<sup>-1</sup>) popülasyondan, en düşük ise yine araştırmanın birinci yılında 7 nolu (3630 kg

da<sup>-1</sup>) popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 6). İki yıllık araştırma sonuçlarına göre muş ilinde toplanan popülasyonlardan 1 ve 9 nolu popülasyonların yüksek yaş ot verimi değerleri vermesi bu popülasyonların yapılacak olan ıslah araştırmalarında ümitvar olduklarını göstermektedir. Yoncada yeşil ot verimlerinin, Tokat-Kazova ekolojik koşullarında 7 902-12 323 kg da<sup>-1</sup> (Acar 2002), Ankara ve Konya koşullarında 7 398,95 kg da<sup>-1</sup> ile 9 292,67 kg da<sup>-1</sup> (Mohammed, 2007), (Töngel ve Ayan, 2010), Kırşehir koşullarında 1 310,99 - 1 650,92 kg da<sup>-1</sup> (İnal, 2015), Isparta koşullarında 8.181-10.247 kg da<sup>-1</sup> (Yılmaz, 2011), Güney Doğu Anadolu koşullarında 3 672,13 - 6 153.38 kg da<sup>-1</sup> (Başbağve ark., 2002) olarak belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular ile diğer araştırmacıların bulguları arasındaki farklılıklar, genotiplerin farklılığı, biçim sayısı ve araştırma süresinin farklılığı yanında araştırmaların farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olmasından kaynaklanabilir. Verim özelliği

bir taraftan çeşitlerin genetik yapılarıyla ilişkili olabilirken, diğer taraftan da çeşitlerin yetiştiği bölge verim üzerinde belirleyici olmaktadır. Bilindiği üzere, Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü yerlerde yetiştirilen yonca çeşitlerinde dormansi yok denecek kadar az olduğundan dolayı iyi bir gelişme göstermekte ve ortalama 8-10 kez biçilerek yüksek verim elde edilmektedir. Nitekim Dennis ve ark. (1981), yoncaları değişik kış dormansilerine göre gruplandırırken, Elliott ve ark. (1972), kışa dayanıklı yonca çeşitlerinin, kışa dayanıklı olmayanlara oranla daha erken sonbahar dormansisi ve daha yavaş ilkbahar büyümesine sahip olduğunu bildirmektedirler. Araştırmanın yürütüldüğü bölgenin iklim koşulları da oldukça sert olup, vejetasyon süresinin kısalığına bağlı olarak iki biçim alınmış olması da düşük verimlere neden olmaktadır.

### 3.9. Kuru ot verimi

Yonca popülasyonlarının kuru ot verimleri Tablo 6'da verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama kuru ot verimleri çeşitler ve yıl\*popülasyon interaksyonları bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen değerler incelendiğinde popülasyonların ortalama kuru madde verimleri 987 kg da<sup>-1</sup> ile 1.287 kg/da arasında değişiklik göstermiştir. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre en yüksek kuru ot verimi 1 nolu popülasyon ile aynı

istatistiki grubu oluşturan 9 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 6). Araştırmanın birinci yılında en yüksek kuru ot verimi yeşil ot verimine paralel olarak 1 ve 9 nolu popülasyonlardan, ikinci yıl ise 1, 2, 4, 6 ve 10 nolu popülasyon ile aynı istatistiki grubu oluşturan 9 nolu popülasyondan elde edilmiştir. Yıl \*popülasyon interaksyonunda en yüksek ortalama kuru ot verimi 9 (1258 kg da<sup>-1</sup>) ve 1 nolu (1230 kg da<sup>-1</sup>) popülasyondan, en düşük 7 nolu (987 kg da<sup>-1</sup>) popülasyondan elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen değerlere bakıldığında kuru ot verimleri ile yeşil ot verimleri arasında bir paralellik söz konusudur. Nitekim kuru ot verimleri hesaplanırken yeşil ot verimlerinin kullanılması bu sonucu doğurmaktadır. Araştırmamızda elde edilen toplam kuru ot verimleri bazı araştırmacıların sonuçlarından düşük, bazılarınınkinden ise yüksek olmuştur (Çöçü ve Sancak, 2007; Avcı ve ark., 2007; Demiroğlu ve ark., 2008; Mohammed, 2008; Avcı ve ark., 2009; Kır, 2010; Kızıl Aydemir ve ark., 2011; Gültekin ve ark., 2011; Karadağ ve ark., 2011; Saruhan ve Kuşvuran, 2011; Avcı ve ark., 2013; Kavut ve ark., 2014; İnal, 2015; Engin ve Mut, 2017; Turan ve Çelen, 2017). Araştırmadan elde edilen bulgular ile diğer araştırmacıların bulguları arasındaki farklılıklar, farklı genotiplerin kullanılması, biçim sayısı ve araştırma süresinin farklılığı yanında araştırmaların farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olmasından kaynaklanabilir.

**Tablo 7.** Araştırmada incelenen yonca popülasyonlarının kuru madde ve ham protein

Popülasyonlar	Kuru Madde Oranı (%)			Ham Protein Oranı (%)		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	93.00	90.00	91.50	21.33 D*	20.86 E	21.09 D <sup>2</sup>
2	92.00	91.00	91.50	20.53 F	20.86 E	20.70 E
3	93.00	90.00	91.50	23.46 B	22.54 C	23.00 B
4	90.00	91.00	90.50	22.46 C	21.45 D	21.96 C
5	92.00	92.00	92.00	24.64 A	23.54 C	24.09 A
6	93.00	91.00	92.00	23.47 B	22.33 C	22.90 B
7	90.00	90.00	90.00	22.57 C	21.48 D	22.02 C
8	91.00	92.00	91.50	23.73 B	22.28 C	23.01 B
9	92.00	90.00	91.00	21.47 D	22.27 C	21.87 C
10	91.00	91.00	91.00	22.40 C	21.52 D	21.96 C
<b>Ortalama</b>	91.70	90.80		22.60 a <sup>1</sup>	21.91 b	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen popülasyon x yıl kombinasyon ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı küçük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen popülasyon ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.10. Kuru madde oranı

Yonca popülasyonlarının ortalama kuru madde oranları Tablo 7’de verilmiştir. Yonca popülasyonlarının kuru madde oranı yıllar, çeşitler ve yıl\*çeşit interaksyonları bakımından önemsiz bulunmuştur. Popülasyonların ortalama kuru madde oranları %90.00-92.00 arasında değişmiştir (Tablo 7). Kuru madde oranı ekolojik etmenlerin yanı sıra genetik yapıdan da etkilenmektedir.

### 3.11. Ham protein oranı

Yonca popülasyonlarının ham protein oranları Tablo 7’de verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama ham protein oranları yıllar, çeşitler ve yıl\*çeşit interaksyonları bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. İlk yıl ortalama ham protein oranı % 22.60, ikinci yıl % 21.91 olarak tespit edilmiş ve bu farklılık istatistik açıdan önemli bulunmuştur (Tablo 7). Ortalama en yüksek ham protein oranı % 24.09 ile 5 nolu popülasyondan, en düşük ise % 20.70 ile 2

nolu popülasyondan elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre popülasyonların ortalama ham protein oranlarında yıl\*popülasyon interaksyonu önemli çıkmış, en yüksek ham protein oranı araştırmanın birinci yılında 5 nolu popülasyondan elde edilirken, en düşük ham protein oranı ise yine araştırmanın birinci yılında 2 nolu popülasyondan elde edilmiştir. En yüksek ve en düşük ham protein oranlarının aynı yılda çıkmış olması araştırmada kullanılan popülasyonların ham protein açısından ne kadar geniş bir varyasyon gösterdiğinin kanıtı niteliğindedir. Farklı ekolojilerde yürütülen yonca çeşit denemelerinde ham protein oranının Acar (2002) % 17.25-18.77, Kır (2006) % 17.86-20.26, Avcı ve ark. (2009) % 17.0-18.0, Kır (2010) % 22.21-23.31, Kızıl Aydemir ve ark. (2011) % 17.6-18.3, Karadağ ve ark. (2011) % 14.36-17.78, Saruhan ve Kuşvuran (2011) % 17.95-22.67, Yılmaz (2011) % 16.23-17.53, Avcı ve ark. (2013) % 18.5-19.4 ve İnal (2015) % 18.38-20.45 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

**Tablo 8.** Araştırmada incelenen yonca popülasyonlarının ham selüloz, NDF ve ADF oranları (%)

Popülasyonlar	Ham Selüloz Oranı (%)			NDF Oranı (%)			ADF Oranı (%)		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	31.41 G*	30.46 H	30.93 F <sup>2</sup>	26.54 G*	25.93 IJ	26.23 F <sup>2</sup>	28.46 L*	26.37 S	27.41 I <sup>2</sup>
2	29.71 IJ	31.26 G	30.49 G	25.97 IJ	26.42 GH	26.19 F	30.86 C	28.15 O	29.50 F
3	33.46 D	32.53 E	32.99 D	27.03 E	28.38 B	27.70 C	29.88 F	30.75 D	30.31 C
4	28.70 K	29.37 J	29.03 I	26.79 F	27.49 D	27.14 D	28.88 J	31.56 B	30.22 D
5	31.23 G	32.02 F	31.62 E	27.14 E	28.54 AB	27.84 B	30.29 E	30.86 C	30.57 B
6	30.15 HI	30.46 H	30.93 F	28.61 A	27.49 D	28.17 A	29.83 G	29.73 H	29.78 E
7	29.55 J	31.08 G	30.61 FG	25.79 J	25.39 K	25.59 G	28.44 M	26.57 Q	27.50 H
8	36.07 B	29.75 IJ	29.65 H	26.42 GH	26.49 GH	26.45 E	27.64 P	28.95 I	28.29 G
9	37.65 A	33.53 D	34.80 C	26.33 H	26.02 I	26.17 F	28.75 K	35.79 A	32.27 A
10	35.37 C	36.42 B	37.03 A	25.81 J	25.42 K	25.61 G	26.38 S	28.37 N	27.37 J
<b>Ortalama</b>	32.33	35.02		26.64 b <sup>1</sup>	26.78 a		28.94 b <sup>1</sup>	29.71 a	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl kombinasyon ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı küçük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen yıl ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.12. Ham selüloz oranı

Yonca popülasyonlarının ham selüloz oranları Tablo 8’de verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama ham selüloz oranları yıllar, popülasyonlar ve yıl\*popülasyon interaksyonları

bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen ortalama ham selüloz oranları % 29.03 ile % 37.03 arasında değişiklik göstermiştir. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre ortalama ham selüloz oranları bakımından

en yüksek ham selüloz oranı % 37.03 ile 9 nolu popülasyondan, en düşük ise % 29.03 ile 4 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 8). Araştırmada ortalama ham selüloz oranı bakımından yıl\*popülasyon interaksyonu istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirmiş ve en düşük ham selüloz oranı araştırmanın birinci yılında 4 nolu popülasyondan (% 28.70) elde edilirken, en yüksek ham selüloz oranı ise yine araştırmanın birinci yılından 9 nolu popülasyondan (% 37.65) elde edilmiştir.

### 3.13. Nötraf deterjan lif

Yonca popülasyonlarının NDF içerikleri Tablo 8'de verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama NDF içeriklerinde yıl, popülasyon ve yıl\*popülasyon interaksyonları bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında ortalama NDF oranı % 26.64, ikinci yılında ortalama % 26.78 olarak tespit edilmiş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. İki yıllık ortalama sonuçlarına göre en yüksek NDF içeriği 6 nolu popülasyondan elde edilmiş, en düşük ise 10 nolu popülasyon ile aynı istatistiki grubu oluşturan 7 nolu popülasyondan elde edilmiştir ve bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Tablo 8). Araştırmada kullanılan popülasyonların yıl\*popülasyon interaksyonu istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Araştırmada en yüksek NDF oranı araştırmanın ikinci yılındaki 5 nolu popülasyon ile aynı istatistiki grubu oluşturan araştırmanın birinci yılında % 28.61 ile 6 nolu popülasyondan, en düşük ise sırasıyla % 25.42 ve % 25.39 ile 7 ve 10 nolu popülasyonlardan belirlenmiştir. Örneğin; çeşitlere ait NDF içeriklerinin Avcı ve ark. (2007) % 36.7-47.3, Avcı ve ark. (2009) % 48.0-49.9, Kır (2010) % 42.68-44.13, Yılmaz (2011) % 44.32-42.27, Yücel ve ark. (2011) 43.1-44.3, Kızıl Aydemir ve ark. (2011) % 47.6-47.3, Karadağ ve ark. (2011), % 45.21-47.77, İnal (2015) % 45.73-47.46, arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz bulguların

diğer araştırmacıların bulgularıyla farklılık göstermesinin nedeni, araştırmalarda farklı çeşitlerin kullanılması, biçim devresinin ve biçim sayılarının farklı olması, kurutma yöntemleri ve araştırmaların farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olması gösterilebilir. Yem bitkileri yetiştiriciliğinde NDF oranları iyi bir kalite göstergesidir. Kullanılan yemlerdeki NDF içeriklerinin belirli bir düzeyin altında olması istenir. Nitekim yemlerin NDF miktarlarının az olması o yemin daha kaliteli olduğu ve içinde bulunan lignin, selüloz, pektin, hemipektin gibi sindirilemeyen maddelerin daha az olduğu anlamına gelmektedir. Araştırmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre 7 ve 10 nolu popülasyonların NDF içeriklerinin düşüklüğü sebebi ile iyi kalitede bir ot üretimi gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu popülasyonların ileride yapılacak ıslah araştırmalarında kullanılması üretecek yeni çeşitlerin ot kalitelerinde önemli ve olumlu bir etki yapacaktır.

### 3.14. Asit deterjan lif

Yonca popülasyonlarının ADF içerikleri Tablo 8'de verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama ADF içeriklerinin yıl ve çeşit ortalamaları ile yıl\*çeşit interaksyonları bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında ortalama ADF oranı % 28.94, ikinci yılında ise % 29.71 bulunmuş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. İki yıllık ortalama sonuçlara göre ortalama ADF oranları istatistiksel açıdan önemli farklılıklar yaratmış ve en yüksek ADF içeriği % 32.27 ile 9 nolu popülasyondan, en düşük %27.37 ile 10 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 8). Ancak ADF içeriğinin yonca çeşitleri arasında önemli farklılıklar göstermediği bazı araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Kır, 2010; Yücel ve ark., 2011; Kızıl Aydemir ve ark., 2011; Karadağ ve ark., 2011; Kalkanlı ve Başbağ, 2022). Yıl\*popülasyon interaksyonu da ortalama

ADF oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar yaratmış ve en yüksek ADF içeriği araştırmanın ikinci yılında 9 nolu popülasyondan elde edilirken, en düşük ADF içeriği ise araştırmanın yine ikinci yılında 1 nolu popülasyondan elde edilmiştir. Elde ettiğimiz bulguların diğer araştırmacıların bulgularıyla farklılıklar göstermesinin nedeni, araştırmalarda farklı çeşitlerin kullanılması, biçim devresinin ve biçim sayılarının farklı olması, kurutma yöntemleri ve araştırmaların farklı ekolojik

özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olması gösterilebilir. Tablo 8 incelendiğinde NDF oranı bakımından en düşük istatistiki grubu oluşturan 7 ve 10 nolu popülasyonların ADF oranı bakımından da düşük istatistiki grubu oluşturduğu görülecektir. Gerek NDF gerekse ADF oranlarının yemin kalitesini belirlemede önemli bir parametre olması ve bu ikisinin birbirine paralellik göstermesi beklenen bir durumdur, nitekim araştırma sonuçları da bunu desteklemektedir.

**Tablo 9.** Araştırmada incelenen yonca çeşitlerinin ADL, SKMO oranları (%) ve KMT

Popülasyonlar	ADL Oranı (%)			SKMO oranları (%)			Kuru Madde Tüketimi		
	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	8.78 H*	8.03 O	8.40 G <sup>2</sup>	66.98 F*	68.36 B	67.67 B <sup>2</sup>	4.52 K*	4.63 D	4.57 E <sup>2</sup>
2	9.03 F	9.46 K	9.24 C	65.14 P	66.97 G	66.05E	4.62 E	4.54 I	4.58 D
3	8.97 G	8.02 P	8.49 F	65.89 M	64.94 Q	65.41 H	4.44 M	4.23 Q	4.33 H
4	9.37 D	9.24 E	9.30 A	66.66 J	64.31 S	65.48 G	4.48 L	4.36 O	4.42 G
5	8.75 I	8.97 G	8.86 E	65.57 O	64.86 R	65.21 I	4.42 N	4.20 R	4.31 I
6	7.90 R	8.22 M	8.06 J	65.93 L	65.74 N	65.83 F	4.19 S	4.32 P	4.26 J
7	8.42 L	7.95 Q	8.18 I	67.00 E	68.20 C	67.60 C	4.65 C	4.72 A	4.68 A
8	9.51 A	9.03 F	9.27 B	67.61 D	66.35 K	66.98 D	4.54 H	4.53 J	4.53 F
9	8.13 N	8.64 J	8.38 H	66.76 I	61.02 T	63.89 J	4.56 G	4.61 F	4.58 C
10	8.46 K	9.42 C	8.94 D	68.59 A	66.80 H	67.69 A	4.65 C	4.72 B	4.68 B
<b>Ortalama</b>	8.73 a <sup>1</sup>	8.69 b		66.61 b <sup>1</sup>	65.75 a		4.50 a <sup>1</sup>	4.48 b	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl kombinasyon ortalamalar Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı küçük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen yıl ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.15. Asid deterjan lignin

Yonca popülasyonlarının ADL içerikleri Tablo 9'da verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama ADL içerikleri yıl ve çeşit ortalamaları ile yıl\*çeşit etkisi bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında ortalama ADL oranı % 8.73, ikinci yılında % 8.69 olarak tespit edilmiş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli farklılık oluşturmuştur. İki yıllık ortalama sonuçlara göre popülasyonların ortalama ADL oranları % 8.06 ile % 9.30 arasında değişim göstermiş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek ADL oranı 4 nolu popülasyondan elde edilirken en düşük ADL oranı ise 6 nolu popülasyondan elde edilmiştir. ADL oranının ADF ve NDF oranları ile paralellik gösterdiği görülmektedir (Tablo 8 ve 9). Nitekim

düşük ADL oranı da ADF ve NDF oranları gibi istenilen bir durumdur. ADL oranı yemin içinde bulunan selülozun bir göstergesidir. Bu yüzden ADL oranı yemin içinde bulunan selüloz miktarının bir göstergesi olup düşük olması yemde bulunan selüloz oranının da düşüklüğünü ifade etmektedir. Nitekim özellikle 7 nolu popülasyonun ADF, NDF ve ADL oranı incelendiğinde düşük istatistiki gruplar içinde yer alması bu popülasyonunun diğerlerine göre daha kaliteli yem ürettiğini ortaya koymaktadır. Araştırmada elde edilen verilere göre yıl\*popülasyon etkisi bakımından istatistiki açıdan ADL üzerinde istatistiki olarak önemli farklılıklar yaratmış ve en yüksek ADL oranı % 9.51 ile araştırmanın birinci yılında 8 nolu popülasyondan elde edilirken, en düşük ADL oranı ise araştırmanın ikinci yılından % 7.95 ile 7 nolu popülasyondan elde edilmiştir. Yapılan önceki

çalışmalarda yoncanın farklı ekolojik koşullar ve farklı çeşitlere göre ADL oranı, % 5.24-5.97 (Geleti ve ark., 2014), % 8.38 (Ünalp, 2014), % 6.88-9.81 (Keskin ve ark., 2021), % 7.36 (Öten ve Albayrak, 2021), % 10.31-10.96 (Kır ve Karadağ, 2022) olarak belirlenmiştir.

### 3.16. Sindirilebilir kuru madde oranı

Yonca popülasyonlarının SKMO değerleri Tablo 9'da verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama SKMO değerleri yıl ve popülasyon ortalamaları ile yıl\*çeşit interaksyonları bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında ortalama SKMO % 66.61, ikinci yılında ise % 65.75 olarak tespit edilmiş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre popülasyonların ortalama SKMO bakımından en düşük değer % 63.89 ile 9 nolu popülasyondan, en yüksek ise %67.69 ile 10 nolu popülasyondan elde edilmiş ve bu farklılık ortalama SKMO üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar yaratmıştır. Yıl\*popülasyon interaksyonu istatistiksel açıdan SKMO üzerinde önemli farklılıklar yaratmış ve en yüksek SKMO % 68.59 ile araştırmanın birinci yılında 10 nolu popülasyondan elde edilirken, en düşük ise araştırmanın ikinci yılında % 61.02 ile 9 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 9). Benzer çalışmalarda yoncaya ait SKMO değerleri % 60.81-67.17 (Aydın ve ark., 2015), % 64.08 (Çaçan ve ark., 2015), % 61.4-63.2 (Mutlu 2019), % 64.1-67.0 (Keskin ve ark., 2021) bulunmuştur. Elde ettiğimiz bulguların diğer araştırmacıların bulgularıyla farklılık göstermesinin nedeni, araştırmalarda farklı çeşitlerin kullanılması, biçim devresinin ve biçim sayılarının farklı olması, kurutma yöntemleri ve araştırmaların farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olması gösterilebilir. Yemlerin sindirilebilir kuru madde hesabı yapılırken ADF oranlarından faydalanılmaktadır. Sindirilebilir kuru madde oranı ile ADF oranı arasında ters orantı bulunmaktadır.

Yani bir yemin ADF değeri ne kadar düşükse sindirilebilir kuru madde oranı da o kadar yüksek olmaktadır. Nitekim ADF oranı düşük olan 10 nolu popülasyonun SKMO'nun en yüksek çıkması bunu destekler niteliktedir.

### 3.17. Kuru madde tüketimi

Yonca popülasyonlarının kuru madde tüketimi ortalamaları Tablo 9'de verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama KMT yıl ve çeşit ortalamaları ile yıl\*çeşit interaksyonu bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında KMT 4.50, ikinci yılında ise 4.48 olarak tespit edilmiş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli farklılıklar meydana getirmiştir. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre popülasyonların ortalama en yüksek KMT 4.68 ile 7 nolu popülasyondan, en düşük 4.26 ile 6 nolu popülasyondan elde edilmiş ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Araştırmada yıl\*popülasyon interaksyonu istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve en yüksek kuru madde tüketimi araştırmanın ikinci yılında 7 nolu popülasyondan, en düşük ise araştırmanın birinci yılında 6 nolu popülasyondan elde edilmiştir (Tablo 9). KMT oranlarının belirlenmesi amacıyla yürütülen bazı çalışmalarda Yonca'nın KMT oranlarının % 2.56 (Yavuz, 2005), % 2.4-3.1 (Çaçan ve ark., 2012), % 2.53-3.05 (Aydın ve ark., 2015), % 2.6 (Çaçan ve ark., 2015), % 2.82-3.06 (Keskin ve ark., 2021) olarak tespit etmişlerdir. Elde ettiğimiz bulguların diğer araştırmacıların bulgularıyla farklılık göstermesinin nedeni, araştırmalarda farklı çeşitlerin kullanılması, biçim devresinin ve biçim sayılarının farklı olması, kurutma yöntemleri ve araştırmaların farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olması gösterilebilir. Yemlerin kuru madde tüketimleri hesaplanırken ortalama NDF değerlerinden yararlanılmaktadır. Sindirilebilir kuru madde oranlarında olduğu gibi KMT'de de ters orantı mevcuttur. Yani NDF oranı düşük olan yemlerin KMT değerleri daha yüksek

çıkılmaktadır. Nitekim NDF oranı düşük olan 7 ve 10 nolu popülasyonların en yüksek

KMT değeri vermesi de bunu desteklemektedir.

**Tablo 10.** Araştırmada incelenen yonca çeşitlerinin NYD oranları (%)

Popülasyonlar	1.yıl	2.yıl	Ortalama
1	234.78 G <sup>1</sup>	245.23 C	240.00 B <sup>2</sup>
2	233.32 GH	235.80 F	234.56 C
3	226.77 J	212.88 NO	219.82 F
4	231.47 I	217.58 M	224.52 E
5	224.74 K	211.40 O	218.07 G
6	214.37 N	220.53 L	217.45 G
7	241.67 D	249.88 A	245.77 A
8	238.08 E	233.03 HI	235.55 C
9	235.87 F	218.15 M	227.01 D
10	247.20 B	244.38 C	245.79 A
<b>Ortalama</b>	232.82 a <sup>1</sup>	228.88 b	

\*Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen popülasyon x yıl kombinasyon ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 1) Farklı küçük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 2) Benzer italik harf ile gösterilen yıl ortalamaları Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

### 3.18. Nispi yem değeri

Yonca popülasyonlarının NYD Tablo 10'da verilmiştir. Yonca popülasyonlarının ortalama NYD yıl ve çeşit ortalamaları ile yıl\*çeşit interaksyonu bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırmanın birinci yılında NYD 232.82, ikinci yılında ise 228.88 olarak tespit edilmiş ve bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre popülasyonların ortalama NYD en yüksek aynı istatistiki grubu oluşturan 10 ve 7 nolu popülasyonlardan, en düşük ise aynı istatistiki grubu oluşturan 5 ve 7 nolu popülasyonlardan elde edilmiş ve bu değişim popülasyonların ortalama NYD üzerinde istatistiki açıdan önemli farklılıklar yaratmıştır. Yıl\*popülasyon interaksyonu bakımından popülasyonların ortalama NYD istatistiki açıdan önemli farklılık oluşturmuş ve en yüksek NYD araştırmanın ikinci yılında 7 nolu popülasyondan elde edilirken, en düşük ise yine araştırmanın ikinci yılında aynı istatistiki grubu oluşturan 3 ve 5 nolu popülasyonlardan elde edilmiştir (Tablo 10). Farklı yonca türü ve çeşidi ile farklı lokasyonlarda yürütülen çalışmalarda yoncanın NYD değerlerinin 118.8 (Yavuz, 2005), 111.1 (Çaçan ve ark., 2012), 118.75-157.32 (Aydın ve ark., 2015), 126.6 (Çaçan ve ark., 2015), 138.1-154.4

(Açıkbaş ve ark., 2017), 132.5-160.6 (Engin ve Mut, 2018), 150.2-164.6 (Mutlu, 2019), 148.48-162.72 (Albayrak ve Öten, 2020), 141.2-156.8 (Keskin ve ark., 2021) arasında olduğunu belirlemişlerdir. Elde ettiğimiz bulguların diğer araştırmacıların bulgularıyla farklılık göstermesinin nedeni, araştırmalarda farklı çeşitlerin kullanılması, biçim devresinin ve biçim sayılarının farklı olması, kurutma yöntemleri ve araştırmaların farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yürütülmüş olması gösterilebilir. Nispi yem değeri özellikle yoncanın çiçeklenme döneminde biçilmesi neticesinde belirlenen bir parametredir. Bu değer yoncaya göre hesaplanmış ve özellikle yem kalite değerlerinin ölçülmesinde uluslararası geçerliliği olan bir parametredir. NYD hesabı yapılırken SKMO ve KMT değerleri kullanılmaktadır. Bu nedenle özellikle SKMO ve KMT değerleri yüksek olan yemlerin NYD'nin de yüksek olması beklenen bir durumdur. Nitekim SKMO ve KMT yüksek olan 7 ve 10 numaralı popülasyonların da NYD bakımından en yüksek istatistiki grubu oluşturması bunu kanıtlamaktadır.

### 4. Sonuç

Muş ekolojik koşullarında farklı yonca (*Medicago sativa* L.) popülasyonlarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, en

yüksek yeşil ot ve kuru madde verimleri bakımından 1 ve 9 nolu popülasyonlar ön plana çıkarken kalite parametreleri (HPO, ADF, NDF, KMT, NYD gibi) bakımından ise 7 ve 10 nolu popülasyonlar ön plana çıkmıştır. Bu popülasyonların ileride yapılacak ıslah araştırmalarında kullanılması açısından ümitvar olduğu görülmektedir. Ayrıca Muş ilinde üreticilerin kaliteden daha çok verime önem vermesi nedeni ile hem verim açısından hem de kalite açısından ön plana çıkan genotiplerin kullanılması yonca üretiminde önemli bir paya sahip olan gerek Muş gerekse Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan kaliteli kaba yem açığının kapatılmasında önemli katkılar sunacaktır.

### **Yazarların Katkı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### **Finansman**

Muş Alparslan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje ofisi tarafından "BAP-20-UBF-4901-02" nolu proje olarak desteklenmiştir.

### **Kaynaklar**

Acar, A., 2002. Tokat-Kazova ekolojik koşullarına uygun yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Tokat.

Açıkbaş, S., Albayrak, S., Mevlüt, T., 2017. Doğal vejetasyondan toplanan bazı yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin ot verim ve kalitelerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(2): 155-162.

Anonim, 2001. Tohumluk Tescil Ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri

Teknik Talimatı.

Anonymous, 2022. "NASA Power" (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>). (Erişim tarihi: 14.01.2024).

Armağan, M., Işık, M.İ., 2022. Karapınar (Konya) tuzcul alanlarındaki kuraklığa dayanıklı, mera ıslahında kullanılabilir bitkiler. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(2): 67-74.

Avcı, M., Çınar, S., Kızıl Aydemir, S., Kılıçalp, N., Hatipoğlu, R., Yücel, C., İnal, İ., Yücel, H., Aktaş, A., Gültekin, R., 2007. Çukurova koşullarında farklı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin ot verimlerine ve ot kaliteleri üzerinde bir çalışma. *Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 25-27 Haziran, Erzurum.

Avcı, M.A., Ozkose, A., Tamkoç, A., 2013. Determination of yield and quality characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in different locations. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12(4): 487-490.

Avcı, M., Çınar, S., Kızıl, S., Aktaş, A., Yücel, C., Hatipoğlu, R., İnal, İ., 2009. Çukurova taban koşullarında farklı yonca çeşitlerinin ot verimleri ve ot kaliteleri üzerine bir araştırma. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim, Hatay.

Avcıoğlu, R., Geren, H., Tamkoç, A., Karadağ, Y., 2009. Yembitkileri, Baklagil Yembitkileri içinde (Cilt II, ss. 290-316). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları, s. 277- 545.

Başbağ, M., Gül, İ., Saruhan, V., 2002. Diyarbakır Sulu Koşullarında Yonca ve Üçgül Çeşit Verim ve Adaptasyonlarını Araştırma Projesi. TÜBİTAK-TARP-2261 No'lu Proje Kesin Sonuç Raporu, Ankara.

Avcıoğlu, R., Geren, H., Tamkoç, A., 2009. Yonca (*Medicago* sp L.). Yembitkileri. Baklagil Yembitkileri içinde (Ed. Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., Karadağ, Y.), Cilt II. İzmir: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı.



- Avcıoğlu, R., Yıldırım, M.B., Budak, N., 1989. Ege Bölgesine Uygun Yonca Hatlarının Geliştirilmesi ve Adaptasyonu, E.Ü. Ar. Fonu, 1987-154, İzmir.
- Bulgurlu, Ş., Ergül, M., 1978. Yemlerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Analiz Metodları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 127, İzmir.
- Cherney, J.H., Volanec, J.J., Nyquist, W.E., 1985. Sequential fiber analysis of forage as influenced by sample weight. *Crop Science*, 5: 1113-1115.
- Çaçan, E., Aydın, A., Başbağ, M., 2015. Bingöl üniversitesi yerleşkesinde yer alan bazı baklagil yem bitkilerine ait kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(1): 105-111.
- Çerekçi, A.Ş., 2003. Değişik metotlarla ve farklı dozlarda verilen fosforlu gübrenin yonca (*Medicago sativa* L.) ve otlak ayrığı (*Agropyron cristatum* L. Gaertn)'nın yem verimine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çöcü, S., Sancak, C., 2007. Bazı yonca çeşitlerinin (*Medicago sativa* L.) Ankara koşullarında ot verimlerinin belirlenmesi. *Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 25-27 Haziran, Erzurum.
- Demiroğlu, G., Geren, H., Avcıoğlu, R., 2008. Farklı yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin Ege bölgesi koşullarına adaptasyonu. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(1): 1-10.
- Dennis, R.E., Schonhorst, M.H., Parsons, D.K., 1981. Alfalfa Variety and Brand Characteristics. Forage and Grain, University of Arizona, U.S. Department of Agriculture.
- Dönmez, H.B., 2024. Kozan kıraç koşullarında iskenderiye üçgülü *Trifolium alexandrinum* L. çeşitlerinin performansları. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1): 1-10.
- Elliott, F.C., Johnson, I.J., Schonhorst, M.H., 1972. Breeding for Forage Yield and Quality. In C.H. Hanson (Ed.), *Alfalfa Science and Technology* (pp. 319-333). American Society of Agronomy, Publication No:15.
- Engin, B., Mut, H., 2017. Farklı yonca çeşitlerinin ot verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2): 212-219.
- Erbeyi, B., Erol, S., Çarpıcı, E.B., 2022. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2): 245-254.
- Faridullah Alam, A., Yamamoto, S., Khan, N., Hona, T., 2009. Screening for agronomic performance of six indigenous cultivars of alfalfa (*Medicago Sativa*) at karina electronic. *Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry Northern Areas of Pakistan*.
- Geleti, D., Hailemariam, M., Mengistu, A., Tolera, A., 2014. Biomass yield potential and nutritive value of selected Alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars grown under tepid to cool sub-moist agroecology of Ethiopia. *E3 Journal of Agricultural Research and Development*, 4(1): 7-14.
- Gökalp, S., Yazıcı, L., Çankaya, N., İspirli, K., 2017. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin Tokat-Kazova ekolojik koşullarında ot verimi ve kalite performanslarının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(3): 114-127.
- Gönülal, E., Palta, Ç., 2024. Determination of changes in some factors affecting grain yield in maize (*Zea mays* L.) crops grown at different densities. *Ereğli Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 19-33.
- Gülcan, H., Anlarsal, A.E., 1992. GAP Bölgesinde Sulu Koşullarda Yetiştirilebilecek Yonca Çeşitlerinin Saptanması Üzerinde Araştırmalar, Ç.Ü.Z.F. Genel Yayın No:32, GAP Yayın No: 61, Adana.

- Gültekin, R., İnal, İ., Avcı, M., Kızıl Demir, S., 2011. Çukurova bölgesinde bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin farklı biçim dönemlerine göre verim performanslarının saptanması. IX. Türkiye Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül, Bursa.
- İnal, N., 2015. Kırşehir koşullarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kırşehir.
- Kalkanlı, M.B., Başbağ, M., 2022. Comparison of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes in terms of herbage and seed yield. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(2): 307–317.
- Kara, A., Kadioğlu, S., Çakal, Ş., Aygün, C., 2009. Kuzeydoğu Anadolu'da baklagil yem bitkileri tarımı ve sorunları. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 16(1): 19-32.
- Karadağ, Y., İptaş, S., Kır, H., Akbay, S., 2011. Tokat-Kazova şartlarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. IX. Türkiye Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül, Bursa.
- Karaköy, T., Saraç, H., 2018. Sivas ekolojik koşullarında yetiştirilen yonca çeşitlerinin bazı agronomik ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 620-627.
- Kavut, Y.T., Çelen, A.E., Demiroğlu Topçu, G., Kır, B., 2014. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin farklı lokasyonlardaki verim ve verim özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(1): 23-29.
- Keskin, B., Temel, S., Eren, B., 2021. Iğdır ekolojik şartlarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2): 1568-1581.
- Kır, H., Karadağ, Y., 2022. Bazı yonca çeşitlerinin performanslarının Belirlenmesi. 2.Ahi Evran International Conference on Scientific Research, 21-23 October.
- Kır, H., 2010. Tokat-Kazova şartlarında bazı yonca çeşitlerinin performanslarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Kızıl Aydemir, S., Avcı, M., Çınar, S., Özpınar, H., Yücel, H., 2011. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin çukurova ekolojik koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. IX. Türkiye Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül, Bursa.
- Mohammed, A.S., 2007. Farklı lokasyonlarda bazı yonca çeşitlerinin yem verimleri ve bitkisel özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mutlu, Z., 2019. Bazı yonca çeşitlerinde farklı biçim zamanı uygulamalarının ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öten, M., Albayrak, S., 2021. Yüksek dormansi grubunda bulunan yonca (*Medicago sativa* L.) genotiplerinin verim ve kalite özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2): 293-300.
- Öten, M., Albayrak, S., 2014. Batı akdeniz sahil kuşağında yaygın yonca (*Medicago sativa* L.) populasyonlarının toplanması ve morfolojik karakterizasyonu. *Derim*, 31(2): 79- 88.
- Özkurt, M., Karadağ, Y., 2020. The Effects of different row spacings and seed rates on hay yield characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under Tokat-Kazova ecological conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 157–170.
- Özkurt, M., Karadağ, Y., Tufan, Y., 2023. Tarımsal Üretime Makro Bakış (Ed: M. Yaşar, Y. Karadağ). Yonca Yetiştiriciliği ve Tarımı. Iksad Publishing House, Ankara, s.3-36.
- Sarıçiçek, Z., 1995. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. OMÜ, Ziraat Fakültesi, Ders Notu: 16, 68 s., Samsun.

- Saruhan, V., Kuşvuran, A., 2011. Güneydoğu anadolu bölgesinde bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitleri ve genotiplerinin verim performanslarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2): 133-140.
- Sevimay, C.S., Elçi, Ş., 1992. Ankara koşullarında elçi yoncası klonlarında tohum teşekkülüne ve seçilen klonların ileri ki döllerinde yem üretimine etki eden faktörler. Doktora Tezi.
- Sheaffer, C.C., Peterson, M.A., Mccalin, M., Volene, J.J., Cherney, J.H., Johnson, K.D., Woodward, W.T., Viands, D.R., 1995. Acid detergent fiber, neutral detergent fiber concentration and relative feed value. *North American Alfalfa Improvement Conference*, Minneapolis.
- Tosun, F., 1974. Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri Kültürü. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 242.
- Töngel, M.O., Ayan, I., 2010. Nutritional contents and yield performances of lucerne (*Medicago sativa* L.) cultivars in southern black sea shores. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(15): 2067-2073.
- Turan, N., Çelen, A.E., 2017. A research on the yield and yield characteristics of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars grown in different sowing times. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 1(1): 7-37.
- Ünalp, E., 2014. Farklı gelişme dönemleri ve biçim sıralarında yonca (*Medicago sativa* L.) kuru otunun ham protein, selüloz ve bazı mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.
- Yavuz, M., 2005. Bazı ruminant yemlerinin nispi yem değeri ve in vitro sindirim değerlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 22(1): 97-101.
- Yılmaz, M., Albayrak, S., 2016. Determination of forage yield and quality of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under ısparta ecological conditions. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1): 42-47.
- Yılmaz, M., 2011. Isparta ekolojik koşullarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin ot verim ve kalitelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta.
- Yücel, H., Avcı, M., Çınar, S., Aktaş, A., Kökaşık, F.D., 2011. Farklı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *IX. Türkiye Tarla Bitkileri Kongresi*, 12-15 Eylül, Bursa.

---

**Atıf Şekli:** Karadağ, Y., Özkurt, M., Tufan, Y., Kurt, A.N., 2024. Muş Ekolojik Koşullarında Farklı Yonca (*Medicago sativa* L.) Popülasyonlarının Verim ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1078-1094.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14354468>.

**To Cite:** Karadağ, Y., Özkurt, M., Tufan, Y., Kurt, A.N., 2024. Determination of Yield and Quality Parameters of Different Alfaalfa (*Medicago sativa* L.) Populations in Muş Ecological Conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1078-1094.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14354468>.

---

**Biyoaktif Bileşenlerin Ekstrakte Edilmesinde Kullanılan Bazı Yenilikçi Yöntemler**Ayşe YILMAZ <sup>1\*</sup>, Gökhan DURMAZ <sup>1</sup><sup>1</sup> İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [ayseayse.yilmaz@gmail.com](mailto:ayseayse.yilmaz@gmail.com)**Geliş Tarihi (Received):** 15.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 30.09.2024**Özet**

Gıda, ilaç ve kozmetik dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde doğal ve fonksiyonel bileşenlere yönelik artan talep nedeniyle son yıllarda biyoaktif bileşenlerin doğal kaynaklardan ekstraksiyonu büyük ilgi görmektedir. Biyoaktif bileşenlerin insan sağlığı üzerinde antimikrobiyal, antikanser, anti-enflamatuar ve antioksidan gibi önemli etkileri bulunmaktadır. Bu derleme makalesi, doğal kaynaklardan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda son zamanlarda kullanılan enzim destekli ekstraksiyon, süperkritik akışkan ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, sübkritik solvent ekstraksiyonu, ultrason destekli ekstraksiyon ve yüzey aktif madde destekli ekstraksiyon gibi çeşitli ekstraksiyon teknikleri incelenerek prensipleri, avantajları ve sınırlamaları vurgulanmaktadır. Derlemede ayrıca, biyoaktif bileşenler için farklı ekstraksiyon tekniklerinin uygulanmasına ilişkin araştırma makalelerinden deneysel sonuçlar sunulmaktadır. Genel olarak, bu derleme makale doğal kaynaklardan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu ile ilgilenen araştırmacılar, bilim insanları ve endüstri profesyonelleri için değerlidir. Farklı gelişmiş ekstraksiyon teknikleri ve potansiyel uygulamaları hakkındaki bilgileri bir araya getirerek, bu alanda daha fazla ilerleme kaydedilmesini ve doğal kaynaklardan biyoaktif bileşen ekstraksiyonu için yenilikçi ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrason, mikrodalga, enzim, yüzey aktif madde, sübkritik, süperkritik**Some Innovative Methods used to Extract Bioactive Compounds****Abstract**

The extraction of bioactive components from natural sources has attracted great interest in recent years due to the increasing demand for natural and functional ingredients in various industries including food, pharmaceuticals and cosmetics. Bioactive components have important effects on human health such as antimicrobial, anticancer, anti-inflammatory and antioxidant. In this review article, various extraction techniques recently used in the extraction of bioactive compounds from natural sources such as enzyme-assisted extraction, supercritical fluid extraction, microwave-assisted extraction, subcritical solvent extraction, ultrasound-assisted extraction and surfactant-assisted extraction are reviewed and their principles, advantages and limitations are highlighted. The review also presents experimental results from research papers on the application of different extraction techniques for bioactive components. Generally, this review article is valuable for researchers, scientists and industry professionals interested in the extraction of bioactive components from natural resources. By bringing together information on different advanced extraction techniques and their potential applications, it facilitates further progress in this field and the development of innovative extraction methods for the extraction of bioactive components from natural sources.

**Keywords:** Ultrasound, microwave, enzyme, surfactant, subcritical, supercritical

## 1. Giriş

Biyoaktif bileşenler, çeşitli bitki, hayvan ve mikroorganizmalarda bulunan, biyolojik aktiviteye sahip ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahip doğal bileşiklerdir. Bu bileşenler tıp, beslenme ve farmakoloji açısından önemli olmakla birlikte hastalık önleme açısından da hayati öneme sahiptir (Hiranvarachat ve ark., 2013). Yapılan çalışmalar biyoaktif bileşenlerin antioksidan, anti-enflamatuar, antimikrobiyal, antikanser ve nöroprotektif özellikler gibi çeşitli biyolojik aktiviteler sergilediğini göstermiştir (Amini ve ark., 2020). Bu aktiviteler oksidatif stresle mücadeleyle, kronik enflamasyonu azaltmaya, kanser hücrelerinin büyümesini engellemeye, bağışıklık sistemini güçlendirmeye ve yaşa bağlı bilişsel gerilemeye karşı korumaya yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, biyoaktif bileşenlerin kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, obezite ve nörodejeneratif bozukluklar da dahil olmak üzere çeşitli kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetimi üzerinde de etkileri olduğu ifade edilmiştir (Bhadange ve ark., 2024; Xavier ve ark., 2024).

Biyoaktif bileşenler, hem doğal hem de işlenmiş gıdalarda bulunmaktadır. Bu bileşenler, belirli sağlık koşullarını hedefleyen veya yaşam kalitesini arttıran ürünlerin formülasyonunda kullanılmakta olup, insan sağlığını iyileştirme ve doğal temelli terapötik yaklaşımlar geliştirme potansiyelleri nedeniyle önem arz etmektedir. Bu bileşenlerin daha derinlemesine araştırılması, tam potansiyellerinin ortaya çıkarılması ve sağlıklı yaşam tarzlarının teşvik edilmesi açısından gereklidir (Amini ve ark., 2020).

Biyoaktif bileşenler, insan sağlığını iyileştirme potansiyeli taşıyan önemli maddelerdir. Bu bileşenler arasında beta-karoten, C vitamini, E vitamini, likopen, lutein, allisin, fisetin ve betain örnek olarak verilebilir. Havuç, mısır, kabak, yeşil yapraklı sebzelerde bulunan karotenoidlerin antioksidan özellikleri bulunmaktadır (Eggersdorfer ve Wyss, 2018). Yeşil biber,

dolmalık biber, brokoli, karnabahar, ıspanak domates, turunçgillerde bulunan C vitamininin antioksidan özelliği ve zararlı reaktif türlere karşı koruma etkileri bulunmaktadır (Pennington ve Fisher, 2009). Domates ve karpuzda bulunan likopen, beta karoten, lutein, zeaksantin anti-proliferatif ve antikanser özelliği göstermektedir (Przybylska, 2020). Probiyotiklerde bulunan kısa zincirli yağ asitleri pro-inflamatuar ve anti-inflamatuar ve bağışıklık sistemini düzenleyici etkileri bulunmaktadır (Markowiak-Kopeć ve Ślizewska, 2020). Taze sebzelerde bulunan izoflavonoidler ve polifenoller antioksidan, immünomodülatör, antiosteoporotik ve antikanser özellik göstermektedir (Lima ve ark., 2014). Havuç, tatlı patates ve ıspanakta bulunan beta-karoten pro-vitamin A ve antioksidan etkisi bulunmaktadır (Hiranvarachat ve ark., 2013). Sarımsakta bulunan allisin antimikrobiyal, kardiyovasküler destek, bağışıklık sistemini güçlendirici etkileri göstermektedir (Nguyen ve ark., 2021). Çilek, elma ve soğanda bulunan fisetin antioksidan, antiinflamatuar ve antiaging etkisi bulunmaktadır (Vishwas ve ark., 2022). Pancar, ıspanak ve kepekli tahıllarda bulunan betain karaciğer sağlığı, kardiyovasküler destek, bilişsel işlev üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır (Escudero ve Ruiz, 2011). Biyoaktif bileşikler bakımından zengin olan menengiçin antioksidan, antimikrobiyal, anti-enflamatuar ve sitotoksik aktiviteye sahip olduğu ifade edilmektedir (Çakır ve Ergenekom, 2021). Bu gibi biyoaktif bileşenlerin daha fazla araştırılması, doğal temelli terapilerin geliştirilmesi ve sağlıklı bir yaşam tarzının teşvik edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

İlaç, kozmetik ve gıda endüstrisi ürünleri için, ürünlerin bileşeni olarak ekstraktların kalitesi kritik öneme sahiptir ve ekstraktlardaki biyoaktif bileşenlerin miktarının artırılması zorlu bir görevdir. Ekstraksiyon, bitki materyalinden biyoaktif bileşenlerin izolasyonu ve saflaştırılmasında ilk ve önemli adımdır

(Khoddami ve ark., 2013; Ćujić ve ark., 2016).

Biyoaktif bileşenlerin doğal kaynaklardan ekstraksiyonu, istenen özelliklerin elde edilmesi ve potansiyel uygulamaların artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu değerli bileşenleri verimli bir şekilde izole ve konsantre etmek amacıyla, geleneksel yöntemlere alternatif olarak çeşitli ileri ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir (Nguyen ve ark., 2021). Geleneksel ekstraksiyon teknikleri arasında maserasyon, ısıtılmalı geri akış ekstraksiyonu ve Soxhlet ekstraksiyonu yer alırken; yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri arasında enzim destekli ekstraksiyon, süperkritik akışkan ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, sübkritik solvent ekstraksiyonu, ultrason destekli ekstraksiyon ve yüzey aktif madde destekli ekstraksiyon gibi yöntemler bulunmaktadır. Yenilikçi ekstraksiyon teknikleri, verimliliği artırma, ekstraksiyon süresini kısaltma ve solvent kullanımını minimize etme yetenekleri sayesinde biyoaktif bileşenlerden daha yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, bu yöntemler seçiciliği arttırarak hassas bileşiklerin korunmasına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla bu yöntemler yüksek kaliteli biyoaktiflerin ekstraksiyonunu mümkün kılmaktadır (Zhang ark., 2020a; Nguyen ve ark., 2021; Bhadange ve ark., 2024).

Süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE), biyoaktif bileşenleri çıkarmak için karbondioksit gibi süperkritik sıvıları kullanılan bir tekniktir. SFE, düşük toksisite, minimum kalıntı ve ayarlanabilir çözücü gücü gibi avantajlar sunmaktadır. Mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE) mikrodalga enerjisini kullanarak ekstraksiyon sürecini hızlandırırken, ultrason destekli ekstraksiyon (UAE) kütle transferini arttırmak ve hücre yapılarını bozmak için yüksek frekanslı ultrason dalgaları kullanılır ve bu durum ekstraksiyon verimliliğini arttırmaktadır (Bhadange ve ark., 2024). Bu yenilikçi ekstraksiyon teknikleri son yıllarda giderek

önem kazanmaktadır. Bu yöntemler arasında enzim destekli ekstraksiyon, yüzey aktif madde destekli ekstraksiyon ve subkritik solvent ekstraksiyonu da bulunmaktadır. Enzim destekli ekstraksiyonda (EDE) biyoaktif bileşiklerin gıdalardan ekstrakte edilmesinde enzimlerin kullanılırken, yüzey aktif madde destekli ekstraksiyonda (SDE) enzimler yerine yüzey aktif maddeler kullanılmaktadır (Dalkıran, 2014; Sevindik ve Selli, 2017). Subkritik solvent ekstraksiyonu (SSE), çözücüyü kritik noktasının altındaki sıcaklıklarda ve basınçlarda kullanır ve benzersiz çözünme özellikleri nedeniyle çeşitli malzemelerden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunu geliştiren bir tekniktir (Li ve ark., 2024).

Gıdalardan biyoaktif bileşenler ekstrakte edilirken kullanılacak ekstraksiyon tekniğinin seçiminde, hedef biyoaktif bileşenlerin doğası, gıda matrisinin bileşimi, hedef verim ve istenen uygulama gibi faktörlere bağlıdır. Ayrıca, çözücü seçimi, ekstraksiyon süresi, sıcaklık, ultrasonik genlik, basınç, güç, enzim ve yüzey aktif madde gibi ekstraksiyon parametrelerinin optimize edilmesi, elde edilen biyoaktif bileşenlerin verimliliği ve kalitesini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, gıdalardan istenen biyoaktif bileşenlerin elde edilmesi için uygun bir ekstraksiyon tekniğinin seçilmesi çok önemlidir. Bu biyoaktif bileşenlerin ilaç, gıda ve kozmetik sektörlerinde geliştirilmesi ve kullanılması, ürün kalitesinin, işlevselliğinin ve içsel değerinin artırılmasına katkıda bulunur (Warmiński ve ark., 2021; Bhadange ve ark., 2024).

Bu çalışmanın temel amacı, biyoaktif bileşenlerin gıdalardan ekstrakte edilmesinde kullanılan bazı yenilikçi ekstraksiyon tekniklerine genel bir bakış sağlamaktır. Ayrıca tekniklerinin prensiplerini, avantajlarını ve sınırlamaları hakkında bilgi vermektir. Bazı biyoaktif bileşenler için farklı yenilikçi ve sürdürülebilir ekstraksiyon tekniklerinin etkinliğini sergilemek için yapılan

çalışmaları incelemektir. Bu çalışma, biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu ve uygulamalarıyla ilgilenen araştırmacılar, bilim insanları ve endüstri profesyonelleri için değerli bir kaynak görevi görmektedir.

## 2. Enzim Destekli Ekstraksiyon (EAE)

EAE, enzimlerin doğru özgüllük, bölge seçiciliği ve biyoaktif bileşiklerin biyolojik potansiyellerini koruyarak hafif koşullar altında reaksiyonları yürütme yetenekleri ile reaksiyonları ilerletme özelliklerine bağlıdır (Puri ve ark., 2012). EAE'nin temel prensibi, hücre içi bileşenleri serbest bırakmak için optimum deneysel koşullar altında bir katalizör olarak enzim kullanılarak bitki hücre duvarının hidrolize edilerek parçalanmasıdır. Bitki hücre duvarı enzimin aktif bölgesine bağlanır. Bu, enzimin şeklini değiştirmesine neden olur, böylece substrat aktif bölgesine oturur ve böylece ikisi arasında maksimum etkileşime neden olur. Enzimin şeklindeki değişiklik, hücre duvarının bağlarının kırılmasına ve aktif bileşenlerin dışarı salınmasına yol açar (Sheldon ve van Pelt, 2013)

Bu ekstraksiyon yöntemi yalnızca tehlikeli çözücülere olan gereksinimi azaltmakla kalmaz, aynı zamanda ekstraksiyon süresini de kısaltmaktadır. Ayrıca, bu ekstraksiyon kontrollü sıcaklık koşullarında gerçekleştirildiğinden ısıya duyarlı biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu için çok kullanışlı olmaktadır. EAE sırasında genellikle çok çeşitli karbonhidrat hidrolize edici enzimler kullanılmaktadır. Pankreatin, domatesten likopen elde etmek için (Dehghan-Shoar ve ark., 2011); glukoamilaz ise beyaz fasulyeden protein elde etmek için kullanılmıştır (Bildstein ve ark., 2008). Ksilanaz, amilaz, papain, pektinaz ve hemiselülaz gibi enzimler de ekstraksiyon verimini en üst düzeye çıkarmak için ekstraksiyondan önce bir ön işlem adımı olarak kullanılmıştır (Sowbhagya ve Chitra, 2010). Reaksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi, sistemin pH'ı, enzim konsantrasyonu ve substratın partikül boyutu gibi koşullar ekstraksiyon işlemi

için kritiktir (M'hiri ve ark., 2014). Ayrıca, EAE geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük enerji tüketimi, daha hızlı ekstraksiyon, daha yüksek ekstraksiyon verimi ve daha az solvent kullanımı ile daha basit geri kazanım sağladığı ifade edilmektedir (Puri ve ark., 2012)

Ekstraksiyonun verimliliği çözücü sistemine, sıcaklığa, enzimin etki şekline, ekstraksiyon süresine, enzim yüklemesine, substrat mevcudiyetine ve pH koşuluna bağlıdır. Enzimatik hidroliz için optimum pH her enzim için farklıdır. Birçok enzimin optimum pH'ı proteinlerin izoelektrik pH'ı aralığındadır (Talley ve Alexov, 2010). Proteinler bu pH aralığında yüksek oranda çözünmediğinden, biyomolekül salınımı engellenebilmektedir. Bu nedenle, pH sadece enzimlerin çalışmasını engellemeyecek şekilde değil, aynı zamanda proteinin izoelektrik noktası aralığında olmayacak şekilde seçilmesi gerekmektedir (Nadar ve ark., 2017). pH'ın yanı sıra sıcaklık da ekstraksiyon sırasında ihmal edilemeyecek bir parametredir. Yüksek sıcaklıklarda çalışma, proteinlerin ve diğer biyoaktiflerin inaktivasyonunun yanı sıra enzim aktivitesinde de kademeli bir kayba neden olmaktadır (Peterson ve ark., 2007). Ekstraksiyon reaksiyonunun daha düşük sıcaklıklarda yürütülmesi enzimlerin etkisini hızlandırmamakta ve biyomoleküllerin daha az ekstraksiyon verimliliğine yol açmaktadır. Enzimlerin ekstrakt ile ısıtılmasının uzatılması hücre duvarı bileşenlerinin çözünabilirliğini olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, büyük ölçekli bir ekstraksiyonda çok uzun inkübasyon süresi, düşük ürün kalitesine ve enerji verimsizliğine yol açmaktadır (Babbar ve ark., 2016).

Enzimler, özellikle geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinden önce bitki materyalinin işlenmesi için kullanılmaktadır. Selülazlar, pektinazlar ve hemiselülaz gibi çeşitli enzimler, bitki hücre duvarının yapısal bütünlüğünü bozmak ve böylece bitkilerden biyoaktif maddelerin ekstraksiyonunu arttırmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu enzimler hücre duvarı

bileşenlerini hidrolize ederek hücre duvarı geçirgenliğini arttırmakta ve bu durum daha yüksek biyoaktif madde ekstraksiyonu sağlamaktadır. Enzimler bakteri, mantar, hayvan organları veya sebze/meyve ekstraktlarından türetilmektedir. Enzimleri ekstraksiyon uygulamaları için en etkili şekilde kullanmak için, katalitik özelliklerini ve etki biçimlerini, optimum çalışma koşullarını ve seçilen bitki materyali için hangi enzim veya enzim kombinasyonunun uygun olduğunu anlamak önemlidir (Puri ve ark., 2012).

Yapılan bir çalışmada, CO<sub>2</sub> bazlı süperkritik ekstraksiyondan önce dondurularak kurutulmuş domates materyaline glikozidaz enziminin uygulanmasının likopen miktarını üç kat arttırdığı gözlemlenmiştir (Lenucci ve ark., 2015). Defne yapraklarından uçucu yağ ekstraksiyonunda selüloz, hemiselüloz, ksilanaz ve bunların üçlü karışımı kullanılması verimi artırılabilirliği belirtilmiştir (Boulila ve ark., 2015). Zerdeçaldan kurkumin ekstraksiyonunda  $\alpha$ -amilaz ve amiloglukosidaz enzimlerinin kombinasyonunun ekstraksiyon verimini arttırdığı ifade edilmiştir (Sahne ve ark., 2017). Üzüm kabuklarından polisakkaritlerin ekstrakte edildiği çalışmada, çözücü (etanol) ekstraksiyonuna kıyasla selüloz, pektinaz ve  $\beta$ -glukozidaz karışımının kullanılmasının ekstraksiyon süresini kısalttığı ve antosiyanin gibi fenolik bileşiklerce zengin yüksek bir pektin verimi sağladığı bildirilmiştir (Xu ve ark., 2014). Çarkıfelek meyvesinin kabuklarından pektin ekstraksiyonunda proto-pektinaz enziminin kullanımı geleneksel kimyasal ekstraksiyona kıyasla daha yüksek verim sağladığı belirtilmiştir (Vasco-Correa ve Zapata, 2017). Ayrıca, selüloz, hemiselüloz ve pektinaz gibi enzimler, şeker üretiminde kullanılan ananas kabuklarından sirke elde etmek için kullanılabilirliği bildirilmiştir (Roda ve ark., 2016). Üzüm çekirdeğinden yağ ekstrakte etmek için selüloz, proteaz, ksilaz ve pektinaz enzimlerinin kullanılması verimde artış sağlamıştır (De Maria ve ark.,

2007). Domatesten likopen ekstrakte etmek için pankreatin, selüloz ve pektinaz enzimlerinin kullanılması verimi arttırmıştır (Dehghan-Shoar ve ark., 2011; Choudhari ve Ananthanarayan, 2007). Benzer şekilde, pirinç kepeğinden oligosakkarit ekstrakte etmek için selüloz (Patindol ve ark., 2007), havuç posasından karoten ekstrakte etmek için pectinex ultra SP-L (Stoll ve ark., 2003), çaydan kateşin ekstrakte etmek için pepsin (Ferruzzi ve Green, 2007), narenciye kabuğundan fenolikleri ekstrakte etmek için selüloz MX (Li ve ark., 2007), yer fıstığından yağ (Deng ve ark., 2018), ketenden lignanları ekstrakte etmek için selüloz ve glikozidaz (Renouard ve ark., 2010) enzimleri kullanılmıştır.

### 3. Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu (SFE)

Çözücü olarak süperkritik akışkanlar kullanılarak gıdalardan istenen bileşiklerin ekstrakte edilmesi için kullanılan bir tekniktir. Süperkritik akışkan, kritik noktasının üzerinde bir sıcaklık ve basınçta bulunan ve hem sıvı hem de gaz özellikleri gösteren bir maddeyi ifade etmektedir. SFE'de en yaygın kullanılan süperkritik akışkan, düşük toksisite, bulunabilirlik ve nispeten düşük kritik nokta gibi olumlu özellikleri nedeniyle karbondioksittir (CO<sub>2</sub>). Ancak uygulamaya bağlı olarak etan, propan ve su gibi diğer süperkritik akışkanlar da kullanılabilir (Wrona ve ark., 2017; Tapia-Quirós ve ark., 2023). Bazı durumlarda, belirli bileşiklerin ekstraksiyonunu artırmak için bir yardımcı çözücü (co-solvent) kullanılabilir (Palaric ve ark., 2023).

SFE sisteminde basınç, sıcaklık, katı:çözücü oranı, ekstraksiyon süresi ve kullanılan çözücü verimliliği etkileyen temel faktörlerdir. Basınç, süperkritik sıvının çözme gücünü ve yoğunluğunu doğrudan etkilemektedir. Sıcaklık, sıvının yoğunluğunu, difüzyon hızını ve genel çözünme kapasitesini etkilediğinden SFE için önemli bir unsurdur. Katı:çözücü oranı, ekstraksiyon prosedürünün etkinliği ve



verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon işleminin maliyetini ve uygulanabilirliğini belirlediği için son derece önemlidir. Kullanılan çözücü, ekstraksiyon işleminin verimliliğini ve seçiciliğini etkilemektedir (Bhadange ve ark., 2024).

Süperkritik sıvılar, basınç ve sıcaklığı ayarlayarak belirli bileşikler için seçici bir şekilde çıkarmak için optimize edilebilmektedir, bu durum yüksek seçicilik sağlamaktadır. Süperkritik CO<sub>2</sub> çözücü olarak kullanıldığında, ürünlerde kalıntı bırakmaz ve gıda, ilaç gibi hassas uygulamalar için uygundur. SFE, diğer yöntemlere göre daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilerek ısıya duyarlı bileşiklerin termal bozunma riskini azaltmaktadır. Ayrıca, SFE hızlı sonuçlar vererek yüksek üretkenlik ve verimlilik sağlamaktadır. CO<sub>2</sub>, toksik olmayan ve çevre dostu bir çözücü olarak tercih edilmekte ve ekstrakte edilen bileşenlerin saflığı genellikle yüksek olmaktadır. SFE, lipitler, uçucu yağlar, tatlar, kokular ve biyoaktif bileşikler gibi çeşitli bileşenlere uygulanabilmektedir (Hu ve ark., 2023; Rodrigues ve ark., 2023; Hasanov ve ark., 2023).

Tüm bu avantajlarının yanısıra SFE kullanımının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Süperkritik sıvı ekstraksiyonu için gereken ekipman pahalıdır. SFE ekipmanının çalıştırılması, basınç ve sıcaklık koşullarının kontrol edilmesinin karmaşıklığı nedeniyle eğitimli personel gerektirmektedir. Süperkritik CO<sub>2</sub>, polar bileşikler için sınırlı çözünürlüğe sahiptir ve bu da belirli bileşik türleri için daha düşük ekstraksiyon verimliliğine neden olabilir. Süperkritik CO<sub>2</sub>, ekstraksiyon verimliliğini ve ürün kalitesini etkileyebilecek nemin varlığına duyarlı olabilmektedir. İşlemin kendisi daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilirken, CO<sub>2</sub>'nin süperkritik koşullara sıkıştırılması önemli miktarda enerji gerektirebilmektedir. Optimum ekstraksiyon koşullarına ulaşmak zor olabilmekte ve parametrelerdeki küçük değişiklikler ekstraksiyon işleminin verimliliğini ve seçiciliğini

etkileyebilmektedir (Hasanov ve ark., 2023; Frohlich ve ark., 2023; Alwazer ve ark., 2023).

Süperkritik CO<sub>2</sub> kullanarak elma çekirdeğinden tokoferolce zengin yağ ekstrakte edilmeye çalışılan çalışmada, artan basıncın ekstraksiyon verimini artırdığını, yüksek sıcaklıkların ise tokoferol içeriğini azalttığını tespit edilmiştir (Montañés ve ark., 2018). Adaçayı bitkisel tozundan monoterpenlerin geri kazanımının araştırıldığı çalışmada, SFE'nin geleneksel tekniklere kıyasla monoterpen verimi ve seçiciliği açısından önemli avantajlar sağladığı ifade edilmiştir (Pavlić ve ark., 2018). Mürver suyu işleme yan ürünlerinden (pirina) değerli non-polar bileşenlerin geri kazanımının araştırıldığı çalışmada, SFE'nin geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek ekstraksiyon verimi ve daha kısa ekstraksiyon süresi sağladığı bildirilmiştir (Kitrytė ve ark., 2020). Nar çekirdeklerinden yağın ekstraksiyonunda Soxhlet yöntemine kıyasla SFE ile elde edilen yağın punikik asit içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Natolino ve Da Porto, 2019). Benzer şekilde, Brezilya kirazlarından terpen,  $\gamma$ -elemene, germacrene (e Santos ve ark., 2015), çilek tohumlarından ellagitanninler ve flavanoller (Grzelak-Błaszczuk ve ark., 2017), devedikeni tohumundan trigliseritler ve flavonolignanlar (Palaric ve ark., 2023), mantardan ergosterol (Almeida ve ark., 2024), *Dendrobium chrysotoxum* çiçeklerinden kuersetin ve epigallokateşin (Hu ve ark., 2023), keten tohumundan yağ (Hasanov ve ark., 2023), *Acacia dealbata* Link. kabuğundan lupan-triterpenoidler (Rodrigues ve ark., 2023), karanfil yaprağından öjonel (Frohlich ve ark., 2023), kinoa tohumlarından tokoferolce zenginleştirilmiş yağ (Przygoda ve Wejnerowska, 2015), *Moringa oleifera* tohumundan yağ (Ruttarattanamongkol ve ark., 2014) ve *Gynostemma pentaphyllum* tohumundan yağ (Wang ve ark., 2016) gibi çeşitli biyoaktif bileşenler SFE kullanılarak etkili bir şekilde ekstrakte edilmiştir.

#### 4. Sübkritik Solvent Ekstraksiyonu (SSE)

Sübkritik solvent ekstraksiyonu (SSE), bir çözücü (genellikle su) kritik noktasının altındaki sıcaklıklarda ve kritik basıncının altındaki basınçlarda kullanan yenilikçi bir tekniktir (Li ve ark., 2024). Diğer bir deyişle, SSE seçilen bir ekstraksiyon çözücüsünü kaynama noktasını aşan ancak kritik sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta kullanan ve çözücü işlem sırasında sıvı halde tutmak için basıncı dikkatlice ayarlayan yenilikçi bir yöntemdir (Liu ve ark., 2014). Bu yöntem, çözücünün kritik altı koşullar altındaki benzersiz özelliklerinden yararlanarak doğal kaynaklardan çeşitli biyoaktif bileşikler çözündürme kabiliyetini arttırmaktadır (Li ve ark., 2024). SSE, SFE'ye göre daha düşük bir sıcaklık ve basınçta gerçekleştirilmektedir, bu da bu tekniği gıda maddelerinin ısıya duyarlı bileşenlerini bozmadan güvenli ve etkili hale getirmektedir (Liu ve ark., 2014).

Ekstraksiyon işlemi uygulanacak gıda maddesi ekstraksiyon kabına alınır ve çözücü eklendikten sonra sistem kritik altı koşullara kadar basınçlandırılarak çözücünün sıvı halde kalması sağlanmaktadır. Bu durum çözücünün katı matrise etkili bir şekilde nüfuz etmesini sağlamaktadır. Sübkritik sıvı ekstraksiyon sırasında bir çözücü görevi görerek doğal kaynaklardan biyoaktif bileşikler çözünür hale getirmektedir (Bhadange ve ark., 2024). SSE'nin başlıca çözücüleri sıvı amonyak, sıvılaştırılmış bütan, dimetil eter, tetrafloroetan (R134a) ve sıvılaştırılmış propandır (Wang ve ark., 2021). Belirli basınç altında, sübkritik çözücüler organik çözücülere benzer özellikler göstermekte ve ayrıca düşük ve orta polar bileşenleri çözebilmektedirler (Hrnčić ve ark., 2018).

SSE'deki ekstraksiyon verimliliği, birkaç faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler arasında sıcaklık, basınç, ekstraksiyon süresi ve katı-çözücü oranı bulunmaktadır. Sıcaklık, çözücünün özelliklerini değiştirmektedir. Yüksek sıcaklıklar çözücünün çözünürlüğünü ve difüzivitesini

artırarak etkili bileşik ekstraksiyonunu teşvik etmektedir. Ancak, aşırı sıcaklıklar ısıya duyarlı bileşenlerin bozulmasına neden olabilmektedir. Basınç, çözücünün yoğunluğunu değiştirerek ekstraksiyon arttırmaktadır. Ekstraksiyon süresi, çözücü ile hedef bileşikler arasındaki temas süresini belirlemektedir. Yeterli süre, bileşiklerin çözücü içinde çözünmesine olanak tanıyarak optimum ekstraksiyon verimliliği sağlamaktadır. Uygun bir katı: çözücü oranı, katı matris ile çözücü arasında yeterli temas sağlayarak hedef bileşiklerin optimum şekilde çözünmesine olanak sağlamaktadır (Bhadange ve ark., 2024; Li ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2020a).

SSE'nin doğal kaynaklardan biyoaktif bileşikler elde etmek için çevre dostu, verimli ve seçici bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Önemli bir avantajı, termal olarak hassas biyoaktifleri bozmadan belirli bileşikler hedefleyen seçiciliğidir. Genellikle çözücü olarak su kullanılmakta ve çevreye zararlı olabilecek organik çözücülere olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla tehlikeli atık oluşumunu azaltmakla birlikte süreci daha sürdürülebilir hale getirmektedir. Nispeten düşük maliyetli ve kolayca temin edilebilir çözücüler (su, etanol, bütan, aseton, vb.) kullanılmaktadır. SSE, daha yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle gelişmiş çözücü özelliklerine sahiptir ve geleneksel yöntemlere kıyasla ekstraksiyon süresini kısaltmaktadır. SSE'nin seçiciliği, sıcaklık ve basınç koşulları ayarlanarak değiştirilebilmektedir. Bu, belirli bileşiklerin hedeflenen şekilde ekstraksiyonuna olanak sağlamaktadır. Su ekstraksiyon çözücüsü olarak kullanıldığından, ekstrakte edilen malzemede genellikle daha düşük bir kalıntı çözücü riski bulunmaktadır. Bu durum nihai ürünü güvenli hale getirmekle birlikte gıda ve ilaç endüstrilerindeki uygulamalar için daha uygun hale getirmektedir (Bhadange ve ark., 2024).

SSE'de kullanılan çözücüler iyi çözme özelliklerine sahip olmalarına rağmen

sınırlı çözünürlüğe sahip belirli bileşik türlerinin ekstraksiyonu için etkili olmayabilmektedir. Bu durum ekstraksiyon sürecinin verimliliğini etkileyebilmektedir. SSE tipik olarak daha yüksek sıcaklıklar ve basınçlar gerektirdiğinden bu durum ekstraksiyon ekipmanları için daha yüksek maliyetlere ve potansiyel güvenlik sorunlarına yol açabilmektedir. SSE'de kullanılan yüksek sıcaklıklar termal olarak hassas olan bileşiklerin ekstraksiyon sırasında bozulmasına neden olabilmektedir. Bu durum hedef bileşiklerin kaybına veya istenmeyen bazı yan ürünlerin oluşmasına neden olabilmektedir. Yüksek sıcaklık ve basınçlarla başa çıkabilen ekipmanların tasarımı ve yapımı karmaşık ve pahalı olabilir. Bu durum, özellikle küçük ölçekli uygulamalar veya sınırlı kaynaklara sahip laboratuvarlar için zorluk teşkil edebilmektedir (Bhadange ve ark., 2024). Gıda ürünlerinden ekonomik açıdan önemli fenolik bileşiklerin organik çözücüler yerine su kullanılarak ekstrakte edilmesi çok daha avantajlı olmaktadır (Zaky ve ark., 2024). Buğday samanından biyoaktif fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için su bazlı subkritik ekstraksiyon kullanılmış ve hidroliz için en uygun koşulların 190 °C'de 30 dakikalık hidroliz süresi, 180-355 µm partikül boyutu ve 6:1 su:saman oranı olduğu bildirilmiştir (Abdelmoez ve ark., 2014). Soğan kabuğundan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda geleneksel solvent ekstraksiyonuna kıyasla subkritik su ekstraksiyonunun daha verimli olduğu bildirilmiştir (Munir ve ark., 2018). Papaya tohumundan subkritik su ekstraksiyonu (150 °C'de 5 dk) kullanılarak elde edilen ekstraktın, Soxhlet ekstraksiyonu (40 °C'de 6 saat) ile elde edilen ekstrakta kıyasla fenolik madde (ferulik, mandelik ve vanilik asitler) içeriğinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Rodrigues ve ark., 2019). Çarkıfelek meyvesi tohumundan yağ elde edilmesinde kritik altı propan ekstraksiyonu (60 °C ve 6 MPa basınçta) ile elde edilen yağın tokoferol içeriğinin n-hekzan çözücüsü kullanılarak uygulanan Soxhlet

yöntemine (65 °C'de 4 saat) kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Pereira ve ark., 2017). Yarı sürekli modda subkritik su kullanılarak üzüm kabuklarından ve yağı alınmış üzüm çekirdeklerinden polifenollerin ekstrakte edildiği çalışmada hem kabuklar hem de yağı alınmış çekirdeklerde toplam polifenol veriminin sıcaklık arttıkça önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Sıcaklık 80°C'den 120 °C'ye yükseltildiğinde toplam polifenol miktarının, kabuklar için  $44.3 \pm 0.4$ 'ten  $77 \pm 3$  mg/g'a, yağı alınmış tohumlar için ise  $44 \pm 2$ 'den  $124 \pm 1$  mg/g'a yükseldiği tespit edilmiştir (Duba ve ark., 2015). Nar çekirdeği atıklarından fenolik bileşiklerin subkritik su ekstrakte edildiği çalışmada, optimum ekstraksiyon süresinin 30 dk, katı:su oranının 1:40 olduğunu ve en yüksek toplam fenolik maddenin 220 °C'de elde edildiğini bildirilmiştir (He ve ark., 2012). Subkritik su ekstraksiyonu kullanılarak patates kabuklarından gallik asit, klorojenik asit, kafeik asit, protokateşuik asit, şiringik asit, p-hidroksil benzoik asit, ferulik asit ve kumarik asitin ekstrakte edilmiştir (Singh ve Saldaña, 2011). Üzüm posasından fenolik bileşiklerin subkritik su ekstraksiyonu ile elde edilen ekstraktın geleneksel yöntemler ile elde edilene kıyasla daha yüksek polifenol, flavonoid ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu ifade edilmiştir (Aliakbarian ve ark., 2012). Subkritik bütan ekstraksiyonu ile sinek larvasından yağ (Chen ve ark., 2023) ve Acer truncatum tohumundan yağ (Wang ve ark., 2023) ekstrakte edilmiştir. Benzer şekilde, *Flaveria bidentis* bitkisinden subkritik su ekstraksiyonu elde edilen ekstraktının geleneksel yöntemle kıyasla iki kat daha yüksek verim sağladığı bildirilmiştir (Falletti ve ark., 2023). Benzer şekilde, subkritik su ekstraksiyonu ham palm yağı ekstraksiyonunda β-karoten bakımında zenginleştirmede (Sarip ve ark., 2023), elma posasından polifenollerin ve pektinlerin ekstraksiyonunda (Yılmaz-Turan ve ark., 2023), çarkıfelek meyvesi kabuklarından (*Passiflora edulis* sp.) pektin (Pereira ve ark., 2024) ve arpa tanesinden

(*Hordeum vulgare L.*)  $\beta$ -glukan bileşikleri (Machmudah ve ark., 2023) elde etmek için kullanıldığı bildirilmiştir.

### 5. Ultrason Destekli Ekstraksiyon (UAE)

Ultrason destekli ekstraksiyon (UAE), hedef bileşenlerin çeşitli numunelerden ekstraksiyon sürecini geliştirmek için yüksek frekanslı ses dalgaları kullanan bir tekniktir. UAE, ultrason dalgaları tarafından üretilen mekanik titreşimler, kavitasyon ve mikroakışlarla kütle transferini artırarak hücre yapılarını bozmakta ve istenen bileşenlerin serbest kalmasını kolaylaştırmaktadır (Nie ve ark., 2021; Sharma ve ark., 2023). Ultrason dalgaları, 20 kHz ila 100 MHz frekans aralığında, herhangi bir ortamdan geçebilme, genişleme ve sıkışmaya neden olma ve kavitasyon veya kabarcık oluşumunu indüklemeye yetenekleri nedeniyle gıdaların işlenmesini iyileştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Zaky ve ark., 2024).

UAE'deki ekstraksiyon verimliliği, birkaç faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler arasında ultrason dalgalarının frekansı ve şiddeti, ekstraksiyon çözgeninin seçimi, ekstraksiyon süresi, sıcaklık gibi unsurlar bulunmaktadır. Bu faktörlerin, hedef bileşenlerde bozulma veya termal hasar meydana gelmeden maksimum ekstraksiyon verimliliğini sağlamak için dikkatlice ayarlanması gerekmektedir (Kousar ve ark., 2023). Ultrasonik güç genliği, biyoaktif bileşiklerin UAE'sinde çok önemli bir rol oynar. Genlik, ultrasonik dalgaların yoğunluğunu belirler, hücre duvarlarını kırmak ve kütle transferini artırmak için çok önemli bir olay olan kavitasyonu etkiler. Ekstraksiyon süresi, biyoaktif bileşenlerin geri kazanım verimliliğini etkileyen kritik bir parametredir. Ultrason dalgalarına maruz kalma süresi, bitki hücrelerinin parçalanmasını ve biyoaktif bileşenlerin serbest kalmasını doğrudan etkilemektedir. Sıcaklık, çeşitli kaynaklardan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyon verimliliğini etkilemektedir. Katı:çözücü oranı, UAE'de kritik bir öneme sahiptir çünkü bu oran, katı

materyallerden ekstrakte edilen biyoaktif bileşenlerin konsantrasyonunu belirlemektedir. Optimal bir oran, materyal ile çözücü arasında etkili bir temas sağlarken, kütle transferini ve bileşenlerin çözünürlüğünü artırmaktadır (Bhadange ve ark., 2024).

UAE, hücre duvarlarını ve membranları parçalayarak kütle transferini ve çeşitli materyallerden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyon verimliliğini artırmaktadır. Geleneksel yöntemlere kıyasla ekstraksiyon süresini önemli ölçüde azaltmaktadır (Nie ve ark., 2021). Ayrıca oluşturduğu kavitasyon etkisi, hücre içi bileşenlerin hücre dışına salınmasını teşvik ederek hedef bileşiklerden daha yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. Ultrason belirli frekanslara ayarlanabildiğinden dolayı belirli bileşiklerin seçici ekstraksiyonuna izin vermekle birlikte diğer bileşikleri korumakta, bu durum onu çeşitli uygulamalar için çok yönlü bir yöntem haline getirmektedir (Singh ve Kumar, 2023). Genellikle daha düşük çözücü hacimlerinin kullanılmasına olanak sağladığından sürdürülebilir ve ekonomik bir tekniktir. Geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük sıcaklıklarda çalışabilmekte, bu durum ekstraksiyon sırasında ısıya duyarlı bileşiklerin termal bozulmasını en aza indirmektedir (Christou ve ark., 2021).

UAE'nin tüm bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. UAE'nin ekipmanlarının satın alınması ve bakımı, özellikle büyük ölçeklerde nispeten pahalı olabilmekte ve bu durum bazı laboratuvarlar veya küçük ölçekli işletmeler için bir engel teşkil edebilmektedir. UAE, yüksek frekanslı dalgalar üretmek için enerji gerektirmekte ve bu enerji tüketimi büyük ölçekli uygulamalar için ekonomik olmayabilmektedir (Ayyıldız ve ark., 2018). Ultrason dalgalarının homojen dağılımını sağlamak için ekstraksiyon ekipmanının uygun tasarımı kritik öneme sahiptir ve bu durum belirli malzemeler veya numune türleri için zor olabilmektedir (Bhadange ve ark., 2024). Aşırı yoğun ultrason koşulları, özellikle hassas veya ısıya duyarlı bileşikler

için numunenin bozulmasına neden olabilmekte ve parametrelerin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesini gerektirmektedir (Zhang ve ark., 2019). UAE sırasında gürültü olmakta ve bu durum endüstriyel ortamlarda gürültü kirliliğine neden olabilmektedir (Zhou ve ark., 2021).

Sonuç olarak, UAE verimlilik, seçicilik ve işlem süresinin kısalığı açısından çok sayıda avantaj sağlamaktadır, ancak başarılı bir şekilde uygulanması için ekipman maliyetlerinin, optimizasyon zorluklarının ve potansiyel numune bozulmasının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Bhadange ve ark., 2024).

Enginar yapraklarından (*Cynara scolymus L.*) % 80 metanol ile oda sıcaklığında 15 dakika ekstraksiyon süresinde klorojenik asit ekstrakte etmek için UAE'nin kullanılması, maserasyon ile karşılaştırıldığında verimde % 50'ye varan önemli bir artış sağladığı bildirilmiştir (Saleh ve ark., 2016). Bu işlemin hücre dokusunun parçalanmasını hızlandırdığı ve lutein ve  $\beta$ -karotenin ıspanaktan çıkarılma oranını artırdığı ifade edilmiştir (Altemimi ve ark., 2015). Kabak çekirdeğinden yağ ekstrakte edilen bir çalışmada UAE'nin yağın verimi, skualen ve toplam fenolik madde içeriği üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir (Singh ve Kumar, 2023). UAE ile mor patlıcan kabuğundan fenolik bileşikleri ekstrakte edildiği çalışmada maksimum karotenoid verimi için ideal koşulların pH 2.0'da 60 dakika boyunca 60 °C olduğunu bildirilmiştir (Ferarsa ve ark., 2018). Keçiboynuzu posasından polifenollerin ekstraksiyonunda, geleneksel yöntemlere kıyasla UAE'nin antioksidan verimini arttırdığı ve ekstraksiyon süresini kısalttığı ifade edilmiştir (Christou ve ark., 2021). *Spirulina platensis* algdan  $\beta$ -karoten ekstraksiyonunda UAE'nin ekstraksiyon verimini arttırdığı bildirilmiştir (Dey ve Rathod, 2013). Güçlü antibakteriyel özelliklere sahip olan goji berry kabuklarından UAE ile gallik asit ekstraksiyonu için optimum koşulların 220 W/cm<sup>2</sup>'de 25 dakika boyunca 55 °C olduğu ifade edilmiştir (Skenderidis ve ark., 2019).

Palmiye preslenmiş lifinden yağ asitleri,  $\beta$ -sitosterol,  $\alpha$ - tokoferol, skualen, toplam fenolikler ve karoten gibi bileşiklerin ekstraksiyonunda UAE'nin etkili olduğu bildirilmiştir (Dal Prá ve ark., 2017). Turunçgil kabuğundan flavonoidlerin (neohesperidin, tangeritin, hesperidin ve diosmin) geri kazanımında UAE'nin etkili olduğu tespit edilmiştir (Londoño-Londoño ve ark., 2010). Benzer şekilde, başka bir çalışmada UAE işlemi uygulanan hünnap kabuklarından başta flavonoidler (rutin, kuersetin 3- $\beta$ -D-glukozit ve kaempferol-3-O-rutinosid) olmak üzere polifenol ekstraksiyonunda büyük bir artış olduğu bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2022). Yeşil çaydan epigallokateşin, epikateşin gallat ve epikateşin ekstraksiyonunda geleneksel yöntemlere kıyasla UAE'nin daha etkili olduğu bildirilmiştir (Ayyildiz ve ark., 2018). Havuç posasından toplam fenol, antioksidan kapasite, klorojenik asit, kafeik asit, kateşin ve epikateşin ekstraksiyonu üzerinde UAE'nin verimli bir proses olduğunu bildirilmiştir (Jabbar ve ark., 2015). Yapılan benzer bir araştırmaya göre, UAE'nin ejder meyvesi kabuğundan flavonoid (betasiyanin) ekstraksiyonu için etkili olduğu ifade edilmiştir (Raj ve Dash, 2020). Benzer şekilde, domatesten likopen (Kumcuoglu ve ark., 2014), *Camellia oleifera*'nın meyve kabuklarından antioksidan (Zhou ve ark., 2021), soğan atıklarından kuersetin (Jang ve ark., 2013), kuşkonmaz köklerinden fenolik madde (Zhang ve ark., 2019), nar atıklarından karotenoidler (Goula ve ark., 2017) ve erik ve üzüm kabuklarından antosiyaninler (Medina-Meza ve Barbosa-Cánovas, 2015) gibi çeşitli biyoaktif bileşenler UAE kullanılarak etkili bir şekilde ekstrakte edilmiştir. Bu çalışmalara göre, UAE'nin biyoaktif bileşen ekstraksiyonunu artırmak için uygun maliyetli bir alternatif olabileceği ifade edilebilir.

## 6. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon (MAE)

Mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE), karmaşık formülasyonlardan

biyoaktif bileşenlerin çıkarılmasında ana yöntemlerden biri haline gelen etkili bir yöntemdir. Ekstraksiyon sürecini iyileştirmek amacıyla mikrodalga enerjisinden yararlanan yenilikçi bir tekniktir. İlaç, gıda ve doğal ürünlerin ekstraksiyonu gibi çeşitli endüstrilerde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Mikrodalgalar, 300 MHz ila 300 GHz arasında değişen bir frekansa sahip elektromanyetik dalgalar olarak, iyonik iletim ve dipol hareketinin kombinasyonu yoluyla maddelerin ısıtılmasından sorumludur. MAE işleminde, numune malzemesi bir ekstraksiyon kabında uygun bir çözücü ile karıştırılmaktadır. Ardından, karışımı hızlı bir şekilde ısıtarak çözücünün kaynamasına neden olan ve numune içinde iç basınç oluşturan mikrodalga enerjisi uygulanmaktadır. Bu basınç, hücre duvarlarının parçalanmasına yardımcı olmakta ve hedef bileşiklerin ekstraksiyonunu kolaylaştırmaktadır (Turan ve ark., 2024; Zaky ve ark., 2024). Çözücü seçimi, hedef bileşiklerin doğasına ve çözünürlüklerine bağlı farklılık göstermektedir (Zhang ve ark., 2023).

Mikrodalga güç seviyeleri özel uygulamaya ve numunenin özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Mikrodalga enerjisi uygulandığında, çözücü enerjiyi emmekte ve hızla ısınmaktadır. Isı, çözücünün kaynamasına neden olmakta ve numune içinde iç basınç oluşturarak hücre duvarlarının yırtılmasına ve hedef bileşiklerin salınmasına yol açmaktadır. Mikrodalga radyasyonu tehlikeli olabileceğinden, MAE gerçekleştirilirken güvenlik önlemlerine uyulması gerekmektedir (Zhang ve ark., 2023).

MAE sisteminde sıcaklık, ekstraksiyon süresi, katı:çözücü oranı ve mikrodalga gücü verimliliği etkileyen temel faktörlerdir. Yüksek sıcaklıklar hücre duvarlarının parçalanmasını kolaylaştırarak hedef bileşiklerin salınımını teşvik etmektedir. Ekstraksiyon süresi, mikrodalga enerjisine maruz kalma derecesi, hücre yapılarının parçalanmasını doğrudan etkileyerek biyoaktif bileşenlerin bitki

matrislerinden salınmasını kolaylaştırmaktadır. Katı:çözücü oranı için optimal bir oran, bileşenlerin çözünürlüğünü artırarak matristen etkin bir şekilde salınmasını sağlamaktadır (Bhadange ve ark., 2024).

MAE, geleneksel yöntemlere kıyasla ekstraksiyon sürelerini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Mikrodalgaların uygulanması, hem çözücünün hem de numunenin hızlı bir şekilde ısıtılmasını sağlayarak daha hızlı bir ekstraksiyon kinetiği ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, MAE'nin geleneksel ekstraksiyon tekniklerine göre daha yüksek biyoaktif bileşik verimi elde edilmesine olanak tanınmasını sağlamaktadır (Nde ve ark., 2015; Gunalan ve ark., 2023).

Mikrodalgaların kullanımı, genellikle daha düşük sıcaklıklarda ekstraksiyon yapılmasına imkân tanıyarak büyük miktarlarda çözücü ihtiyacını azaltmaktadır. Bu özellik, yöntemin çevre dostu olmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda ekstraksiyon işleminin genel maliyetini de düşürmektedir. Mikrodalgalar, polaritelerine ve dielektrik özelliklerine bağlı olarak belirli bileşikleri seçici bir şekilde hedefleyebilme kapasitesine sahiptir. Bu seçicilik, istenmeyen bileşiklerin ekstraksiyonunu en aza indirirken, hedef biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu açısından avantajlar sunmaktadır (Chew ve ark., 2023).

MAE'nin ekstraksiyon sürecinde sıcaklığı kontrol etme ve sınırlama yeteneği, yüksek sıcaklıklarda bozunma riski taşıyan termal olarak hassas biyoaktif bileşiklerin korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, MAE, nispeten basit ve anlaşılır bir ekstraksiyon tekniğidir. Karmaşık kurulum gereksinimlerini ve uzun ekstraksiyon sürelerini ortadan kaldırarak, laboratuvar ve endüstriyel uygulamalar için uygun bir seçenek sunmaktadır (Chew ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2023)

Genellikle daha düşük sıcaklıklar ve daha kısa ekstraksiyon süreleri gerektiren MAE, enerji tüketimini azaltabilir ve

ekstraksiyon sürecinin genel çevresel etkisini olumlu yönde etkileyebilir. Bununla birlikte, MAE, bitki materyalleri, gıdalar ve doğal ürünler gibi çok çeşitli numune türlerine uygulanabilmektedir. Bu çok yönlülük, MAE'yi çeşitli araştırma ve endüstriyel uygulamalar için uygun hale getirmektedir (Afoakwah ve ark., 2023).

MAE'nin tüm bu avantajlarının yanında bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Mikrodalga enerjisinin numuneye penetrasyon derinliği sınırlıdır. Bu durum, özellikle karmaşık matrislerde eşit olmayan ısınmaya yol açarak biyoaktif bileşiklerin eksik ekstraksiyonuna neden olabilmektedir. Dikkatli bir kontrol sağlanmadığında, mikrodalgaların kullanımı numunedeki belirli alanların lokal olarak aşırı ısınmasına yol açabilmekte ve bu da ısıya duyarlı bileşiklerin bozulmasına veya değişmesine sebep olabilmektedir (Parappa ve ark., 2023). MAE, bileşiklerin dielektrik özelliklerine dayalı seçici ekstraksiyon imkânı sunarken, farklı kimyasal bileşimlere sahip karmaşık numuneler için yüksek seçicilik elde etmek zor olabilmektedir. Ayrıca, mikrodalga ekstraksiyon ekipmanı genellikle pahalıdır ve bakım maliyetleri, bazı geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine göre daha yüksek olabilmektedir (Parappa ve ark., 2023; Afoakwah ve ark., 2023). Mikrodalgaların kullanımı, elektromanyetik radyasyona maruz kalma potansiyeli nedeniyle güvenlik endişelerini gündeme getirmektedir. Bu nedenle, operatörleri ve araştırmacıları korumak için gerekli güvenlik önlemleri sağlanmalıdır. Ek olarak, mikrodalgaların matris bileşenleri ile etkileşimi, bazen girişim yapan maddelerin salınmasına yol açarak ekstrakte edilen biyoaktif bileşiklerin saflığını etkileyebilmektedir (Azhar ve ark., 2023). Bu sınırlamalara rağmen MAE, özellikle ısıya dayanıklı bileşikler için ve zaman verimliliğinin kritik olduğu durumlarda değerli bir ekstraksiyon tekniği olarak varlığını sürdürmektedir (Tapia-Quirós ve ark., 2023). Genel olarak, MAE, ekstraksiyon sürecini hızlandırma, verimi

artırma ve termal olarak hassas bileşiklerin ekstraksiyonunu geliştirme yeteneği sayesinde popülerlik kazanan güçlü ve etkili bir tekniktir (Bhadange ve ark., 2024).

MAE'nin yüksek biyoaktif bileşen ekstraksiyonu sağladığı ve ekstraksiyon verimi arttırdığı bildirilmiştir (Ivanović ve ark., 2018). Geleneksel ekstraksiyona kıyasla MAE'nin vişne posasından fenolik asit konsantrasyonunu ve antiradikal etkinliğini arttırdığı ve ekstraksiyon süresini önemli ölçüde kısalttığı ifade edilmiştir (Simsek ve ark., 2012). Tıbbi Asya bitkilerinden tanen ve sinnamaldehit ekstraksiyonunda MAE'nin verimli olduğu bildirilmiştir (Asghari ve ark., 2011). Üzüm atıklarından yoğunlaştırılmış tanenler ve polifenoller, MAE koşulları optimize edilerek etkili bir şekilde ekstrakte edilmiştir (Brahim ve ark., 2014). *Opuntia ficus-indica* meyvesinin kabuklarından MAE (70°C'de 1 saat) ile betalain ekstraksiyonu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Ciriminna ve ark., 2019). Üzüm kabuklarından antosiyenin pigmenti ekstraksiyonu amacıyla MAE uygulanan çalışmada, antosiyenin ekstraktının 100 °C sıcaklıkta daha fazla stabilite sergilediği ifade edilmiştir. Bununla birlikte, bu sıcaklığın üzerinde, ekstrakt verimi ve stabilitesi azalmış, bu da molekülün parçalanmış olabileceğini düşündürmüştür. Ancak bu sıcaklığın üzerinde ekstrakt verimi ve stabilitesi düşerek molekülün parçalandığını düşündürmüştür (Liazid ve ark., 2011). Benzer şekilde mango tohumlarından MAE'nin 1:60 (g ml<sup>-1</sup>) katı:çözücü oranı optimum koşullarında yüksek konsantrasyonda biyoaktif madde ekstrakte edildiği bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca mango tohumlarında bulunan temel antioksidanların etil gallat, pent-O-galloil-glukozit (PGG) ve hamnetin-3-[6-2-butenoil-hexoside] olduğu belirtilmiştir (Torres-León ve ark., 2017). Avokado tohumlarından optimum biyoaktif madde ekstraksiyonunda MAE koşullarının çözücü olarak aseton için 72.18 °C'de 19.01 dk ve etanol için ise 71.64 °C'de 14.69 dk olduğu

tespit edilmiştir (Araújo ve ark., 2020). Bununla birlikte, bitki materyalinin bileşiminde bulunan su kullanılarak solventsiz MAE da gerçekleştirilebilir, böylece ek hidroliz reaksiyonları en aza indirilmektedir (Zaky ve ark., 2024). Kakule uçucu yağının (*Elletaria cardamomum L.*) solventsiz MAE ile elde edildiği çalışmada geleneksel yöntemlere kıyasla daha değerli ve yüksek kokulu aromatik bileşiklerden oluşan oksijenli fraksiyonun daha fazla ekstrakte edildiği ifade edilmiştir (Lucchesi ve ark., 2007). Literatürde bazı çalışmalarda MAE diğer ekstraksiyon yöntemleri ile kombine edilerek de kullanılmıştır. MAE ile kombine edilmiş ters misel ekstraksiyonu *Sophora flavescens* Ait'ten alkaloidlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılmasında kullanılmıştır (Zhang ve ark., 2016). Benzer şekilde, *Lippia citriodora*'dan iridoidler, fenilpropanoidler ve flavonoidler gibi değerli biyoaktif bileşiklerin izolasyonu için MAE ile kombine edilmiş farklı doğal derin ötektik çözücüler kullanılmıştır. Ayrıca, neem meyvesinden yağ (Nde ve ark., 2015), *Carica papaya* Linn yaprağından rutin (Chew ve ark., 2023), *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* bitkisinin yapraklarından biyomolekül (Gunalan ve ark., 2023), siyah fasulye atıklarından antioksidan (Mali ve Kumar, 2023), propolisten krisin (Parappa ve ark., 2023), Kudüs enginarından fenoliklerin (Afoakwah ve ark., 2023) ve portakal kabuklarından pektin (Turan ve ark., 2023) gibi çeşitli biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda MAE kullanılarak ifade edilen bileşenler etkili bir şekilde ekstrakte edilmiştir. Yapılan çalışmalara göre MAE, gıdalardan biyoaktif bileşik ekstraksiyonu için geleneksel yöntemlere değerli bir alternatif olarak kabul edilmiştir.

## 7. Yüzey Aktif Madde Destekli Ekstraksiyon (SAE)

Yüzey aktif maddeler gıda örneklerinden çeşitli analitlerin izolasyonu, ekstraksiyonu ve ön konsantrasyonu için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Analitlerin izolasyonu için farklı özelliklere sahip kendiliğinden

bir araya gelen yapılar oluşturma yeteneklerinden dolayı yüzey aktif maddeler giderek daha fazla ilgi görmektedir. Yüzey aktif maddeler, polar veya iyonik bir grup ve uzun bir hidrokarbon zinciri olmak üzere hem hidrofobik hem de hidrofilik bileşenler içeren amfifilik moleküllerdir. Yüzey aktif maddeler ekstraksiyon sırasında analitlerle hidrofobik etkileşimler, dipolar etkileşimler ve hidrojen bağları gibi çeşitli etkileşimlere neden olabilmektedir. Ayrıca polar veya non-polar çözücülerle farklı morfolojilere de (normal faz, ters faz, çubuk şekilli miseller, veziküller, mikroemülsiyonlar ve sıvı kristaller) neden olabilmektedirler (Lombardo ve ark., 2015; Perinelli ve ark., 2020). Yüzey aktif madde konsantrasyonu kritik misel konsantrasyonuna (CMC) ulaştığında, amfifilik monomerlerin daha büyük agregatlar (miseller) halinde kendiliğinden birleşmesi meydana gelmekte ve bunlar çözeltilerdeki monomerlerle dinamik denge halindedir (Perinelli ve ark., 2020).

Yüzey aktif maddeler organik çözücülerin yerini etkili bir şekilde alabilmektedir. Bu durum analitlerin hafif koşullar altında verimli bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır. Yüzey aktif maddeler hem sıvı-sıvı ekstraksiyonunda hem de katı-faz ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Bir yandan, istenen özelliklere sahip ekstraksiyon çözücülerini tasarlamak için öncü olarak uygulanırken öte yandan ekstraksiyon işlemini desteklemek için emülgatör veya dağıtıcı çözücüler olarak kullanılabilirler. Ayrıca, yüzey aktif maddeler katı faz ekstraksiyonunda sorbent partiküllerinin yığın çözeltilerdeki dağılımını iyileştirmek veya sorbentin ekstraksiyon özelliklerini iyileştirmek için katı malzemenin yüzeyini değiştirmek için kullanılmaktadır. Genel olarak, ekstraksiyon süreçlerindeki yüzey aktif maddeler, prosedürlerin verimliliğini ve seçiciliğini ve ayrıca bileşiklerin çözünürlüğünü önemli ölçüde artırarak analitlerin daha yüksek ekstraksiyon geri kazanımı ve uygun maliyetli numune



hazırlama ile sonuçlanmaktadır (Vakh ve Koronkiewicz, 2023). SAE biyoaktif bileşen ekstraksiyonunda tek başına kullanılabilirdiği gibi diğer ekstraksiyon yöntemleri (MAE, UAE ve SFE gibi) ile kombine edilerek de kullanılabilir. Yüze aktif maddeler farklı polaritelere ve karmaşık kimyasal yapılara sahip moleküllerin ekstraksiyonunu sağlamaktadır (Muhammad ve ark., 2024). Yüze aktif maddeler, düşük konsantrasyonlarda kullanıldığında bile yüze gerilimini azaltıp mikroemülsiyonlar oluşturarak biyoaktif bileşenlerin geri kazanımını artırmaktadırlar. Ayrıca düşük maliyetli, güvenli bir ekstraksiyon prosedürünü mümkün kılmaktadırlar (Amiri-Rigi ve Abbasi, 2016).

Yüze aktif maddeler toksik maddeler değildirler. Yüksek ekstraksiyon verimliliği sağlamaktadırlar. Geniş aralıklı polarite ve yüke sahip analit ekstrakte etme potansiyeline sahip olduklarından dolayı birkaç örneğin aynı anda ekstraksiyonunu mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte ılımlı koşullar altında ekstraksiyon gerçekleştirme ve düşük enerji tüketimi gibi avantajlara sahiptirler (García-Prieto ve ark., 2008).

Yüze aktif maddeler toksik maddeler değildirler. Yüksek ekstraksiyon verimliliği sağlamaktadırlar. Geniş aralıklı polarite ve yüke sahip analit ekstrakte etme potansiyeline sahip olduklarından dolayı birkaç örneğin aynı anda ekstraksiyonunu mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte ılımlı koşullar altında ekstraksiyon gerçekleştirme ve düşük enerji tüketimi gibi avantajlara sahiptirler (García-Prieto ve ark., 2008).

Tekniğin bu avantajlarına rağmen uygulamasını sınırlandıran bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Koaservatif faz, uygun bir pH değerinde oluşmaktadır (López-Jiménez ve ark., 2008). (Koaservasyon, başlangıçtaki homojen kolloidal çözeltinin iki karışmaz sıvı faza ayrıldığı fiziksel bir olgudur. Bu fazlar kolloid bakımından zengin (koaservatif) bir faz ve koaservatif faz ile dengede olan kolloid bakımından fakir bir faz olarak ifade edilmektedir.) (Vakh ve Koronkiewicz, 2023). Bu durum düşük pH koşullarında çalışmayı gerektirdiğinde analitin ayrılmasına sebep olabilmektedir (Cantero ve ark., 2004). Koaservatif fazın sıvı fazdan ayrılması kolay olmayabilmektedir. Ayrıca bu fazın ayrılması bekleme süresi, sıcaklık, sonikasyon, santrifüj gibi deney prosedürlerine ve ekstrakte edilecek

bileşimin moleküler yapısına bağlı olmaktadır (Yazdi, 2011). Tekniğin sıcaklık gereksinimi, sıcaklığa duyarlı bileşiklerin yapısında kararsızlığına neden olabilmektedir. Yüze aktif maddeler yüksek viskozite ve düşük uçuculuk özelliklerine sahip olmalarından dolayı ekstrakte edilen analitin GC yöntemiyle tespiti sınırlı olabilmektedir (Takagai ve Hinze, 2009).

UAE ile kombine edilen SAE ile domates kabuğundan likopen ekstrakte edilmeye çalışılan çalışmada, yüze aktif madde kullanımının ekstraksiyon süresini kısalttığı ve likopenin antioksidan aktivitesini koruduğu bildirilmiştir (Yadav ve ark., 2023). Tween 20 ve Span 20 gıda sınıfı yüze aktif maddelerini birleştirerek çarkıfelek meyvesinin tohumundan oda sıcaklığında (25°C) yağ çıkarmak için EAE'nin sulu ekstraksiyonun uygulandığı çalışmada %1 yüze aktif madde kullanımının yağ verimini arttırdığı ve ekstraksiyon süresini kısalttığı bildirilmiştir (Surlahan ve ark., 2019). Çay ağacı yağı olarak da bilinen *Melaleuca alternifolia* yapraklarından uçucu yağ ekstraksiyonunda hidrodistilasyon ile birlikte yenilenebilir noniyonik Triton CG-110 yüze aktif maddesinin kullanılması ekstraksiyon verimini arttırdığı bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan yüze aktif maddenin nispeten daha yüksek kaynama noktası ve daha düşük uçuculuğu nedeniyle üretilen uçucu yağda yüze aktif madde izine rastlanmadığı da ifade edilmiştir (Vo ve ark., 2022). *Costus speciosus* çiçeklerindeki flavonoidlerin ekstraksiyonu için yüze aktif madde destekli basınçlı sıvı ekstraksiyonun kullanıldığı çalışmada, % 0.2 w/w sodyum dodesil sülfat (SDS) ve % 0.1 v/v Triton X-100 içeren sulu çözeltinin en yüksek ekstraksiyon verimliliğine sahip olduğunu bildirilmiştir (Chang ve ark., 2011). MAE ile birlikte yüze aktif madde (PEG8000) kullanılarak incir (*Ficus carica L.*) yapraklarından kafeoilmalik asit (9.72 mg g<sup>-1</sup>), psoralik asit-glukozit (5.95 mg g<sup>-1</sup>), rutin (4.77 mg g<sup>-1</sup>), psoralen (15.65 mg g<sup>-1</sup>) ve bergapten (3.49 mg g<sup>-1</sup>) fenolik

bileşikleri ekstrakte edilmiştir. Ayrıca ekstraksiyon verimlerinin geleneksel yöntemlerle elde edilenlerden çok daha yüksek olduğunu ifade edilmiştir (Yu ve ark., 2020). Karanfil çiçeği tomurcuklarından (*Syzygium aromaticum*) antioksidanların ekstraksiyonunda Tween 80 ve Span 80 kullanımının antioksidan aktiviteyi arttırdığı bildirilmiştir (Cortés-Rojas ve ark., 2015). EAE'nin *Lycium barbarum* meyve ve yapraklarındaki fenollerin ekstraksiyon verimini arttırdığı ve sırasıyla  $2.459 \pm 0.006$  mg GAE g<sup>-1</sup> ve  $3.16 \pm 0.010$  mg CatE g<sup>-1</sup> değerlerine ulaştığı bildirilmiştir (Ni ve ark., 2024). Tween-80 kullanımının *Capsicum annuum* L. Meyvesinden kapsasin ekstraksiyonunu arttırdığı ifade edilmiştir (Waqas ve ark., 2022). *Zanthoxylum bungeanum*'dan aroma bileşiklerinin ekstraksiyonunda yüzey aktif madde (kalsiyum stearil laktilat) ve enzim (selülaz, nötr proteaz) kullanımının, limonen, linalool ve alkilamid verimini arttırdığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2020b).

## 8. Sonuç

Biyoaktif bileşenler, antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antidiyabetik ve anti-enflamatuvar özellikleri bulunmaktadır. Bu maddeler insan sağlığı üzerindeki faydalı etkileri nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Bu derleme, doğal kaynaklardan biyoaktif bileşenlerin elde edilmesine yönelik yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri hakkında bilgi vermektedir. Süperkritik çözücü ekstraksiyonu, subkritik çözücü ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, enzim destekli ekstraksiyon ve yüzey aktif madde destekli ekstraksiyon gibi çeşitli tekniklerin prensipleri, avantajları ve dezavantajlarından bahsetmektedir. Süperkritik çözücü ekstraksiyonu, minimum çevresel etki ile verimli ekstraksiyon elde etmek için süperkritik sıvıları kullanan güçlü ve çevre dostu bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Mikrodalga destekli ekstraksiyon, hızlı ve seçici ekstraksiyon sunarak hem zamanı

hem de kaynak kullanımını optimize etmektedir. Ultrason destekli ekstraksiyon, mekanik ve termal etkiler yoluyla etkili olduğunu kanıtlayarak kütle transferini ve ekstraksiyon verimini arttırmaktadır. Hafif koşullar altında çalışan subkritik çözücü ekstraksiyonu, sıcaklığa duyarlı bileşiklerin korunması için umut vaat etmektedir. Enzim destekli ekstraksiyon seçiciliği ile istenen bileşiklerin ekstraksiyonunu mümkün kılmaktadır. Yüzey aktif madde destekli ekstraksiyon seçici, çevre dostu olması ve istenen bileşenlerin ekstraksiyon verimini arttırmaktadır. Bu yenilikçi teknikler, çeşitli biyoaktif bileşikler için özel çözümler sunan ekstraksiyon yöntemlerinin gelişmesine toplu olarak katkıda bulunmaktadır. Ekstraksiyon prosedürünün seçimi, takip eden analitik görevlerin güvenilirliğini ve kalibresini etkilediği için çok önemlidir. Ekstraksiyonun temel hedefi, biyoaktif bileşenleri korumakla birlikte bu maddelerin verimini en üst düzeye çıkarmaktır. Ayrıca uygun maliyetli, çevre dostu olma ve daha kısa ekstraksiyon süresi sağlamaktır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri, ekstraksiyon sürelerinin uzunluğu, çözücü gereksiniminin fazla olması, ekstrakte edilen biyoaktif maddelerin zarar görmesi ve düşük verim gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Buna karşılık, yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri daha kısa ekstraksiyon süreleri, daha düşük solvent gereksinimi, ekstrakte edilen biyoaktif maddelerin korunması, daha yüksek verim ve daha düşük enerji kullanımı gibi çeşitli avantajlara sahiptir. Bu yöntemlerin araştırma ve endüstriyel uygulamalara entegrasyonu daha fazla verimlilik, daha az çevresel ayak izi ve daha fazla seçicilik vaat etmektedir. Sonuç olarak, bu derleme makalesi araştırma ve endüstriyel uygulamalarda gelişmiş ekstraksiyon tekniklerinin benimsenmesini desteklemektedir. Araştırmacılar ve uygulayıcılar, doğal ürün ekstraksiyonunun geleceği olarak bu ileri teknikleri benimsemeye teşvik edilmektedir.

### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### Kaynaklar

- Abdelmoez, W., Nage, S.M., Bastawess, A., Ihab, A., Yoshida, H., 2014. Subcritical water technology for wheat straw hydrolysis to produce value added products. *Journal of Cleaner Production*, 70: 68-77.
- Afoakwah, N.A., Zhao, Y., Tchabo, W., Dong, Y., Owusu, J., Mahunu, G.K., 2023. Studies on the extraction of Jerusalem artichoke tuber phenolics using microwave-assisted extraction optimized conditions. *Food Chemistry Advances*, 3: 100507.
- Almeida, C.F., Manrique, Y.A., Lopes, J.C. B., Martins, F.G., Dias, M.M., 2024. Recovery of ergosterol from *Agaricus bisporus* mushrooms via supercritical fluid extraction: A response surface methodology optimisation. *Heliyon*, 10(2).
- Alwazeer, D., Elnasanelkasim, M.A., Çiçek, S., Engin, T., Çiğdem, A., Karaoğul, E., 2023. Comparative study of phytochemical extraction using hydrogen-rich water and supercritical fluid extraction methods. *Process Biochemistry*, 128: 218-226.
- Aliakbarian, B., Fathi, A., Perego, P., Dehghani, F., 2012. Extraction of antioxidants from winery wastes using subcritical water. *The Journal of Supercritical Fluids*, 65: 18-24.
- Altemimi, A., Lightfoot, D.A., Kinsel, M., Watson, D.G., 2015. Employing response surface methodology for the optimization of ultrasound assisted extraction of lutein and  $\beta$ -carotene from spinach. *Molecules*, 20(4): 6611-6625.
- Amini, M.R., Sheikhhossein, F., Naghshi, S., Djafari, F., Askari, M., Shahinfar, H., Shab-Bidar, S., 2020. Effects of berberine and barberry on anthropometric measures: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 49: 102337.
- Amiri-Rigi, A., Abbasi, S., 2016. Microemulsion-based lycopene extraction: Effect of surfactants, co-surfactants and pretreatments. *Food Chemistry*, 197: 1002-1007.
- Araújo, R.G., Rodriguez-Jasso, R.M., Ruiz, H.A., Govea-Salas, M., Pintado, M.E., Aguilar, C.N., 2020. Process optimization of microwave-assisted extraction of bioactive molecules from avocado seeds. *Industrial Crops and Products*, 154: 112623.
- Asghari, J., Ondruschka, B., Mazaheritehrani, M., 2011. Extraction of bioactive chemical compounds from the medicinal Asian plants by microwave irradiation. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(4): 495-506.
- Ayyildiz, S.S., Karadeniz, B., Sagcan, N., Bahar, B., Us, A.A., Alasalvar, C., 2018. Optimizing the extraction parameters of epigallocatechin gallate using conventional hot water and ultrasound assisted methods from green tea. *Food and Bioprocess Technology*, 111: 37-44.
- Azhar, B., Gunawan, S., Setyadi, E.R.F., Majidah, L., Taufany, F., Atmaja, L., Aparamarta, H.W., 2023. Purification and separation of glucomannan from porang tuber flour (*Amorphophallus muelleri*) using microwave assisted extraction as an innovative gelatine substituent. *Heliyon*, 9(11).
- Babbar, N., Roy, S.V., Wijnants, M., Dejonghe, W., Caligiani, A., Sforza, S., Elst, K., 2016. Effect of extraction conditions on the saccharide (neutral and acidic) composition of the crude pectic extract from various agro-industrial residues. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(1): 268-276.

- Bhadange, Y. A., Carpenter, J., Saharan, V. K., 2024. A Comprehensive review on advanced extraction techniques for retrieving bioactive components from natural sources. *ACS Omega*, 9(29): 31274-31297.
- Bildstein, M., Lohmann, M., Hennigs, C., Krause, A., Hilz, H., 2008. An enzyme-based extraction process for the purification and enrichment of vegetable proteins to be applied in bakery products. *European Food Research and Technology*, 228(2): 177-186.
- Boulila, A., Hassen, I., Haouari, L., Mejri, F., Amor, I. B., Casabianca, H., Hosni, K., 2015. Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from bay leaves (*Laurus nobilis* L.). *Industrial Crops and Products*, 74: 485-493.
- Brahim, M., Gambier, F., Brosse, N., 2014. Optimization of polyphenols extraction from grape residues in water medium. *Industrial Crops and Products*, 52: 18-22.
- Cantero, M., Rubio, S., Pérez-Bendito, D., 2004. Determination of non-ionic polyethoxylated surfactants in sewage sludge by coacervative extraction and ion trap liquid chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1046(1-2): 147-153.
- Chang, Y.Q., Tan, S.N., Yong, J.W., Ge, L., 2011. Surfactant-assisted pressurized liquid extraction for determination of flavonoids from *Costus speciosus* by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of separation science*, 34(4): 462-468.
- Chen, Y., Wang, Z., Liu, J., Guo, Y., Chen, A., Chen, B., Niu, J., 2023. Subkritik bütan ekstraksiyonu yoluyla kara asker sineği larvası yağının ekstraksiyon faktörünün optimizasyonu ve besinsel karakterizasyonu. *LWT*, 186: 115221.
- Chew, S.K., Teoh, W.H., Hong, S.L., Yusoff, R., 2023. Rutin extraction from female *Carica papaya* Linn. using ultrasound and microwave-assisted extractive methods: Optimization and extraction efficiencies. *Heliyon*, 9(10).
- Choudhari, S.M., Ananthanarayan, L., 2007. Enzyme aided extraction of lycopene from tomato tissues. *Food Chemistry*, 102(1): 77-81.
- Christou, A., Stavrou, I.J., Kapnissi-Christodoulou, C.P., 2021. Continuous and pulsed ultrasound-assisted extraction of carob's antioxidants: Processing parameters optimization and identification of polyphenolic composition. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76: 105630.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Avellone, G., Danzi, C., Timpanaro, G., Locatelli, M., ..., Pagliaro, M., 2019. Integral extraction of *Opuntia ficus-indica* peel bioproducts via microwave-assisted hydrodiffusion and hydrodistillation. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(8): 7884-7891.
- Cortés-Rojas, D.F., Souza, C.R.F., Oliveira, W.P.D., 2015. Surfactant mediated extraction of antioxidants from *Syzygium aromaticum*. *Separation Science and Technology*, 50(2): 207-213.
- Ćujić, N., Šavikin, K., Janković, T., Pljevljakušić, D., Zdunić, G., Ibrić, S., 2016. Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chemistry*, 194: 135-142.
- Çakır, Ç.A., Ergenekom, M., 2021. Farklı oranlarda menengiç ilavesinin dondurmanın fiziksel, kimyasal, duyuşal özellikleri ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3): 704-713.
- Dalkiran, G.N., 2014. Kabak çekirdeğinden enzimatik sulu ekstraksiyon ile yağ eldesi ve yüzey aktif madde kullanımının yağ verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Dal Prá, V., Lunelli, F.C., Vendruscolo, R.G., Martins, R., Wagner, R., Lazzaretti Jr, A.P., Rosa, M.B., 2017. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from palm pressed fiber with high antioxidant and photoprotective activities. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36: 362-366.
- Dey, S., Rathod, V.K., 2013. Ultrasound assisted extraction of  $\beta$ -carotene from *Spirulina platensis*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1): 271-276.
- Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A.K., Meerdink, G., Brennan, C.S., 2011. Lycopene extraction from extruded products containing tomato skin. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(2): 365-371.
- De Maria, L., Vind, J., Oxenbøll, K.M., Svendsen, A., Patkar, S., 2007. Phospholipases and their industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74: 290-300.
- Deng, B.X., Li, B., Li, X.D., Zaaboul, F., Jiang, J., Li, J.W., Liu, Y.F., 2018. Using short-wave infrared radiation to improve aqueous enzymatic extraction of peanut oil: evaluation of peanut cotyledon microstructure and oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(2): 1700285.
- Duba, K.S., Casazza, A.A., Mohamed, H.B., Perego, P., Fiori, L., 2015. Extraction of polyphenols from grape skins and defatted grape seeds using subcritical water: Experiments and modeling. *Food and Bioprocess Processing*, 94: 29-38.
- Eggersdorfer, M., Wyss, A., 2018. Carotenoids in human nutrition and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 652: 18-26.
- Escudero, I., Ruiz, M.O., 2011. Extraction of betaine from beet molasses using membrane contactors. *Journal of Membrane Science*, 372(1-2): 258-268.
- E Santos, D.N., de Souza, L.L., Ferreira, N.J., de Oliveira, A.L., 2015. Study of supercritical extraction from Brazilian cherry seeds (*Eugenia uniflora* L.) with bioactive compounds. *Food and Bioprocess Processing*, 94: 365-374.
- Falletti, P., Vázquez, M.F.B., Rodrigues, L.G.G., Santos, P.H., Lanza, M., Cabrera, J.L., Comini, L.R., 2023. Optimization of the subcritical water extraction of sulfated flavonoids from *Flaveria bidentis*. *The Journal of Supercritical Fluids*, 199: 105958.
- Ferarsa, S., Zhang, W., Moulai-Mostefa, N., Ding, L., Jaffrin, M.Y., Grimi, N., 2018. Recovery of anthocyanins and other phenolic compounds from purple eggplant peels and pulps using ultrasonic-assisted extraction. *Food and Bioprocess Processing*, 109: 19-28.
- Ferreira, V.J., Arnal, Á.J., Royo, P., García-Armingol, T., López-Sabirón, A.M., Ferreira, G., 2019. Energy and resource efficiency of electroporation-assisted extraction as an emerging technology towards a sustainable bio-economy in the agri-food sector. *Journal of Cleaner Production*, 233: 1123-1132.
- Ferruzzi, M.G., Green, R.J., 2006. Analysis of catechins from milk-tea beverages by enzyme assisted extraction followed by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 99(3): 484-491.
- Frohlich, P.C., Santos, K.A., Ascari, J., dos Santos Refati, J.R., Palú, F., Cardozo-Filho, L., da Silva, E.A., 2023. Antioxidant compounds and eugenol quantification of clove (*Syzygium aromaticum*) leaves extracts obtained by pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 196: 105865.
- García-Prieto, A., Lunar, L., Rubio, S., Pérez-Bendito, D., 2008. Decanoic acid reverse micelle-based coacervates for the microextraction of bisphenol A from canned vegetables and fruits. *Analytica Chimica Acta*, 617(1-2): 51-58.

- Goula, A.M., Ververi, M., Adamopoulou, A., Kaderides, K., 2017. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34: 821-830.
- Grzelak-Błaszczak, K., Karlińska, E., Grzęda, K., Rój, E., Kołodziejczyk, K., 2017. Defatted strawberry seeds as a source of phenolics, dietary fiber and minerals. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 84: 18-22.
- Gunalan, S., Thangaiah, A., Rathnasamy, V. K., Janaki, J.G., Thiyagarajan, A., Kuppusamy, S., Arunachalam, L., 2023. Microwave-assisted extraction of biomolecules from moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves var. PKM 1: A optimization study by response surface methodology (RSM). *Kuwait Journal of Science*, 50(3): 339-344.
- Hasanov, J., Salikhov, S., Oshchepkova, Y., 2023. Techno-economic evaluation of supercritical fluid extraction of flaxseed oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 194: 105839.
- He, L., Zhang, X., Xu, H., Xu, C., Yuan, F., Knez, Ž., Gao, Y., 2012. Subcritical water extraction of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) seed residues and investigation into their antioxidant activities with HPLC-ABTS+ assay. *Food and Bioprocess Technology*, 90(2): 215-223.
- Hiranvarachat, B., Devahastin, S., Chiewchan, N., Raghavan, G.V., 2013. Structural modification by different pretreatment methods to enhance microwave-assisted extraction of  $\beta$ -carotene from carrots. *Journal of Food Engineering*, 115(2): 190-197.
- Hrnčič, M.K., Cör, D., Knez, Ž., 2018. Subcritical extraction of oil from black and white chia seeds with n-propane and comparison with conventional techniques. *The Journal of Supercritical Fluids*, 140: 182-187.
- Hu, Y., Yang, L., Liang, Z., Chen, J., Zhao, M., Tang, Q., 2023. Comparative analysis of flavonoids extracted from *Dendrobium chrysotoxum* flowers by supercritical fluid extraction and ultrasonic cold extraction. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 36: 101267.
- Ivanović, M., Alañón, M.E., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., 2018. Enhanced and green extraction of bioactive compounds from *Lippia citriodora* by tailor-made natural deep eutectic solvents. *Food Research International*, 111: 67-76.
- Jabbar, S., Abid, M., Wu, T., Hashim, M. M., Saeeduddin, M., Hu, B., ..., Zeng, X., 2015. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds and antioxidants from carrot pomace: A response surface approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 1878-1888.
- Jang, M., Asnin, L., Nile, S.H., Keum, Y. S., Kim, H.Y., Park, S.W., 2013. Ultrasound-assisted extraction of quercetin from onion solid wastes. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(2): 246-252.
- Khoddami, A., Wilkes, M.A., Roberts, T.H., 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2): 2328-2375.
- Kousar, M.U., Jabeen, A., Fatima, T., Hussain, S.Z., Zargar, I.A., Amin, T., Yaseen, M., 2023. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of eugenol-rich fraction from basil leaves: Characterization of extract for phenols, flavonoids and antioxidant activity. *Food Chemistry Advances*, 3: 100374.
- Kitrytė, V., Laurinavičienė, A., Syrpas, M., Pukalskas, A., Venskutonis, P.R., 2020. Modeling and optimization of supercritical carbon dioxide extraction for isolation of valuable lipophilic constituents from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 35: 225-235.
- Kumcuoglu, S., Yılmaz, T., Tavman, S., 2014. Ultrasound assisted extraction of lycopene from tomato processing wastes. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 4102-4107.

- Lenucci, M.S., De Caroli, M., Marrese, P., Iurlaro, A., Rescio, L., Böhm, V., Piro, G., 2015. Enzyme-aided extraction of lycopene from high-pigment tomato cultivars by supercritical carbon dioxide. *Food Chemistry*, 170: 193-202.
- Li, F., Muhmood, A., Tavakoli, S., Park, S., Kong, L., Zhu, H., Wei, Y., 2024. Subcritical low temperature extraction of bioactive ingredients from foods and food by-products and its applications in the agro-food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(23): 8218-8230.
- Liaqid, A., Guerrero, R.F., Cantos, E., Palma, M., Barroso, C.G., 2011. Microwave assisted extraction of anthocyanins from grape skins. *Food Chemistry*, 124(3): 1238-1243.
- Lima, G.P.P., Vianello, F., Corrêa, C.R., Campos, R.A.D.S., Borguini, M.G., 2014. Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health. *Food and Nutrition sciences*, 1065-1082.
- Liu, J., Chen, P., He, J., Deng, L., Wang, L., Lei, J., Rong, L., 2014. Extraction of oil from *Jatropha curcas* seeds by subcritical fluid extraction. *Industrial Crops and Products*, 62: 235-241.
- Lombardo, D., Kiselev, M. A., Magazù, S., Calandra, P., 2015. Amphiphiles self-assembly: basic concepts and future perspectives of supramolecular approaches. *Advances in Condensed Matter Physics*, (1): 151683.
- Londoño-Londoño, J., de Lima, V.R., Lara, O., Gil, A., Pasa, T.B.C., Arango, G.J., Pineda, J.R.R., 2010. Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method. *Food Chemistry*, 119(1): 81-87.
- López-Jiménez, F.J., Rubio, S., Pérez-Bendito, D., 2008. Single-drop coacervative microextraction of organic compounds prior to liquid chromatography: theoretical and practical considerations. *Journal of Chromatography A*, 1195(1-2): 25-33.
- Lucchesi, M.E., Smadja, J., Bradshaw, S., Louw, W., Chemat, F., 2007. Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L.: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. *Journal of Food Engineering*, 79(3): 1079-1086.
- Machmudah, S., Wahyudiono, W., Adschiri, T., Goto, M., 2023. Hydrothermal extraction and micronization in a one-step process for enhancement of  $\beta$ -glucan concentrate at subcritical water conditions. *South African Journal of Chemical Engineering*, 46(1): 72-87.
- Markowiak-Kopeć, P., Śliżewska, K., 2020. The effect of probiotics on the production of short-chain fatty acids by human intestinal microbiome. *Nutrients*, 12(4): 1107.
- Mali, P.S., Kumar, P., 2023. Optimization of microwave assisted extraction of bioactive compounds from black bean waste and evaluation of its antioxidant and antidiabetic potential in vitro. *Food Chemistry Advances*, 3: 100543.
- Medina-Meza, I.G., Barbosa-Cánovas, G. V., 2015. Assisted extraction of bioactive compounds from plum and grape peels by ultrasonics and pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 166: 268-275.
- M'hiri, N., Ioannou, I., Ghou, M., Boudhrioua, N.M., 2014. Extraction methods of citrus peel phenolic compounds. *Food Reviews International*, 30(4): 265-290.
- Montañés, F., Catchpole, O.J., Tallon, S., Mitchell, K.A., Scott, D., Webby, R.F., 2018. Extraction of apple seed oil by supercritical carbon dioxide at pressures up to 1300 bar. *The Journal of Supercritical Fluids*, 141: 128-136.
- Muhammad, D.R.A., Ayouaz, S., Rachmawati, A.N., Madani, K., Fibri, D. L.N., Rafi, M., Fahmy, K., 2024. Advanced and Potential Methods for Extraction of Bioactive Compounds from Avocado Peel—A Review. *Applied Sciences*, 14(14): 6018.

- Munir, M.T., Kheirkhah, H., Baroutian, S., Quek, S.Y., Young, B.R., 2018. Subcritical water extraction of bioactive compounds from waste onion skin. *Journal of Cleaner Production*, 183: 487-494.
- Nadar, S.S., Pawar, R.G., Rathod, V.K., 2017. Recent advances in enzyme extraction strategies: A comprehensive review. *International journal of biological macromolecules*, 101: 931-957.
- Natolino, A., Da Porto, C., 2019. Supercritical carbon dioxide extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil: Kinetic modelling and solubility evaluation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 151: 30-39.
- Nde, D.B., Boldor, D., Astete, C., 2015. Optimization of microwave assisted extraction parameters of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) oil using the Doehlert's experimental design. *Industrial Crops and Products*, 65: 233-240.
- Nguyen, B.T., Hong, H.T., O'Hare, T.J., Wehr, J.B., Menzies, N.W., Harper, S. M., 2021. A rapid and simplified methodology for the extraction and quantification of allicin in garlic. *Journal of Food Composition and Analysis*, 104: 104114.
- Nie, J., Chen, D., Ye, J., Lu, Y., Dai, Z., 2021. Optimization and kinetic modeling of ultrasonic-assisted extraction of fucoxanthin from edible brown algae *Sargassum fusiforme* using green solvents. *Ultrasonics Sonochemistry*, 77: 105671.
- Ni, Z.J., Ma, R.H., Wang, W., Thakur, K., Ma, Y.L., Khan, M.R., Wei, Z.J., 2024. Potential biosurfactant and methanol extraction for phenolic active substances from *Lycium barbarum* fruits and leaves. *Industrial Crops and Products*, 212: 118333.
- Palaric, C., Atwi-Ghaddar, S., Gros, Q., Hano, C., Lesellier, E., 2023. Sequential selective supercritical fluid extraction (S3FE) of triglycerides and flavonolignans from milk thistle (*Silybum marianum* L, Gaertn). *Journal of CO2 Utilization*, 77: 102609.
- Parappa, K., Krishnapura, P.R., Iyyaswami, R., Belur, P.D., 2023. Microwave-assisted extraction of chrysin from propolis and its encapsulation feasibility analysis in casein micelles. *Materials Today: Proceedings*.
- Patindol, J., Wang, L., Wang, Y.J., 2007. Cellulase-assisted extraction of oligosaccharides from defatted rice bran. *Journal of food science*, 72(9): C516-C521.
- Pavlič, B., Bera, O., Teslić, N., Vidović, S., Parpinello, G., Zeković, Z., 2018. Chemical profile and antioxidant activity of sage herbal dust extracts obtained by supercritical fluid extraction. *Industrial Crops and Products*, 120: 305-312.
- Pennington, J.A., Fisher, R.A., 2009. Classification of fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: S23-S31.
- Perinelli, D.R., Cespi, M., Lorusso, N., Palmieri, G.F., Bonacucina, G., Blasi, P., 2020. Surfactant self-assembling and critical micelle concentration: one approach fits all?. *Langmuir*, 36(21): 5745-5753.
- Pereira, M.G., Hamerski, F., Andrade, E.F., Scheer, A.D.P., Corazza, M.L., 2017. Assessment of subcritical propane, ultrasound-assisted and Soxhlet extraction of oil from sweet passion fruit (*Passiflora alata* Curtis) seeds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 128: 338-348.
- Pereira, D.T.V., Méndez-Albiñana, P., Mendiola, J.A., Villamiel, M., Cifuentes, A., Martínez, J., Ibáñez, E., 2024. An eco-friendly extraction method to obtain pectin from passion fruit rinds (*Passiflora edulis* sp.) using subcritical water and pressurized natural deep eutectic solvents. *Carbohydrate Polymers*, 326: 121578.



- Peterson, M.E., Daniel, R.M., Danson, M.J., Eysenhard, R., 2007. The dependence of enzyme activity on temperature: determination and validation of parameters. *Biochemical Journal*, 402(2): 331-337.
- Przybylska, S., 2020. Lycopene—a bioactive carotenoid offering multiple health benefits: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(1): 11-32.
- Przygoda, K., Wejnerowska, G., 2015. Extraction of tocopherol-enriched oils from Quinoa seeds by supercritical fluid extraction. *Industrial Crops and Products*, 63: 41-47.
- Puri, M., Sharma, D., Barrow, C.J., 2012. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in Biotechnology*, 30(1): 37-44.
- Raj, G.B., Dash, K.K., 2020. Ultrasound-assisted extraction of phytochemicals from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68: 105180.
- Renouard, S., Hano, C., Corbin, C., Fliniaux, O., Lopez, T., Montguillon, J., Lainé, E., 2010. Cellulase-assisted release of secoisolariciresinol from extracts of flax (*Linum usitatissimum*) hulls and whole seeds. *Food chemistry*, 122(3): 679-687.
- Roda, A., De Faveri, D.M., Giacosa, S., Dordoni, R., Lambri, M., 2016. Effect of pre-treatments on the saccharification of pineapple waste as a potential source for vinegar production. *Journal of Cleaner Production*, 112: 4477-4484.
- Rodrigues, V. H., Portugal, I., Silva, C.M., 2023. Economic analysis of the supercritical fluid extraction of lupane-triterpenoids from *Acacia dealbata* Link bark. *Industrial Crops and Products*, 200: 116838.
- Rodrigues, L.G.G., Mazzutti, S., Vitali, L., Mücke, G.A., Ferreira, S.R.S., 2019. Recovery of bioactive phenolic compounds from papaya seeds agroindustrial residue using subcritical water extraction. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 22: 101367.
- Ruttarattanamongkol, K., Siebenhandl-Ehn, S., Schreiner, M., Petrasch, A.M., 2014. Pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction, physico-chemical properties and profile characterization of *Moringa oleifera* seed oil in comparison with conventional extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 58: 68-77.
- Sahne, F., Mohammadi, M., Najafpour, G. D., Moghadamnia, A.A., 2017. Enzyme-assisted ionic liquid extraction of bioactive compound from turmeric (*Curcuma longa* L.): Isolation, purification and analysis of curcumin. *Industrial crops and products*, 95, 686-694.
- Saleh, I.A., Vinatoru, M., Mason, T.J., Abdel-Azim, N.S., Aboutabl, E.A., Hammouda, F.M., 2016. A possible general mechanism for ultrasound-assisted extraction (UAE) suggested from the results of UAE of chlorogenic acid from *Cynara scolymus* L.(artichoke) leaves. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31: 330-336.
- Sarip, M.S.M., Morad, N.A., Nawi, M.A. H.M., Aziz, M.K.T.A., Jaapar, S.Z.I.S., 2023.  $\beta$ -carotene enrichment in crude palm oil using subcritical water extraction and its relationship with the solubility. *Food Chemistry Advances*, 2: 100245.
- Sevindik, O., Selli, S., 2017. Üzüm çekirdek yağı eldesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri. *Gıda*, 42(1): 95-103.
- Sharma, D., Lecoutre, C., Palencia, F., Nguyen, O., Erriguible, A., Marre, S., 2023. Assessment of machine learning algorithms for predicting autoignition and ignition delay time in microscale supercritical water oxidation process. *Fuel*, 352: 129098.
- Sheldon, R.A., van Pelt, S., 2013. Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how. *Chemical Society Reviews*, 42(15): 6223-6235.

- Simsek, M., Sumnu, G., Sahin, S., 2012. Microwave assisted extraction of phenolic compounds from sour cherry pomace. *Separation Science and Technology*, 47(8): 1248-1254.
- Singh, A., Kumar, V., 2023. RSM and ANN approach for optimization of ultrasonic assisted extraction of pumpkin seed oil and their quality assessment. *Food Chemistry Advances*, 3: 100552.
- Singh, P.P., Saldaña, M.D., 2011. Subcritical water extraction of phenolic compounds from potato peel. *Food Research International*, 44(8): 2452-2458.
- Skenderidis, P., Mitsagga, C., Giavasis, I., Petrotos, K., Lampakis, D., Leontopoulos, S., Tsakalof, A., 2019. The in vitro antimicrobial activity assessment of ultrasound assisted Lycium barbarum fruit extracts and pomegranate fruit peels. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 2017-2031.
- Sowbhagya, H.B., Chitra, V.N., 2010. Enzyme-assisted extraction of flavorings and colorants from plant materials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2): 146-161.
- Stoll, T., Schweiggert, U., Schieber, A., Carle, R., 2003. Process for the recovery of a carotene-rich functional food ingredient from carrot pomace by enzymatic liquefaction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4(4): 415-423.
- Surlehan, H.F., Noor Azman, N.A., Zakaria, R., Mohd Amin, N.A., 2019. Extraction of oil from passion fruit seeds using surfactant-assisted aqueous extraction. *Food Research*, 3(4): 348-356.
- Talley, K., Alexov, E., 2010. On the pH-optimum of activity and stability of proteins. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 78(12): 2699-2706.
- Takagai, Y., Hinze, W. L., 2009. Cloud point extraction with surfactant derivatization as an enrichment step prior to gas chromatographic or gas chromatography– mass spectrometric analysis. *Analytical chemistry*, 81(16): 7113-7122.
- Tapia-Quirós, P., Granados, M., Sentellas, S., Saurina, J., 2023. Microwave-assisted extraction with natural deep eutectic solvents for polyphenol recovery from agrifood waste: Mature for scaling-up?. *Science of the Total Environment*, 168716.
- Torres-León, C., Rojas, R., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, R., Aguilar, C.N., 2017. Extraction of antioxidants from mango seed kernel: Optimization assisted by microwave. *Food and Bioproducts Processing*, 105: 188-196.
- Turan, O., Isci, A., Yılmaz, M.S., Tolun, A., Sakiyan, O., 2024. Microwave-assisted extraction of pectin from orange peel using deep eutectic solvents. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37: 101352.
- Vakh, C., Koronkiewicz, S., 2023. Surfactants application in sample preparation techniques: Insights, trends, and perspectives. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 165: 117143.
- Vasco-Correa, J., Zapata, A.D.Z., 2017. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) at laboratory and bench scale. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 80: 280-285.
- Vishwas, S., Singh, S.K., Gulati, M., Awasthi, A., Khursheed, R., Corrie, L., Kumar, R., Collet, T., Loebenberg, R., Porwal, O., Gupta, S., Jha, N.K., Gupta, P.K., Devkota, H.P., Chellappan, D.K., Gupta, G., Adams, J., Dua, K., 2022. Harnessing the therapeutic potential of fisetin and its nanoparticles: Journey so far and road ahead. *Chemico-Biological Interactions*, 356: 109869.
- Vo, T.V., Truong, T.H., Chen, B.H., 2022. Surfactant-assisted extraction of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil by hydrodistillation and its application in microemulsion. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 97(12): 3419-3429.

- Xavier, J.R., Sameer, B., Gupta, D., Mehta, S., Chauhan, O.P., 2024. Bioactive compounds of foods: Phytochemicals and peptides. *Food and Humanity*, 100354.
- Xu, C., Yagiz, Y., Borejsza-Wysocki, W., Lu, J., Gu, L., Ramírez-Rodrigues, M. M., Marshall, M.R., 2014. Enzyme release of phenolics from muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) skins and seeds. *Food Chemistry*, 157: 20-29.
- Wang, W.Y., Yan, Y.Y., Liu, H. M., Qi, K., Zhu, X.L., Wang, X.D., Qin, G.Y., 2021. Subcritical low temperature extraction technology and its application in extracting seed oils. *Journal of Food Process Engineering*, 44(10): e13805.
- Wang, L., Wang, X., Wang, P., Xiao, Y., Liu, Q., 2016. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction, physicochemical and cytotoxicity properties of *Gynostemma pentaphyllum* seed oil: A potential source of conjugated linolenic acids. *Separation and Purification Technology*, 159: 147-156.
- Wang, J., Gao, Y., Shi, J., Tian, S., Zhou, Z., Du, C., Ren, Z., 2023. Subcritical butane extraction of acer truncatum seed oil: Kinetics, thermodynamics, and optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*, 203: 106083.
- Waqas, M., Ahmed, D., Qamar, M.T., 2022. Surfactant-mediated extraction of capsaicin from *Capsicum annum* L. fruit in various solvents. *Heliyon*, 8(8).
- Warمیński, K., Stolarski, M. J., Gil, Ł., Krzyżaniak, M., 2021. Willow bark and wood as a source of bioactive compounds and bioenergy feedstock. *Industrial Crops and Products*, 171: 113976.
- Wrona, O., Rafińska, K., Możeński, C., Buszewski, B., 2017. Supercritical fluid extraction of bioactive compounds from plant materials. *Journal of AOAC International*, 100(6): 1624-1635.
- Yadav, R.D., Khanpit, V.V., Dhamole, P.B., Mandavgane, S. A., 2023. Integrated ultrasound-surfactant assisted extraction of lycopene from tomato peels. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 191: 109474.
- Yazdi, A.S., 2011. Surfactant-based extraction methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30(6): 918-929.
- Yılmaz-Turan, S., Gál, T., Lopez-Sanchez, P., Martinez, M.M., Menzel, C., Vilaplana, F., 2023. Modulating temperature and pH during subcritical water extraction tunes the molecular properties of apple pomace pectin as food gels and emulsifiers. *Food Hydrocolloids*, 145: 109148.
- Yu, L., Meng, Y., Wang, Z.L., Cao, L., Liu, C., Gao, M.Z., Fu, Y.J., 2020. Sustainable and efficient surfactant-based microwave-assisted extraction of target polyphenols and furanocoumarins from fig (*Ficus carica* L.) leaves. *Journal of Molecular Liquids*, 318: 114196.
- Zaky, A.A., Akram, M.U., Rybak, K., Witrowa-Rajchert, D., Nowacka, M., 2024. Bioactive compounds from plants and by-products: Novel extraction methods, applications, and limitations. *AIMS Molecular Science*, 11(2): 150-188.
- Zhang, S.B., Wang, Z., Xu, S.Y., 2007. Optimization of the aqueous enzymatic extraction of rapeseed oil and protein hydrolysates. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(1): 97-105.
- Zhang, W., Liu, X., Fan, H., Zhu, D., Wu, X., Huang, X., Tang, J., 2016. Separation and purification of alkaloids from *Sophora flavescens* Ait. by focused microwave-assisted aqueous two-phase extraction coupled with reversed micellar extraction. *Industrial Crops and Products*, 86: 231-238.
- Zhang, H., Birch, J., Xie, C., Yang, H., Bekhit, A.E.D., 2019. Optimization of ultrasound assisted extraction method for phytochemical compounds and in-vitro antioxidant activity of New Zealand and China Asparagus cultivars (*Officinalis* L.) roots extracts. *Food Chemistry*, 294: 276-284.

- Zhang, J., Wen, C., Zhang, H., Duan, Y., Ma, H., 2020a. Recent advances in the extraction of bioactive compounds with subcritical water: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 95: 183-195.
- Zhang, X., Zhou, X., Xi, Z., Yan, J., Liu, H., Xu, B., 2020b. Surfactant-assisted enzymatic extraction of the flavor compounds from *Zanthoxylum bungeanum*. *Separation Science and Technology*, 55(9): 1667-1676.
- Zhang, Y., Lei, Y., Qi, S., Fan, M., Zheng, S., Huang, Q., Lu, X., 2023. Ultrasonic-microwave-assisted extraction for enhancing antioxidant activity of *Dictyophora indusiata* polysaccharides: The difference mechanisms between single and combined assisted extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 95: 106356.
- Zhou, L., Luo, S., Li, J., Zhou, Y., Wang, X., Kong, Q., Ding, C., 2021. Optimization of the extraction of polysaccharides from the shells of *Camellia oleifera* and evaluation on the antioxidant potential in vitro and in vivo. *Journal of Functional Foods*, 86: 104678.
- Zhu, J., Kou, X., Wu, C., Fan, G., Li, T., Dou, J., Shen, D., 2022. Enhanced extraction of bioactive natural products using ultrasound-assisted aqueous two-phase system: Application to flavonoids extraction from jujube peels. *Food Chemistry*, 395: 133530.

---

**Atf Şekli:** Yılmaz, A., Durmaz, G., 2024. Biyoaktif Bileşenlerin Ekstrakte Edilmesinde Kullanılan Bazı Yenilikçi Yöntemler. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1095–1119.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14355780>.

**To Cite:** Yılmaz, A., Durmaz, G., 2024. Some Innovative Methods used to Extract Bioactive Compounds. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1095–1119.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14355780>.

---

## The Effect of Alternative Weed Control Methods on Yield Parameters in Chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Murat TUNC <sup>1</sup>, Sibel IPEKESEN <sup>2</sup>, Fatma BAŞDEMİR <sup>3</sup>, Süreyya Betül RUFAYOĞLU <sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Harran University, Agriculture Faculty, Department of Field Crops, Sanliurfa

<sup>2</sup> Dicle University, Agriculture Faculty, Department of Field Crops, Diyarbakir

<sup>3</sup> Harran University, Ceylanpinar Agriculture Vocational High School Sanliurfa

<sup>4</sup> Harran University, Agriculture Faculty, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Sanliurfa

\*Corresponding author: [sureyyarufaioglu@harran.edu.tr](mailto:sureyyarufaioglu@harran.edu.tr)

Received: 16.08.2024

Accepted: 30.09.2024

### Abstract

This study focused on the significance of weed control in organic chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivation and the effectiveness of alternative weed control methods. The environmental impacts of herbicide use and the development of resistance in weeds, which are among the chemical control methods, necessitate the improvement of alternative weed control methods for sustainable agricultural practices. In this study, the effectiveness of different methods, such as organic source materials, biological control agents, mechanical hoeing and other cultural practices on weed control was evaluated. The research was carried out in the area reserved for organic cultivation in the field crops application and research area of Dicle University Faculty of Agriculture, Faculty of Agriculture in the 2021 growing season. The experiment was set up according to the Randomized Block Design with 3 replications and Arda chickpea was used. Weedless control, weedy control, hand plucking before flowering, hoeing before flowering, hand plucking at pod stage, hand plucking at pod stage, hand plucking before flowering + pod stage, sowing with 20 cm spacing, sowing with 45 cm spacing, whey, whey + hoeing, pickle juice and pickle juice + hoeing were applied as weed control. Plant height, fresh weight, total number of pods, total pod weight, number of full pods, number of empty pods and number of grains per plant were investigated. Consequently, mechanical practices such as hoeing and manual weed control have reduced weed pressure and increased plant yield. Hoeing treatment increased the number of full pods by 28%, grain weight by 35%, and manual weed control reduced weed pressure by 20% and increased yield by 25% compared to other treatments. In the treatment without weed control, a 40% loss in yield was observed. By comparing different control methods in the research, it will contribute to the determination of sustainable weed management strategies and increase agricultural productivity. Furthermore, different control methods should be investigated in order to develop sustainable weed management strategies.

**Keywords:** Chickpea, weed control, sustainable agriculture, mechanical weed control, organic methods

## 1. Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is an essential legume species with high nutritional value that is widely cultivated worldwide, particularly in regions with Mediterranean climate (Türker et al., 2019). At the same time, it is important as a cheap and abundant source of protein, which is in ever-increasing demand. (Sozen and Peker, 2023). It is of great significance as a fundamental food source in human nutrition with its protein, carbohydrate, vitamin and mineral content. It also contributes to increasing soil fertility in agricultural ecosystems thanks to its ability to fix nitrogen (Kaya et al., 2020). The sustainability of chickpea production is of major value both economically and environmentally. There are many biotic and abiotic factors affecting yield and quality in chickpea production. These factors include drought, low or high temperatures, nutrient deficiency, weeds, diseases and pests. Weeds are among the most important biotic factors limiting chickpea yield. Nevertheless, one of the most important biotic problems encountered in chickpea cultivation is the presence of weeds (Adıyaman and Kahriman, 2021). Despite these sensitive characteristics, chickpeas play a vital role in human and animal nutrition in a wide geography (Ceritoglu et al., 2020). Weeds compete with chickpea plants for limited resources such as water, nutrients and light, and thus negatively affect the growth, development and yield of the plant. Intense weed pressure in chickpea fields can lead to considerable losses in crop yield and reduced quality (Chauhan and Johnson, 2019). This demonstrates the vital role that weed control plays in chickpea farming. Traditionally, herbicides have been widely used for weed control. Although the rapid and effective control provided by the use of herbicides is an attractive option for many producers, the environmental impact of these chemicals and their negative effects on non-target organisms is a major concern. It is also known that the use of herbicides develops resistance in weed species in the

long term, which reduces the effectiveness of control strategies (Singh et al., 2021). Consequently, it is important to reduce the use of herbicides and develop alternative weed control methods within the scope of sustainable agricultural practices. In recent years, interest in environmentally friendly and sustainable methods for weed control in chickpea agriculture has increased. The use of organic materials, biological control methods, mechanical hoeing and other cultural practices are among the methods considered as alternatives or complements to herbicides (Türker et al., 2019). Increasingly, these approaches are gaining significance both to reduce environmental impacts and to maintain the yield of chickpea plants. The use of organic and biological methods has gained significance especially with the widespread use of organic farming practices and research on the effectiveness of these methods has been increased (Kaya et al., 2020). The control of weeds is of great significance not only to prevent yield losses but also to protect soil health and support biodiversity. The restriction of the use of chemical herbicides, especially in organic farming, necessitates the development and application of alternative control methods. Integrated control strategies using a combination of mechanical, biological and cultural methods are considered as an important solution in the agricultural sector by ensuring both economic and environmental sustainability (Kumar et al., 2020). Such methods are one of the most effective strategies that can be applied to reduce the density of weeds and maintain the productivity of cropland. In addition, raising farmers' awareness and supporting them with training is an important step to increase the success of weed control practices. Increasing farmers' knowledge and awareness of alternative methods can support the spread of sustainable agricultural practices by reducing dependence on chemical herbicides (Johnson and Chauhan, 2019). Adopting safer and more sustainable production

processes in terms of agricultural productivity, environmental protection and human health is considered as a long-term strategy in chickpea cultivation. In this respect, our research aimed to comprehensively examine the effects of alternative weed control methods used in chickpea cultivation on plant yield parameters. In particular, the effectiveness of organic and mechanical methods on yield was evaluated in order to minimize the negative environmental and health effects of herbicides.

In this regard, the comparison of environmentally friendly and sustainable alternative methods that can be used instead of herbicides aimed to create positive impacts on agricultural productivity and ecosystem sustainability. The results of the study are expected to contribute to the development of sustainable weed

management strategies and the identification of alternative control methods for farmers.

## 2. Materials and Methods

This research was conducted as a field experiment in the research and application area of Dicle University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in 2021. The experimental area reserved for organic cultivation was used for the field trial experiment (Figure 1).

### 2.1. Material

The soil of the experimental area was clay loamy, slightly saline, slightly alkaline, low in phosphorus, high in potassium, very low in organic matter, very low in nitrogen, sufficient in iron and magnesium and high in calcium (Table 1).

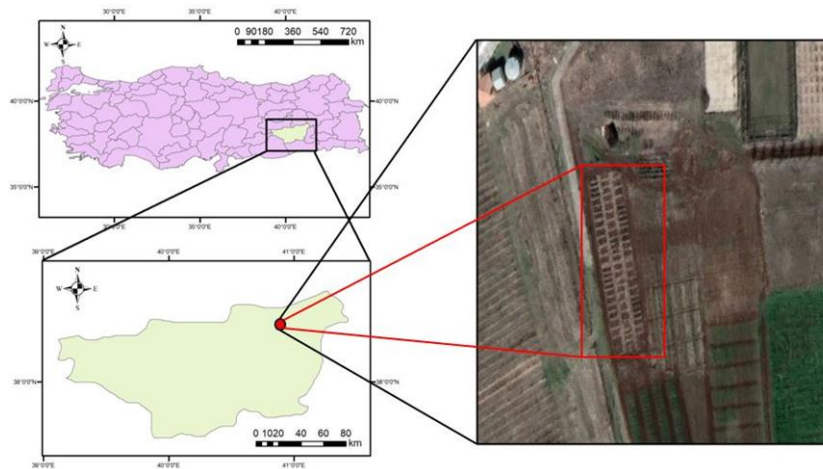


Figure.1. Study area

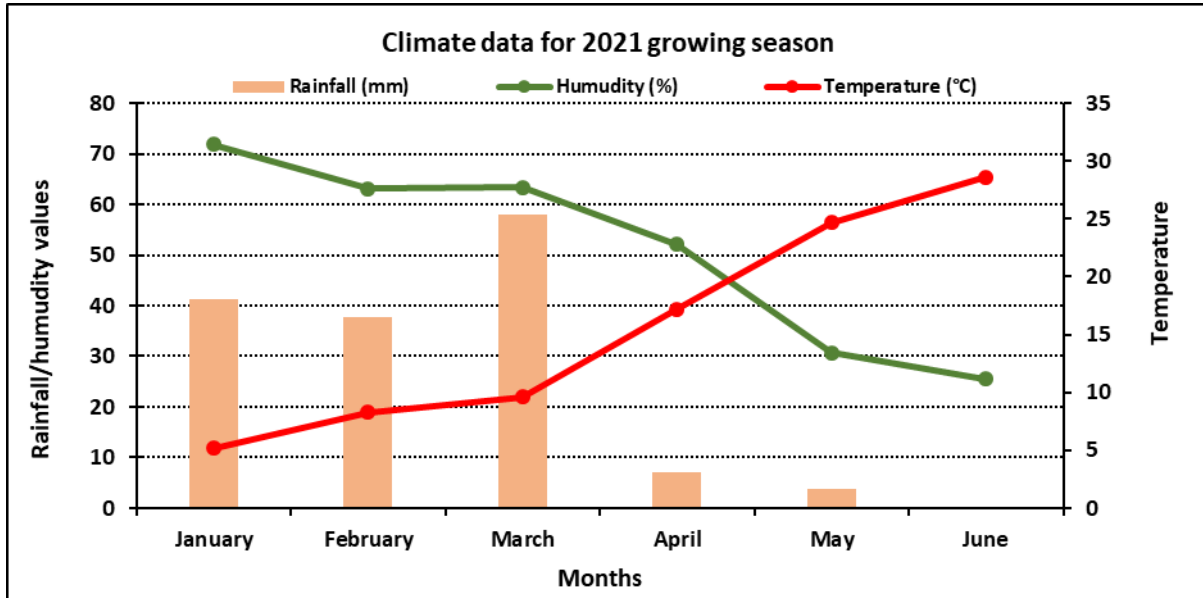
**Table 1.** Results of physical and chemical analysis of 0-30 cm soil of the experimental area

Soil parameters	
Texture	72.6
EC (ds cm <sup>-1</sup> )	0.042
Clay (%)	7.46
pH	7.76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	18.8
K <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	1363
Organic matter (%)	0.65
N (%)	0.03
Fe (ppm)	37
Ca (ppm)	93.74
Mg (ppm)	5639

Source: Gübretaş Soil-Plant Analysis Laboratory (Yarımca/İzmit Ministry of Agriculture Reference Laboratory)

Analysis of the growing season 2021 climatic data, during which the experiment was carried out, revealed that the average temperature was 15.6°C, that it dropped between January and March, rose sharply between April and June, and peaked in June at 28.6°C. Total rainfall during the

experiment was 147.7 mm, with the highest rainfall (57.9 mm) in March and a rapid decrease in the April-June period. January had the highest humidity of 71.8%, with a decrease in humidity in the April-June period in inverse proportion to temperature (Figure 2).



**Figure 2.** Climate data for the experimental year (Diyarbakir MGM)

The suitability of alternative weed control techniques for organic chickpea farming was investigated in this single year study. Weedless control, weedy control, hand weeding before flowering, hoeing before flowering, hand weeding at pod stage, hand weeding at pod stage, hand weeding before flowering + pod stage, sowing at 20 cm spacing, sowing at 45 cm spacing, whey, whey + hoeing, pickle juice and pickle juice + hoeing were applied as weed control (Table 2). Arda chickpea variety obtained from GAP International Agricultural Research and Training Center was used in the experiment. Arda variety has high adaptability to Southeastern Anatolia Region, plant height between 64-

85 cm, ripening days between 163-182 days, drought and lodging resistant, suitable for machine harvesting, yield 250-350 kg ha<sup>-1</sup> and tolerant to wilt and anthracnose disease.

The field experiment was conducted according to the Randomized Block Design with 3 replications. Each plot was 4 m long and 4 rows with 45 cm between rows. Sowing was performed in the first week of February and harvesting in the last week of June. Plant height, fresh weight, total number of pods, total pod weight, number of full pods, number of empty pods and number of grains per plant were determined.



**Table 2.** Methods of control used in the experimental field of organic chickpea cultivation

Treatments Code	Treatments	Treatment period
T1	<b>Control group (No applications)</b>	During the vegetation period
T2	<b>Control group (Weed control was manually realized)</b>	During the vegetation period
T3	<b>Herbicide</b> Content: 600 g l <sup>-1</sup> Aclonifen: 125 ml da <sup>-1</sup>	Weeds with 4-5 leaves
T4	Manuel Weed Control	Pre-Blooming stage
T5	<b>Manuel Weed Control</b>	Pre-Blooming + Podding stages
T6	<b>Manuel Weed Control</b>	Podding stage
T7	<b>Pre-flowering + Broad Bean period hand plucking</b>	Pre-Blooming + Podding stages
T8	<b>20 cm spacing planting</b>	Hand plucking twice pre-blooming stage
T9	<b>45 cm spacing</b>	Hand plucking twice pre-blooming stage
T10	<b>Whey</b> Content: Water: 90% Protein 0.45 Fat: 0.05% Lactose: 3.0 Mineral Matter: 0.1-0.5 Salt: 6.0%	Weeds with 4-5 leaves
T11	<b>Whey+hoeing</b>	Weeds with 4-5 leaves
T12	<b>Pickle Juice</b> Content: Water: % 89,6 Salt: % 10.4	Weeds with 4-5 leaves
T13		<b>Pickle Juice +hoeing</b> Weeds with 4-5 leaves

## 2.2. Data evaluation

The data were analyzed using Jump-Pro 17 statistical package programs according to the randomized block design. Differences between means were compared according to LSD test.

## 3. Result and Discussion

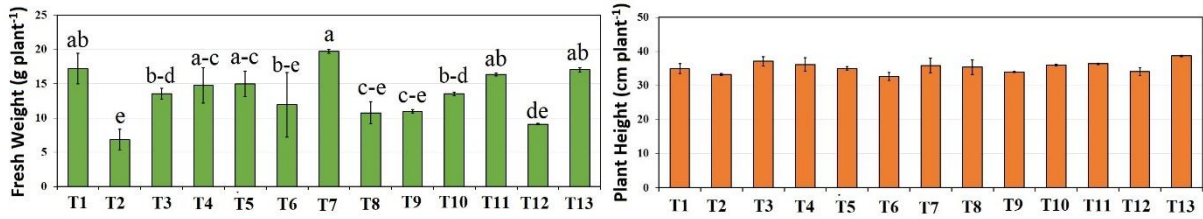
The impacts of weed control methods on various plant growth and yield parameters

in organic chickpea cultivation are shown in (Table 3). As can be clearly seen in the table, fresh weight, total number of pods, number of full pods, number of seeds and seed weight parameters were found to be significant ( $p < 0.05$ ). Whereas no statistically significant difference was obtained for plant height and pod weight. As a consequence, weed control methods have significant effects on yield.

**Table 3.** Effect of weed control methods on plant growth and yield parameters in organic chickpea cultivation

Parameters	P Value
<b>Fresh Weight</b>	0,01**
<b>Plant Height</b>	0,11
<b>Pod Weight</b>	0,23
<b>Number of Total Pod</b>	0,00**
<b>Number of Filled Pod</b>	0,00**
<b>Number of Empty Pod</b>	0,02*
<b>Number of Grain</b>	0,01**
<b>Grain Weight</b>	0,03*

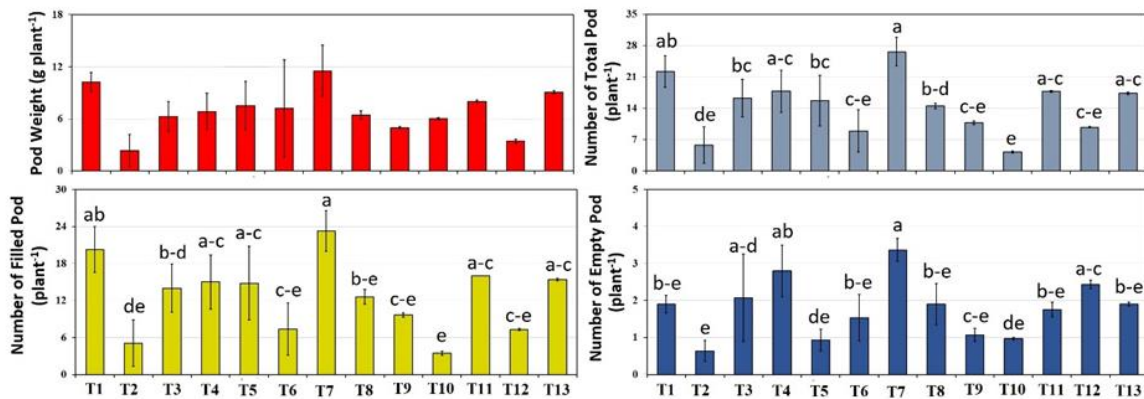
\*\*; significant level at  $P \leq 0.05$



**Figure 3.** Effects of different weed control methods on fresh weight and plant height of chickpea plants

T7 (Hoeing before flowering) application reached the highest fresh weight value. T1 (Manual weed control) and T11 (45 cm spacing) applications had similar fresh weight values and there was no statistically significant difference between these three treatments. T2 (Control, no weed control) and T12 (Whey + hoeing) had the lowest fresh weight values. T3 (Pickle juice + hoeing), T4 (Manual weed control before flowering), T5 (Manual plucking before flowering + pod stage) and T6 (Manual plucking at pod stage) treatments showed moderate fresh weight values. T9 (Herbicide) and T8 (Pickle juice) treatments showed similar fresh weight values. Results showed that the effectiveness of weed control methods varies depending on the time of application and the material used. Similarly, Avola et al. (2008) reported that mechanical application was successful in chickpea cultivation (Figure.3). T13 (Whey) application reached the highest plant height value and statistically significantly differed from the other applications. Whey positively affected plant

height with its nutrients and growth-promoting components. T3 (Pickle juice + hoeing) and T4 (Manual weed control before flowering) treatments also showed high plant height values and there was no significant difference between these two treatments, indicating that these methods supported plant growth. T2 (No weed control) and T6 (Manual weeding at pod stage) treatments showed low plant height values, indicating that weeds negatively affected plant growth and lack of control suppressed development. The other treatments (T1, T5, T7, T8, T8, T9, T10, T11, T12) showed moderate plant height values and the difference between them was not statistically significant. This indicates that these methods provided similar levels of weed control and made a particular impact on plant growth. Merga and Alemu (2019), in their study investigating different weed control methods, reported that the combination of herbicide and hand plowing was effective compared to weed-free control (Figure.3).

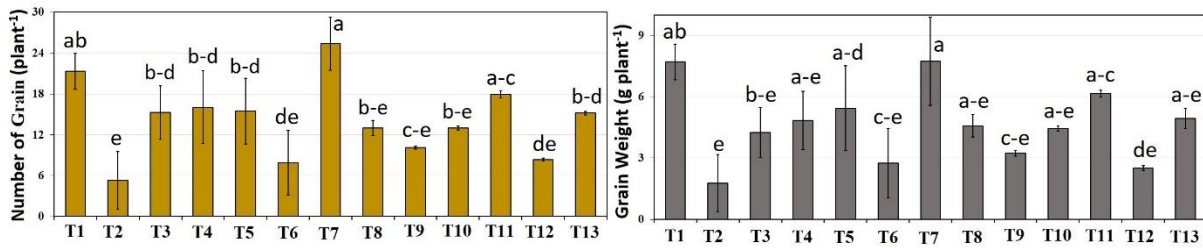


**Figure 4.** Effects of different weed control methods on pod weight, total number of pods, number of filled pods and number of empty pods of chickpea plants

T7 (Hoeing before flowering) application reached the highest pod weight and differed statistically significantly from the other applications. Hoeing reduced weed pressure and increased plant growth and pod yield. T1 (Manual weed control) likewise reached the highest pod weight values and the results were similar to T7. The lowest pod weight was observed in T2 (No weed control), indicating that weeds compete with the plant, limiting nutrient, water and light utilization. Treatments T6 (Hand plucking at pod stage) and T13 (Whey) also achieved high pod weights, indicating that natural practices and manual weed control methods can support plant growth. The other treatments (T3, T4, T5, T8, T9, T10, T11, T12) showed moderate pod weight values. Especially T12 (Whey + hoeing) showed a lower performance. Dubey et al. (2018) reported that weed control methods can increase yield and producer income in chickpea, and it is important to determine appropriate control methods for this purpose (Figure.4). T7 (Hoeing before flowering) and T1 (Manual weed control) applications reached the highest total number of pods and differed significantly from the other treatments. Hoeing and manual control increased yield by reducing weed pressure. T2 (No weed control) treatment had the lowest total number of pods, indicating that weeds negatively affect yield when not controlled. The other treatments (T3, T4, T5, T13, T10, T12, T8, T9) showed low or medium pod number. Korkmaz and Kayan (2010) also reported that manual control methods were effective in increasing chickpea yield (Figure4).

T7 (hoeing before flowering) application reached the highest number of full pods and was determined to be significantly superior to the other applications. It indicates that hoeing is effective in controlling weeds and

increasing the number of full pods. T1 (Manual weed control) also achieved a similarly high number of full pods. T2 (No weed control) treatment had the lowest number of full pods, indicating that weeds negatively affected yield. The other treatments, which had a moderate number of pods, showed some efficacy but were not as successful as mechanical hoeing. In overall, T7 (hoeing) and T1 (manual control) were the most effective treatments. Aslam et al. (2007) also reported that manual plucking and herbicide applications were effective in weed control to increase yield (Figure.4). T7 (Hoeing before Flowering) treatment reached the highest number of empty pods, and this was significantly different from the other practices. According to the results, hoeing may cause stress on the plant and increase the occurrence of empty pods. T4 (Manual control before flowering) and T3 (Pickle juice + hoeing) also had relatively high number of empty pods. The lowest number of empty pods was observed in T2 (No weed control) treatment. T1 (Manual control), T6 (Hand plucking at pod stage), T9 (Herbicide) and T10 (20 cm spacing) treatments showed low number of empty pods. T12 (Whey + hoeing) and T13 (Whey) treatments had relatively high numbers of empty pods. In general, T7 had the highest number of empty pods, indicating that excessive mechanical intervention may have a negative impact on plant growth. The fact that T2 had the lowest number of empty pods indicates that plants experienced less stress when weed control was not applied, but the overall yield decreased. Demir et al. (2005) compared different herbicides and hoeing methods and reported that hoeing was the most effective method for weed control (Figure.4).



**Figure 5.** Effects of different weed control methods on grain number and weight of chickpea plants

Number of grains is an important indicator of plant yield. T7 (Hoeing before flowering) had the highest grain number and was statistically significantly superior to the other applications. T1 (Manual weed control) and T11 (45 cm spacing) also had the highest grain number, indicating that hoeing and manual control were effective in increasing yield. T2 (no weed control) had the lowest grain number, indicating that weed pressure negatively affected yield. Peruzzi et al. (2008) reported that mechanical hoeing was effective, while Suso et al. (2003) emphasized the positive effects of different weed control methods on yield (Figure.5). T7 (Hoeing before flowering) treatment reached the highest grain weight and was significantly different from the other treatments, indicating that hoeing effectively controlled weeds and enabled the plant to efficiently utilize the resources provided (Figure.5). T1 (Manual weed control) and T11 (45 cm spacing) also reached high grain weight and were effective in reducing weed pressure and increasing yield. The lowest grain weight was observed in T2 (No weed control) application, indicating the limiting effect of weeds on plant resources. The other treatments (T3, T4, T5, T13) showed moderate grain weight, while T12, T8 and T9 treatments had low grain weight values. Fontinelli et al. (2015) and Suso et al. (2003) reported that hoeing and mechanical methods are significant in weed control and yield improvement. Results in general emphasize the effectiveness of mechanical and manual weed control methods in terms of yield increase (Figure.5).

#### 4. Conclusion

Weed control in chickpea cultivation is a critical requirement for agricultural productivity and sustainability. The environmental impacts of conventional herbicide use and the development of resistance in weeds necessitate the development and application of sustainable alternative methods. In this research, we evaluated the efficacy of different weed control methods and reported that mechanical and organic methods were successful in reducing weed pressure and increasing chickpea yields. In particular, mechanical methods such as hoeing and manual weed control have emerged as an important option for weed control. Furthermore, the dissemination of sustainable weed management strategies and raising awareness of farmers on this issue is of great importance in increasing agricultural productivity and achieving environmental protection goals. For this reason, future studies should focus on assessing the wider applicability and long-term impacts of these methods.

#### Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

#### Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### Acknowledgment

This research is within the scope of YOK 100/2000 Priority Areas Organic

Agriculture and was produced from the second author's doctoral dissertation. The study was supported by Dicle University Scientific Research Projects (DUBAP) with the project numbered "DUBAP ZIRAAT.21.006".

## References

- Adıyaman, C., Kahriman, A., 2021. Determination of resistance and morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genetic sources to imı group herbicides. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3): 678–689.
- Aslam, M., Ahmad, H.K., Ahmad, E., Himayatullah, M.A., Sagoo, A.G., 2007. Effect of sowing methods and weed control techniques on yield and yield components of chickpea. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 13(1-2): 49-61.
- Avola, G., Tuttobene, R., Gresta, F., Abbate, V., 2008. Weed control strategies for grain legumes. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(3): 389-395.
- Chauhan, B.S., Johnson, D.E., 2019. Weed management in organic cropping systems. *Annual Review of Phytopathology*, 57: 225-246.
- Ceritoğlu, M., Erman, M., Yıldız, F., 2020. Effect of salinity on germination and some agro-morphological traits in chickpea seedlings. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 82–96.
- Demir, A., Tepe I., Erman, M., 2005. Effect of different control methods on weeds, yields, some yield components and nodulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 15(1): 71-75.
- Dubey, S.K., Kumar, A., Singh, D., Partap, T., Chaurasiya, A., 2018. Effect of different weed control measures on performance of chickpea under irrigated condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5): 3103-3111.
- Johnson, D.E. Chauhan, B.S., 2019. Farmer education and weed management. *Journal of Agricultural Science*, 28(4): 345-358.
- Kaya, M., Türker, O., Yılmaz, A., 2020. Nohut yetiştiriciliğinde yabancı ot kontrolü. *Tarla Bitkileri Dergisi*, 25(2): 123-132.
- Korkmaz, Y., Kayan, N., 2010. Effects of different sowing methods and weed control on yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum*). *Mediterranean Agricultural Sciences*, 23(2): 157-162.
- Kumar, V., Chauhan, B.S., Johnson, D.E., 2020. Integrated weed management in pulse crops. *Journal of Weed Science*, 68(3): 301-309.
- Merga, B., Alemu, N., 2019. Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food & Agriculture*, 5(1): 1620152.
- Fontanelli, M., Frascioni, C., Martelloni, L., Pirchio, M., Raffaelli, M., Peruzzi, A., 2015. Innovative strategies and machines for physical weed control in organic and integrated vegetable crops. *Chemical Engineering Transactions*, 44: 211-216.
- Peruzzi, A., Raffaelli, M., Fontanelli, M., Frascioni, C., Ginanni, M., Lulli, L., 2008. Physical Weed Control in Organic Carrot in Sicily (Italy). *Cultivating the Future Based on Science*. Volume 1: Organic Crop Production. *In Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society Of Organic Agriculture Research (ISO FAR), Held At The 16th IFOAM Organic World Conference in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and the Consorzio Modenabio in Modena, Italy*, p. 20.
- Singh, R.P., Kumar, V., Sharma, A., 2021. Herbicide resistance in weeds: challenges and management strategies. *Weed Science*, 69(4): 423-435.

Sözen, Ö., Peker, G.N., 2023. Determination of quality characteristics of advanced chickpea genotypes. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 533–547.

Suso, M., Pardo, A., Hernandez, J., Villa, F., Fernandez-Cavada, S., Zaragoza, C., 2003. Different weed control systems in

tomato crop. *Actas IX Congreso 2003 Sociedad Española De Malherbología, Barcelona, 4-6 De Noviembre, Madrid, Spain*, pp.156-159.

Türker, O., Yılmaz, A., Demir, S., 2019. Nohut (*Cicer arietinum* L.) tarımında yabancı ot yönetimi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1): 45-54.

---

**To Cite:** Tunc, M., Ipeksen, S., Basdemir, F., Rufaioglu, S.B., 2024. The Effect of Alternative Weed Control Methods on Yield Parameters in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1120–1129.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14358364>.

---

## Mapping Environmental Noise from Road Transportation Using SoundPLAN: The Case of Harran University Osmanbey Campus

Tuba RASTGELDİ DOĞAN <sup>1\*</sup>, Can Bülent KARAKUŞ <sup>2</sup>, Ali SUZERGOZ <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Harran University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Şanlıurfa

<sup>2</sup> Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Fine Arts and Design, Department of Urban and Regional Planning, Sivas

\*Corresponding author: [trastgeldi@harran.edu.tr](mailto:trastgeldi@harran.edu.tr)

Received: 16.08.2024

Accepted: 30.09.2024

### Abstract

Noise pollution is a critical environmental problem that negatively affects human health and quality of life. It is particularly significant in educational environments, where excessive noise can impair students' learning abilities, concentration, and overall academic performance. This study evaluates noise pollution on the Osmanbey Campus of Harran University, with a specific focus on traffic-related noise levels. Measurements were conducted at 11 key points during the Ld (07:00–19:00), Le (19:00–23:00), and Ln (23:00–07:00) periods. The SoundPlan 7.4 model was used to generate noise maps and analyze the distribution of environmental noise across the campus. Road traffic was identified as the main source of noise, especially in areas with high vehicle density, such as intersections and bus stops. The results determined that noise levels on campus exceeded the thresholds established by the WHO across all periods. The highest noise level was recorded at Point 2 during the day (74.90 dBA), a busy area with frequent bus activity and human movement. The lowest level, measured at Point 5 during the night (56.40 dBA), was in a quieter area near the Faculty of Sports Sciences but still slightly above the recommended nighttime limits. These findings underscore the importance of addressing noise pollution, particularly in educational settings, to support a conducive learning environment. Suggested mitigation strategies include traffic management, acoustic landscaping, and continuous noise monitoring. Additionally, promoting sustainable transportation options, such as cycling can contribute to reducing noise levels and fostering a healthier campus atmosphere.

**Keywords:** Environmental noise, noise pollution, sound level measurement, university campus

## 1. Introduction

Noise pollution has emerged as one of the major issues arising from modern urbanization and human activities, becoming an increasingly significant environmental issue in contemporary society. Noise refers to unwanted or harmful sound that disrupts normal daily life (Iannace et al., 2021). It has long been recognized as a significant threat to human health, communication and overall well-being, negatively impacting the quality of life (Goines and Hagler, 2007). Common sources of noise include traffic, industrial activities and urbanization (Kumari et al., 2023). As urban areas continue to grow, traffic volumes increase to meet the needs of a rising population, leading to heightened noise pollution. This continuous rise in vehicle numbers is exacerbating the problem, making road traffic noise the primary source of annoyance (Khan et al., 2018). The persistent intrusion of such noise disrupts daily life and contributes to various health issues, further emphasizing its growing dominance as a public concern.

Noise pollution is typically defined by its intensity, duration, and frequency. It is often measured in decibels (dB). However, in environmental noise assessments, the use of A-weighted decibels (dBA) is more common, as it accounts for the varying sensitivity of the human ear to different frequencies. A-weighted decibels provide a more accurate evaluation of noise levels, considering that low and high frequencies are less perceptible to humans. According to the World Health Organization (WHO) report (WHO, 2019), it is strongly recommended that the average noise exposure during daytime hours be reduced to below 53 dBA for road traffic-related noise, as this level of A-weighted equivalent sound pressure (LAeq) is associated with adverse health effects. Noise levels above this threshold are linked to various negative health impacts. Understanding noise impact is crucial for managing its effects on urban populations. Numerous studies have shown that continuous exposure to high noise

levels can not only cause hearing loss (Redman et al., 2022; Welch et al., 2023), but also lead to psychological health issues such as stress, anxiety, depression and fatigue (Ma et al., 2020; Stansfeld et al., 2021; Petri et al., 2021; Gong et al., 2022). According to a European Environment Agency report, road noise pollution is associated with approximately 10,100 premature deaths annually across 32 European countries, highlighting its critical role as an escalating environmental and health concern (Peris et al., 2020).

The increase in noise pollution is attributed to several factors, including traffic (Wang et al., 2022), construction activities (Lee and Hong, 2019), social interactions and various events (Sors et al., 2019). The resulting noise pollution not only negatively affects attention and learning processes in the short term but can also impact students' academic performance due to prolonged and continuous exposure (Shukla and Tandel, 2024). Specifically, classroom teaching requires a process of thinking and comprehension, and noise on campus can distract students, which can hinder the effectiveness of teaching. Furthermore, individuals exposed to prolonged noise are likely to experience psychological and cognitive effects, not only during class but also afterwards. Generally, verbal communication, teaching and learning, mental activities and sleep are often the most affected (Gilani and Mir, 2022; Natarajan et al., 2023).

In recent years, the level of noise on university campuses has become increasingly complex and varied. A study at the University of Technology Malaysia examined environmental noise problems. Within the scope of the study, one-hour measurements were taken at 24 different points on the campus during working hours. According to the results, 95.8% of the measurements exceeded the permissible limits determined by the Department of Environment (Haron et al., 2015). A study conducted at the Çukurova University



campus examined the effects of traffic-related noise pollution between 2010 and 2017. The study created noise maps during the day and evening hours using SoundPLAN 7.4 software, and these maps were compared with the noise threshold values determined by the European Union. The results showed that noise levels of 60 dB(A) and above increased in 2017 compared to 2010, and faculty buildings that did not provide protection against noise were particularly affected (Çolakkadıoğlu et al., 2018). A study conducted at the Federal University of Juiz de Fora in Brazil examined the effects of noise pollution on user perception and behavior. Sound measurements made at 32 outdoor and 11 indoor locations were compared with national standards and the recommendations of the WHO. According to the results, 87% of outdoor measurements exceeded NBR 10.151 limits, and 53% exceeded WHO limits (de Souza et al., 2020). In a study conducted at the University of Jos in Nigeria, noise levels on campus were examined and traffic and students were identified as the main noise sources. Most of the measurements made at 17 locations were observed to be above the WHO standards. A value above the educational area limit of 50 dB was recorded (Akintunde et al., 2020).

In this study, noise pollution on the Osmanbey Campus of Harran University was examined through measurements taken at 11 different points using the SoundPlan 7.4 model. Measurements were conducted during the day, evening, and night, and the collected data were compared with the recommended limit values outlined in the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region. The highest daytime noise level was recorded at point 2, with 74.90 dBA. The lowest value was observed at point 5, with 63.10 dBA. In areas with

numerous educational buildings and student dormitories within the campus, noise levels tend to rise due to heavy pedestrian and vehicle traffic. This study aims to improve the understanding of noise pollution within the campus and contribute to the development of strategies to mitigate this issue.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Study area and selection of measure points

For this study, Harran University's Osmanbey Campus was selected as the primary site for noise pollution measurements (Figure 1). Harran University, located in Şanlıurfa, in Türkiye's Southeastern Anatolia Region, was founded in 1987. Educational activities are conducted across three campuses: Osmanbey, Yenişehir, and Eyyübiye. The Osmanbey Campus, established in 2003, spans 15 km<sup>2</sup> and serves as the main hub of the university's academic and research activities within its total area of 27 km<sup>2</sup> (Rastgeldi Dogan, 2019). Additionally, the Osmanbey Campus is approximately 18 km from the city center, which means that staff and students typically travel to the campus by bus or private vehicles.

The university comprises 13 faculties, 3 vocational schools, 1 state conservatory, 14 vocational high schools, 3 institutes, and 14 research and application centers. As of 2023, Harran University hosts 28,716 students, making it a bustling academic hub (Harran University, 2023). This substantial student and staff population contributes to potential noise pollution, particularly from traffic. In large campuses like Osmanbey, managing noise levels and mitigating environmental impacts are critical areas of focus.



**Figure 1.** Study area location and noise measurement points within the campus

Within the scope of this study, a total of 11 points were selected in Harran University Osmanbey Campus where road noise levels could be observed intensively. These points were determined especially in the intersections located within the campus

and were determined in order to determine the noise sources and to observe their distribution in a balanced way. The measurement points and coordinates are presented in Table 1.

**Table 1.** Measurement points and coordinates for noise observation

X Coordinate	Y Coordinate	Measurement Point	Name Of The Measuring Point
499608.42	4114716.71	1	Campus Entrance
499640.72	4114902.41	2	Collection Stop
500024.24	4115036.39	3	Science-Literature Junction
500271.82	4115226.57	4	Agriculture Faculty Junction
500459.52	4115480.38	5	"Besyo" Junction
500490.36	4115642.66	6	Engineering Faculty Junction
499875.82	4115862.80	7	Dormitory Stop
499646.47	4115818.90	8	Mosque Junction
499660.47	4115501.20	9	Lodging Junction
499542.36	4115224.04	10	Theology Faculty Junction
499566.22	4114811.79	11	Hospital Junction

It is seen that Harran University is at a critical point in terms of noise pollution due to the increase in vehicle density parallel to

the rapidly increasing number of students and staff in recent years and the visitor traffic coming to the hospital located on the

campus. One of the selected measurement points also covers the vicinity of the hospital on the campus, which enabled the study to represent different density points within the university.

## 2.2 Using the soundplan model for noise measurement

For making a noise map of Osmanbey campus is used SoundPLAN 7.4 (64-bit) software with the NMPB 96 calculation method to process modeling data. SoundPLAN has been on the market since 1986 (WKC Technology Ltd., 2024). It enjoys the largest number of noise simulation software users worldwide. The complete noise propagation into the environment makes this software the ideal tool for engineers working in the fields of noise planning, noise in the workplace, noise mapping and as part of general environmental assessment studies (Öngel and Sezgin, 2017; Çolakkadıoğlu et al., 2018; Chan et al., 2019). The unsurpassed numerical and graphical presentations make it easy to explain findings to the public and to researchers. It is used by governments, consultants and researchers in many countries and is the world's leading environmental prediction software. The first step in the mapping process involved importing the site plan of the Harran University's Osmanbey campus into SoundPLAN. The campus's topographical characteristics were then modeled in three dimensions to ensure accurate representation. This step provided a detailed foundation for noise modeling and analysis, enabling the integration of relevant

environmental and structural parameters into the simulation process.

According to the recommendations of the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region, the following indicators are used to establish noise standards: setting environmental noise level limits, assessing and predicting noise exposure, creating strategic noise maps, and planning measures for noise protection.

Indicator for noise disturbance during the day ( $L_d$ ) or daily noise level which is A-equivalent long-term average sound level.

Indicator for noise disturbance during the evening ( $L_e$ ) or evening noise level which is A-equivalent long-term average sound level.

Indicator for noise disturbance during the night ( $L_n$ ) or night noise level which is A-equivalent long-term average sound level.

According to the Regulations for application of noise indicators, additional indicators of noise, method of measuring noise and methods of assessment indicators for noise in the environment the indicator for noise disturbance during the day ( $L_d$ ) covers the period of 12 hours, from 07:00 to 19:00, indicator for noise disturbance during the evening ( $L_e$ ) covers the period of 4 hours, from 19:00 to 23:00 and indicator for noise disturbance during the night ( $L_n$ ) covers the period of 8 hours, from 23:00 to 07:00.

In the SoundPLAN Manager, emission time slices are defined for analysis. Figure 2 provides an overview of the software interface.



**Figure 2.** The interface of the SoundPLAN software

The following fundamental acoustic equations are applied to determine the

sound pressure level in the noise mapping process:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_2}^{t_1} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad (1)$$

where  $L_{Aeq,T}$  is the equivalent continuous A-weighted sound pressure level, in dB, determined over a time interval T starting at  $t_1$  and ending at  $t_2$ ;  $p_0$  is the

reference sound pressure ( $20 \mu\text{Pa}$ ); and  $p_A(t)$  is the instantaneous weighted sound pressure of the sound signal.

$$L_p = L_w - 20 \log(r) - 8 \quad (2)$$

$L_p$  represents the sound pressure level in dB(A),  $L_w$  refers to the sound power level of the source in dB(A), and  $r$  is the distance over which the noise propagates from a point source on a flat surface. The sound power level can be input directly or via the software's library.

In this study, all parameters necessary for constructing the noise map were carefully defined and incorporated using the SoundPlan 7.4 software. These parameters

encompassed details about buildings, area sources, and traffic characteristics. Campus buildings were categorized according to their functions, and key attributes such as their heights and number of floors were included in the model. Similarly, traffic-related inputs, including lane dimensions, speed limits, and vehicle flow rates, were also specified to ensure accurate noise simulations.

### 2.3. Method

The measurements were conducted by technical personnel using the Testo 861-1 sound level meter as shown in Figure 3, available at Harran University's Environmental Engineering Air and Noise Laboratory, in accordance with ISO 1996-1 and ISO 1996-2 standards. This Type 2 device is calibrated with a certified calibrator at the beginning of each

measurement and can perform A-weighted decibel (dBA) measurements, accurately reflecting human auditory sensitivity. Measurements were taken during peak traffic hours across the daytime, evening and nighttime periods, ensuring reliable data for environmental noise pollution analysis. Vehicle counts were conducted at an observation point with a clear view of the road, using camera recordings to record traffic during the specified time frames.



**Figure 3.** Noise measurement process and the Testo 861-1 noise measuring device

The evaluation of traffic noise levels was conducted with reference to the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region (World Health Organization, 2018), which recommend a threshold of 53 dBA for L<sub>d</sub> and L<sub>e</sub> (day and evening), and 45 dBA for L<sub>n</sub> (nighttime noise). These values served as reference standards to evaluate the environmental noise levels at different times of the day. They were critical in determining whether the measured noise levels on campus exceeded acceptable limits, thus identifying areas that required urgent intervention. The comparison of the measured noise levels with these thresholds provided a comprehensive assessment of noise pollution on the Osmanbey Campus.

### 3. Results and Discussion

Analysis of noise measurements taken across the Osmanbey Campus, focusing on day (L<sub>d</sub>), evening (L<sub>e</sub>), and night (L<sub>n</sub>)

levels, reveals critical insights into the acoustic environment of the area. The results are presented in Table 2, which summarizes the calculated and measured values along with their differences for each observation point. These findings facilitate a detailed examination of noise dynamics across various campus zones, enabling the identification of high-noise areas. Notably, all values measured for L<sub>d</sub>, L<sub>e</sub>, and L<sub>n</sub> exceed the limits recommended by the WHO, which specifies thresholds of 53 dBA for daytime and evening and 45 dBA for nighttime. This significant exceedance is a matter of concern, as prolonged exposure to such high noise levels can lead to adverse health and well-being impacts on campus residents and visitors. The data underline the urgent need for targeted noise mitigation strategies to address these critical areas and improve the acoustic quality of the campus environment.

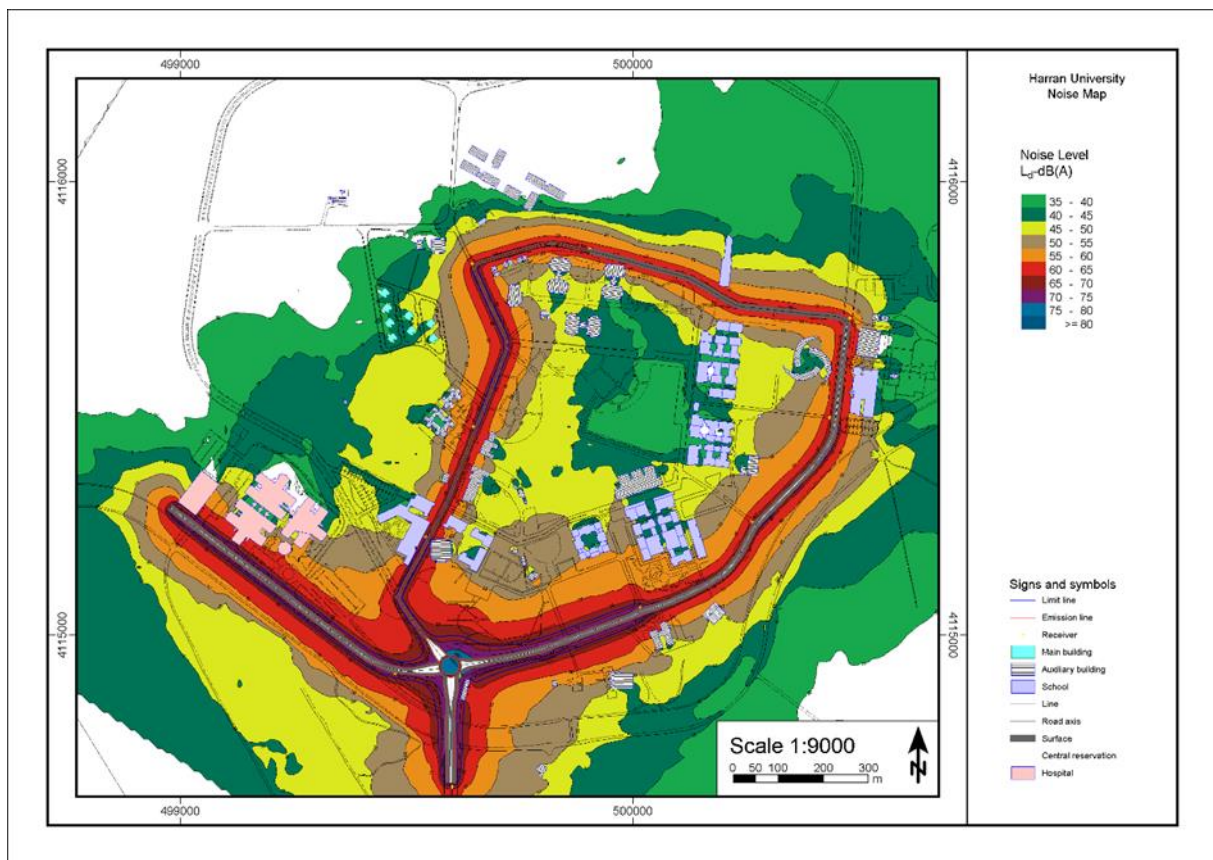
**Table 2.** Comparison of Calculated and Measured Noise Levels Across Measurement Points

Measurement Point	Calculated Value		
	Ld	Le	Ln
1	66,50	60,10	58,30
2	74,90	67,30	64,80
3	72,60	66,00	63,50
4	66,90	56,30	62,00
5	63,10	56,70	56,40
6	62,50	56,60	58,90
7	65,70	62,10	62,60
8	65,70	60,90	60,40
9	66,80	60,00	60,10
10	66,60	61,20	57,00
11	72,30	66,70	60,40

### 3.1. Ld noise measurement

Ld (07:00-19:00) is the time period when the campus is at its busiest. During this period, factors such as traffic density, student and staff mobility significantly increase noise levels. Daytime

measurements provide a critical database for understanding the noise levels across the campus and identifying particularly busy areas. Figure 4 presents the Ld values measured at Osmanbey Campus, allowing visualization and analysis of noise levels in different areas.



**Figure 4.** Daytime noise levels (Ld) across campus

The noise levels (Ld) measured during the daytime reveal the basic acoustic structure throughout the campus. The data calculated with SoundPlan 7.4 software provide a more comprehensive picture compared to the measured values, as it takes into account not only vehicle traffic but also factors that may affect the propagation of noise (distance of buildings to the road, wooded areas, road width). The Ld values obtained at Osmanbey Campus showed significant variation. These differences were closely related to the functional and environmental conditions of different areas within the campus. The highest Lday value was measured in the 2nd point area (74.90 dBA). This area is one of the busiest points on the campus. It is the last stop of buses coming from the city and a transfer point where students who want to go to the city center gather. Bus movements, stopping and engine starting operations throughout the day keep the noise level of this area constantly high. In a similar study (de Souza et al., 2020), the highest daytime noise level was recorded as 70-71 dBA. Compared to our findings, this indicates that the noise levels at Osmanbey Campus are noticeably higher, likely due to increased traffic density at the entrance and greater human activity factors in the measured areas. In addition, individual vehicles, especially going towards the hospital, medical school and cafeteria and passing through this area, is another important factor that increases the noise.

Another high Lday value was recorded at Point 3 (72.60 dBA). This point is an intersection where the Faculty of Arts and Sciences, one of the academic centers of the campus, is located and is used intensively by students. In this area where pedestrian and vehicle traffic in the surroundings meet, in addition to the entrances and exits to the faculty buildings, vehicle movement within the campus also creates a significant source of noise. The traffic, which is especially intense at the beginning and end of class hours, causes the noise level to increase significantly. Since the noise at this point is

at a level that can affect academic functioning on campus, the noise control measures to be taken here will be of great importance.

Similarly, point 11 stands out as another area that draws attention with 72.30 dBA. This point is located on the main road providing access to the campus hospital, and the source of the noise varies. The frequent use of this point by ambulances, hospital logistics vehicles, and individual visitors leads to constant traffic movement. The increasing patient entry and exit density, as well as personnel traffic in the morning hours, cause the noise level to remain high throughout the day. In addition, the background noise created by hospital logistics operations is also an important part of the noise levels at this point. In a study by Çolakkadıoğlu et al. (2018), it was found that the Balcalı Research Hospital in the study area was exposed to 45–60 dB(A) noise levels throughout the day. Compared to these findings, the noise levels at point 11 on Osmanbey Campus are significantly higher. This difference could be attributed to the higher traffic density and logistics activity near the campus hospital, highlighting the need for urgent noise management strategies in this sensitive area.

Point 1, which functions as the main entrance of the campus, has a medium-high Ld level of 66.50 dBA. This area draws attention as an area where vehicles entering the campus are concentrated. Especially in the morning hours, the slowing down, stopping and accelerating of service vehicles, buses and individual cars during the entrance causes the noise level to increase. As the traffic decreases later in the day, the noise levels in this area decrease relatively, but this point remains active throughout the day due to its function as an entrance area.

Similarly, point 9 offers a medium Ld level of 66.80 dBA. This point draws attention as it is close to the campus lodgings. During the daytime, daily activities, working vehicles and logistics

operations around the residence create a moderate level of noise in this area, while generally having a quieter environment. Since the residence area is a resting area for campus residents, keeping these noise levels low is an important requirement in terms of improving the quality of life.

Areas such as point 4 and point 5 have relatively lower levels of noise. For example, point 4 is an area where the Faculty of Agriculture is located and intensive agricultural work is carried out. The noise here can mostly be caused by the occasional agricultural activities. Point 5 is an area close to sports sciences and has a less intense traffic flow with 63.10 dBA. Although the noise level in these areas is lower than the average on campus, this situation offers an advantage that supports the academic and social functions of the environment. Noise levels in different parts of the campus, especially in areas with intense human movement such as student dormitories and social areas, are affected by certain social and functional factors. Point 7 is at the top of these points. This area where the dormitories are located is the departure and arrival point of buses, which are an important part of on-campus transportation. The stopping, departure and maneuvering processes of the buses cause an increase in noise levels. In addition, mass movement during students' entry and exit to the dormitories is an important factor that increases noise levels. However, individual vehicle traffic is limited in this area, and the noise generated by buses and students is generally more pronounced. Similarly, although point 8 offers a quieter noise level, there may be a temporary increase in noise, especially during prayer times and mass events. Although such density increases environmental noise levels, this area is generally quite quiet outside of time. Since point 8 functions as the religious center of the campus, it is natural for density in such areas to increase over time and cause an increase in noise. Point 10 is located at the intersection of important academic and administrative centers of the campus. Being

located between the Faculty of Theology, Faculty of Medicine and Dean's Office buildings, this increases the noise levels in this area. The constant movement of vehicles, students and staff entering and exiting the faculty, especially during class hours, determines the noise level of this area. In addition, duty visits to the Dean's Office building and the busy times of the Faculty of Medicine cause the noise levels in the area to increase. Especially during social events and meetings, the intensity of academic and administrative activities in the faculties further increases this noise. The noise in this area can both prevent the efficient conduct of academic activities and negatively affect the general quality of life of campus residents. This intense noise between faculties and administrative buildings should be reduced in order to provide a more peaceful working environment for students and employees. This is especially important for individuals who study or engage in activities that require concentration.

Areas with lower Lday levels are located in quiet areas of the campus. For example, point 6 has one of the lowest values with 62.50 dBA. This area is where the engineering faculty is located and is generally less trafficked. One of the main reasons why the area remains quiet is that it is located at the upper end of the campus and there are not many faculties around it. In addition, the surrounding wooded areas significantly reduce noise by acting as both a visual and acoustic buffer. This quiet environment provides an ideal environment for academic activities and is also quieter than the density in other parts of the campus.

Ld values on campus are directly related to the functions and environmental characteristics of the areas. Areas such as main entrances, transfer points and the hospital have the highest noise levels, while areas such as faculties and the surroundings of the residences remain at lower levels. This analysis provides the basis for the identification and management of noise

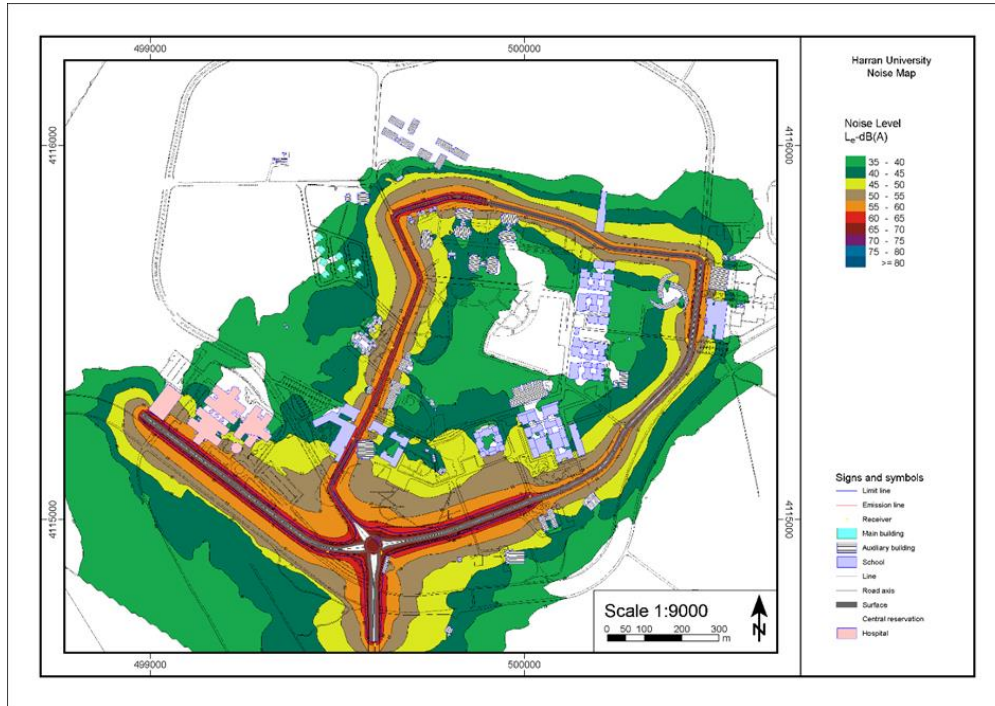


sources throughout the campus, while also allowing strategic recommendations to be developed to increase acoustic comfort.

### 3.2 Le noise measurement

Le (19:00-23:00) represents a time period when social and academic activities

on campus begin to decrease, but activity still continues. During this time, traffic density decreases, while student and staff activities in social areas continue to have a small impact on noise levels. Figure 5 shows detailed noise levels for the evening hours on the Osmanbey Campus.



**Figure 5.** Evening noise levels (Le) across campus

Evening hours are a period when both social and academic activities of the campus continue, but traffic and general mobility begin to decrease compared to daytime hours. The highest Le value was recorded at Point 2 (67.30 dBA). Although noise levels decrease slightly in the evening hours compared to daytime hours (74.90 dBA), the stopping and departure processes of buses keep the noise in this area high. In addition, the exit of personnel buses from the campus during these hours, students waiting at the bus stop and social interactions also contribute to the noise.

Point 11 is another notable point in the evening hours with 66.70 dBA. This area is located on the main route providing access to the hospital and the traffic, which is especially concentrated during the evening

work hours, leads to high Le values. This point, where ambulance passages and individual vehicle mobility continue, plays a decisive role in the noise level of the hospital environment. Point 3 stands out as an academic intersection with 66.00 dBA. In the evening hours, the use of this area as both a social meeting point and an area where activities continue after class causes the noise levels to remain relatively high. In particular, the effect of the cafeteria or resting areas around this area is a noticeable noise source in the evening hours.

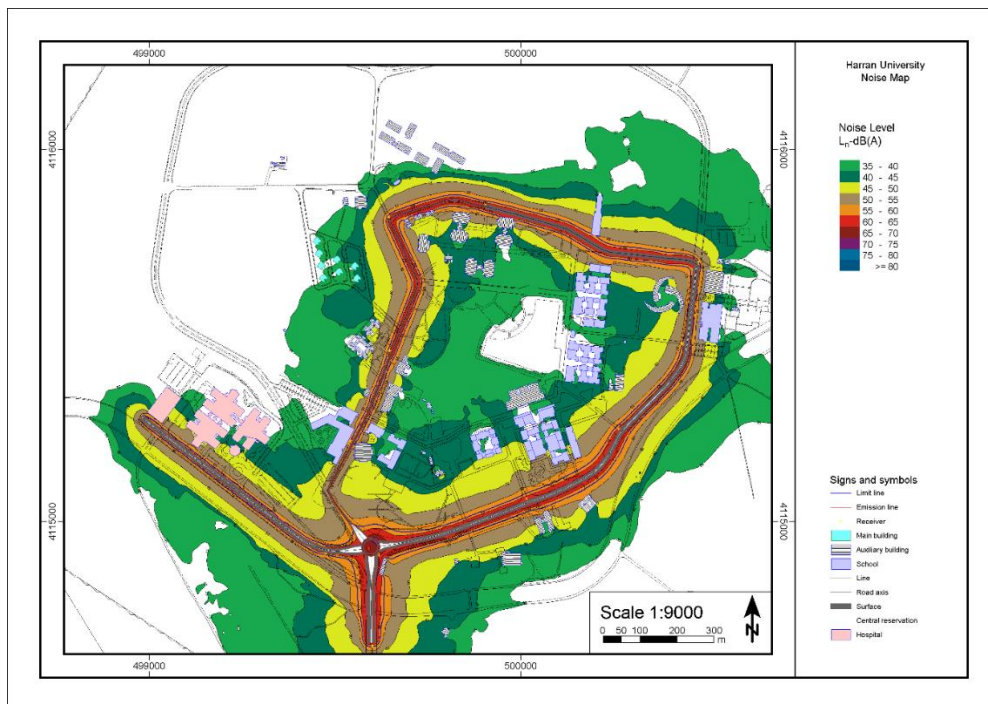
Point 7 has a moderate Le value of 62.10 dBA. Since this point is an area where student dormitories are located, the activity continues partially in the evening hours. Students entering and exiting the dormitories, campus shuttles and social

activities prevent the noise level from completely decreasing in this area in the evening hours. Lower  $L_n$  values are generally measured in quiet areas. For example, point 6 offers one of the lowest values of 56.60 dBA. Point 4 recorded a value of 56.30 dBA, making it a quieter zone on the Osmanbey Campus. This point is located near the Faculty of Agriculture, an area characterized by relatively low pedestrian and vehicular activity during evening hours. The agricultural focus of the area, combined with limited evening usage, contributes to the reduced noise levels observed here compared to busier parts of the campus. When compared with a study reporting minimum mean noise levels of 53.61 dBA near an Agriculture Faculty (Özer et al., 2014), a clear similarity is observed. Both locations are situated near faculties with agricultural activities, which tend to experience less human and vehicular traffic, especially during evening hours. While Point 4's noise level is slightly higher, likely due to localized campus dynamics, both areas exhibit lower noise levels compared to other parts of their respective campuses. These findings highlight that agricultural

faculties or their surroundings typically offer quieter environments, likely due to their peripheral locations and specialized usage patterns that naturally limit evening activity. This area is generally located between academic units and where vehicle and pedestrian traffic decreases significantly in the evening hours.  $L_n$  values offer a special reflection of the social and academic activity on campus in the evening hours. Areas such as bus stops, hospitals and student dormitories stand out as the main sources of noise during this time period. The existence of quieter areas (such as the engineering faculty area) in the evening hours reveals the diversity within the campus and the change in the noise levels.

### 3.3 $L_n$ noise measurement

$L_n$  is a time period when the overall activity on campus is at its lowest, but some areas are still exposed to noise. These measurements are particularly important for assessing the tranquility of recreational areas on campus. Figure 6 shows noise levels during night hours, providing a basis for identifying quiet areas and areas requiring improvement.



**Figure 6.** Nighttime noise levels ( $L_n$ ) across campus

Although noise levels are generally lower throughout the campus at night, some points continue to have a certain noise level throughout the night.

Point 2 shows the highest value on campus in terms of nighttime noise levels, with 64.80 dBA. Buses passing at night, starting and stopping their engines, cause noise levels to remain high at this point throughout the night. In addition, this area is constantly in motion due to being located at a busy access point of the campus. This makes it difficult to provide a peaceful environment for campus residents, especially at night. The persistent traffic activity throughout the night can be an obstacle for students and staff who wish to rest, so reducing noise levels at this point is critical to improving the quality of campus life. A similar situation is reported by Lannace et al (2021) in their study, where areas affected by nightlife generate noise levels between 85 dBA to 90 dBA. This study found that such noise caused significant disturbances for residents, leading to conflicts between patrons, club managers, and residents. The constant movement and noise in these areas created uncomfortable conditions, particularly at night. Similarly, in this study, the high nighttime noise levels at Point 2, combined with continuous traffic and movement, highlight the discomfort noise causes for those seeking peace, particularly during nighttime. These findings underscore the critical need to address nighttime noise pollution to improve the overall living conditions for residents in both urban and campus settings.

While noise levels generally decrease throughout the campus at night, some points maintain a significant noise level due to factors such as human and vehicle traffic. For example, point 3 stands out as a busy academic area even at night with 63.50 dBA. Extracurricular activities, group work and social interactions of students increase the noise in this area. Similarly, point 7 stands out as an area where student dormitories are located with 62.60 dBA.

The stops and passages of buses on campus and the movement of students around the dormitories increase the noise levels at this point. Point 4 has a certain noise level with 62.00 dBA due to the low night traffic movement. On the other hand, points 8 and 9 are among the areas with medium noise. These points maintain a certain sound intensity with 60.40 dBA and 60.10 dBA, respectively, due to reasons such as human movement and bus passages at night. Point 11 creates a significant noise source with 58.57 dBA due to ambulance passages and hospital activities continuing throughout the night. Point 6, located near the stadium, has a noise level of 58.90 dBA during the night, which is primarily due to low traffic and student activities. Although the stadium is situated nearby, it was not used for any night activities, and no sports matches took place during the measurement period. This is in contrast to a study by Akintunde et al. (2020), which recorded the highest average noise level of 76.4 dB during the morning hours over a 1-week period at J.T. Useni Stadium. This stark difference highlights how the presence of a stadium, when actively used for events, can significantly elevate local noise levels, far exceeding those observed in this study on the Osmanbey Campus.

Point 5 has the lowest night noise level on campus with 56.40 dBA. The main reason for the quietness of this area is that there is no heavy traffic and active social areas around it. This area, which draws attention with its proximity to the Faculty of Sports Sciences, has a very calm atmosphere at night due to the sports facilities generally used during the day. In addition, the low density of buildings and structures in this area, combined with the natural environment, creates an acoustic buffer zone and ensures that noise levels remain low. The low nighttime activities around the sports fields also make this area one of the most peaceful places on campus.

All Ln measurement points exceeded the highway environmental noise limit value of 55 dBA. This situation makes it difficult to

provide a peaceful environment for campus residents, especially at night. Long-term high noise levels at night can negatively affect the sleep quality of students staying in the dormitory and campus security personnel, and harm their physical and mental health. It also carries the risk of decreasing academic success and overall living comfort. Therefore, controlling noise sources and implementing acoustic improvement strategies stand out as a critical necessity to improve the quality of campus life.

#### **4. Conclusion**

This study comprehensively analyzes noise pollution levels between various points on the Osmanbey Campus, highlighting the effects of noise exposure over time periods. The findings aim to contribute to a broader understanding of how environmental factors, traffic patterns, human mobility, and campus functions affect the acoustic structure in academic environments.

The importance of weighted noise levels ( $L_d$ ,  $L_e$  and  $L_n$ ) over time in a holistic assessment of acoustic pollution is demonstrated. Differentiating noise levels between daytime, evening and nighttime allowed for a more precise determination of critical noise points. In terms of practical applications, this study highlights the need for targeted noise reduction strategies in areas with high noise exposure. In particular, areas with intense noise such as bus stops, academic centers, and hospital areas should be prioritized for interventions aimed at reducing noise exposure. Among the suggestions that can be developed are encouraging the use of existing bicycles and walking paths within the campus. Providing bicycles and improving the safety of roads to encourage bicycle use. Walking paths can be made more attractive with rest areas and lighting. In addition, electric scooter and bicycle rental systems can be established on campus.

A “green transportation hours” application can be initiated to increase the preference for bicycle and walking paths

during busy traffic hours on campus. This application can balance bus and vehicle traffic while encouraging students to use alternative transportation methods. In addition, awards can be offered to students who prefer bicycle and walking paths for transportation. Such incentives can encourage students to adopt environmentally friendly transportation habits, reduce traffic density on campus and reduce noise generation.

The creation of sound barriers or acoustic landscaping in high traffic areas and the creation of quiet zones close to academic and student residential areas are necessary. In addition, noise regulations and better noise planning regarding the organization of evening and nighttime events are important to prevent disruption of campus life.

In addition, continuous monitoring of noise levels is of great importance to evaluate the effectiveness of implemented noise control measures and to adapt according to changes in campus use. Regular evaluations can help identify new trends in noise pollution sources and quickly intervene in possible increases.

In conclusion, by adopting a data-driven approach and implementing recommended measures, it will be possible to create a more comfortable acoustic environment that will support academic success and living comfort in the campus environment.

#### **Declaration of Author Contributions**

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

#### **Declaration of Conflicts of Interest**

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### **Acknowledgment**

We would like to thank Harran University for allowing us to carry out the measurements on the Osmanbey Campus.

## References

- Akintunde, E.A., Bayei, J.Y., Akintunde, J.A., 2020. Noise level mapping in University of Jos, Nigeria. *Geo Journal*, 1-13.
- Chan, G., Sen, G., Genfeng, Z., 2019. Research on rapid detection and control mechanism of urban traffic noise impact based on Soundplan software simulation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, No. 5.
- Çolakkadıoğlu, D., Yücel, M., 2017. Modeling of Tarsus-Adana-Gaziantep highway-induced noise pollution within the scope of Adana city and estimated the affected population. *Applied Acoustics*, 115: 158-165.
- Çolakkadıoğlu, D., Yücel, M., Kahveci, B., Aydınol, Ö., 2018. Determination of noise pollution on university campuses: a case study at Çukurova University campus in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190: 1-14.
- de Souza, T.B., Alberto, K.C., Barbosa, S.A., 2020. Evaluation of noise pollution related to human perception in a university campus in Brazil. *Applied Acoustics*, 157: 107023.
- Gilani, T.A., Mir, M.S., 2022. A study on road traffic noise exposure and prevalence of insomnia. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(27): 41065-41080.
- Goines, L., Hagler, L., 2007. Noise pollution: a modern plague. *Southern Medical Journal*, 100(3): 287-94.
- Gong, X., Fenech, B., Blackmore, C., Chen, Y., Rodgers, G., Gulliver, J., Hansell, A.L., 2022. Association between noise annoyance and mental health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5): 2696.
- Haron, Z., Han, L.M., Darus, N., Lee, Y.L., Jahya, Z., Hamid, M.F.A., Shek, P.N., 2015. A preliminary study of environmental noise in public university. *Jurnal Teknologi*, 77(16).
- Harran University. (2024). Birim içi değerlendirme raporu (BİDR) 2023. (<https://ogrenci.harran.edu.tr/assets/uploads/sites/137/files/birim-ici-degerlendirme-raporu-bidr-2023-07022024.pdf>), (Accessed: 01.06.2024)
- Iannace, G., Trematerra, A., Lombardi, I., 2021. Effects of nightlife noise in a city center. *Noise Mapping*, 8(1): 228-235.
- Khan, J., Ketznel, M., Kakosimos, K., Sørensen, M., Jensen, S.S., 2018. Road traffic air and noise pollution exposure assessment—A review of tools and techniques. *Science of the Total Environment*, 634: 661-676.
- Kumari, S., Sharma, A., Ghosh, A.K., 2023. Noise pollution and associated health impacts at ganeshpeth bus terminus in Nagpur, India. *Noise Mapping*, 10(1): 20220168.
- Lee, S.C., Kim, J.H., Hong, J.Y., 2019. Characterizing perceived aspects of adverse impact of noise on construction managers on construction sites. *Building and Environment*, 152: 17-27.
- Ma, J., Li, C., Kwan, M.P., Kou, L., Chai, Y., 2020. Assessing personal noise exposure and its relationship with mental health in Beijing based on individuals' space-time behavior. *Environment International*, 139: 105737.
- Natarajan, N., Batts, S., Stankovic, K.M., 2023. Noise-induced hearing loss. *Journal of Clinical Medicine*, 12(6): 2347.
- Öngel, A., Sezgin, F., 2017. Trafik gürültüsünü etkileyen faktörlerin soundplan 6.5 programı ile incelenmesi. *Teknik Dergi*, 28(1): 7669-7684.
- Özer, S., Zengin, M., Yılmaz, H., 2014. Determination of the noise pollution on university (education) campuses: a case study of Atatürk University, Ekoloji.
- Peris, E., 2020. Environmental noise in Europe: 2020. *European Environment Agency*, 104.

- Petri, D., Licitra, G., Vigotti, M.A., Fredianelli, L., 2021. Effects of exposure to road, railway, airport and recreational noise on blood pressure and hypertension. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17): 9145.
- Rastgeldi Doğan, T., 2019. An investigation of indoor air quality in old and new campus buildings: Harran University. In M. Özyavuz (Ed.), *New approaches to spatial planning and design: Planning, design, applications*, Berlin, Germany: Peter Lang Verlag, pp. 545–559.
- Redman, Y., Vercelli, C., Cantor-Cutiva, L.C., Bottalico, P., 2022. Work-related communicative profile of voice teachers: effects of classroom noise on voice and hearing abilities. *Journal of Voice*, 36(2): 291-e17.
- Shukla, A., Tandel, B.N., 2024. Association of road traffic noise exposure and school childrens' cognition: A structural equation model approach. *Environmental Research*, 240: 117388.
- Sors, F., Tomé Lourido, D., Parisi, V., Santoro, I., Galmonte, A., Agostini, T., Murgia, M., 2019. Pressing crowd noise impairs the ability of anxious basketball referees to discriminate fouls. *Frontiers in Psychology*, 10: 498770.
- Stansfeld, S., Clark, C., Smuk, M., Gallacher, J., Babisch, W., 2021. Road traffic noise, noise sensitivity, noise annoyance, psychological and physical health and mortality. *Environmental Health*, 20: 1-15.
- Wang, H., Wu, Z., Chen, J., Chen, L., 2022. Evaluation of road traffic noise exposure considering differential crowd characteristics. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 105: 103250.
- Welch, D., Shepherd, D., Dirks, K.N., Reddy, R., 2023. Health effects of transport noise. *Transport Reviews*, 43(6): 1190-1210.
- WKC Technology Ltd. 2024. About us. Retrieved from <https://soundplan-uk.com/about-us/> (Accessed: 10.06.2024)
- World Health Organization, 2018. Environmental noise guidelines for the European region.
- World Health Organization, 2019. Environmental noise guidelines for the European Region. World Health Organization. (<https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>) (Accessed: 10.06.2024).

---

**To Cite:** Rastgeldi Dogan, T., Karakuş, C.B., Suzergoz, A., 2024. Mapping Environmental Noise from Road Transportation Using SoundPLAN: The Case of Harran University Osmanbey Campus. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1130–1145.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14359242>.

---

## Ahşap Elemanlarda Nem Değerlerinin Ölçülümünde Kullanılan Cihazlar ve Yeni Bir Cihaz Önerisi

Mustafa Emin TOPRAKCI <sup>1\*</sup>, Ali URAL <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [emin.toprakci@micom.com.tr](mailto:emin.toprakci@micom.com.tr)

**Geliş Tarihi (Received):** 16.08.2024

**Kabul Tarihi (Accepted):** 30.09.2024

### Özet

Ahşap elemanların nem ile ilişkileri ekonomik ve teknik açıdan önem arz etmektedir. Çünkü ahşap elemanların nem oranı değişimi ile, özellikle işlenme özellikleri ve mekanik davranışları gibi önemli yapısal davranışları değişiklik göstermektedir. Bir ahşap malzemede rutubet miktarının tayini, eskiden beri kullanılan kurutma yöntemlerinin yanında artık elektrikli rutubet ölçerler ile yapılmaktadır. Ahşap nem ölçümünde kullanılan bu tip cihazlar genel olarak yurt dışından ithal edilmekle birlikte, fiziki ve teknik yapı eksikliklerinden dolayı sadece kısıtlı özelliklere sahip olmaktadır. Ayrıca yurtdışından dövizle alındığı için yüksek maliyete sahiptirler. Bu sebeple ahşapta nem ölçümünde maliyeti düşürmek ve yerli milli ahşap nem ölçerimizin üretilmesinde yeni bir öneri oluşturmak amacıyla çalışma hazırlanmıştır. Ahşapta nem ölçümünü, otomasyon sistemi tasarımlarında sıklıkla tercih edilen ve aynı zamanda ekonomik çözüm üretimine elverişli Arduino sistem üzerine kurmak tercih edilmiştir. Oluşturduğumuz cihaz ile farklı tür ahşaplardan aldığımız nem ölçüm değerleri, piyasada mevcut cihazların nem ölçüm değerleri ile karşılaştırılmış ve grafikler üzerinde gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arduino, ahşap, nem, nem ölçme, nem ölçer

### Devices Used in Measurement of Moisture Values in Wooden Elements and a New Device Proposal

### Abstract

The relationship of wooden elements with humidity is of economic and technical importance. This is because the important structural behaviour of timber elements, especially their processing properties and mechanical behaviour, changes with the change in moisture content. The determination of the amount of moisture in a wood material is now carried out with electric moisture meters in addition to the drying methods used in the past. This type of devices used in wood moisture measurement are generally imported from abroad, but they have only limited features due to their physical and technical structure deficiencies. In addition, they have high costs as they are purchased from abroad in foreign currency. It has been preferred to install the moisture measurement in wood on the Arduino system, which is frequently preferred in automation system designs and is also suitable for the production of economic solutions. The moisture measurement values obtained from different types of woods with the device we have created are compared with the moisture measurement values of the devices available in the market and shown on graphs

**Keywords:** Arduino, wood, moisture, measuring moisture, moisture meter

## 1. Giriş

Ahşap elemanlarda nem miktarının tespiti önemli bir husus olmasının yanında, genelde zor ve zahmetli bir yöntem olan kurutma metodu ile yapılmaktadır. Kurutma yönteminin en büyük sorunlarından biri, nem miktarını hesaplamasının birkaç gün süre almasıdır. Özellikle bazı ahşap türlerinde kurutma işlemi esmasında, ısı etkisi ile ahşabın içerdiği sudan başka uçucu maddelerin de yok olması sebebi ile hatalı nem oranları tespit edilmektedir.

Yıllar öncesine dayanan ahşap elemanlarda nem oranını kurutma metodları ile belirlemenin yanında, artık günümüzde daha kolay ve hızlı bir yöntem olan elektrikli rutubet ölçerler ile nem oranı tespit edilmektedir. Yapı sektöründe sık kullanılan kerestede gibi ahşap yapı malzemelerinde genelde nem oranı direnç tipi elektrikli rutubet ölçerlerle yapılmaktadır. Direnç tipi elektrikli nem ölçüm cihazlarında, genel olarak ahşap yapı malzemesi içerisine saplanan metal elektrotların uçları arasındaki elektriksel direnç ölçülmektedir. Bu yöntem sayesinde ahşap yapı malzemelerinin farklı derinliklerindeki nem miktarının tespiti kolaylıkla belirlenmektedir.

Ahşap nem ölçümünde kullanılan bu tip cihazlar genel olarak yurt dışından ithal edilmekte ve yüksek maliyetli olmaktadır. Bu cihazlar, belirli aralıklarla ahşap numune üzerinden ölçüm değerlerini alıp, cihaz dışında pc veya dizüstü pc türü bir cihaza aktarabilme kabiliyetine sahip olmadıkları gibi, uzun süre defalarca ölçüm yapabilecek batarya sistemine de sahip değildir. Ayrıca probsuz veya kısa boyutlu problu olmaları gibi fiziki yapı eksikliklerinden dolayı sadece yüzeysel nem durumunu ölçebilmektedirler.

Ahşap elemanların yapısal davranışları konusunda çalışmalarımızda kullanmayı planladığımız ahşap nem ölçer cihazının tasarlanması ve üretimi ile ilgili yurdumuzda ve yurt dışında yapılan çalışmalarla ilgili literatür araştırmaları

yapılmış olup, benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızın amacı, önemli bir husus olan ahşapta nem ölçümünü yerli ve milli imkanlarla geliştireceğimiz bir cihazla gerçekleştirmek ve bu cihazı mümkün olduğu kadar gelişmiş özelliklere sahip etmektir.

### 1.1. Ahşap elemanlarda nem ölçümü

Ahşap elemanların nem ile ilişkileri ekonomik ve teknik açıdan önem arz etmektedir. Çünkü ahşap elemanlarda nem miktarı değişimi ile;

1. Ahşap hacminin değişmesi
2. Yükleme ve taşımada hem ağırlığın hem de maliyetin yükselmesi
3. Suda yüzme becerisi
4. Oluşacak mantarların ahşabı çürütme etkisine karşı gösterdiği direnç
5. Ahşabın özgül ağırlığın değişimi
6. Ahşabın mekanik özelliklerin değişimi
7. Malzemenin işlenme özelliklerinin değişimi
8. Ahşabın ısı değerinin değişimi
9. Ahşabın kurutulması
10. Ahşabın bükülme özellikleri değişir.

Ahşap elemanlarda nem kaybı ile; ahşap mobilyaların birleşme yerlerinde gevşemeler, dönme ve çukurlaşmalar, ahşap parkelerin aralarında açılmalar, pencere çerçeve köşelerinde ve özellikle kapı, pencere gibi ahşap doğramalarda çaplanmalar ve açılmalar meydana gelebilir. Ahşapta nem miktarının artmasıyla beraber, ahşap elemanlarda çürüme ve renk değişimine yol açan mantarlara karşı hassasiyet olumsuz yönde artar. Ayrıca bazı nem değerlerinde böceklerin sebep olduğu hasarlar görülür.

Yıllar öncesine dayanan ahşap elemanlarda kurutma yöntemleri dışında, artık günümüzde elektrikli rutubet ölçerler kullanılarak kereste, kaplama levha ve yongalarda rutubet tayini yapılmaktadır. Bu cihazlar çok kısa bir sürede kolay bir işleme ahşap elemanlarda nem oranını tespit ettikleri için, endüstriyel amaçla sıklıkla kullanılmaktadır.



Ahşap sektöründe kullanılan diğer bir nem ölçüm cihazı da, kapasite rutubet ölçer tipi cihazlardır. Bu tip cihazlarda, ahşap elemanın içerdiği nem miktarı yanında ahşabın yoğunluğu da önemlidir. Dielektrik sabitesini ölçen bu tip elektrikli nem ölçer cihazlarda, iğne tipi elektrotlar yerine, temas tipi elektrotlar kullanılmaktadır (www.slideserve.com).

Ahşap nem ölçümünde kullanılan bu tip cihazlar genel olarak yurt dışından ithal edilmekte birlikte, ölçüm değerlerini cihaz dışında pc veya dizüstü türü bir cihaza aktarabilme ve probsuz veya kısa boyutlu problu olması gibi fiziki yapı eksikliklerinden dolayı sadece yüzeysel nem durumunu ölçebilme gibi kısıtlı özelliklere sahip olmaktadır. Ayrıca yurtdışından dövizle alındığı için yüksek maliyete sahiptirler.

## 1.2.Ahşap elemanların yapısal davranışlarına nem etkisi

Ahşap elemanların yapısal davranışlarına nemin etkisi konusunda yurdumuzda ve yurt dışında yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Öztürk (2005), çalışmasında özellikle ülkemizde yetişen sarıçam ağaçlarından yapı malzemesi olarak üretilen ahşap kirişlerin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda, çevre üzerinde olumsuz etkisi olmayan, aynı zamanda günümüzde enerji verimi yüksek olan ve sürdürülebilir malzemelerin seçilmesinin önem arz ettiğini belirtmiştir. Bu bağlamda ahşap malzemenin sahip olduğu özellikler itibariyle alternatifi olmayan bir yapı malzemesi olduğu vurgulanmıştır.

Akyol (2008), özellikle ahşaptan imal edilen asma çatılarla ilgili çalışmasında, bu çatıları imkanlar dahilinde yapılabilecek geometrik şekillerine göre ve imalatta kullanılan malzemelere göre sınıflandırmalar yapmıştır. Ayrıca, asma çatı yapımında ahşap malzeme kullanımının önemini vurgulamasının yanında, ülkemizde ve dünyada uygulanmış ahşap asma çatı uygulamalarını da incelemek

suretiyle, bir asma çatının nasıl modern bir şekilde yorumlanacağını göstermiştir.

Samancı (2019), bu çalışmada ahşap duvarların farklı ahşap duvar katmanlaşma düzeni, ısı ve nemsel performansı için uygun malzeme seçimi ve özellikleri, ahşap duvarlarda ısı köprüsü ve meteorolojik verilerin seçimine bağlı olarak enerji korunumu ve etkinliğinin değerlendirilmesi ve binanın inşa edildikten sonraki kullanım sırasındaki performansı için nem ilişkisine bağlı olarak ısı ve nemsel performans durumları bilgisayar benzetim aracı kullanılarak incelenmiştir. Son yıllarda yapıyı giderek artan gerek modern gerekse tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan ahşap iskeletli duvar ve çapraz tabakalı masif ahşap duvarların kullanım sırasında ve mevcut şartlar altında göstereceği higrotermal performansın benzetim aracı kullanarak hesaplanması amaçlanmıştır.

Obataya ve ark. (1997), çalışmalarında ladin ağacının (*Picea Sitchensis*) uzunlamasına yönde çeşitli nem içeriklerinde depolama modülü ve kayıp durumunu 20°C'de ölçmüş ve adsorbe edilen suyun etkisi, matris katkısını ortadan kaldırmak için tek eksenli bir reolojik model kullanarak araştırmışlardır. Değişken nem içeriğine sahip ahşabın dinamik özelliklerindeki değişiklikler, sadece matris yapısındaki değişiklikleri değil, aynı zamanda hacim fraksiyonlarındaki değişiklikleri de yansıtabilmektedir. Bununla birlikte, fibrillerin ahşabın uzunlamasına yönü boyunca uzandığı varsayımı, yüksek nem içeriklerinde ölçülenden çok daha büyük bir depolama modülü değeri öngörmüştür.

Chauhan ve Aggarwal (2003), çalışmalarının amacı, farklı nem emme durumları sırasında ahşaptaki enine boyutsal değişiklikleri ve buna karşılık gelen anizotropisiteyi anlamaktır. Fırında kurutulmuş farklı ahşap örnekleri adsorbe edildi ve ardından sabit sıcaklıkta (35°C) desorbe edildi. Teğetsel ve radyal boyut değişiklikleri (şişme), her iki sorpsiyon durumu sırasında bağıl nem ve nem içeriğine göre analiz edildi. Teğetsel

yöndeki boyutların, yüksek nemde radyal yöne göre nispeten daha büyük bir oranda değiştiği bulunmuştur.

Jiang ve ark. (2012), yaptıkları çalışmanın amacı, farklı nem emme durumları sırasında ahşapta titreşim özelliklerini ve buna karşılık gelen anizotropisiteyi araştırmaktır. Akçaağaç ve kırmızı meşe numuneleri, fırında kurutulmuş halden adsorpsiyon işlemi ile suya doymuş hale getirildi. Desorpsiyon işlemi ile de nemden arındırıldı. Çalışmalar sonucunda kararsız bir durumdaki ahşabın, denge durumundaki ahşaba göre daha düşük elastikiyet ve mukavemet ve daha yüksek sönümlenme özellikleri gösterdiğini göstermiştir.

Ishimaru ve ark. (2001), nemlendirme periyodu sırasında ahşabın mekanik özelliklerindeki değişiklikler üzerine çalışma yapmışlardır. Adsorpsiyon işlemi ile şartlandırılmış ahşabın elastikiyet modülü, nem içeriği hemen hemen hiç değişmediğinde, şartlandırmanın sonraki aşamalarında önemli artışlar göstermiştir. Bununla birlikte, desorpsiyon işlemiyle, nem içeriği büyük ölçüde azaldığında, koşullandırmanın erken aşamalarında artmasına rağmen, koşullandırmanın sonraki aşamalarında çok fazla artmamıştır. Ahşabın gerilme gevşemesi, hem adsorpsiyon hem de desorpsiyon işlemleri ile şartlandırma süresinin artmasıyla azalmıştır. Bu sonuçlar, mevcut nem durumunun gerçek bir denge durumundan farklı olmasının neden olduğu kararsız bir durumdaki ahşabın, gerçek bir denge durumundaki ahşaba göre daha düşük elastikiyet ve mukavemet ve daha yüksek akışkanlık gösterdiğini göstermektedir.

Kojiro ve ark. (2007), suyla şişmiş ahşabın dinamik viskoelastik özellikleri ve boyutları üzerindeki etkisi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Suyla şişmiş ahşabın mekanik özellikleri, numunelerin sıcaklıkları 20°C ile 90°C arasında yükseltilirken viskoelastik özellikler ve boyutsal değişiklikler ölçülerek incelenmiştir. Suyla şişirilen ahşabın hem viskoelastik özellikleri hem de boyutsal değişimleri ilk

ısıtma işleminde diğer ısıtma işlemlerinden oldukça farklıdır. Soğutma yöntemleri, viskoelastik özellikleri büyük ölçüde etkilerken, sıcaklık yükseldiğinde boyutsal değişiklikleri pek etkilemedi. Suyla şişmiş ahşabın mikro yapılarındaki lokalize gerilim, ısıtma işlemindeki mekanik özellikleri etkilerken, bir soğutma setinin neden olduğu orantısız sınırın altındaki dış gerilimin hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür.

Meriç (2019), ahşap yapı malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine çalışmalar yapmak suretiyle, ahşap yapı malzemelerinin taşıyıcı sistemlere olan etkisini ortaya koymuştur. Yürürlükte olan standart ve yönetmeliklerden örnekler vermekle beraber, ahşap yapıların günümüzde kullanımına ve önemine değinmiştir.

Aytemiz (2021), çalışmasında geleneksel konutların bulunduğu Gazipaşa Mahallesi'nden seçilen bir binada araştırmalar yapmış, binadan alınan örnekten hazırlanan numunelerde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış, binada kullanılmış olan ahşap malzemenin türü, yaşı, nem oranı, birim ağırlığı, eğilme ve basınç dayanımı ve elastisite modülü belirlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda binaların restorasyon ve onarım faaliyetleri ile ilgili öneriler sunulmuştur.

Çalışkan ve ark. (2019), ahşap elemanların önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine çalışmada bulunmuş olup, ayrıca ahşap malzeme ile imal edilmiş yapıların ülkemiz ve dünyadaki durumunu incelemişlerdir. Genel olarak ahşap yapılar hakkında, Türkiye ve dünyada kullanılan standartlar ve yönetmelikler üzerine bilgi paylaşılmıştır.

Bilgin (2009), çalışmasında ahşabın özellikle dış cephelerde çok kullanılmakta olduğunu vurgulamıştır. Ahşap malzemenin çeşitli ahşap yapılar üzerinde yapı elemanı olarak hangi şekilde kullanıldığını, dış cephelerdeki görünümünü ve montajını incelemiştir. Ahşap yapı elemanlarının, yapılar için ne kadar önem arz ettiğinin

anlaşılmasında literatüre katkıda bulunmuştur.

Caştur (2021), çalışmasında, son yıllarda yapı mimarisinde kullanılmakta olan endüstriyel ahşap yapı elemanları üzerinden, dünyada yapılmış olan bazı karakteristik yapı örneklerini incelemek suretiyle, ahşap malzemenin yapısını ve yapı sistemlerini irdelenmiştir. Yapılan çalışmalarda incelenen örnek yapılarda, endüstriyel ahşap malzemelerden hangi türün ne miktarda kullanıldığı ve yapılarda nerelerde kullanıldığı belirtilmiştir.

Kolbay (2010), yaptığı çalışmasında, ahşap yapı malzemesiyle oluşturulacak çatı iskeletinin ne şekilde seçileceğini ve yapı malzemesi bileşenlerinin hangi etkenlere bağlı olarak detaylandırılacağını araştırmıştır. Yaptığı çalışmasında, geometri ve kesit belirlenmesi dışında kullanılması gereken malzeme seçimine kadar birçok konuyu irdelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda her tasarım etkeninin bileşenin farklı bir yönünü biçimlendirdiği saptanmıştır. Örneğin; statik etkenlerin bileşenin boyutsal değerlerini, yapı fiziği ile ilgili etkenlerin çatı performansını ve teknolojik etkenlerin de bileşenin yapılabirliğini belirlemede olduğu saptanmıştır.

Yaman (2015), çalışmasında göknar ve karaçam ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek adına, Bolu iline bağlı Mudurnu yöresinde bulunan tarihi ahşap evler üzerinde çalışmalarda bulunup, aynı zamanda yapılarda kullanılan aynı türlere ait kontrol örnekleri ile karşılaştırmalar yapmıştır. Ahşap yapılarda kullanılan göknar ve karaçam numuneleri üzerinde yapılan fiziksel test çalışmaları sonucunda, kontrol amaçlı örneklerin rutubet ve su alma oranlarının, tarihi örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapılan mekanik testler sonucunda da, kontrol örneklerinin tarihi örneklerle nazaran daha yüksek mukavemet gösterdiği tespit edilmiştir.

Yücel (2008), ahşap yapı iskelet sistemlerini farklı yapı malzemeleriyle kaplamak suretiyle farklı kesitler

oluşturmuştur. Oluşturulan bu farklı ahşap yapı iskeleti kesitlerini ısı ve buhar geçişi açısından incelemiştir. Mevcut kesitler üzerinde bazı sistemsel hesaplamalar yapmış ve bunu grafiksellemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, ahşap iskelet sistemleri üzerine sağlam, güvenli ve ısı konfor şartlarının oluşturulabildiği yapısal sistemlerin oluşturulmasında katkı sağlanmıştır.

Korkmaz (2018), standart ve mikro boyutlu sapsız meşeden alınan ahşap numunelerinin bazı mekanik özellikleri üzerinde rutubetin etkisinin belirlenmesi üzerine çalışmalarda bulunmuştur. Mikro ve standart boyutlu numuneler ile yapılan çalışmalarda, numunelerin eğilmede oluşan elastikiyet modülleri, eğilme dirençleri, liflere paralel çekme ve liflere paralel basınç dirençleri değerleri ölçülmüştür. Mikro boyutlu örnekler üzerinde ayrıca, rutubetin etkisi de belirlenmiştir.

Tunca (2019), ahşap yapılarda su ve neme karşı doğru yöntem ve uygun malzemeler kullanarak bakım, onarım ve koruma uygulamalarının yapılması ve bu sayede geleneksel ahşap evlerin özgünlüğünün bozulmadan, günümüz modern yapılarının konfor koşullarının sunulması amaçlanmıştır. Ayrıca bu tür yapıların terk edilmek suretiyle yıkılmalarının önüne geçilmesi de göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda, geleneksel ahşap yapıların su ve rutubete karşı korunması için, yapı türüne uygun malzemeye, bu malzemeleri doğru uygulamaya, kalifiye iş gücüne gerek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu amaca uygun olarak, güncel yapı standartlarına ihtiyaç olduğu kadar, devlet, akademisyen ve kullanıcı üçlüsünün birlikteliğine de ihtiyaç olduğu kararlaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Tasarlamayı planladığımız cihazın temelini, otomasyon sistemi tasarımlarında sıklıkla tercih edilen ve aynı zamanda ekonomik çözüm üretimine elverişli arduino uno sistem üzerine kurduk.

Öncelikle yapacağımız deney çalışmalarında kullanacağımız kavak, ceviz, meşe ve çam gibi farklı tür ahşap malzemelerin temini, yöremizde bulunan inşaat ve diğer sektörlere ahşap ve kereste temin eden firmalardan yapılmıştır. Oluşturulacak arduino sistemi için gerekli donanımlar, elektronik ürün satan firmalardan temin edilmiştir. Arduino sistemi ile yapılacak ölçümlerde elde edilecek değerlerin karşılaştırılması amacıyla, piyasada mevcut olan elektrikli ahşap nem ölçüm cihazı temin edilmiştir.

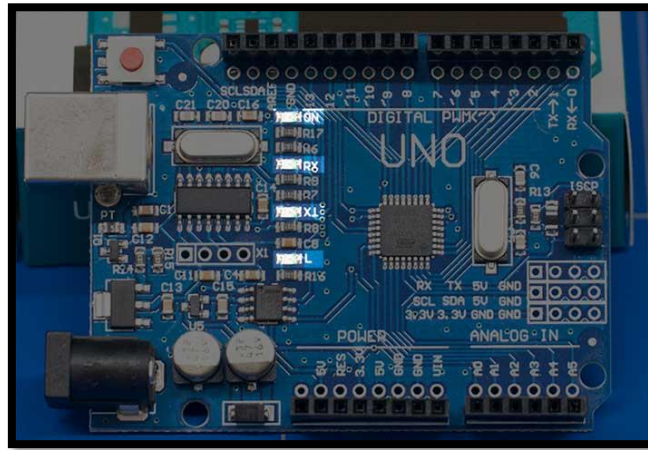
## 2.1. Arduino sistemler

Arduino en temel haliyle elektronik projeler için bir elektronik geliştirme kartıdır. Arduino'nun kendine ait bir yazılımı vardır. Bu yazılım sayesinde

uyumlu elektronik komponentler, sensörler ve modüller ile elektronik devreler kurulabilir, projeler geliştirilebilir ve prototipler üretilebilir.

Arduino, iletişiminde bulunan pinler aracılığı ile sağlıyor ve bu pinler ile kontrol edebileceğiniz çok sayıda sensör, motor, ekran ve modüller vardır. Bu pinlerin kontrollerini Arduino'nun USB girişi aracılığı ile atacağımız kodlar üzerinden yapıyoruz. Arduino'ya program yüklemek için Arduino IDE yazılımını kullanmak gerekir. Bu yazılımı Arduino'nun sitesinden indirebilirsiniz ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)).

Arduino'yu bilgisayarımıza bağlamak için USB kablosuna ihtiyaç duyarız, daha sonrasında ise IDE yazılımı aracılığı ile programlamaya başlayabiliriz.



Şekil 1. Arduino uno kartı

Veri gönderme yani çıkış ve veri alma yani giriş işlemleri pinler aracılığı ile yapılır. Veri göndermek istediğimiz pini çıkış olarak, veri almak istediğimiz pini ise giriş olarak ayarlamamız gerekir. Arduino'da pinler üzerinden çıkış ve giriş yaparken analog ya da dijital sinyalleri kullanırız. Dijital sinyaller Evet ve Hayır mantığı ile çalışır. LOW komutu Hayır, HIGH komutu ise Evet'i temsil eder. Elektronik olarak ise LOW komutu arduinoya 0V, HIGH komutu 5V gönderir. Analog sinyaller ise 0 ve 5V arasında herhangi bir değerde olabilir. Fakat Arduino

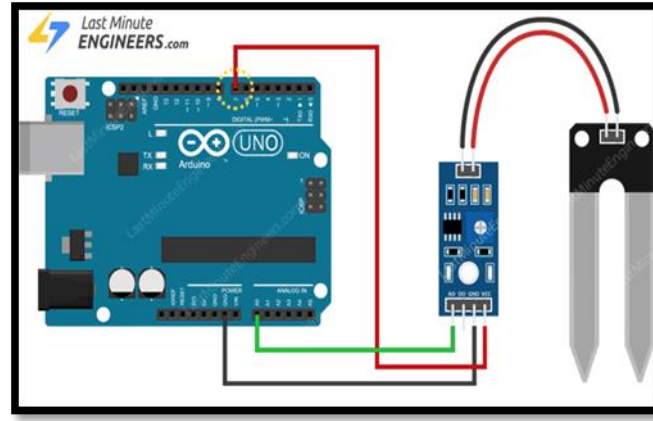
üzerinden direkt olarak analog sinyal alınmadığı için analog sinyali taklit eden dijital sinyaller kullanılır. Bu sinyallere PWM yani Pulse Width Modulation ismi verilir. Arduino'nun tüm pinleri analog sinyal yani PWM uyumlu değildir. PWM sadece analog uyumlu olan 3,5,6,9,10 ve 11 numaralı pinler üzerinden çalışır ([www.blog.direnc.net](http://www.blog.direnc.net)).

## 2.2. Arduino düzeneği ile ahşap nemini ölçme

Ahşap elemanlarda nem durumu ile neme karşı gösterilen direnç ters orantılıdır.

Ahşap malzemedeki yüksek nem içeriği daha iyi iletkenlik anlamına gelir ve bu durumda yüksek neme sahip ahşap numune daha düşük bir direnç gösterir. Ahşap üründe bulunan düşük nem durumu da, malzemenin zayıf iletkenlik göstereceği yani yüksek dirence sahip olması anlamına gelir. Nem sensörü, ahşap malzemenin göstereceği direnç değerine göre bir çıkış voltajı üretir. Piyasada mevcut bir nem

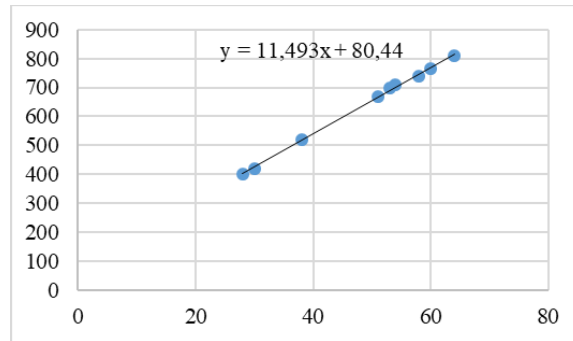
algılama sensörünün iki bileşeni vardır. Bunlardan; Prob bileşeni, sensörün ahşap nemini ölçmek için ahşaba batırılan iki iletken metal şeklinde parçadan oluşur. Modül bileşeni ise, probu Arduino'ya bağlayan elektronik karttır ve probun direncine göre bir çıkış voltajı üretir. Üretilen bu değerler analog çıkış (AO) veya dijital çıkış (DO) pini üzerinden Arduinoya iletilir.



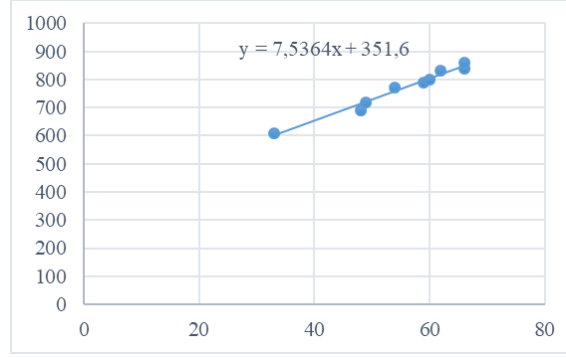
Şekil 2. Arduino nem sensörü bağlantı şeması

Temin edilen donanımlar kullanılarak Arduino ile ahşap nem ölçümü yapılabilecek donanımsal sistem oluşturulmuştur. Hazırlanan Arduino donanımsal sistemi ile ahşap nem ölçüm değerlerinin analog şekilde elde edilebileceği, probumuzdan gelen analog verileri 1000 mikrosaniye (1sn) ara ile ölçüp Arduino programı ekranına aktaracak ölçümü yapacak yazılım hazırlanmıştır. Aynı şartlar altında ve aynı ortamda,

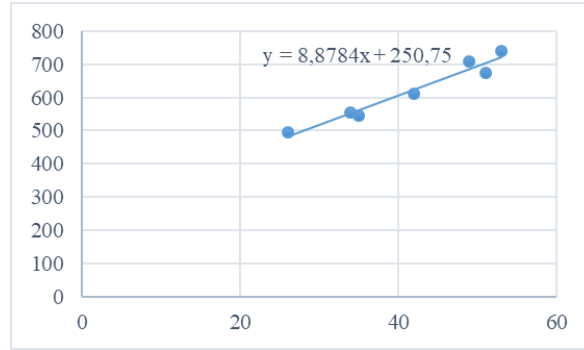
oluşturduğumuz Arduino sistemine ait ve piyasadan temin ettiğimiz ahşap nem ölçer cihazı ahşap nem ölçüm değerleri, excel üzerinde tablolaştırılarak grafikselleştirilmiş ve bu grafik üzerindeki noktalardan geçen en uygun doğru denklemine göre Arduino sistemi ölçüm sonuçları ile ahşap nem ölçer cihazı ölçüm sonuçları kalibre edilmiştir. Bu çalışma farklı ahşap türleri için ayrı ayrı tekrarlanmıştır.



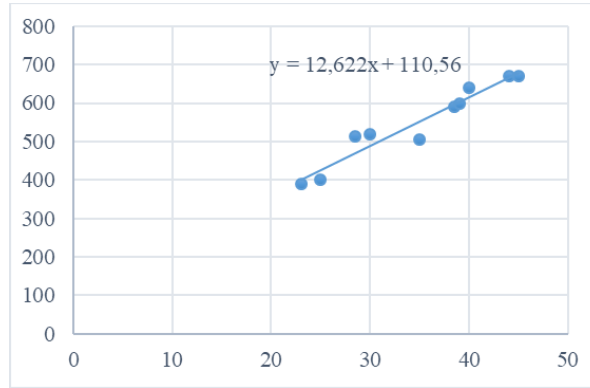
Şekil 3. Çam numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 4. Kavak numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 5. Meşe numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 6. Ceviz numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği

Excel programı kullanılarak ahşap nem ölçüm cihazı ve Arduino ahşap nem ölçüm sistemi arası karşılaştırmalı nem ölçüm değerlerine göre bulunan kalibrasyon denklemi farklı ahşap türleri için ayrı ayrı arduino yazılımına entegre edildi.

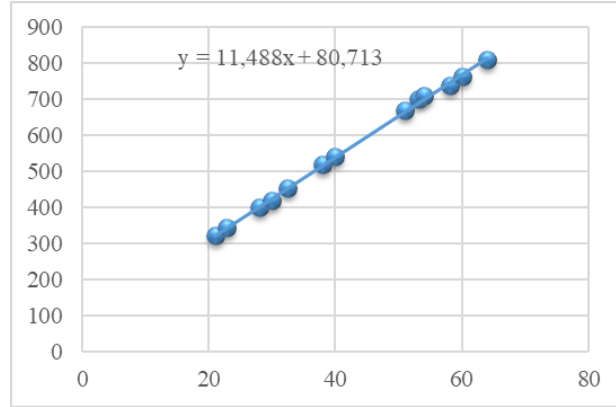
Program kalibrasyon entegre işlemi devamında Arduino ahşap nem ölçüm sistemimiz donanımsal olarak da güncellenip sisteme buton eklenerek her basıldığında sistem mod değiştirip farklı ahşap türüne göre nem ölçüm yapacak duruma güncellendi.

Farklı ahşap numuneler üzerinde, güncellenen Arduino ahşap nem ölçüm sistemi kullanarak ölçümler yapıldı. Ahşap nem ölçme cihazı ile Arduino ahşap nem ölçüm sistemi ölçüm değerleri arasında yüzde doksan gibi yüksek bir uyumluluk olduğu tespit edildi.

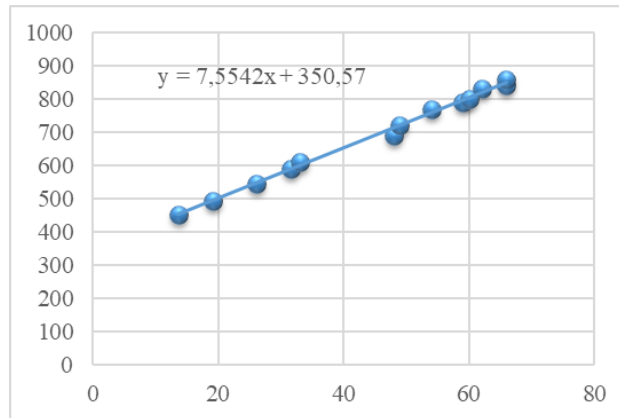
Ahşap nem ölçüm cihazı ile kendi ürettiğimiz Arduino ahşap nem ölçüm sistemi arası kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra, Arduino sistemi ile yaptığımız ölçüm sonuçlarını sdcart kullanarak kayıt etmeye yönelik sistemi

yazılımsal ve donanımsal güncelleme çalışmaları yapıldı. Arduino ahşap nem ölçüm sistemine led eklenerek cihaz sdkart'a kayıt yaparken ledin yanarak bize sistemin kayıt modunda olduğunu bildirmesi sağlandı. Arduino ile oluşturduğumuz ahşap nem ölçer cihazında pc ekranından bağımsız ölçüm sonuçlarını lcd ekrandan görebilmek için, sisteme 2\*16 lcd panel ekran eklenmiş ve cihaz donanımsal ve yazılımsal olarak geliştirilmiştir. Tasarladığımız Arduino sistemi ile yaptığımız ölçüm sonuçlarının hangi tarih ve saatte yapıldığını kaydedebilmek için, sistem donanım ve yazılımsal olarak geliştirilerek Arduino sisteme DS3231 gerçek zamanlı hassas saat modülü entegre edilmiştir. Oluşturulan Arduino ahşap nem ölçüm sistemi için gerekli enerjinin bilgisayardan bağımsız şekilde elde edilebileceği şekilde, sistemde donanımsal olarak geliştirme yapılarak

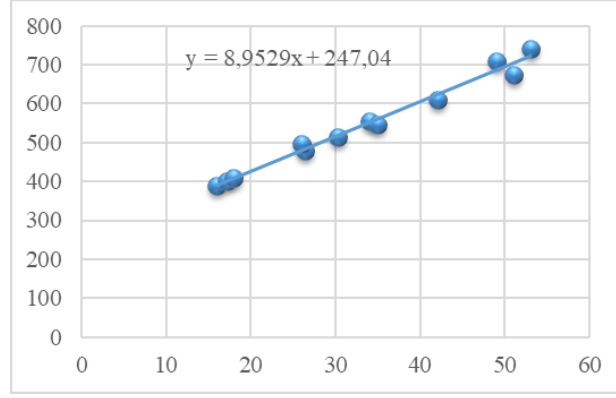
sistemin enerjisi powerbank'tan alması sağlanmıştır. Oluşturulan Arduino ahşap nem ölçüm sistemini dağınık düzenden daha derli toplu ve kullanışlı hale getirme amaçlı, oluşturduğumuz Arduino nem ölçüm sistemini muhafaza edecek kutu tasarlanmış ve Arduino sistem tüm sensör ve modülleri ile birlikte kutu içerisine entegre edilmiştir. Tasarlayıp oluşturduğumuz Arduino ahşap nem ölçüm cihazı ölçüm sonuçlarının sağlıklı olma durumunu daha detaylı kontrol etmek adına piyasada kullanılan farklı bir ahşap nem ölçüm cihazı temin edilmiştir. Temin edilen cihazın ölçüm sonuçları ile ilk aldığımız ahşap nem ölçüm cihazı ve kendi oluşturduğumuz Arduino ahşap nem ölçüm cihazı ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda tüm sonuçların birbiri ile yüksek oranda uyumlu olduğu görülmüştür.



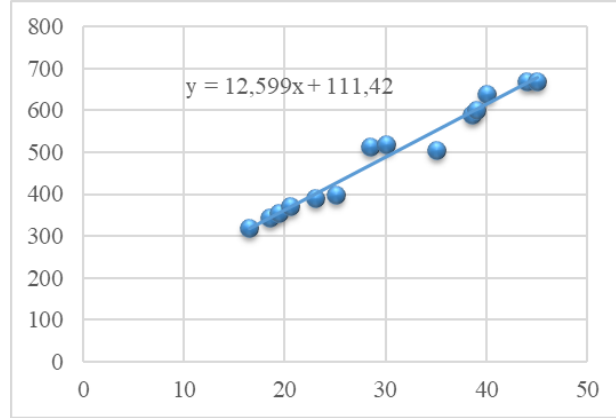
Şekil 7. Çam numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 8. Kavak numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 9. Meşe numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 10. Ceviz numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği

### 3. Bulgular ve Tartışma

Farklı tür ahşap numuneleri üzerinde, kendi imkanlarımızla Arduino sistemi tabanlı oluşturduğumuz nem ölçer cihazı ile

piyasadan temin ettiğimiz iki farklı marka ve model nem ölçer cihazlarını kullanarak yaptığımız nem ölçüm çalışmalarına ait sonuçlar aşağıda ayrı ayrı tablolarda verilmiştir.

**Tablo 1.** Çam numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%40)
Çam	322	21	19,5
	343	22,8	19,8
	400	28	26,2
	420	30	27,6
	454	32,5	31,6
	520	38	33,4
	540	40	35
	670	51	-
	700	53	-
	710	54	-
	740	58	-
	765	60	-
810	64	-	



**Tablo 2.** Kavak numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%30)
Kavak	454	13,6	9,7
	495	19,2	19
	545	26	24,3
	590	31,5	29,8
	610	33	-
	690	48	-
	720	49	-
	770	54	-
	790	59	-
	800	60	-
	830	62	-
	840	66	-
	860	66	-

**Tablo 3.** Meşe numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%30)
Meşe	390	16	12
	400	17,1	12,8
	410	18	15,5
	480	26,4	25,4
	515	30,2	27,8
	495	26	-
	555	34	-
	545	35	-
	610	42	-
	710	49	-
	675	51	-
	740	53	-

**Tablo 4.** Ceviz numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%25)
Ceviz	320	16,5	14,5
	345	18,5	18,2
	355	19,4	19
	370	20,5	20
	390	23	-
	400	25	-
	513	28,5	-
	520	30	-
	505	35	-
	590	38,5	-
	600	39	-
	640	40	-
	670	44	-

Yapılan nem ölçüm karşılaştırma çalışmalarına göre, tüm sonuçların birbiri ile yüksek oranda uyumlu olduğu görülmüştür.

#### 4. Sonuçlar

Ülkemizde ahşap yapı malzemelerinin nem ölçümünde kullanılan problemler arası elektriksel direnç farkı mantığı ile çalışan ithal nem ölçer cihazlar ile, kendi

imkanlarımızla oluşturduğumuz Arduino tabanlı nem ölçüm cihazı ölçüm değerleri arasında göz ardı edilemeyecek büyüklükte bir fark olmadığı görülmüştür.

Arduino otomasyon sistemi ile oluşturulan ahşap nem ölçüm cihazı imkanlar dahilinde çok fonksiyonel ve kullanışlı hale getirilmiştir. Arduino otomasyon sistemi kullanarak oluşturduğumuz nem ölçüm cihazı ile farklı ahşap türlerinin içerdiği nem oranlarını tespit etme çalışmaları çok olumlu ve verimli sonuçlar vermiş olup, mevcut imkanlar ile piyasada bulunan pahalı cihazlardan çok daha işlevsel ve düşük maliyetli ürünler üretilebileceği gösterilmiştir.

### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### Kaynaklar

- Akyol, S., 2008. Ahşap asma çatıların geometrik olanaklar ve malzeme kullanımı açısından sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Anonim, 2024. Ahşap Malzeme Bilgisi, (<http://www.slideserve.com/freja/ah-ap-malzeme-b-lg-s-b-l-m-z>), (Erişim tarihi:01.06.2024)
- Anonim, 2024. Arduino Nedir? Ne İşe Yarar? Nasıl Kurulur? Arduino Dersleri#1, (<http://www.blog.direnc.net/arduino-nedir-ne-ise-yarar-arduino-dersleri>), (Erişim tarihi: 10.06.2024)
- Aytemiz, Ö., 2021. Kahramanmaraş yapılarında ahşap kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

- Bilgin, H., 2009. Ahşap yapıların tarihsel süreç içindeki gelişimi ve günümüzde ahşap yapı kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çaştur, Ş., 2021. Günümüz mimarisinde kullanılan endüstriyel ahşap yapı elemanları ve yapı örneklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Chauhan, S., Aggarwal, P., 2003. Effect of moisture sorption state on transverse dimensional changes in wood, *Originalarbeiten - Originals, Holz als Roh- und Werkstoff*, 62:50–55.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E., Yüncüler, M., 2019. Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1): 109-118.
- Ishimaru, Y., Oshima, K., Lida, I., 2000. Changes in the mechanical properties of wood during a period of moisture conditioning, *Journal Wood Science*, 47:254-261.
- Lu, J., Jiang, J., Wu, Y., Li, X., Cai, Z., 2012. Effect of moisture sorption state on vibrational properties of wood. *Forest Products Journal*, 62(3): 171-176.
- Kojiro, K., Furuta, Y., ve Ishimaru, Y., 2008. Influence of histories on dynamic viscoelastic properties and dimensions of water-swollen wood, *Original Article, J. Wood Science* (2008) 54:537–99.
- Kolbay, D., 2010. Çatılarda ahşap strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Korkmaz, O., 2018. Mikro boyutlu örneklerde meşe odununun bazı mekanik özellikleri üzerine rutubetin etkisinin belirlenmesi ve standart boyutlu örneklerle karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

- Meriç, E., 2019. Ahşap bir yapının TS 647 ve Eurocode 5' e göre analizi ve karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Miguel, Y., Jose Manuel, C., 2021. Experimental analysis of plug shear failure in timber connections with small diameter fasteners loaded parallel-to-grain, *Engineering Structures*, 238:111766.
- Muratoğlu, A., 2011. Restorasyonda ahşap yapı elemanlarının karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) ile güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Obataya, E., Norimoto, M., Grill, J., 1997. The effects of adsorbed water on dynamic mechanical properties of wood, *Elsevier Science*, S0032-3861(97)10040-4.
- Onat, M., 2007. Ahşap kafes kiriş sistemlerinde kullanılan metal plaka birleştiricilerin mühendislik tasarımı ve birleştirmelerin kararlılıklarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Öztürk, R., 2005. Türkiye'de yetişen sarıçamdan üretilen lamine ahşap kirişlerin mekanik özelliklerinin araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Richard, N., Philip, C., Tuan Duc, N., 2021. Investigation of rolling shear properties of cross-laminated timber (CLT) and comparison of experimental approaches, *Construction and Building Materials*, 316(8):125897.
- Samancı, B., 2019. Ahşap dış duvarların İstanbul'daki uygulamalar üzerinden incelenmesi, ısı ve nemsel performansın benzetim ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Saydamer, A., 2014. Türkiye'deki geleneksel ahşap yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemlerin irdelenmesi ve Bursa örneği, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tunca, M., 2019. Geleneksel ahşap evlerde su ve nem kaynaklı bozulmalar üzerine bir araştırma: Taraklı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Yaman, C., 2015. Mudurnu yöresindeki tarihi ahşap evlerde kullanılan göknar ve karaçam ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yücel, M., 2008. Ahşap iskelet yapı sisteminin ısı ve buhar geçişi açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

---

**Atf Şekli:** Toprakcı, M.E., Ural, A., 2024. Ahşap Elemanlarda Nem Değerlerinin Ölçümünde Kullanılan Cihazlar ve Yeni Bir Cihaz Önerisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1146–1158.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14381412>.

**To Cite:** Toprakcı, M.E., Ural, A., 2024. Devices Used in Measurement of Moisture Values in Wooden Elements and a New Device Proposal. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1146–1158.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14381412>.

---

## Farklı Dozlarda Biyoçar ve Çinko Fosfat Uygulamalarının Kanola Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri

Vedat BEYYAŞ<sup>1</sup>, Suat CUN<sup>1\*</sup>, Erdal SAKİN<sup>2</sup>, Dilek TURHAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

<sup>2</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [suatcun@harran.edu.tr](mailto:suatcun@harran.edu.tr)

**Geliş Tarihi (Received):** 16.08.2024

**Kabul Tarihi (Accepted):** 30.09.2024

### Özet

Tarımda bitkisel üretimi korumak için birçok organik bileşik organik gübre olarak kullanılmaktadır. Biyoçar organik toprak iyileştirmeleri, çevre dostu olmaları, verimlilikleri ve ekonomik uygulanabilirlikleri nedeniyle sorunlu toprağın iyileştirilmesi için yaygın olarak önerilmektedir. Denemede bitki materyali olarak kanola bitkisi kullanılmıştır. Besin kaynağı olarak çinko fosfat ve farklı dozlarda pamuk sapı biyoçarı kullanılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada plastik saksılar kullanılmıştır. Denemede tüm uygulamalar ekim işlemi ile birlikte yapılmıştır. Kontrol grubuna herhangi bir uygulama yapılmadan 2. uygulamada sadece 0.8 g çinko fosfat toprağa uygulanmış ve toprak iyice karıştırılmıştır. Diğer uygulamalarda ise 0.8 g çinko fosfat ile birlikte sırasıyla 1.2 g saksı<sup>-1</sup>, 2.4 g saksı<sup>-1</sup> ve 3.6 g saksı<sup>-1</sup> olacak şekilde pamuk sapı biyoçarı uygulanmıştır. Kanola bitkisine çinko fosfat ve çinko fosfat+biyokömür uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak sırasıyla 0.8 g çinko fosfat %6.40, 0.8 g çinko fosfat+1.2 g biyokömür %14.57, 0.8 g çinko fosfat+2.4 g biyokömür %20.21 ve 0.8 g çinko fosfat+3.6 g biyokömür uygulamasıyla %25.75 artmıştır. Uygulamalar arasında en fazla artış 0.8 g çinko fosfat+3.6 g biyokömür uygulamasından elde edilirken, en az artış ise 0.8 g çinko fosfat uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmada, biyoçar uygulamasının bitkisel parametrelere olumlu katkı yaptığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoçar, kanola, bitkisel parametreler, çinko

## Effects of Different Doses of Biochar and Zinc Phosphate Applications on the Development of Canola Plants

### Abstract

In agriculture, many organic compounds are used as organic fertilizers to maintain plant production. Biochar organic soil amendments are commonly recommended for improving problematic soils due to their environmental friendliness, efficiency, and economic viability. In this experiment, canola (rapeseed) was used as the plant material. Zinc phosphate and cotton stalk biochar at different doses were used as nutrient sources. The study was conducted using a randomized block design with 3 replications, and plastic pots were used. All treatments were applied along with the planting process. In the control group, no treatment was applied, while in the second treatment, only 0.8 g of zinc phosphate was added to the soil, and the soil was mixed thoroughly. In other treatments, cotton stalk biochar was applied along with 0.8 g of zinc phosphate in the following doses: 1.2 g/pot, 2.4 g pot<sup>-1</sup>, and 3.6 g pot<sup>-1</sup>. The results showed that the application of zinc phosphate and zinc phosphate + biochar increased the canola plant yield in relation to increasing doses. Specifically, with 0.8 g zinc phosphate, the increase was 6.40%, with 0.8 g zinc phosphate + 1.2 g biochar it was 14.57%, with 0.8 g zinc phosphate + 2.4 g biochar it was 20.21%, and with 0.8 g zinc phosphate + 3.6 g biochar, the increase reached 25.75%. The highest increase was observed with the application of 0.8 g zinc phosphate + 3.6 g biochar, while the lowest increase was observed with 0.8 g zinc phosphate. The study demonstrated that the application of biochar positively contributed to the plant parameters.

**Keywords:** Biochar, canola, plants parameters, zinc

## 1. Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve ekilebilir arazilerin azalması, tarımsal üretim ve küresel gıda güvenliği açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir (Dai ve ark., 2020). Küresel nüfus artmaya devam ettikçe, gıda talebi de artmakta ve milyarlarca insanın ihtiyaçlarını karşılamak için tarım sistemleri üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Aynı zamanda kentleşme, iklim değişikliği ve toprak bozulması gibi faktörler de tarıma elverişli arazi miktarını azaltıyor. Artan talep ve daralan arzdan oluşan bu ikili tehdit, gıda üretimini baltalayarak herkesin yeterli ve besleyici gıdaya erişimini sağlamayı giderek zorlaştırıyor. Bu sorunun ele alınması, sürdürülebilir tarım uygulamaları, ileri teknolojiler ve verimli arazi kullanımı ile çevrenin korunmasını teşvik eden politikalar gibi yenilikçi çözümler gerektirmektedir. Tarımda bitkisel üretimi korumak için birçok organik bileşik, organik gübre olarak kullanılmaktadır. Bu organik bileşiklerden bazıları çiftlik gübresi, yeşil gübre, hümik maddeler, kompost ve biyokömürdür (De Corato, 2021; Karmegam ve ark., 2021; Khayat, 2021; Mghaiouini ve ark., 2021, Radziemska ve ark., 2021). Organik gübreler yalnızca toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda bitkiye gerekli besin maddelerini de sağlar (Lazcano ve ark., 2021). Ayrıca toprak ekolojisi ve bitki verimliliğinin iyileştirilmesinde kritik bir rol oynayan mikrobiyal popülasyon için yeterli miktarda katkı sağladığı çalışmalarda vurgulanmıştır (Dahansi ve ark., 2021; Viketoft ve ark., 2021). Biochar organik toprak iyileştiricileri, sorunlu toprakların iyileştirilmesindeki etkinlikleriyle yaygın olarak tanınmakta ve çevre dostu, verimli ve ekonomik olarak uygulanabilir bir çözüm sunmaktadır (Karim ve ark., 2022). Organik maddelerin pirolizi yoluyla üretilen bir biyoçar, toprak yapısını iyileştirir, su tutma özelliğini artırır ve besin kullanılabilirliğini geliştirir. Bu faydaları

onu özellikle verimsiz, asitli veya kirlenmiş topraklar için değerli kılmaktadır. Toprak sağlığını iyileştirerek, daha iyi bitki büyümesini ve esnekliğini teşvik ederken, aynı zamanda karbonu tutarak iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunur. Ayrıca biyokömür, tarımsal atıkları yeniden değerlendirdiği için sürdürülebilir bir seçenektir ve maliyetleri düşürürken toprak kalitesini artırmak isteyen çiftçiler için hem ekolojik hem de ekonomik bir avantaj sağlar. Biyoçar, tuzdan etkilenen toprak iyileştirme maddesi olarak büyük ilgi görmektedir. Öte yandan biyoçar, yapının ayrılmaz bir parçası olan bitkilere besin maddesi de sağlar. Biyokömürün eklenmesi topraktaki organik karbonu ( $^0C$ ) ve N, P, K, Ca, Mg ve S gibi mineral besin maddelerini artırdığını vurgulamıştır (Hossain ve ark., 2020). Çinko, birçok enzimin önemli bir bileşeni olan ve bitki gelişimi ile veriminde düzenleyici rol oynayan temel bir mikrobeseindir. Çinko, bitkiler tarafından iki değerlikli formda ( $Zn^{2+}$ ) alınıp ksilem yoluyla taşınır. Floemde ise, çinko, düşük moleküler ağırlıklı organik asitlerle kompleksler oluşturur ve konsantrasyonu artar. Ancak diğer mikrobeseinler gibi, çinko da erozyona uğramış, kireçli ve asidik toprak çözeltilerinde bitkiler için hareketsiz hale gelir ve kullanılamaz olur. Çinko fosfat uygulamaları, daha iyi gelişimi ve genel sağlığı teşvik eden temel mikro besinleri sağlayarak kanola bitkisinin büyümesini önemli ölçüde etkileyebilir. Çinko bitkiler için hayati bir elementtir ve enzim aktivasyonu, protein sentezi ve hormon regülasyonunda önemli bir rol oynar. Çinko fosfat olarak uygulandığında, topraktaki çinko kullanılabilirliğini artırmaya yardımcı olur ve özellikle düşük çinko seviyelerine sahip topraklarda kanola büyümesini engelleyebilecek potansiyel eksiklikleri giderir (Dhaliwal ve ark., 2022). Doğru çinko beslemesi kök gelişimini geliştirir, klorofil üretimini artırır, su ve besin maddelerinin verimli kullanımını destekler. Sonuç olarak, çinko fosfat ile muamele edilen kanola bitkileri genellikle

artan biyokütle, gelişmiş tohum verimi ve stres faktörlerine karşı daha iyi direnç gösterir (Shao ve ark., 2023). Bununla birlikte, çinko fosfat uygulamalarının etkinliği toprak pH'ı, nem ve kanola çeşidinin özel ihtiyaçları gibi faktörlere bağlıdır, bu da optimum sonuçlar için dikkatli yönetimi gerekli kılar (Shaaban ve ark., 2023). Bu çalışmanın amacı, farklı miktarlarda biyoçar ve çinko fosfat'ın birlikte uygulamasının kanola bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerindeki etkilerini, özellikle kök uzunluğu, bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıkları ve SPAD değeri üzerine odaklanarak değerlendirmektir. Bu parametreleri inceleyerek, biyokömür ve çinko fosfatın sinerjik kullanımının bitki büyümesini artırıp artıramayacağını ve daha iyi genel bitki sağlığına katkıda bulunup bulunamayacağını belirlemeyi amaçlayan çalışma, kanola yetiştiriciliği için

sürdürülebilir tarım uygulamalarına ilişkin bilgiler sağlayacaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün yarı kontrollü sera koşullarında yürütülmüştür. Çalışma 10.02.2024 tarihinde kurulmuş olup 16.04.2024 tarihinde hasat ile sonlandırılmıştır. Denemede bitki materyali olarak kanola bitkisi kullanılmıştır. Besin kaynağı olarak çinko fosfat ve farklı dozlarda pamuk sapı biyoçarı kullanılmıştır. Toprak materyali araştırma ve uygulama alanından 0-30 cm derinlikten toplanmış, 2 mm'lik elek ile elekten geçirilmiş ve ardından saksılara yerleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Toprak Bünyesi	pH (1:2.5)	EC (mS cm <sup>-1</sup> )	Kireç (%)	N (%)	P (kg da <sup>-1</sup> )	K (kg da <sup>-1</sup> )	Organik madde (%)	Su ile doymuşluk (%)
Killi	8.07	0.30	28.6	0.06	1.66	143.1	1.00	70

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanının toprağı; killi bünyeli, pH hafif alkali ve çok fazla kireçli bir yapısı vardır. Azot ve fosfor bakımında fakir, Potasyum bakımından yeterli ve organik maddece yetersizdir.

#### 2.1.1. Biyokömür materyali

Biyokömür materyali olarak Harran Ovası'nda tarımı yapılan ve endüstriyel atık

olarak kullanılan Pamuk sapı kullanılmıştır. Çiftçi arazilerinden elde edilen bu tarımsal atıkların 400 °C'de 30 dakika boyunca az oksijenli ortamda yakılması (Sakin ve Yanardağ, 2019) ile biyoçara dönüştürülmesinden elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan biyoçarın bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Araştırmada kullanılan biyokömürün özellikleri

Biyokömür	KDK (cmol/kg)	Ca (mg/kg)	N (%)	Toplam C (%)	Su tutma kapasitesi (%)
Pamuk sapı	134.2	1058	0.539	40.7	364.6

#### 2.1.2. Denemenin kurulması

Deneme için 0-30 cm toprak kalınlığında alınan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Hazır hale getirilen toprağı uygulamalar yapıp iyice karıştırıldıktan sonra 5 kg'lık saksıya doldurulmuştur. Her

saksıya 5 tohum ekildikten sonra toprak tarla kapasitesine getirilmiştir. Tohumlar çıkış yaptıktan sonra her saksıda bir fide kalacak şekilde seyreltmeler yapılmıştır. Denemede yüksekliği 18 cm, taban çapı 7.5 cm ve üst çapı 12 cm olan saksılar

kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme aşağıdaki şekilde dizayn edilmiştir.

I-Kontrol (uygulamasız)

II-0.8 g çinko fosfat

III-0.8 g çinko fosfat+1.2 g biyoçar

IV-0.8 g çinko fosfat+2.4 g biyoçar

V-0.8 g çinko fosfat+3.6 g biyoçar

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. İncelenen bitkisel parametreleri

#### 2.2.1.1. Büyüme parametreleri

Bitki kök ve bitki boyu uzunlukları cm olarak, yaş ve kuru ağırlıkları g olarak ifade edilmiştir. Ölçüm ve tartım işlemleri tekerrürlü olarak yapılmıştır. Yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra örnekler 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde 72 saat bekletilerek kuru ağırlıkları bulunmuştur (Acar ve ark., 2011).

#### 2.2.1.2. Bitkinin SPAD değerleri

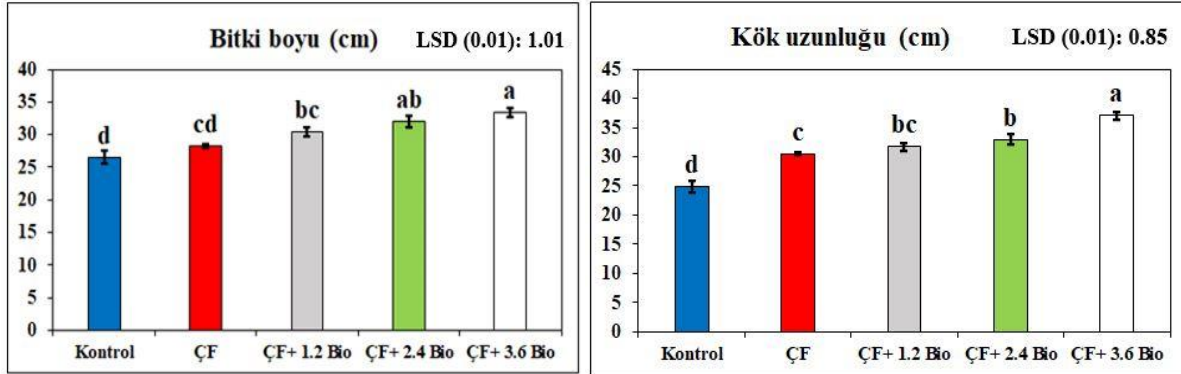
Her tekerrürde (en genç yaprağın altındaki yaprak) Minolta SPAD 502 aleti yardımı ile ölçülmüştür (Johnson ve Sounders, 2002).

## 3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

### 3.1. Araştırma Bulguları

#### 3.1.1. Bitki boyu

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki boyu (cm) yönünden  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2+BC$  uygulamaları arasında önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) farklılıklar ortaya çıkmıştır (Şekil 1). Çalışmada bitki boyu incelendiğinde; kontrol grubuna (26.57 cm) göre diğer uygulamalarda bitki boyunda önemli derecede artışlar gözlemlenmiştir. Denemede uygulamalar arasında en düşük bitki boyu  $Zn_3(PO_4)_2$  uygulamalarında görülürken, en yüksek bitki boyu ise  $Zn_3(PO_4)_2+3.6$  g BC (33.40 cm) uygulamasında ölçülmüştür. Kanola bitki boyu  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2+BC$  uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak sırasıyla 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2$  %6.40,  $Zn_3(PO_4)_2+1.2$  g BC %14.57, 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2+2.4$  g BC %20.21 ve 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2+3.6$  g BC uygulamasıyla %25.75 oranında artmıştır. Uygulamalar arasında en fazla artış 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2+3.6$  g BC uygulamasından elde edilirken, en az artış ise 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2$  uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil 1.  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2+BC$  uygulamalarının bitki boyu ve bitki kök uzunluğuna etkisi

#### 3.1.2. Kök uzunluğu

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki kök uzunluğu (cm) yönünden  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2+BC$  uygulamaları arasında önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) farklılıklar saptanmıştır (Şekil 1). Çalışmada bitki kök uzunluğu (cm) kontrol grubu (24.9 cm) ile karşılaştırıldığında uygulanan  $Zn_3(PO_4)_2$  ile birlikte artan dozlarda BC uygulamaları

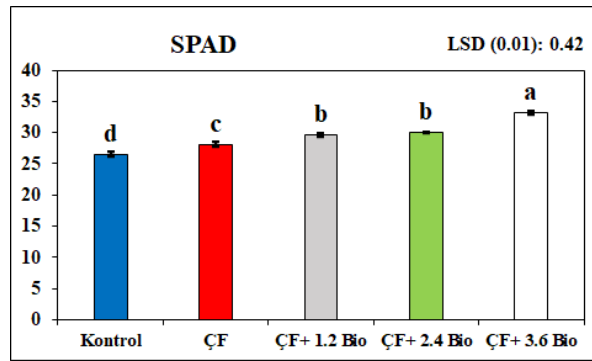
bitkinin kök uzunluğunu artırmıştır. Bu artış en az  $Zn_3(PO_4)_2$  uygulamasında (30.5 cm), en fazla  $Zn_3(PO_4)_2 + 3.6$  g BC uygulamalarında (37.03 cm) ölçülmüştür. Kanola bitkisinin yetiştiği ortama uygulanan  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2+BC$ 'ın artan dozlara bağlı olarak bitkinin kök gelişimine etkisi sırasıyla sadece 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2$  %22.48,  $Zn_3(PO_4)_2+1.2$  g BC

%27.31,  $Zn_3(PO_4)_2+2.4$  g BC %32.37 ve  $Zn_3(PO_4)_2+3.6$  g BC uygulamasıyla %48.71 oranında arttırmıştır. Uygulamalar arasında en fazla artış  $Zn_3(PO_4)_2+3.6$  g BC uygulamasından elde edilmiştir.

### 3.1.3. SPAD değeri

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitkinin SPAD değeri yönünden  $Zn_3(PO_4)_2$  ile  $Zn_3(PO_4)_2+BC$  uygulamaları arasında önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Denemede kullanılan  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2+BC$  uygulamalarının bitkinin SPAD değerlerini

28.10-33.20 arasında arttırmıştır. Bu artış kontrol grubuna (26.53) grubuna en düşük SPAD değeri  $Zn_3(PO_4)_2$  uygulamalarında görülürken (28.10), en yüksek SPAD değeri ise  $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$  g BC (33.20) uygulamasında elde edilmiştir. Kanola bitkisine  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2 +BC$  uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak bitkinin SPAD değerlerini sırasıyla 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2$  %05.92,  $Zn_3(PO_4)_2 +1.2$  g  $Zn_3(PO_4)_2$  %11.57,  $Zn_3(PO_4)_2 +2.4$  g BC %13.19 ve  $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$  g BC uygulamasıyla %25.14 oranlarında arttırmıştır.

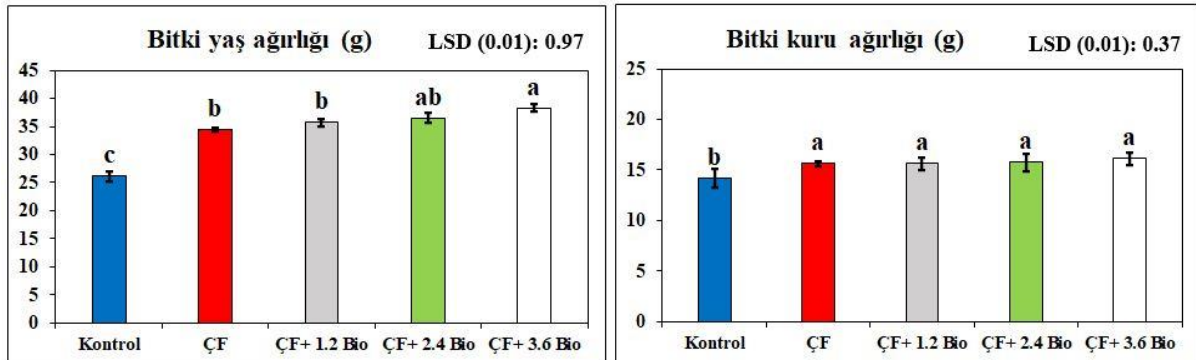


Şekil 2. Çinko fosfat ve Çinko fosfat+Biyokömür uygulamalarının SPAD değeri üzerine etkisi

### 3.1.4. Bitki yaş ağırlığı

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki yaş ağırlığı (g) yönünden  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2 +BC$  uygulamaları arasında önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) farklılıklar olduğu izlenmiştir (Şekil 2). Çalışmada bitki yaş ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2 +BC$  uygulamalarının 34.43-38.33 g arasında değişmiştir. Buna göre yapılan uygulamalar bakımından, en düşük bitki yaş ağırlığı 8 g

$Zn_3(PO_4)_2$  uygulamalarında (34.43 g) görülürken, en yüksek bitki yaş ağırlığı ise  $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$  g BC (38.33 g) uygulamasında elde edilmiştir. Kanola bitkisine  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2$  ile birlikte artan dozlarda BC uygulamaları durumunda bitkinin yaş ağırlığını sırasıyla 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2$  %31.76,  $Zn_3(PO_4)_2 +1.2$  g BC %36.62,  $Zn_3(PO_4)_2 +2.4$  g BC %39.53 ve  $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$  g BC uygulamasıyla %46.69 oranında arttırmıştır.



Şekil 3. Çinko fosfat ve Çinko fosfat+Biyokömür uygulamalarının bitki yaş ağırlığı ve bitki kuru ağırlığına etkisi



### 3.1.5. Bitki kuru ağırlığı

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki kuru ağırlığı (g) yönünden  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2 + BC$  uygulamaları arasında önemli düzeyde ( $p < 0.01$ ) farklılıklar olduğu izlenmiştir (Şekil 3). Bitki kuru ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2 + BC$  uygulamaları bakımından, bitkinin kuru ağırlığı 15.66-16.13 g arasında değişmiştir. En düşük bitki kuru ağırlığı kontrol (14.23 g) grubu ile karşılaştırıldığında  $Zn_3(PO_4)_2$  (15.63 g) uygulamalarında görülürken, en yüksek bitki kuru ağırlığı ise  $Zn_3(PO_4)_2 + 3.6$  g BC (16.13 g) uygulamasında elde edilmiştir.  $Zn_3(PO_4)_2$  ve  $Zn_3(PO_4)_2$  ile artan dozlarda BC uygulamaları Kanola bitkisinin kuru madde miktarını önemli oranlarda artırmıştır. Bu artış 0.8 g  $Zn_3(PO_4)_2$  %9.84,  $Zn_3(PO_4)_2 + 1.2$  g BC %10.05,  $Zn_3(PO_4)_2 + 2.4$  g BC %10.75 ve  $Zn_3(PO_4)_2 + 3.6$  g BC uygulamasıyla %13.35 oranlarında artırmıştır.

### 3.2. Tartışma

$Zn_3(PO_4)_2$  ve biyokömürün farklı dozlarda toprağa uygulanması, kanola (*Brassica napus* L.) bitkisinin çeşitli büyüme parametrelerinde önemli gelişmeler göstermiştir. Bunlar arasında artan biyokütle oranlarından uygulama bitki boyu, kök uzunluğu, bitki yaş ve kuru ağırlığı ve SPAD değerlerini önemli derece artırmıştır. Bu çalışma, özellikle kanola yetiştiriciliği bağlamında, toprak verimliliğini artırmada ve bitki büyümesini teşvik etmede mikro besinlerin ve organik bileşiklerin rolü hakkında artan bilgi birikimine katkıda bulunmaktadır. Çinko (Zn) bitkiler için temel bir mikro besin maddesidir ve enzim aktivasyonu, protein sentezi ve büyüme hormonlarının düzenlenmesi de dahil olmak üzere çeşitli metabolik süreçlerde önemli bir rol oynar. Çinko eksikliği, özellikle alkali pH, yüksek fosfor seviyeleri veya düşük organik madde içeriği olan birçok toprakta yaygındır (Alloway, 2008). Bir çinko fosfat bileşiği olan  $Zn_3(PO_4)_2$ , özellikle Zn'nin biyoyararlılığının düşük olduğu topraklarda bitkiler için etkili bir çinko kaynağı olarak

kabul edilmiştir (Mousavi, 2011; Saibou, 2022).  $Zn_3(PO_4)_2$  uygulaması muhtemelen kanola bitkileri için mevcut çinko içeriğini artırmış ve bu da büyüme parametrelerinde gözlemlenen iyileşmelere katkıda bulunmuş olabilir. Çinko eksikliği, fotosentez ve karbonhidrat metabolizmasında yer alan kilit enzimlerin aktivitesini sınırlayarak bodur büyümeye yol açabilir (Cakmak, 2008).  $Zn_3(PO_4)_2$ , daha kolay erişilebilir bir çinko kaynağı sağlayarak, muhtemelen olası eksiklikleri hafifletmeye ve gelişmiş bitki gelişimini desteklemeye yardımcı olmuştur. Bu çalışmada, bitki boyu, kök uzunluğu ve biyokütlerdeki (hem yaş hem de kuru ağırlık) doza bağlı artış, artan çinko mevcudiyetinin genel bitki büyümesini desteklediğini göstermektedir. Önceki çalışmalar da benzer şekilde, çinko takviyesinin özellikle kanola gibi ürünlerde bitki boyutunun ve biyokütle birikiminin artmasına neden olduğunu bildirmiştir (Afsahi ve ark., 2020).  $Zn_3(PO_4)_2$ 'nin kök uzunluğu üzerindeki olumlu etkisi özellikle önemlidir, çünkü daha uzun kökler bitkinin topraktan su ve besin maddelerine erişme yeteneğini artırarak genel büyümenin daha iyi olmasına katkıda bulunur (Kumar ve ark., 2018). Organik maddelerin pirolizi yoluyla üretilen kararlı bir karbon formu olan biyokömür, toprak verimliliğini ve bitki büyümesini iyileştirme potansiyeli nedeniyle son yıllarda toprak ıslahı olarak dikkat çekmektedir (Lehmann ve ark., 2011). Toprağa biyokömür eklenmesinin besin tutma, su tutma kapasitesi ve mikrobiyal aktiviteyi iyileştirdiği gösterilmiştir (Ding ve ark., 2016). Biyokömürün yüksek yüzey alanı ve gözenekli yapısı, besin maddesi adsorpsiyonu için alanlar sağlar, bu da besin maddesi sızıntısını azaltabilir ve bitkiler için besin maddesi kullanılabilirliğini artırabilir. Bu durum, biyokömür ile muamele edilen kanola bitkilerinde bitki biyokütlesi ve kök gelişiminde gözlenen artışları açıklayabilir. Bu çalışmada, biyokömürün  $Zn_3(PO_4)_2$  ile birlikte uygulanması büyüme parametrelerinin

iyileşmesine yol açmıştır. Bu sinerjik etki, biyokömür ve  $Zn_3(PO_4)_2$ 'nin tamamlayıcı rollerine bağlanabilir. Biyokömür toprağın fiziksel özelliklerini geliştirerek yapısını ve nem tutma özelliğini artırırken,  $Zn_3(PO_4)_2$  muhtemelen bitki metabolik fonksiyonları için gerekli bir mikro besin maddesi sağlamıştır. Klorofil içeriğini ve fotosentetik kapasiteyi yansıtan SPAD değerlerindeki artış, biyokömürün daha iyi bitki büyümesine yol açacak şekilde besin kullanılabilirliğini ve fotosentezi artırdığı fikrini daha da desteklemektedir (McHenry ve ark., 2009; David, 2015). Hem  $Zn_3(PO_4)_2$  hem de biyokömür ile bitki büyümesindeki doza bağlı artış, uygulama oranlarının kanola gelişimini teşvik etmek için optimize edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte,  $Zn_3(PO_4)_2$  ve biyokömür de dahil olmak üzere herhangi bir girdinin aşırı uygulanmasının azalan getirilere ve hatta bitki büyümesi üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceğine dikkat etmek önemlidir. Örneğin, çok yüksek çinko seviyeleri toksisiteye yol açarak bitki büyümesini engelleyebilir ve besin alımını azaltabilir (Marschner, 2012). Benzer şekilde, aşırı yüksek oranlar toprak dengesizliklerine, besin kilitlenmesine veya bitki büyümesinin azalmasına yol açabileceğinden biyokömür dozları dikkatle yönetilmelidir (Thomas ve Gale, 2015). Mevcut çalışmada, daha yüksek dozlarda artan biyokütle oranları, her iki değişikliğin test edilen dozlارının bitki büyümesini teşvik etmek için en uygun aralıkta olduğunu göstermektedir. Gelecekteki araştırmalar, en etkili uygulama oranlarını belirlemeye ve toprak sağlığı ve mahsul verimliliği üzerindeki uzun vadeli etkileri araştırmaya odaklanabilir. Büyüme parametrelerinde gözlenen iyileşmeler çeşitli mekanizmalara bağlanabilir.  $Zn_3(PO_4)_2$  kaynaklı çinko mevcudiyeti muhtemelen protein sentezinde yer alan enzim faaliyetlerini ve her ikisi de hücre bölünmesi ve uzaması için kritik olan oksinler ve gibberellinler gibi bitki hormonlarının düzenlenmesini arttırmıştır (Cakmak, 2008). Biyokömürün sinerjik

etkisi, toprak yapısını ve mikrobiyal çeşitliliği iyileştirerek besin alımını daha da kolaylaştırmış olabilir, çünkü biyokömürün besin döngüsünü artıran faydalı toprak mikroplarını teşvik ettiği gösterilmiştir (Rondon ve ark., 2007). Her iki değişiklikle gözlenen kök uzunluğundaki artış, muhtemelen bitkinin besinler için daha geniş bir toprak hacmini keşfetme yeteneğini geliştirmiş, böylece artan biyokütle ve gelişmiş fotosentetik verimliliğe katkıda bulunmuştur.

#### 4. Sonuç

Sonuç olarak, uygun dozlarda  $Zn_3(PO_4)_2$  ve biyokömür uygulamasının kanola bitkisinin büyümesi için faydalı olduğu ve bitki boyu, kök uzunluğu, biyokütle ve klorofil içeriği gibi temel fizyolojik parametreleri geliştirdiği kanıtlanmıştır. Gözlenen sinerjik etkiler, bitkisel üretimi optimize etmek için mikro besin gübrelerini organik değişikliklerle birleştirme potansiyelini vurgulamaktadır. Bu tür uygulamaların toprak sağlığı ve mahsul verimi üzerindeki uzun vadeli etkileri üzerine yapılacak daha fazla araştırma, sürdürülebilir tarım uygulamaları için değerli bilgiler sağlayacaktır.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Kaynaklar

Acar, R., Yorgancılar, M., Atalay, E., Yaman, C., 2011. The effect of different salt concentrations relative water content, chlorophyll content and plant growth in pea (*Pisum sativum* L.). *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(3): 42-46.

- Afsahi, K., Nazari, M., Omidi, H., Shekari, F., Bostani, A.A., 2020. The effects of different methods of zinc application on canola seed yield and oil content. *Journal of Plant Nutrition*, 43(8): 1070-1079.
- Alloway, B.J., 2008. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association.
- Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*, 302(1-2): 1-17.
- Dahunsi, S.O., Oranusi, S., Efeovbokhan, V.E., Adesulu-Dahunsi, A.T., Ogunwole, J.O., 2021. Crop performance and soil fertility improvement using organic fertilizer produced from valorization of Carica papaya fruit peel. *Scientific reports*, 11(1): 4696.
- Dai, Y., Zheng, H., Jiang, Z., Xing, B., 2020. Combined effects of biochar properties and soil conditions on plant growth: a meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 713: 136635.
- David, J.M., 2015. Biochar and compost increase crop yields but the effect is short term on sandplain soils of Western Australia. *Pedosphere*, 25(5): 720-728.
- De Corato, U., 2021. Compost and compost tea from on-farm composted agro-wastes improve the sustainability of horticultural organic cropping systems. In *Agri-Based Bioeconomy* (pp. 143-162). CRC Press.
- Dhaliwal, S.S., Sharma, V., Shukla, A.K., 2022. Impact of micronutrients in mitigation of abiotic stresses in soils and plants—A progressive step toward crop security and nutritional quality. *Advances in Agronomy*, 173: 1-78.
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zheng, B., 2016. Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy for sustainable development*, 36: 1-18.
- Hossain, M.Z., Bahar, M.M., Sarkar, B., Donne, S.W., Ok, Y.S., Palansooriya, K.N., Kirkham, M.B., Chowdhury, S., Bolan, N., 2020. Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant. In *Biochar*, 2(4) :379–420).
- Johnson, J.R., Saunders, J.R., 2002. Evaluation of chlorophyll meter for nitrogen management in cotton. *Annual Report*, 162-163.
- Karim, A.A., Kumar, M., Singh, E., Kumar, A., Kumar, S., Ray, A., Dhal, N.K., 2022. Enrichment of primary macronutrients in biochar for sustainable agriculture: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(9): 1449-1490.
- Karmegam, N., Jayakumar, M., Govarthan, M., Kumar, P., Ravindran, B., Biruntha, M., 2021. Precomposting and green manure amendment for effective vermitransformation of hazardous coir industrial waste into enriched vermicompost. *Bioresource Technology*, 319: 124136.
- Khayat, M., 2021. Evaluation effect of farmyard manure (FYM) to improve cereal crop yield. *Journal of Crop Nutrition Science*, 7(1): 59-67
- Kumar, A., Joseph, S., Tschansky, L., Privat, K., Schreiter, I.J., Schüth, C., Graber, E.R., 2018. Biochar aging in contaminated soil promotes Zn immobilization due to changes in biochar surface structural and chemical properties. *Science of the Total Environment*, 626: 953-961.
- Lazcano, C., Zhu-Barker, X., Decock, C., 2021. Effects of organic fertilizers on the soil microorganisms responsible for N<sub>2</sub>O emissions: A review. *Microorganisms*, 9(5): 983.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D., 2011. Biochar effects on soil biota—a review. *Soil biology and biochemistry*, 43(9): 1812-1836.

- Marschner, H., 2012. *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
- McHenry, M.P., 2009. Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3): 1-7.
- Mghaiouini, R., Benzibiria, N., Monkade, M., Bouari, A.E., 2022. Formulation of new biostimulant of plant and soil correction based on humic acids extracted by magnetized water from compost from the waste of coffee marc and cattle manure. *Waste and Biomass Valorization*, 13(1): 453-465.
- Mousavi, S.R., 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9): 1503-1509.
- Radziemska, M., Gusiatin, Z.M., Cydzik-Kwiatkowska, A., Cerdà, A., Pecina, V., Beş, A., Brtnický, M., 2021. Insight into metal immobilization and microbial community structure in soil from a steel disposal dump phytostabilized with composted, pyrolyzed or gasified wastes. *Chemosphere*, 272: 129576.
- Rondon, M.A., Lehmann, J., Ramírez, J., Hurtado, M., 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and fertility of Soils*, 43: 699-708.
- Saibou, A., 2022. Winter and Spring Canola Response to Phosphorus and Zinc Starter Fertilization in Eastern Washington and Eastern Connecticut (Master's thesis, University of Connecticut).
- Sakin, E., Yanardag, I.H., 2019. Effect of application of sheep manure and its biochar on carbon emissions in salt affected calcareous soil in Sanliurfa Region SE Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4): 2553-2560.
- Shaaban, A., El-Mageed, T.A.A., El-Momen, W.R.A., Saady, H.S., Al-Elwany, O.A., 2023. The integrated application of phosphorous and zinc affects the physiological status, yield and quality of canola grown in phosphorus-suffered deficiency saline soil. *Gesunde Pflanzen*, 75(5): 1813-1821.
- Shao, J., Tang, W., Huang, K., Ding, C., Wang, H., Zhang, W., Qari, S.H., 2023. How does zinc improve salinity tolerance? Mechanisms and future prospects. *Plants*, 12(18): 3207.
- Thomas, S.C., Gale, N., 2015. Biochar and forest restoration: a review and meta-analysis of tree growth responses. *New Forests*, 46(5): 931-946.
- Viketoft, M., Riggi, L.G., Bommarco, R., Hallin, S., Taylor, A.R., 2021. Type of organic fertilizer rather than organic amendment per se increases abundance of soil biota. *PeerJ*, 9: e11204.

---

**Atf Şekli:** Beyyavaş, V., Cun, S., Sakin, E., Turhan, D., 2024. Farklı Dozlarda Biyoçar ve Çinko Fosfat Uygulamalarının Kanola Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1159–1167.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14538522>.

**To Cite:** Beyyavaş, V., Cun, S., Sakin, E., Turhan, D., 2024. Effects of Different Doses of Biochar and Zinc Phosphate Applications on the Development of Canola Plants. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1159–1167.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14538522>.

---

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14542860>

Araştırma Makalesi / Research Article

## Digital Mapping of Soil pH and Electrical Conductivity: A Comparative Analysis of Kriging and Machine Learning Approaches

Mustafa ÖZTÜRK<sup>1</sup> , Miraç KILIÇ<sup>2</sup> , Hikmet GÜNAL<sup>1\*</sup> <sup>1</sup> Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Sanliurfa<sup>2</sup> Malatya Turgut Özal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Malatya\*Corresponding author: [hikmetgunal@harran.edu.tr](mailto:hikmetgunal@harran.edu.tr)

Received: 20.08.2024

Accepted: 05.10.2024

### Abstract

Soil pH and electrical conductivity (EC) are critical soil properties influencing agricultural productivity and environmental sustainability. This study evaluates the performance of stacked machine learning models in predicting and mapping soil pH and EC values. Base models such as Ordinary Kriging (OK), Universal Kriging (UK), and Disjunctive Kriging (DK) were employed, and their outputs were integrated into a Multilayer Perceptron (MLP) neural network meta-model. The results reveal the superior performance of the MLP meta-model across all metrics. For instance, in predicting pH, the MLP model achieved an RMSE of 0.028, an MAE of 0.020, and an  $R^2$  of 0.858 on the training dataset. For EC predictions, the MLP model outperformed others on the test dataset, with an RMSE of 0.039, an MAE of 0.028, and an  $R^2$  of 0.900. In contrast, the UK and DK methods exhibited lower accuracy, particularly on test datasets. This study shows the advantage of modern machine learning algorithms in modeling nonlinear spatial relationships and their significant potential in digital soil mapping. The findings demonstrate the applicability of these approaches in enhancing agricultural productivity and supporting sustainable soil management practices.

**Keywords:** Soil pH, electrical conductivity, machine learning, kriging, digital soil mapping

## 1. Introduction

Soil pH is a key factor that indicates whether soil is acidic or alkaline and plays a crucial role in shaping various soil properties and processes. Plants have specific pH preferences, and maintaining the appropriate pH range is essential for ensuring nutrient availability to support healthy plant growth (Neina et al., 2019). Soil acidity poses a global challenge, arising from both natural processes and human activities. Naturally, it can result from the leaching of base cations such as calcium, magnesium, and potassium in areas with high rainfall, leaving behind hydrogen and aluminum ions. Other natural contributors include the weathering of minerals, aluminum hydrolysis, plant uptake of cations over anions, and the oxidation of organic matter and sulfur minerals. Human activities also contribute significantly to soil acidification, particularly through the burning of fossil fuels that release sulfur and nitrogen gases, leading to acid rain. Furthermore, the excessive use of ammonium-based fertilizers intensifies the problem (Hue, 2022).

Soil salinity is a significant global concern, affecting more than 900 million hectares of land (Hopmans et al., 2021). This issue is especially harmful in semi-arid and arid regions, where it degrades soil and water quality, hampers seed germination, reduces agricultural productivity, and accelerates land degradation (Singh, 2022). In these areas, conditions such as high rates of evapotranspiration, limited precipitation, and specific soil characteristics promote the accumulation of salts in the soil. The concentration of salts, particularly in the upper soil layers, modifies soil properties and impairs its overall functionality (Butcher et al., 2016).

Soil pH is an important property that directly affects plant growth and development, making its assessment and management critical for agricultural productivity and environmental sustainability (Lu et al., 2023). By

monitoring soil pH, farmers can make strategic decisions regarding fertilization and soil management, leading to healthier crops and higher yields (Singh, 2022). Extremely acidic or alkaline soils can hinder nutrient availability, reducing plant productivity, while soil pH also influences microbial activity, a key factor in maintaining soil health (Suarez, 2006).

Under natural conditions, soil pH changes occur gradually, with spatial variability driven by factors such as topography, climate, parent material, vegetation, and human activities (Cannone et al., 2021; Zhao et al., 2024). In contrast, agricultural practices can result in rapid and substantial shifts in soil pH. Understanding these temporal and spatial variations is essential for sustainable agricultural practices. Tools such as Geographic Information Systems and digital soil mapping provide effective means for analyzing and mapping the spatial variability of soil pH (Filippi et al., 2018).

Estimating and mapping soil pH and EC over large areas is essential for efficient resource management and enhancing crop productivity. However, performing these tasks using traditional methods is both time-consuming and costly. Geostatistical methods, particularly kriging interpolation techniques, have long been employed for spatial modeling of soil properties as they enable the prediction of soil parameters across extensive landscapes (Filippi et al., 2018; Lu et al., 2023; Zhao et al., 2024).

In recent years, modern interpolation techniques such as High Accuracy Surface Modeling (HASM) have demonstrated significant advantages in spatial predictions of variables like soil pH. Shi et al. (2009) reported that HASM achieved higher accuracy, with lower MAE (0.16) and RMSE (0.22) values, compared to traditional methods such as kriging, IDW, and splines. Nonetheless, these methods may encounter limitations in capturing complex spatial patterns and minimizing prediction errors.

Recently, machine learning algorithms have emerged as powerful tools for improving prediction accuracy in environmental studies (Günel et al., 2021; Abakay and Günel, 2023; Durmaz et al., 2024). For example, the Random Forest algorithm has been reported to deliver superior performance in predicting soil pH and EC (Lu et al., 2023; Zhao et al., 2024). The careful selection of machine learning algorithms significantly impacts model performance. In a study by Khaledian and Miller (2020), various algorithms were compared in terms of hyperparameter requirements, dataset size, and model interpretability. The Cubist and Random Forest algorithms showed strong performance, particularly with smaller datasets.

Ensemble methods, especially stacked machine learning models, provide a significant advantage by combining multiple base models to harness their individual strengths. The integration of geostatistical techniques with artificial neural network-based meta-models improves the reliability of spatial predictions by effectively addressing both systematic and random errors.

This study investigates the effectiveness of stacked machine learning models in predicting and mapping soil pH and EC. Khaledian and Miller (2020) evaluated machine learning algorithms based on five critical criteria: hyperparameter count, sample size, variable selection, training time, and model interpretability. Their findings highlighted the superior accuracy of Cubist and Random Forest algorithms, even when applied to small datasets. These results served as a foundation for designing the stacked models used in this research. The proposed methodology utilizes Ordinary Kriging (OK), Universal Kriging (UK), and Disjunctive Kriging (DK) as base models, which are then integrated with a Multilayer Perceptron (MLP) neural network serving as the meta-model. This approach introduces an innovative framework for spatial modeling of soil

properties, aiming to advance precision agriculture practices.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Study area

The study area spans a vast region within Şanlıurfa province, which is known for its prominent pistachio cultivation. Located in southeastern Turkey, Şanlıurfa has a rich geological background, with much of the area composed of limestone, basalt, and alluvial rocks from the Cenozoic era. Limestone formations are especially significant in the province's geology, found primarily in the Fatik Plateau to the north and west and the Tektek Mountains to the east. The Fatik Plateau contains extensive Eocene limestone deposits, often white or yellow in color and highly calcified, while the Tektek Mountains feature younger limestone deposits from the Oligocene-Miocene epochs, generally yellow or brown, with less karstification (Özcan, 1974).

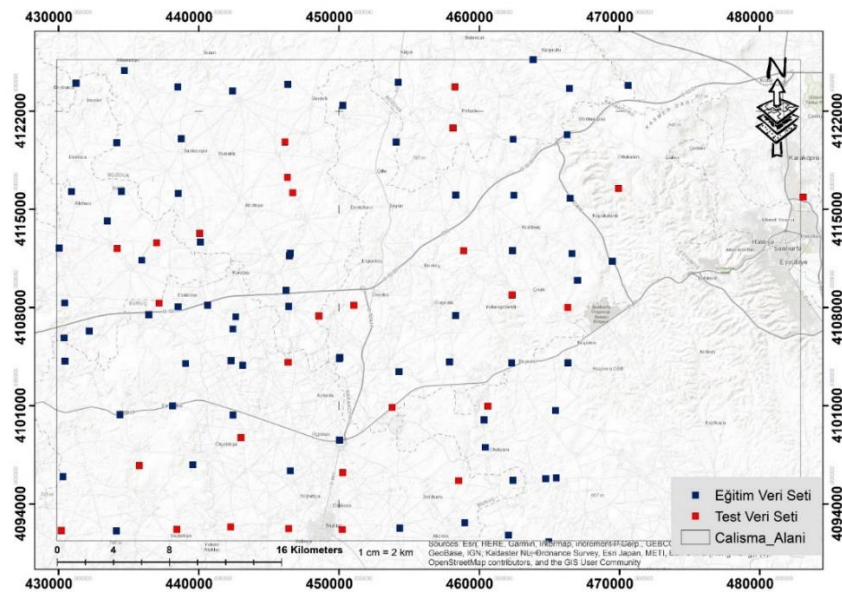
On the geological map of Şanlıurfa, green areas indicate Cretaceous-Paleocene clastic and carbonate rocks, orange areas represent Eocene limestones, and yellow areas correspond to Miocene limestones. These limestones are part of the Midyat Group, which includes formations from the Eocene, Oligocene, and Early Miocene periods. Under the region's arid climate, these limestone formations support xerophytic vegetation, such as maquis and steppe communities.

Şanlıurfa, located in southeastern Turkey, is where the Mediterranean and continental climates meet, resulting in a semi-arid Mediterranean climate. Precipitation is concentrated in the winter months, when temperatures are more moderate. The long-term average annual rainfall is 459.3 mm, which is below the Mediterranean regional average. Most rainfall occurs between November and March, while there is a significant reduction in rainfall during July and August. Summers are hot and dry, with an average annual temperature of 18.5°C. The coldest month is January, with an average temperature of

5.6 °C, while July is the hottest month, with an average temperature of 32 °C. Winters are generally mild, with January being the coldest month, though temperatures rarely drop below freezing. Snowfall is typically observed in December, January, and February, but the snow cover is usually brief. The climate of Şanlıurfa significantly influences its natural vegetation and agricultural practices. Due to the hot, dry summers, the region's vegetation mainly consists of drought-resistant maquis and steppe plants. Agriculture is predominantly focused on irrigated farming during the winter months (MGM, 2024).

## 2.2. Soil sampling and laboratory analysis

Soil samples were collected from disturbed soils at a depth of 0-20 cm from 104 points, representing three primary land uses: dry farming fields, pasture areas, and pistachio orchards. These points were selected from homogeneous units with areas  $\geq 1$  km<sup>2</sup> (Figure 1). Among the samples, 13 were from fields that had been used for barley, wheat, or other crops like lentils and alfalfa but were not planted at the time of sampling. Additionally, 65 samples were taken from pistachio orchards of various ages, 14 from pasture areas, 8 from cotton fields, and 4 from olive orchards. The coordinates of each sampling point were recorded in the field using a handheld GPS device.



**Figure 1.** The locations of the soil samples within the study area and their distribution in the test and training datasets of the models

After air-drying, the soil samples were sieved through a 2 mm mesh and prepared for further analysis. Electrical conductivity (EC) and pH were measured in a 1:2.5 soil-water suspension using an EC-pH meter, following the method outlined by the US Salinity Lab Staff (1954).

## 2.3. Modelling approach

The Stacked Machine Learning Model, also known as stacking or stacked

generalization, is an ensemble learning technique that integrates multiple predictive models. The fundamental concept behind stacking is to capitalize on the strengths of various base models (Level 0: Ordinary Kriging, Universal Kriging, and Disjunctive Kriging) and use a meta-model (Level 1: Multilayer Perceptron Neural Network, MLP) to optimally combine their predictions. This two-level approach



enables the meta-learner to correct biases in the base models and reduce both systematic and random errors, thereby enhancing prediction accuracy (Ma et al., 2018; Wang, 2018).

**2.3.1. Base models (Level 0)**

Ordinary Kriging (OK) is a geostatistical interpolation method used with spatial data and is defined as the Best Linear Unbiased Estimator (BLUE). This method provides a

prediction that is "optimal" (minimizing error variance), "linear" (using a weighted linear combination of existing data), and "unbiased" (with an error mean equal to zero). The fundamental principle of Ordinary Kriging is to predict the value of a regionalized variable,  $Z(s_0)$ , at a location to be estimated, based on the surrounding available data. (Equation 1) (Mesić Kiš, 2016; Webster and Oliver, 2007):

$$Z(s_0) = \sum_{\{i=1\}}^n \lambda_i Z(s_i) \tag{1}$$

$\lambda_i$ : Weight coefficients,

$Z(s_i)$ : Observations at the existing data points,

$n$ : The number of data points used.

These weights are determined to satisfy the conditions of unbiasedness (Equation 2) and minimum variance (Equation 3), as outlined below (Journal and Huijbregts, 1978):

$$\sum_{\{i=1\}}^n \lambda_i = 1 \tag{2}$$

$$\min \text{VAR}[Z(s_0) - \sum_{\{i=1\}}^n \lambda_i Z(s_i)] \tag{3}$$

To determine the weights, the equation in matrix form from Equation 3 is used (Malvić and Balić, 2009):

$$\begin{bmatrix} \gamma(s_1, s_1) & \gamma(s_1, s_2) & \dots & \gamma(s_1, s_n) & 1 \\ \gamma(s_2, s_1) & \gamma(s_2, s_2) & \dots & \gamma(s_2, s_n) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(s_n, s_1) & \gamma(s_n, s_2) & \dots & \gamma(s_n, s_n) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(s_1, s_0) \\ \gamma(s_2, s_0) \\ \vdots \\ \gamma(s_n, s_0) \\ 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

Where:

$\gamma(s_i, s_j)$ : represents the semivariogram value between the points  $s_i$  and  $s_j$ ,

$\mu$ : Lagrange multiplier.

Universal Kriging (UK) is a geostatistical method employed for spatial data prediction when a significant trend is present in the data. It is particularly useful when the mean of the variable is not constant, meaning the stationarity assumption is violated. Universal Kriging

decomposes the predicted variable into two components: a deterministic function ( $\mu(x)$ ), which represents the significant trend, and a random component ( $Y(x)$ ), as expressed in Equation 4 (Wackernagel, 2003):

$$Z(x) = \mu(x) + Y(x) \quad (4)$$

Where:

$Z(x)$ : The regionalized variable at location  $x$ ,  
 $\mu(x)$ : the deterministic trend that varies with spatial location,  
 $Y(x)$ : the random component, which is considered a stationary process.

The trend component ( $\mu(x)$ ) is modeled as a polynomial function, which is represented in Equation 5. This polynomial function captures the underlying trend in the data, accounting for spatial variations that cannot be explained by the random component alone (Kumar, 2007):

$$\mu(x) = \sum_{l=1}^k \alpha_l f_l(x) \quad (5)$$

Where:

$\alpha_l$ : The coefficients to be predicted from the data,  
 $f_l(x)$ : the basic function that defines the spatial coordinates,  
 $k$ : the number of functions used to model the trend.  
 Disjunctive Kriging (DK) relies on the principle of transforming the data into standard normal variables using Hermite

polynomials and then applying the kriging method to predict these polynomials. The predicted values are subsequently inverse-transformed to obtain results in the original units of the variable (Oliver et al., 1996). DK expresses the prediction of a variable using the equation provided in Equation 6:

$$Z_{DK}(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \phi_k H_k(Y(x)) \quad (6)$$

$$\phi_k = \int_{-\infty}^{\infty} Z(x) H_k(Y(x)) g(Y(x)) dY \quad (7)$$

Where:

$Z_{DK}(x)$ : Estimated value,  
 $\phi_k$ : Hermite coefficients,  
 $H_k(Y(x))$ : The  $k$ -th Hermite polynomial of  $Y(x)$

### 2.3.2. Level 1

The Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP-ANN) is a type of artificial neural network that consists of an input layer, one or more hidden layers, and an output layer. It functions through supervised learning, where it learns the

nonlinear relationships between the input variables and the target outputs. Each layer is made up of nodes (neurons), which are processed with weights and biases (Pinkus, 1999). A multilayer MLP is represented by Equation 8 (Haykin, 1999):

$$\widehat{y}^{(l)} = f\left(W^{(l)}\widehat{y}^{(l-1)} + b^{(l)}\right) \quad (8)$$

Where;  $W^{(l)}$  ve  $b^{(l)}$ ,  $l$  – represents the weight matrix and bias vector of the  $n$   $n$ -th layer.

GridSearchCV is a methodical approach used for hyperparameter optimization of machine learning models, and it was applied in this study to enhance the performance of the MLP-ANN model. This method tests different combinations of predefined hyperparameters via a grid search and evaluates the accuracy of each combination using  $k$ -fold cross-validation (Kong et al., 2024). In this study, GridSearchCV was implemented with 5-fold cross-validation to optimize hyperparameters specific to the MLP-ANN model, such as 'activation', 'alpha', 'hidden\_layer\_sizes', and 'solver', with error metrics used to assess the model's performance.

For this study, the outputs from the Level 0 base models were used as input data (common variables) for the Level 1 meta-model. The dataset was split into 70% for

training and 30% for testing at both levels (Figure 1). The Level 0 Kriging models and the Level 1 MLP models were both trained using the training dataset. While the Level 0 models were generated using ArcGIS 10.8 Geostatistical Wizard, the Level 1 model was developed in Python 3.8 using the Scikit Learn library.

#### 2.4. Accuracy assessment

Root Mean Squared Error (RMSE) is designed to compare the final predicted output with the target output and is a performance metric calculated from the differences between the network's output and the target. RMSE is inversely proportional to prediction accuracy (a larger RMSE value indicates lower prediction accuracy). The RMSE value is calculated using the following equation \*;

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (E_i - M_i)^2} \quad (9)$$

Where RMSE (Root Mean Square Error) is the square root of the average squared error,  $E_i$ ,  $M_i$  and  $n$  represent the predicted values, measured values, and the number of samples, respectively. To evaluate the prediction performance of each model at

different levels, three validation indices defined by Isaaks and Srivastava (1988)—Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE)—are calculated using the following equations:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{Z}(x_i) - Z(x_i)] \quad (10)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{Z}(x_i) - Z(x_i)| \quad (11)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \hat{z}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2} \quad (12)$$

In the equation;  $\hat{Z}(x_i)$  represents the predicted soil properties (such as pH or EC),  $Z(x_i)$  refers to the measured soil properties, and  $n$  is the number of samples used for validation.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Statistical analysis

When comparing the statistical properties of soil pH and electrical conductivity (EC) values between the training and test datasets, several similarities and differences were observed (Table 1). For pH values, there were no significant statistical differences between the two datasets, both showing similar distributions. The mean pH value for both the training and test datasets was 7.78. However, the standard deviation for the training dataset was 0.09, slightly higher than the test dataset's standard deviation of

0.08, suggesting slightly more variability in the training data's pH values.

For EC values, the mean in the training dataset was 0.44, while the test dataset's mean was 0.45. However, the coefficient of variation for EC was higher in the test dataset (31.45%) than in the training dataset (24.27%), indicating that the EC values in the test data exhibited greater variability. These findings suggest that the training and test datasets may exhibit different characteristics during model validation, with the test dataset, particularly for EC predictions, requiring more careful analysis.

**Table 1.** Statistical properties of soil pH and EC values for training and test data

	Training		Test	
	pH	EC	pH	EC
<b>Number of Samples</b>	70	70	30	30
<b>Mean</b>	7.78	0.44	7.78	0.45
<b>Standard Deviation</b>	0.09	0.11	0.08	0.14
<b>Minimum</b>	7.45	0.275	7.58	0.282
<b>Maximum</b>	7.95	0.784	7.92	0.947
<b>Coefficient of Variation (%)</b>	1.16	24.27	0.99	31.45

#### 3.2. Model parameters

In this study, the spatial distribution of soil pH and EC was modeled using digital soil mapping techniques and machine learning algorithms. The first stage of spatial modeling for soil pH, referred to as Level 0 (base models), was performed using three different kriging interpolation methods: Ordinary Kriging (OK), Universal Kriging (UK), and Disjunctive Kriging (DK), which aim to capture distance-dependent variations in soil properties. The semivariogram parameters and spatial dependence rates for soil pH and EC values, based on the OK, UK, and DK methods, are summarized in Table 2. The spatial dependence rate is defined as the ratio of the nugget to the sill and is interpreted according to the classification proposed by Cambardella (1994). According to this classification, a spatial dependence rate of <25% indicates strong spatial dependence,

between 25-75% indicates moderate spatial dependence, and >75% indicates weak spatial dependence.

For the analysis of pH values, the OK method showed a nugget value of 0.0000258017, a partial sill value of 0.00010771, and a total sill value of 0.00013351, resulting in a spatial dependence rate of 80.7%, which indicates weak spatial dependence. The range value of 5530 m suggests a moderate effect distance. The UK method produced a nugget value of 0.0011356647, a partial sill value of 0.00682873, and a total sill value of 0.0079644. With a spatial dependence rate of 85.7%, it also indicated weak spatial dependence, suggesting that pH values are distributed homogeneously over a wide spatial area. The range value of 5530 m was consistent with that of the OK method. In the DK method, the nugget value was 0.2352803000, the partial sill value was

0.767537, and the total sill value was 1.0028173, indicating higher variation in pH values. The spatial dependence rate for DK was 76.5%, also indicating weak spatial dependence. The range value of 5050 m suggested a shorter effect distance compared to the OK and UK methods. These results indicate the variations in the spatial distribution of soil pH across different kriging methods, offering unique insights into the spatial structure of the data.

In the analysis of EC values, for the OK method, the nugget value was calculated as 0.0061058190, the partial sill as 0.00785807, and the total sill as 0.01396389. This method shows a moderate spatial dependence rate of 56.3%, with a range value of 5762 m, indicating a medium-sized effect distance. For the UK method, the nugget value was determined as 0.0012816100, the partial sill as 0.00013297, and the total sill as 0.00141458, showing a spatial dependence rate of 90.6%. This indicates weak spatial dependence, with EC values being more homogeneously distributed and a shorter

effect distance of 3551 m. For the DK method, the nugget value was calculated as 0.0149452000, the partial sill as 0.03995901, and the total sill as 0.05490421, indicating a model with higher variation in EC values. The spatial dependence rate of 72.8% suggests moderate spatial dependence, with the range value of 9638 m reflecting a very large effect distance.

Overall, the findings suggest that soil pH values in the study area generally exhibit weak spatial dependence, whereas EC values show moderate spatial dependence. These results align with those of Zhao et al. (2024), who conducted a similar study on a European scale. In their research, they found that pH shows weak dependence on environmental variables but a stronger dependence on EC, which is attributed to differing soil processes. Moreover, they demonstrated that the spatial variation of pH is often associated with topography and carbonate content, while EC is more strongly influenced by salinity and climatic factors.

**Table 2.** Semivariogram parameters and spatial dependence ratios for different kriging methods for soil pH and EC values

	Model	Nugget	Partial Sill	Sill	Range (m)	Spatial Dependence (%)
pH	Ordinary Kriging	0.0000258017	0.00010771	0.00013351	5530	80.7%
	Universal Kriging	0.0011356647	0.00682873	0.0079644	5530	85.7%
	Disjunctive Kriging	0.2352803000	0.767537	1.0028173	5050	76.5%
EC	Ordinary Kriging	0.0061058190	0.00785807	0.01396389	5762	56.3%
	Universal Kriging	0.0012816100	0.00013297	0.00141458	3551	90.6%
	Disjunctive Kriging	0.0149452000	0.03995901	0.05490421	9638	72.8%

The optimal hyperparameters for the Level 1 Multi-Layer Perceptron (MLP) models are presented in Table 3. For both pH and EC values, various hyperparameter settings were tuned using GridSearchCV. In this study, to develop the final spatial models for soil pH and electrical conductivity (EC) characteristics, the input data consisted of the OK, UK, and DK values. For the Level 1 MLPpH model, the

best performance was achieved with the following hyperparameters: 'relu' activation function, an  $\alpha$  (L2 regularization term) of 0.001, a single hidden layer with 50 neurons, and the 'adam' solver. For the Level 1 MLPEC model, the lowest Mean Squared Error (MSE) was obtained with the 'tanh' activation function, an  $\alpha$  of 0.0001, a single hidden layer with 100 neurons, and the 'adam' solver. These hyperparameter

selections ensured that the models generalized well according to the data

characteristics and facilitated an efficient training process.

**Table 3.** Optimal Hyperparameters for Level 1 MLP Model

Model	Optimal Hyperparameters
Level 1 MLP <sub>pH</sub>	{'activation': 'relu', 'alpha': 0.001, 'hidden_layer_sizes': (50,), 'solver': 'adam'}
Level 1 MLP <sub>EC</sub>	{'activation': 'tanh', 'alpha': 0.0001, 'hidden_layer_sizes': (100,), 'solver': 'adam'}

### 3.3. Digital soil maps

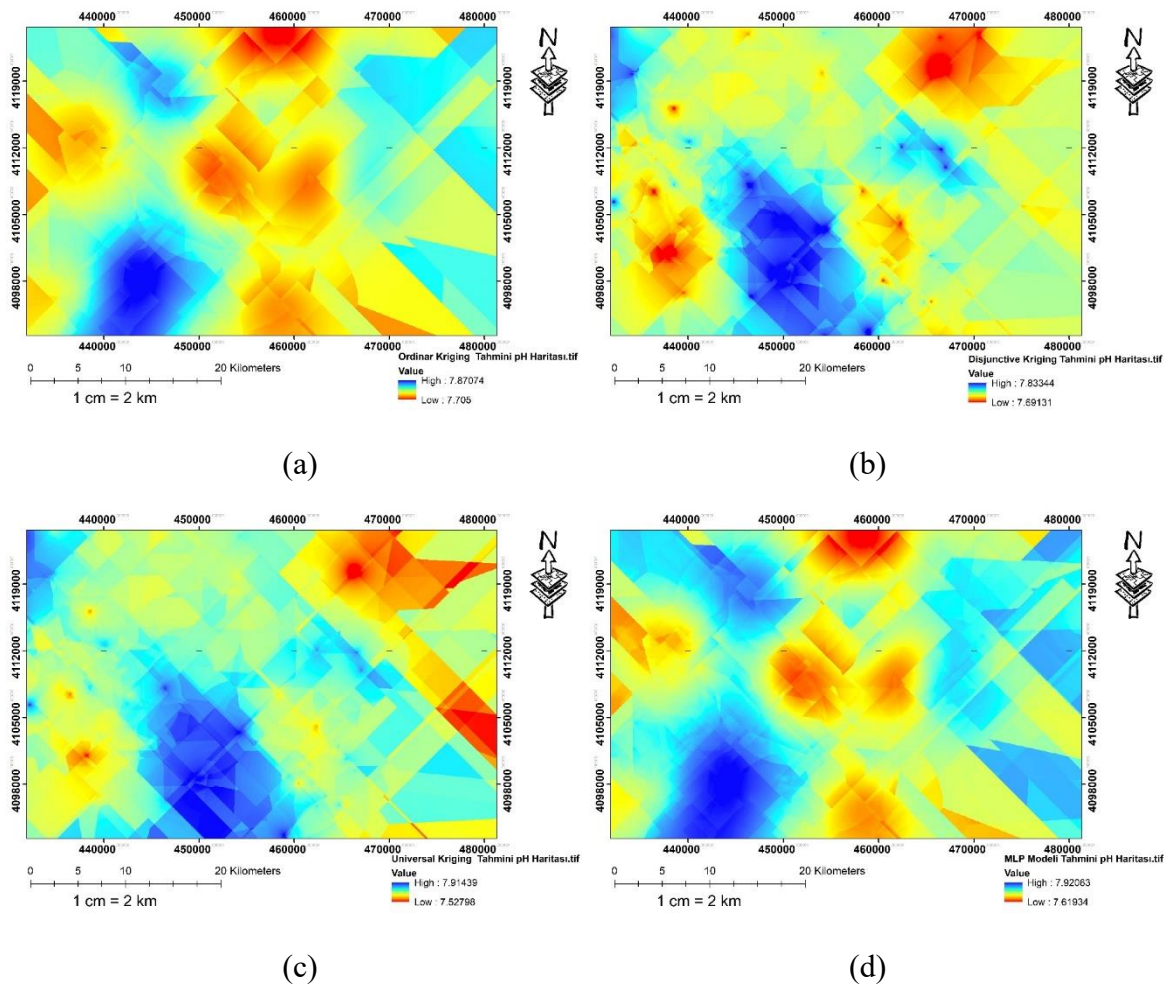
The predicted spatial distribution maps for soil pH from the Level 0 base models (OK, UK, and DK) and the Level 1 meta-model (MLP<sub>pH</sub>) are shown in Figure 2. The numerical soil map for the MLP<sub>pH</sub> model displays the broadest spatial variation, capturing small-scale spatial changes, with a minimum value of 7.62, a maximum value of 7.92, and a standard deviation of 0.05. In comparison, the Level 0 models are ranked based on their ability to capture general trends and large-scale variations in pH values, with the following standard deviation values: UK (0.04), OK (0.03), and DK (0.01).

Soil pH maps for the study area, generated using different interpolation methods and modeling approaches, are presented in Figure 2. The OK method (a) reveals distinct spatial patterns in pH distribution, with smooth transitions. pH values range from 7.705 to 7.870, showing high pH values concentrated in the northern regions and lower pH values predominantly in the central and southern regions. The DK method (b) shows more pronounced spatial variability compared to OK, although its prediction range is narrower, from 7.693 to 7.833. This narrower range indicates reduced sensitivity to potential over-smoothing or outlier effects. The spatial locations of high and low pH regions are similar to those in the OK method, but the transition zones are less abrupt. The UK method (c) most effectively highlights the variability in pH values, with a broader pH

range from 7.528 to 7.914. This method captures spatial gradients more clearly, with high pH areas concentrated in the northeast and low pH areas more prominent in the southwest.

The Level 1 MLP<sub>pH</sub> Model (d) provides smoother transitions in spatial patterns compared to other methods, with a prediction range from 7.619 to 7.926. This model effectively captures small-scale differences and potential extreme pH values in both the northern and southern regions in great detail. While the spatial patterns generally align with those of the other methods, the MLP model stands out for its ability to capture complex interactions in spatial relationships with greater flexibility.

Overall, all methods consistently identify high pH values in the northern/northeastern regions and low pH values in the southern/central regions. However, the sensitivity to transition zones and the approach to spatial dependency vary across methods. The UK method is particularly strong in detecting spatial gradients, making it a solid choice for capturing pH variations. The OK method offers a balanced and reliable approach for overall pH mapping, while the DK method may be preferred for reducing the impact of outliers. The MLP model excels in its flexibility to capture nonlinear spatial relationships. However, for the final selection of methods, it is recommended that validation using local data be performed to ensure accuracy.



**Figure 2.** Digital soil maps for soil pH: a, b, and c correspond to Level 0 kriging interpolation methods—Ordinary Kriging, Disjunctive Kriging, and Universal Kriging, respectively. d represents the Level 1 MLP<sub>pH</sub> model.

The predicted digital soil maps for soil EC are presented in Figure 3. The analysis of the soil EC maps highlights the spatial variability characteristics of the different methods used. The OK method predicted EC values ranging from 0.318 dS/m to 0.780 dS/m, providing smooth and balanced transitions. High EC values were concentrated in the southwest, while low EC values were predominantly observed in the northern and eastern regions. The DK method presented a similar distribution but showed more pronounced differences in transition zones. In this method, EC values ranged from 0.324 dS/m to 0.769 dS/m, with high EC areas more concentrated in smaller zones, while low EC areas expanded.

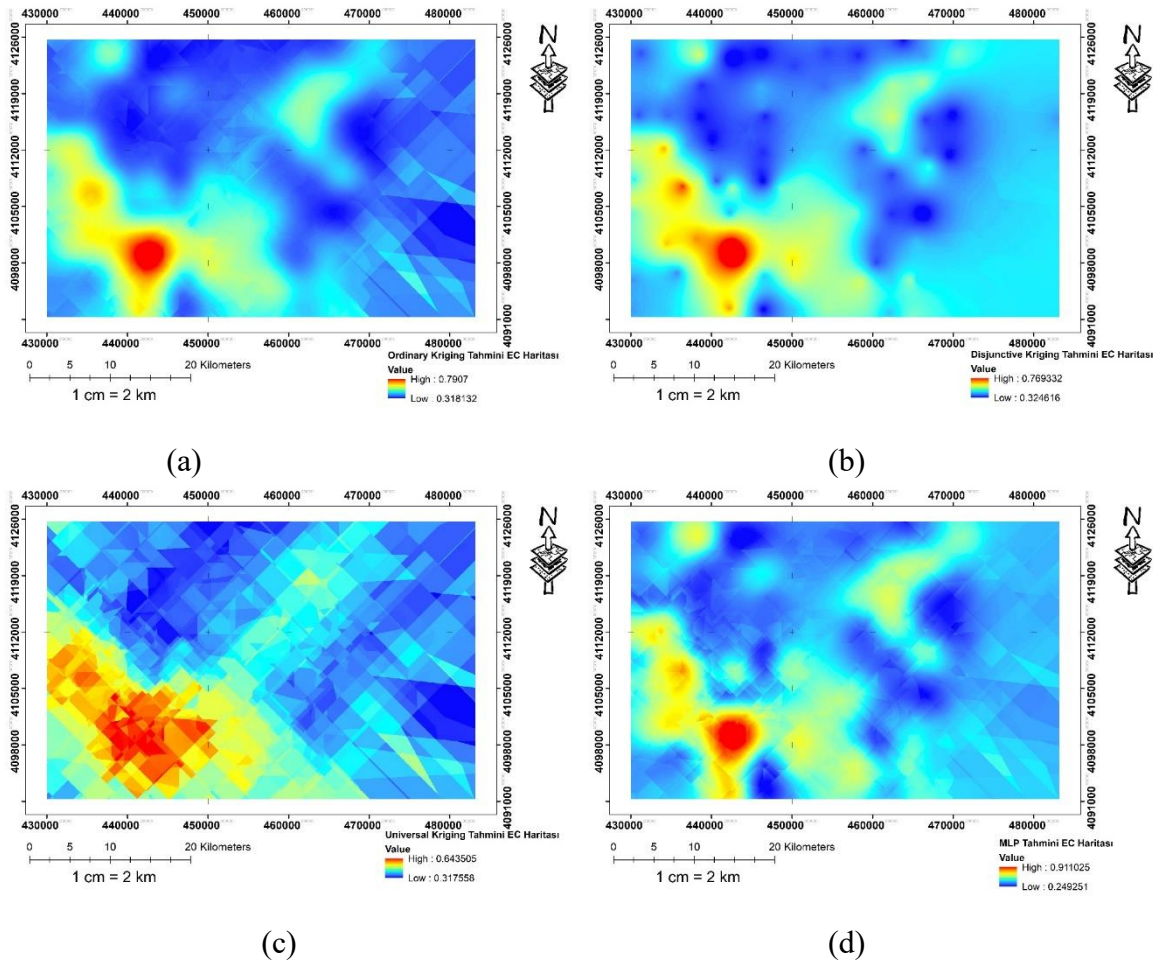
The UK method predicted EC values within a wider range, from 0.317 dS/m to

0.843 dS/m, reflecting spatial variability more distinctly. High EC concentrations in the southwest were defined in detail, and low EC areas were more prominent in the northeast. The Level 1 MLPEC model predicted EC values between 0.249 dS/m and 0.911 dS/m, offering a wider variation compared to other methods. Although the spatial patterns were generally consistent with OK and DK, the MLP model provided smoother transitions and better-defined high EC areas.

Overall, high EC values in the southwest and low EC values in the northern and eastern regions were consistently observed across all methods. OK and DK methods provided balanced and general predictions, while UK and the MLPEC model were more effective in capturing detailed spatial variations. UK stood out in defining

gradients and transition zones, while the MLPEC model flexibly captured nonlinear relationships and complex spatial patterns.

The final choice of method should depend on the validation data and research objectives.



**Figure 3.** The digital soil maps for soil EC are presented as follows: Figure 3a shows the Level 0 Ordinary Kriging (OK) method, Figure 3b displays the Level 0 Disjunctive Kriging (DK) method, Figure 3c illustrates the Level 0 Universal Kriging (UK) method, and Figure 3d depicts the Level 1 MLPEC model.

The performance metrics of the four different models used for predicting the soil pH and EC values in the study area are provided in Table 4. For soil pH spatial prediction, the Level 1 MLP<sub>EC</sub> model demonstrated the best performance with significantly lower MSE (0.001), MAE (0.0204), and RMSE (0.028), and the highest R<sup>2</sup> (0.858) values. The low MAE and RMSE values indicate that the model effectively minimized both systematic and random errors. The OK and DK methods showed reasonable accuracy in the training dataset, but the OK method performed

poorly in pH predictions, as evidenced by its low R<sup>2</sup> value (0.103) and higher RMSE (0.081) and MAE (0.059) values. Furthermore, the OK method had the highest MSE (0.007), indicating low accuracy in pH predictions.

The UK method showed moderate accuracy in the training dataset (R<sup>2</sup>: 0.546) but failed in the test dataset with a negative R<sup>2</sup> value (-0.880). The Level 1 MLPEC model, however, provided the best results in pH prediction with MSE (0.002), RMSE (0.040), and R<sup>2</sup> (0.715) in the test dataset. Meanwhile, the OK method performed



acceptably in the test dataset with  $R^2$  (0.632), while the DK method showed lower accuracy ( $R^2$ : -0.309). The low  $R^2$  in the training set and high  $R^2$  in the test set of the OK method indicate that the model was prone to overfitting. Lu et al. (2023) performed soil pH mapping in Europe by combining multiple environmental variables with various machine learning algorithms. The study evaluated nine models (three linear and six nonlinear) for spatial prediction, using statistical metrics such as  $R^2$ , RMSE, and performance/deviation ratio (RPD) for model comparison. The results indicated that nonlinear machine learning models performed better than linear models in predicting soil pH. The random forest model achieved the best prediction performance with an  $R^2$  value of 0.70, RMSE of 0.75, and RPD of 1.84.

In soil EC predictions, the Level 1  $MLP_{EC}$  model outperformed all other methods, showing superior performance on both training and test data. The  $MLP_{EC}$  model achieved the highest accuracy on the training data with MSE (0.001), RMSE (0.031), and  $R^2$  (0.900), and similarly provided the best results on the test data with MSE (0.002), RMSE (0.039), and  $R^2$  (0.900). The OK method achieved high accuracy with  $R^2$  (0.791) on the training data and  $R^2$  (0.794) on the test data. However, it had relatively high RMSE (training: 0.0533; test: 0.0625) and MAE (0.0407) values, limiting error reduction. DK method showed moderate accuracy with  $R^2$  values of 0.606 (training) and 0.624 (test), along with noticeable improvements in RMSE (0.0732) and MAE (0.0567). On the other hand, UK method showed the lowest performance in EC predictions, particularly on the test data, where it lagged behind other methods with MSE (0.012), RMSE (0.108), and  $R^2$  (0.380).

Overall, the MLP model provided the best results across all metrics in both pH and EC predictions, demonstrating a clear advantage over the other methods. These results highlight the potential of modern

methods in minimizing error rates for soil pH predictions. Shi et al. (2009) showed that the HASM method performed excellently in spatially predicting soil pH, particularly with low MAE (0.16) and RMSE (0.22) values. Similarly, the stacked machine learning model used in our study achieved significant success with low MAE (0.0204) and RMSE (0.028) values in pH predictions. Unlike HASM and other geostatistical methods, the meta-model approach was more flexible in modeling nonlinear relationships, further reducing error rates, and offering a method that could contribute to sustainable agricultural practices. The MLP model stands out with low MSE, RMSE, and MAE values, and its high  $R^2$  values prove the explanatory power of the model. The  $R^2$  metric used to evaluate pH and EC predictions in our study shows the proportion of total variance that the model can explain. Zhao et al. (2024) reported  $R^2$  values of 0.70 for pH predictions and 0.53 for  $CaCO_3$  predictions using the Extremely Randomized Trees (ERT) algorithm in their European-scale study. These values indicate that nonlinear models perform better than linear models in capturing complex environmental factors. The performance of the models in our study aligns with these findings. RMSE, used to evaluate model accuracy, provides the square root of the average of the squared differences between predicted and measured values. Zhao et al. (2024) reported an RMSE of 0.75 for pH predictions, demonstrating that the ERT algorithm achieved lower error rates, especially for pH predictions. The RMSE results used in our study indicate that the model performance is acceptable when compared with these reference values.

Among Kriging methods, DK generally performs better than OK and UK. In EC predictions, the OK method shows reasonable performance, but the MLP method stands out as the more powerful approach. Although DK provides reasonable results in some cases, its accuracy is not as high as that of the MLP

model. However, particularly in pH predictions, UK's weak performance on the test set limits the generalizability of the method. These findings highlight that the MLP model is the most suitable method for pH and EC predictions in terms of accuracy and reliability. The results suggest that deep learning-based approaches, such as MLP, outperform traditional spatial prediction methods, especially for complex and nonlinear data structures. Our study found that machine learning models demonstrated higher performance compared to geostatistical methods, with stacked models reducing error rates. This finding aligns with Zhao et al. (2024), whose European-scale study showed that nonlinear algorithms such as Random Forest performed better than classical methods like Kriging for pH and CaCO<sub>3</sub> predictions. Zhao et al. (2024) emphasized that nonlinear algorithms are more effective in capturing complex interactions of environmental variables, enhancing model performance.

In another study, Kshatriya et al. (2024) compared deep learning–multi layer perceptron (DL-MLP) and one-dimensional convolutional neural networks (1D-CNN) models and reported that the DL-MLP model performed better in pH predictions ( $R^2=0.30$ ,  $RMSE=0.97$ ). This finding is consistent with the accurate results of the Level 1 MLP models in our study. However, Kshatriya et al. (2024) noted that deep learning models are sensitive to high data requirements and that low sampling density could limit model accuracy. This observation corroborates the impact of data density on prediction accuracy observed in our study. Furthermore, the study supported the fact that DL-MLP models are particularly effective at capturing complex spatial patterns, which is reflected in the performance of pH and EC predictions in our study.

In a recent study, Kshatriya et al. (2024) analyzed model accuracies using metrics such as  $R^2$  and RMSE for pH and organic carbon predictions and found that the DL-

MLP model achieved reasonable accuracy in pH predictions ( $R^2=0.30$ ,  $RMSE=0.97$ ). When compared to the model accuracy values obtained in our study, these results reveal the potential of the DL-MLP model for predicting soil properties. The lower RMSE values from the models in our study suggest that machine learning algorithms can improve performance in regions where spatial variability shows more homogeneous distribution. However, the relatively low  $R^2$  value in Kshatriya et al. (2024) study suggests that the effect of environmental variables on pH predictions might be limited, and including additional variables in the model could improve accuracy.

When evaluating the performance of soil pH and EC predictions, it is crucial to consider the MAE (Mean Absolute Error) values. MAE represents the average of the absolute differences between the predicted and actual values, providing a clear measure of the model's error magnitude. One of the key advantages of MAE is its lower sensitivity to the magnitude of errors compared to other metrics, as it treats all errors equally. This makes MAE particularly useful for realistic error assessment in models, as it is less influenced by outliers.

For pH predictions, the MLP model demonstrated the lowest MAE (0.020) on the training dataset, indicating the highest accuracy and reliability. The DK method achieved a similar MAE value of 0.020, though it lagged behind the MLP model in other performance metrics. The MAE for the UK method (0.029) was slightly higher, while the OK method had the highest MAE (0.059), indicating larger errors in predictions. On the test data, the MLP model again performed best with the lowest MAE (0.037), while the OK method showed a reasonable MAE (0.035). However, the UK method (0.074) and DK method (0.067) exhibited relatively high MAE values, indicating a significant increase in prediction error.

**Table 4.** Performance comparison of kriging methods and multi-layer perceptron (MLP) in pH and EC spatial prediction using

	Dataset	Method	MSE	RMSE	MAE	R <sup>2</sup>
pH	Training	Ordinary Kriging	0.007	0.081	0.059	0.103
		Universal Kriging	0.003	0.058	0.029	0.546
		Disjunctive Kriging	0.002	0.047	0.0210	0.694
		MLP	0.001	0.028	0.020	0.858
EC		Ordinary Kriging	0.003	0.053	0.041	0.791
		Universal Kriging	0.009	0.095	0.074	0.331
		Disjunctive Kriging	0.005	0.073	0.057	0.606
		MLP	0.001	0.031	0.024	0.900
pH	Test	Ordinary Kriging	0.002	0.046	0.035	0.632
		Universal Kriging	0.011	0.104	0.074	-0.880
		Disjunctive Kriging	0.007	0.086	0.067	-0.309
		MLP	0.002	0.040	0.037	0.715
EC		Ordinary Kriging	0.004	0.062	0.047	0.794
		Universal Kriging	0.012	0.108	0.081	0.380
		Disjunctive Kriging	0.007	0.084	0.064	0.624
		MLP	0.002	0.039	0.028	0.900

For EC predictions, the MLP model again showed superiority in terms of MAE. On the training dataset, the MLP model achieved the best performance with the lowest MAE (0.024). The OK method (0.041) provided an acceptable MAE for EC predictions, while the DK method (0.057) and UK method (0.074) showed higher MAE values, indicating an increase in errors. On the test data, the MLP model continued to outperform the others with the lowest MAE (0.028), demonstrating greater consistency in its predictions. The OK method (0.047) also yielded a reasonable MAE on the test data, but the DK (0.064) and UK (0.081) methods exhibited higher MAE values, signaling increased prediction errors.

Overall, the MAE values confirm that the MLP model consistently provides the lowest error rates for both pH and EC predictions, establishing it as the most reliable method among the models tested. While the OK method produced reasonable results in terms of MAE, particularly on the

test data, its performance was less impressive in other metrics. Conversely, the DK and UK methods showed weaker performance in terms of MAE, further highlighting the MLP model's superior accuracy. The robustness of MAE to outliers has allowed for a more realistic and reliable assessment of model performance, making it a crucial metric in evaluating the accuracy of the predictions. These findings underscore the MLP model's ability to consistently deliver reliable results with minimal error in both training and test datasets for pH and EC predictions.

Similarly, Vandana et al. (2024) investigated the spatial variability of soil pH and EC values in the South Telangana region of India, using a combination of kriging and machine learning techniques for digital soil mapping. The performance of the models was evaluated using RMSE, ME (Mean Error), and R<sup>2</sup> metrics. Their results showed that the Random Forest (RF) model outperformed traditional geostatistical methods, offering an effective tool for

spatial prediction of soil pH and EC. The RF model's high  $R^2$  and low RMSE values indicated its reliability in digital soil mapping. A similar study by Tziachris et al. (2020) compared machine learning models (including Random Forest, Gradient Boosting, and Neural Networks) with geostatistical methods (Ordinary Kriging, Regression Kriging) for predicting soil pH. The study highlighted that low MAE could significantly enhance prediction accuracy, with the Gradient Boosting Kriging (GBKxgbT) model achieving an MAE of 0.177. In comparison, the MLP model in our study excelled in pH predictions, demonstrating low MAE (0.0204) and RMSE (0.028) values. These findings indicate that machine learning-based approaches, such as MLP, are highly effective in minimizing error rates and modeling nonlinear relationships, offering promising potential for improving soil property predictions.

Mousavi et al. (2023) identified significant performance differences between the integration of kriging and machine learning methods, which align with the findings in our study when evaluated using various error metrics. In their research, the RF-OK model, which models the kriging of random forest residues, demonstrated successful performance in pH predictions with an  $R^2$  value of 0.82. Similarly, the MLP-ANN model in their study outperformed this approach, achieving a higher  $R^2$  value of 0.858 and a lower RMSE value of 0.028 for pH predictions. This performance difference can be attributed to the MLP-ANN model's superior ability to capture nonlinear relationships and generalize more effectively, resulting in smaller error rates. In contrast, the RF-OK model excels in addressing large geographical variations and environmental variables, offering broader applicability, especially in diverse landscapes. The accuracy differences between these two models are influenced by factors such as dataset size, the impact of

environmental variables on modeling, and the spatial dependence levels of the data. Hybrid models, such as RF-OK and MLP-ANN, have shown significant improvements in prediction accuracy for pH and EC in the literature. Barikloo et al. (2024), in their study in the Urmia Plain, reported an  $R^2$  of 0.82 and RMSE of 0.032 for the Random Forest (RF) model in pH predictions. However, by integrating kriging with the Random Forest model (RF-OK), they achieved an  $R^2$  of 0.89 and reduced the RMSE to 0.007. Similarly, in our study, the MLP-ANN model outperformed traditional kriging methods, achieving an  $R^2$  of 0.858 and an RMSE of 0.028 for pH predictions, showcasing the effectiveness of machine learning models in improving accuracy over conventional methods. These findings reinforce the potential of hybrid approaches in enhancing soil property predictions by leveraging the strengths of both machine learning and geostatistical techniques.

#### 4. Conclusion

This study demonstrates that stacked machine learning models, particularly the Multilayer Perceptron (MLP) neural network meta-model, outperform traditional geostatistical methods in spatial predictions of soil pH and electrical conductivity (EC) values. The integration of the MLP meta-model with fundamental geostatistical methods, such as Ordinary Kriging (OK), Universal Kriging (UK), and Disjunctive Kriging (DK), has significantly enhanced prediction accuracy by reducing both systematic and random errors.

The MLP-based meta-model achieved an impressive  $R^2$  value of 0.858 for pH predictions and 0.900 for EC predictions, demonstrating its superior performance compared to conventional geostatistical methods. The MLP model excelled at capturing small-scale spatial variations and nonlinear relationships, effectively minimizing key error metrics like RMSE and MAE. In contrast, methods like UK and DK displayed more limited generalizability in certain scenarios, which reduces their

suitability for sensitive decision-making processes, such as those in agriculture.

The findings from this study emphasize the potential of machine learning algorithms to significantly enhance the mapping of soil properties. These approaches not only improve prediction accuracy but also support the development of more reliable, detailed digital soil maps, which are essential for precision agriculture applications. By leveraging machine learning, agriculture can benefit from more precise insights into soil conditions, aiding in better-informed decision-making for sustainable farming practices.

## 5. Recommendations

To further enhance model accuracy, integrating environmental factors such as climate, topography, and vegetation into the predictive models is highly recommended. Incorporating such comprehensive datasets will not only improve the generalization ability of the predictions but also offer a deeper understanding of spatial variability in soil properties. Testing the proposed methods across different regions and soil types will provide valuable insights into their applicability in a broader geographic context, enabling a more thorough evaluation of the models' ability to adapt to regional dynamics.

For precision agriculture applications, the creation of high-resolution soil maps that highlight small-scale differences is essential. These maps will support more accurate and effective decision-making in land management, providing a practical tool for users in the agricultural sector. Additionally, training machine learning algorithms with more extensive and diversified datasets can further boost model accuracy. By utilizing larger datasets, models can better capture nonlinear relationships and improve prediction precision.

Finally, the development of user-friendly software and digital tools tailored for the agricultural sector is of great significance. These technologies will make the soil mapping process more accessible,

empowering farmers and other stakeholders with the tools necessary for informed decision-making, ultimately supporting sustainable agricultural practices.

## Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

## Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

## References

- Abakay, O., Günal, H. 2023. Ergani ovasında bazı toprak özelliklerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesinde lokal polinomal interpolasyon ve deneysel bayesyen kriging yöntemlerinin karşılaştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(4): 654-668.
- Barikloo, A., Alamdari, P., Rezapour, S., Taghizadeh-Mehrjardi, R., 2024. Digital mapping of soil quality index to evaluate orchard fields using random forest models. *Model. Earth Syst. Environ.*
- Butcher, K., Wick, A.F., DeSutter, T., Chatterjee, A., Harmon, J. 2016. Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal*, 108(6): 2189-2200.
- Cannone, N., Guglielmin, M., Malfasi, F., Hubberten, H.W., Wagner, D., 2021. Rapid soil and vegetation changes at regional scale in continental Antarctica. *Geoderma*, 394: 115017.
- Durmaz, M., Günal, H., Budak, M., Çelik, İ., 2024. Harran Ovası'nda tarla ölçeğinde toprak fiziksel özelliklerinin mekânsal değişkenliği. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 241-264.
- Filippi, P., Cattle, S.R., Bishop, T.F., Odeh, I.O., Pringle, M.J., 2018. Digital soil monitoring of top-and sub-soil pH with bivariate linear mixed models. *Geoderma*, 322: 149-162.

- Günel, H., Kılıç, M., Altındal, M., Gündoğan, R., 2021. Rapid spatial estimation of soil pH using machine learning under limited covariate conditions. *Levantine Journal of Applied Sciences*, 1(1): 30-37.
- Haykin, S.S., 1999. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, International edition. Prentice Hall.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology*, 20: 313-341.
- Journel, A.G., Huijbregts, C.J., 1978. *Mining Geo-statistics*. London Acad. 600.
- Kong, W., Chen, J., Zhu, P., 2024. Machine Learning-Based Uranium Prospectivity Mapping and Model Explainability Research. *Minerals* 14.
- Kumar, V., 2007. Optimal contour mapping of groundwater levels using universal kriging—a case study. *Hydrological Sciences Journal*, 52: 1038-1050.
- Ma, Z., Wang, P., Gao, Z., Wang, R., Khalighi, K., 2018. Ensemble of machine learning algorithms using the stacked generalization approach to estimate the warfarin dose. *PLoS One* 13.
- Malvić, T., Balić, D., 2009. Linearity and Lagrange Linear Multiplier in the Equations of Ordinary Kriging. *Naft Sciences Journal*, 60: 31-37.
- Mesić Kiš, I., 2016. Comparison of Ordinary and Universal Kriging interpolation techniques on a depth variable (a case of linear spatial trend), case study of the Šandrovac Field. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*, 31: 41-58.
- Mousavi, A., Karimi, A., Maleki, S., Safari, T., Taghizadeh-Mehrjardi, R., 2023. Digital mapping of selected soil properties using machine learning and geostatistical techniques in Mashhad plain, northeastern Iran. *Environmental Earth Sciences*, 82: 234.
- Oliver, M.A., Webster, R., Mcgrath, S.P., 1996. Disjunctive Kriging for Environmental Management. *Environmetrics*, 7: 333-358.
- Pinkus, A., 1999. Approximation theory of the MLP model in neural networks. *Acta Numer*, 8: 143-195.
- Somararatne, S., Seneviratne, G., Coomaraswamy, U., 2005. Prediction of soil organic carbon across different land-use patterns. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1580-1589.
- Wackernagel, H., 2003. *Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications*, 3rd ed. ed, Heidelberg: Springer. Springer, Heidelberg.
- Wang, R., 2018. Significantly Improving the Prediction of Molecular Atomization Energies by an Ensemble of Machine Learning Algorithms and Rescanning Input Space: A Stacked Generalization Approach. *The Journal of Physical Chemistry A - ACS Publications*, 122: 8868-8873.
- Webster, R., Oliver, M.A., 2007. *Geostatistics for Environmental Scientists*, 2 nd. ed, Vadose Zone Journal. NJ, United States.

---

**To Cite:** Öztürk, M., Kılıç, M., Günel, H., 2024. Digital Mapping of Soil pH and Electrical Conductivity: A Comparative Analysis of Kriging and Machine Learning Approaches. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1168-1185.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14542860>.

---

**Malatya’da Yetişen Kayıslardaki Doğal Radyasyon Miktarının Tayini**Mehmet KOŞAL <sup>1\*</sup>, Adem ŞA <sup>1</sup><sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Şanlıurfa\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [kosal@harran.edu.tr](mailto:kosal@harran.edu.tr)**Geliş Tarihi (Received):** 20.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 05.10.2024**Özet**

Bu çalışmanın amacı Malatya il sınırlarında altı farklı ilçeden alınan kuru kayısı örneklerinin radyoaktivite konsantrasyonları belirlemektir. NaI sintilasyon detektörü yardımıyla elde edilen gama spektrumlarında <sup>40</sup>K radyoizotopunun ve <sup>238</sup>U (<sup>226</sup>Ra) ve <sup>232</sup>Th doğal serilerinin içerisindeki radyoizotoplardan kaynaklı pikler belirlendi. Bu piklere karşılık gelen aktivite konsantrasyonları <sup>40</sup>K için 493±23 ile 629±30 Bq kg<sup>-1</sup> arasında, <sup>238</sup>U için 4.3±0.6 ile 18.5±2.2 Bq kg<sup>-1</sup> arasında ve <sup>232</sup>Th için 0.6±0.1 ile 4.3±0.3 Bq kg<sup>-1</sup> arasında tespit edildi. Ortalama değerler <sup>40</sup>K için 570±27 Bq kg<sup>-1</sup>, <sup>238</sup>U için 10.4±1.2 Bq kg<sup>-1</sup> ve <sup>232</sup>Th için 2.6±0.2 Bq kg<sup>-1</sup> değerleri bulundu. Bu ölçülen değerler potasyum-40 radyoizotopu 400 Bq kg<sup>-1</sup> değerinden yüksek olmakla birlikte kabul edilen değerler arasındadır. İnsan sağlığı bakımından risk teşkil etmemektedir. Kayısı ağaçlarının potasyum içerikli yapay gübrelerle mineral takviyesi yapılması buna neden olduğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Malatya, kayısı, doğal radyoaktivite, gama spektrumu, eşdeğer doz**Determination of Natural Radiation Amount in Apricots Growing Up in Malatya****Abstract**

The aim of this study is to determine the radioactivity concentrations of dried apricot samples collected from six different districts within the borders of Malatya province. Peaks originating from the radionuclides of <sup>40</sup>K and the natural series of <sup>238</sup>U (<sup>226</sup>Ra) and <sup>232</sup>Th were identified in the gamma spectra obtained using a NaI scintillation detector. The activity concentrations corresponding to these peaks were found to range between 493±23 and 629±30 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>40</sup>K, 4.3±0.6 and 18.5±2.2 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>238</sup>U, and 0.6±0.1 and 4.3±0.3 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>232</sup>Th. The average values were calculated as 570±27 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>40</sup>K, 10.4±1.2 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>238</sup>U, and 2.6±0.2 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>232</sup>Th. While the measured values for the <sup>40</sup>K radionuclide exceed 400 Bq kg<sup>-1</sup>, they are within acceptable limits. It does not pose a risk to human health. It is evaluated that the use of potassium-containing artificial fertilizers to supplement the mineral content of apricot trees is the cause of this.

**Keywords:** Malatya, apricot, natural radioactivity, gamma spectrum, equivalent dose

## 1. Giriş

Karasal radyoizotoplar doğal radyoaktifliğin esasını teşkil eder. Karasal radyoizotoplar,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  gibi doğal serilerden ve de yüz milyon yıldan fazla bir yarı ömre sahip  $^{40}\text{K}$  gibi seri olmayan bir izotoptur. Radyoaktif serilerin yarı ömürleri milyarlarca yıldır (Aitken, 1985). Bu radyonüklidler tüm çevresel elementlerde bulunurlar. Havada, suda, sebzelerde, hayvanlarda, toprakta, kayalarda ve insan vücudunda bile değişen miktarlarda bulunurlar. Radyonüklitlerden yayılan alfa ve beta parçacıkları emilim veya soluma yoluyla vücuda alınabilir.  $^{238}\text{U}$  zincirine ait 1620 yıl yarı ömrüne sahip  $^{226}\text{Ra}$ , doğal radyasyon ortamındaki ana kirleticilerden biridir ve farklı ekosistemlerde yaygın olarak bulunmaktadır. Bu elementin çözünürlüğünün uranyumdan daha yüksek olması, bu elementin yer altı suları tarafından yıkanarak yüzeye çıkmasına neden olmaktadır. Kimyasal olarak kalsiyuma benzeyen bu element, toprak yoluyla bitkiler tarafından emilir ve daha sonra besin zinciri yoluyla insan vücuduna girer.  $^{226}\text{Ra}$ 'nın neredeyse %70'i kemiklerde birikir ve geri kalanı vücudun yumuşak dokularına yayılır. Kemik içinde yaydığı alfa radyasyonu kaynaklı kemik iliği kanseri gibi ciddi tehlikeler insan sağlığını tehdit edebilir (Changizi ve ark., 2013). Ayrıca  $^{226}\text{Ra}$ 'nın kız çekirdeği  $^{222}\text{Rn}$  radyoizotopunun solunum yoluyla vücuda alınması insanların radyasyona maruz kalmasında en önemli bileşendir (TAEK Teknik Rapor, 2010). Bu çalışmada insanların beğenerek tükettiği kuru kayısı içeriğindeki doğal radyoizotopların aktivite seviyesi belirlendi. Birçok farklı türleri de olan kayısı meyvesi Malatya ilinde bol miktarda yetiştirilen ve ülkemizde ekonomik değere sahip ürünlerden biridir. Türkiye'de 2022 yılında zerdali hariç 1.42 milyon dekar kayısı alanının %61.9'u Malatya'da yer almaktadır (TEPGE Raporu, 2023). Hem yaş hem kuru olarak tüketilebilen kayısı meyvesi kışları nispeten soğuk, yazları sıcak iklime sahip bölgelerde yetiştirilmektedir. Ürünlerin yüksek

kalitede olabilmesi için yaz aylarında atmosferin kuru ve sıcak olması gerekir. Malatya taze kayısı yanında kuru kayısı üretiminde de birinci sırada yer alır. 2024 yılı verilerine göre Türkiye'nin yıllık kayısı üretimi 1.27 milyon tondur. Malatya'da üretilen taze kayısının %90-95'i kurutularak ihraç edilmektedir. Türkiye dünya kuru kayısı üretiminde birinci sıradadır. Ayrıca başta Rusya Federasyonu ve Irak olmak üzere bir yakın ülkeye taze kayısı da ihracatı artarak devam etmektedir.

Malatya kayısı renk, şekil, tat, aroma ve irilik bakımından birbirinden ayrı, çok sayıda çeşitlilik arz eder. Ayrıca diğer ülkelere göre kuru madde oranı da yüksektir yani 3.5 kilo yaş kayısından 1 kilo kuru kayısı elde edilebilmektedir. Türkiye'de kayısının taze meyve muhafaza yöntemlerinin yeterince yaygın olmaması sebebiyle üretilen kayıların büyük çoğunluğu kurutularak değerlendirilmektedir. Dünyada üretilen taze kayısının ancak %10-15'i kurutularak piyasaya arz edilirken, bu oran ülkemizde yaklaşık %80'e ulaşır. Ülkemizde kişi başı yıllık tüketim 2.5 kg civarındadır. Türkiye'de kayısı, "Gün Kuru" ve "Kükürtleme" denilen iki yöntemle kurutulmaktadır (TEPGE Raporu, 2023).

Bu çalışmada Malatya iline bağlı Akçadağ, Battalgazi, Doğanşehir, Hekimhan, Kale ve Pütürge ilçelerinden toplanan kuru kayıların içeriğindeki doğal radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir.

İnsanların tükettikleri gıdaların doğal radyoaktivitesi üzerine ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin Nevşehir ilinde yapılan çalışmada farklı arazilerden toplanan 21 adet fasulye örneklerinin doğal radyoaktivitesi gama spektrometresi ile belirlenmiş ve numunelerdeki  $^{226}\text{Ra}$  1.04 Bq  $\text{kg}^{-1}$ ,  $^{232}\text{Th}$  0.89 Bq  $\text{kg}^{-1}$  ve  $^{40}\text{K}$  461.47 Bq  $\text{kg}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Ayrıca bölgedeki fasulyelerin tüketilmesinden dolayı yıllık etkin doz değerleri yetişkinler, bir yaşını doldurmuş bebekler ve çocuklar için hesaplamalar yapılmış olup sırayla yetişkinler, çocuklar ve bebeklerde bu üç



radioizotop kaynaklı etkin doz eşdeğeri ortalaması  $10.73 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ ,  $15.12 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$  ve  $22.16 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Gürhan, 2019).

Ülkemizde yapılan bir diğer çalışmada Rize’de yetiştirilen çay numunelerinde yapay ve doğal radyoaktivite değerlerine bulmak amacıyla 11 ilçeden ve 32 istasyondan çay numuneleri toplanmış olup HPGe dedektörü ile istasyonlardaki  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{238}\text{U}$  ortalama aktiviteleri sırasıyla  $372.25 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $4.93 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $11.98 \text{ Bq kg}^{-1}$  ve  $4.60 \text{ Bq kg}^{-1}$  değerleri ölçülmüştür. İlçelerin çay örneklerinde  $^{238}\text{U}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{232}\text{Th}$  radyoizotoplarının ortalama aktiviteleri sırasıyla  $4.19 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $10.50 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $341.19 \text{ Bq kg}^{-1}$  ve  $4.14 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak ölçülmüş ve bu çay numunelerindeki tüketimden kaynaklı doz eşdeğerleri istasyonlar için  $3.434 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$  ile  $19.060 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$  değerleri arasında ve ilçeler için ise eş değer dozlar  $10.867 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$  ile  $14.488 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$  değerleri arasında hesap bulunmuştur (Kabamaklı, 2019).

Bir diğerinde Şanlıurfa’da yapılan bir çalışmada farklı bölgelerden toplanan biber numunelerinde gama spektroskopik sistem yardımı ile radyoaktivite konsantrasyonları ölçülmüş ve bu konsantrasyonlar  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  radyoizotopların aktivitelerin ortalama değerleri sırasıyla  $844.99 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $21.57 \text{ Bq kg}^{-1}$  ve  $19.53 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Kabul, 2021).

Komşu bir ülke Irak’ın Necef ilindeki bir yerel pazardan toplanan sebze ile meyvelerde yapılan bir çalışmada da  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  için sebze örneklerinde ortalama spesifik aktiviteler  $5.21 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $4.76 \text{ Bq kg}^{-1}$  ve  $186.15 \text{ Bq kg}^{-1}$  ölçülmüştür.

Sebze örneklerinde toplam yıllık etkin doz yetişkinler, çocuklar (10 yaşında) ve bebeklerde sırayla  $0.117 \text{ mSv}$ ,  $0.122 \text{ mSv}$  ve  $0.179 \text{ mSv}$  olarak tahmin edilirken meyve örneklerinde toplam ortalama yıllık etkin doz ise yetişkinler, çocuklar (10 yaşında) ve bebeklerde sırayla  $0.141 \text{ mSv}$ ,  $0.295 \text{ mSv}$  ve  $0.388 \text{ mSv}$  değerlerinde olduğu ifade edilmiştir (Abojassim ve ark, 2016). Yine aynı ülkede domates, salatalık, bamya, patates, turp, şalgam, ıspanak, marul, karnabahar ve soğanda doğal spesifik aktivite ölçümleri yapılmış. Neticede patates ürününde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ ’nın en yüksek spesifik aktivitesinin sırasıyla ( $11.46$ ,  $9.12$  ve  $120.54$ )  $\text{Bq kg}^{-1}$  ve sebze örneklerinde radyum, toryum ve potasyumun spesifik aktivitesinin ortalama değerleri sırasıyla ( $7.67$ ,  $5.75$  ve  $98.39$ )  $\text{Bq kg}^{-1}$  ölçülmüştür (Al-Hamzawi, 2017).

## 2. Materyal ve Yöntem

Kurutulmuş kayısı örnekleri Malatya ilinin Akçadağ, Doğanşehir, Hekimhan, Pütürge, Battalgazi ve Kale ilçelerinin pazarlarından satın almayla 2021 yılının sonbaharında toplandı. Kurutulmuş kayısı numunelerindeki nemi azaltmak ve öğütme sonucu toz haline getirmek için cam beher kaplara konularak etüvde  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  derece sıcaklığında bir hafta boyunca fırında kurumaya bırakıldı. Kayısı özelliği olan içindeki öz suyundan dolayı uzun süre etüvde bekletildi ve kurutuldu. Kurutulan kayısılar temizlenerek yabancı maddelerden arındırıldı. Daha sonra kayısılar öğütülerek toz haline getirildi (Şekil 1).



Şekil 1. Kayıların kurutulmuş hali ve öğütülmesi

Kurutulmuş kayısıların toz haline getirilmesi işleminden sonra etüvde yaklaşık olarak 50 santigrat derecede 24 saat süre ile kurutulmaya bırakıldı (Şekil 2). Yapılan bu işlem, kayısı kurularını, ölçüm sonucuna etkileyecek ve hataya sebep olabilecek nemden tamamen arındırır. Nemden arındırılmış ve toz kayısı örnekleri 1mm lik elek ile elenerek homojenize haline getirildi. Böylelikle numune kabında içerisinde minimum hava boşluğu olacak biçimde bulunması sağlandı. Çünkü

detektörün gıda ürünleri için verim kalibrasyonu, TAEK (yeni ismiyle TENMAK) dan gönderilen standart çay numunesinin de bu yöntemle sayımları yapılmıştır. Bu bakımdan standart 100 ml numune kapları tam dolu ve içerisinde hava boşluğu bırakılmayacak biçimde sayımlar yapılmalıdır. Yine de detektör çözünürlüğünden kaynaklı sayımdaki belirsizlikler ölçüm sonuçlarında hesaplanarak belirtilmiştir.



Şekil 2. Etüvde kurutulan ve ağzı kapatılan numunelerin tartılması

Etüvde kurutulan kayısı numuneleri darası alınmış 100 ml'lik ölçüm kaplarına konulup hava almayacak şekilde kapakları kapatılıp, tartımları yapıldı (Şekil 2). Ardından hava sızdırmaz hale getirilen ölçüm kapları,  $^{226}\text{Ra}$  ve kız çekirdeği  $^{222}\text{Rn}$  gazının kaçmaması sağlanarak numunenin kalıcı denge erişmesi yaklaşık olarak 30 gün bekletilmeye bırakıldı. Kalıcı denge haline gelen bir radyoaktif seride tüm izotopların radyoaktiviteleri eşit olmaktadır. Yani seri içinde yer alan gama spektrumunda gözlenebilir uygun pik veren bir izotopun aktivitesini belirlemek yeterli olacaktır. Bu sayede toz haline getirilmiş kayısı numuneleri radyoaktivite ölçme işlemine hazır duruma getirildi.

Doğal radyasyonu meydana getiren radyoaktivite ve radyoizotopların seviyelerini tespit etmede kullanılan birden

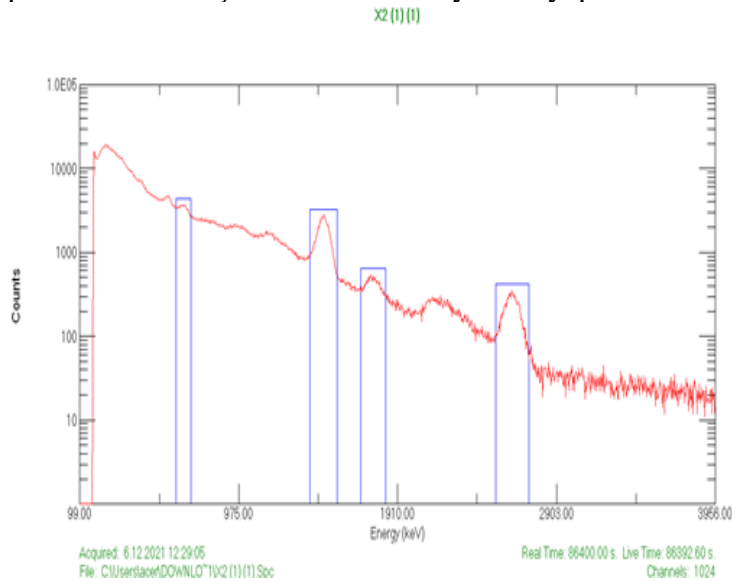
çok radyo analitik yöntem kullanılmakta olup bunlar arasında en önemlileri alfa ile gama spektrometresidir. Orantılı sayaçlar ve sıvı sintilasyon sayımı ile toplam beta ve alfa sayımı gibi en çok tercih edilen yöntemlerdendir. Yarıiletken dedektörler ve sintilasyon dedektörlerini kullanıp radyoaktivite konsantrasyonu gama spektrometrik yöntemiyle ölçüm yapılmaktadır. Gama spektrometrik yöntemi sayesinde kimyasal ayırma sürecine gerek olmaksızın doğrudan, hızlı, zararsız ve ayrı radyoizotoplar eş zamanlı olarak ölçüm yapılabilmektedir (Gilmore, 2008). Bu amaçla enerji ve verim kalibrasyonu standart numuneler ile yapılmış ORTEC marka NaI sintilasyon detektörü kullanıldı. Gama spektrumları detektöre bağlı çok kanallı analizör vasıtasıyla alındı ve kaydedildi (Şekil 3).



Şekil 3. NaI Sintilasyon dedektörünün kurşun zırhı ve bilgisayar bileşenleri

NaI sintilasyon dedektöründe 6 tane numunenin her biri için 86400 saniyelik sayım süresi boyunca spektrum pikleri kaydedildi. Aktivite sayımları sintilasyon dedektörü hiç kapatılmadan seri biçimde alındı. Ortam sıcaklığı bir klima yardımıyla 25 °C tutuldu ki her bir ölçümde enerji kaymaları olmasın. Sintilasyon dedektörlerinin çözünürlüğü azdır. Bu nedenle birbirine yakın enerji değerlerine sahip piklerin üst üste binme olasılıklarının az olduğu spektrum pikleri seçildi (Şekil 4). Seçilen piklerin hangi enerjide başladığı ve hangi enerjide bittiği önem arz etmektedir. Bu nedenle tüm spektrumlarda seçilen her

gama piki aynı kanallar arası işaretlendi ve bu piklerin toplam alanları bilgisayardan kayıt alındı. Bu bağlamda elde edilen spektrumlarda uranyum radyoaktivite konsantrasyonu bulunurken bozunum serisi içerisinde bulunan  $^{214}\text{Bi}$ 'ün 1764 keV enerji pikinden ve toryumun radyoaktivite konsantrasyonu belirlenirken bu serideki  $^{208}\text{Tl}$ 'in 2614 keV enerjili piki dikkate alındı. Ayrıca  $^{40}\text{K}$ 'ın 1460 keV enerjisindeki pik değerinden faydalanılarak bu radyoizotopun aktivite konsantrasyonu belirlendi. Pik alanı bilgisi bilgisayardaki ilgili programdan alındı. Detektörde boş sayım da yapılarak net sayımlar hesaplandı.



Şekil 4. Örnek olarak Battalgazi ilçesinden toplanan kayıslardan oluşan X2 numunesinin sintilasyon gama spektrumu

Dedektör vasıtası ile numunenin her bir radyoizotop için radyoaktivite değerleri biriminde

şağıda verilen aktivite ifadesiyle hesaplanır (Gilmore, 2008).

$$A = \frac{Net\ Sayım}{\epsilon P_{\gamma} m t}$$

Burada A; Bq kg<sup>-1</sup> biriminde aktivite konsantrasyonudur. Net Sayım; pik altında kalan net alan (sayım) olup pik altındaki toplam alanlardan taban sayım alanları çıkartılıp net alanlar bulundu.  $\epsilon$ ; detektörün ilgili enerjideki verimi,  $P_{\gamma}$ ; ilgili enerjide radyoizotopun gama yayınlanma olasılığı, t; sayım zamanı (s) ve m; numunenin net

kütlesidir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Doğanşehir, Akçadağ, Pütürge, Battalgazi, Hekimhan ve Kale ilçelerinden alınan örneklerde elde edilen radyoaktivite konsantrasyonları Tablo 1 de verilmiştir.

**Tablo 1.** Malatya ilçelerinin kayısı örneklerinde ölçülen radyoaktivite konsantrasyonları

Numune No	Bölge Adı	<sup>40</sup> K(Bq/kg)	<sup>238</sup> U (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)
X1	KALE	624±29	18.5±2.2	3.4±0.2
X2	BATTALGAZİ	530±25	9.8±1.2	3.6±0.2
X3	PÜTÜRGE	587±28	10.5±1.2	1.1±0.1
X4	DOĞANŞEHİR	629±30	4.3±0.6	2.3±0.2
X5	AKÇADAĞ	558±26	11.2±1.3	4.3±0.3
X6	HEKİMHAN	493±23	8.2±1.1	0.6±0.1
<b>Bölge Ortalaması</b>		570±27	10.4±1.2	2.6±0.2

Tabloden de görüldüğü tüm örneklerin <sup>40</sup>K radyoaktivite konsantrasyonlarının 500 Bq kg<sup>-1</sup> üzerinde olduğu görülür. Bu değerler Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının toprak için belirlediği 400 Bq kg<sup>-1</sup> değerinden yüksektir (UNSCEAR 2000). Ancak bu değer bitkilerin gelişimi için potasyum mineraline ihtiyaçları göz önüne alındığında kabul edilebilir seviyelerdedir.

- <sup>40</sup>K en yüksek değeri Doğanşehir (629 Bq kg<sup>-1</sup>) ve Kale (624 Bq kg<sup>-1</sup>) numunelerinde ölçülmüştür. En düşük <sup>40</sup>K aktivitesi Hekimhan bölgesinde 493 Bq kg<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Ortalama değer 570 Bq kg<sup>-1</sup> dir. Potasyum-40, doğada bol bulunan bir izotop olduğundan, bu değerler normal sınırlar içinde kabul edilebilir. Potasyum-40 aktivitesi tüm numunelerde yüksek olup, doğal seviyelere uygundur çünkü bitkiler tarafından doğal olarak emilen bir izotoptur. Potasyum bitkilerin kök gelişmesini ve büyümesini olumlu şekilde etkilerken soğuğa dayanıklılığını da artırır, Ayrıca bitkide azotun etkinliğini artırır, hastalık ve zararlılara karşı

dayanıklılığı geliştirir. Bu olumlu etkisi nedeniyle potasyum ağaçların meyve miktarını ve kalitesini yükseltir (Kacar, 2005). Bu bağlamda kayısı ağaçlarında Potasyum Sülfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, %50 K<sub>2</sub>O) ve Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>, %44-46 K<sub>2</sub>O) gübrelerinin kullanımı kayısı meyvelerinde <sup>40</sup>K aktivite seviyesinin yükselmesine sebep olduğu değerlendirilebilir. Ancak bu tüketici sağlığını açısından risk seviyesinde değildir.

- Diğer taraftan en yüksek <sup>238</sup>U değeri Kale (18.5 Bq kg<sup>-1</sup>) ve Akçadağ (11.2 Bq kg<sup>-1</sup>) bölgelerinde görülmüştür. En düşük <sup>238</sup>U aktivitesi Doğanşehir numunesinde 4.3 Bq kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Ortalama değer 10.4 Bq kg<sup>-1</sup>'dir. Uranyum değerlerinin farklılık göstermesi, bölgedeki toprak yapısına ve jeolojik formasyonlara bağlı olabilir. Nitekim <sup>238</sup>U izotopu izotopunun Malatya ilindeki toprakların radyoaktivite ölçümlerinde değerler 3.9 ile 42.0 Bq kg<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur (TAEK 2009).

- Öte yandan en yüksek <sup>232</sup>Th aktivitesi

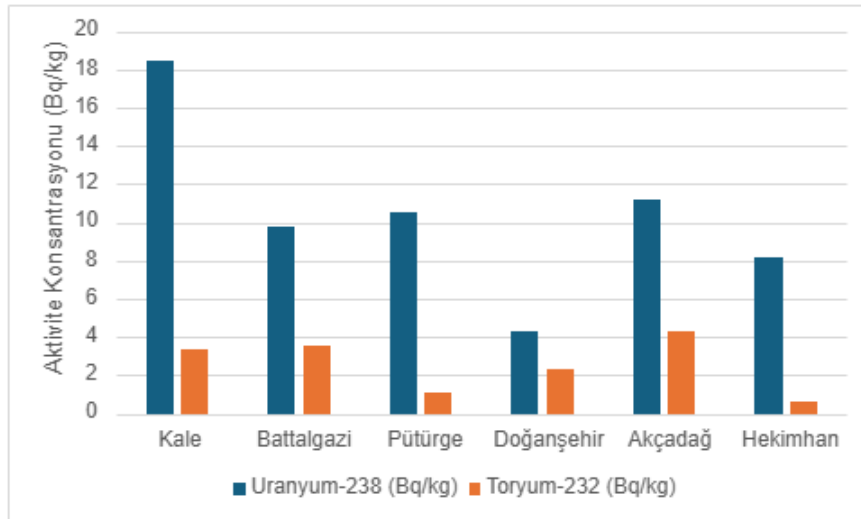
Akçadağ (4.3 Bq kg<sup>-1</sup>) ve Battalgazi (3.6 Bq kg<sup>-1</sup>) bölgelerinde ölçülmüştür. En düşük değer Hekimhan bölgesinde 0.6 Bq kg<sup>-1</sup> olarak kaydedilmiştir. Ortalama değer 2.6 Bq kg<sup>-1</sup>'dir. Toryum-232 değerlerinin bu kadar değişken olması, bölgede arazilerinin toryum zenginliğine bağlı olabilir. Nitekim <sup>232</sup>Th izotopu izotopunun Malatya ilindeki toprakların radyoaktivite ölçümlerinde değerler 6.8 ile 55.6 Bq kg<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur (TAEK 2009).

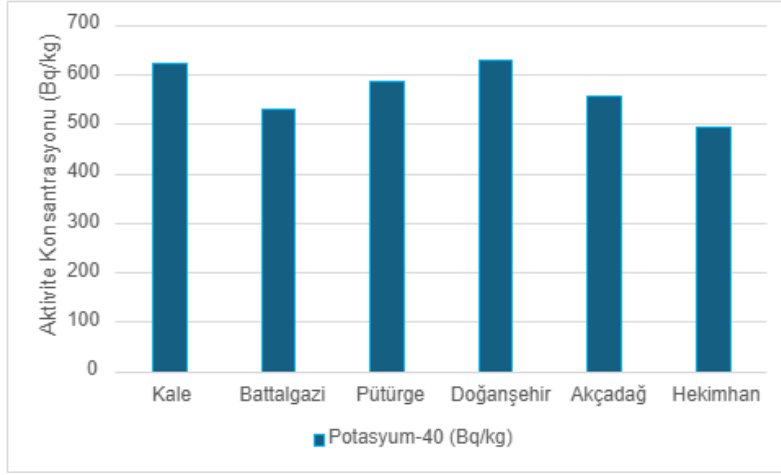
• Tablo 2 de farklı yaş gruplarının gıdaların içeriğindeki farklı radyoizotoplardan beslenme yoluyla etkin doz değerlerinin hesaplanmasına yarayan faktörler verilmiştir. Yukarıda verilen aktivite konsantrasyonları bağlamında örneğin bir yetişkin yılda Kale ilçesinde

yetiştirilen kuru kayıslardan yılda 2 Kg tüketiyorsa vücudu yılda <sup>40</sup>K aktivitesinden 624 Bq kg<sup>-1</sup> x 6.2 nSv. Bq<sup>-1</sup> x 2 kg yıl<sup>-1</sup> = 7738 nSv yıl<sup>-1</sup> etkin doza maruz kalmaktadır. Yine aynı numuneden benzer bir hesapla <sup>238</sup>U aktivitesinden 10360 nSv yıl<sup>-1</sup> etkin doza ve <sup>232</sup>Th aktivitesinden 1564 nSv yıl<sup>-1</sup> etkin doza maruz kalmaktadır. Şekil 4'den görüldüğü gibi Kale ilçesinden alınan kayısı ürünleri en yüksek aktivite değerlerine sahiptir. Diğer taraftan Hekimhan ilçesinden alınanlar ise nispeten en düşük aktivite değerlerine sahiptir. Bir yetişkin yılda ortalama 2.4 mSv etkin doza maruz kalır (UNSCEAR, 2000). Bu da 2.4x10<sup>6</sup> nSv yıl<sup>-1</sup> etkin doza karşılık gelir. İnsanlar bu değerlerin çok küçük bir kısmını (yaklaşık %10-15) gıdalardan alır (Abojassim ve ark., 2016).

**Tablo 2.** Farklı radyoizotoplar için nSv. Bq<sup>-1</sup> biriminde doz dönüşüm faktörleri (Abojassim ve ark.)

Yaş Grupları	<sup>40</sup> K	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th
Yetişkinler	6.2	280	230
10 yaş altı çocuklar	13	800	290
2 yaş altı küçük çocuklar	42	960	960





Şekil 5. Malatya ilçelerinin kayısı numunelerindeki uranyum, toryum ve potasyum radyoaktivite konsantrasyon karşılaştırılmalı sütun grafikleri

#### 4. Sonuç

- Potasyum-40 aktivitesi tüm numunelerde ortalama değerden yüksektir ancak bitkisel gıda maddeleri için doğal seviyelere uygundur çünkü  $^{40}\text{K}$  bitkiler tarafından doğal olarak emilen bir izotoptur.
- Uranyum-238 ve Toryum-232 değerleri bölgelere göre değişkenlik göstermekle birlikte tüm numunelerde düşük seviyededir. Akçadağ, Kale ve Battalgazi bölgelerinden alınan örneklerde bu radyoizotopların aktivitesi kendi aralarında görece daha yüksek değerlere sahiptir (Şekil 5). Bu radyonüklidlerin düşük değerlerde çıkması önemlidir. Çünkü bu doğal radyoaktif serileri içerisinde canlı doku içerisindeki ışımada en zararlı alfa parçacığı salınımıdır. Alfa parçacığı yüklü olduğundan menzili kısa olup tüm enerjisini çevresindeki dokuya aktarır. Bu da hücre çekirdeğinde DNA zincirlerinde hasara yol açar. Hekimhan bölgesi hem  $^{40}\text{K}$  hem de diğer izotoplar için en düşük radyoaktivite seviyelerine seviyesindedir.

Bu sonuçlar, tarımsal ürünlerin yetiştirildiği toprağın jeokimyasal özelliklerinin ve radyoaktivite seviyelerinin kayısların radyoaktif izotop içeriğini etkileyebileceğini göstermektedir. Gıda maddelerinde bulunan doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları, yetiştirildikleri bölgenin jeolojik özelliklerinden etkilenmektedir. Ancak bundan daha önemli bir faktörün tarımda

kullanılan gübreler ve ilaçlar da gıdalarda radyonüklid birikimini artırdığıdır. Gübrelerdeki radyoizotopların tayini ve bu izotopların bitkiye geçişi hakkında ülkemizde birçok çalışma mevcuttur (Cengiz ve ark. 2019, Otu, 2021, Koşal ve ark. 2022) İnsan sağlığı açısından, gıda ürünlerinin düşük karasal radyasyon seviyelerine sahip bölgelerde ve uygun gübreleme yöntemleriyle üretilmesi büyük önem taşımaktadır.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Açıklama

Bu çalışma “Malatya’da Yetişen Kayıslarda Doğal Radyasyon Miktarı Tayini” isimli Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

#### Kaynaklar

Abojassim, A.A., Hady, H.N., Mohammed, Z.B., 2016. Natural radioactivity levels in some vegetables and fruits commonly used in Najaf Governorate, Iraq. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 3(3): 113-123.

- Aitken, M.J., 1985. Thermoluminescence Dating. Academic Press.
- Al-Hamzawi, A., 2017. Natural radioactivity measurements in vegetables at al-diwanayah governorate, Iraq and evaluation of radiological hazard. *Journal of Al-Nahrain University*, 20(4): 51-55.
- Cengiz, G.B., Çağlar, İ., 2019, Doğu Anadolu'da kullanılan bazı gübrelerin doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi. *Caucasian Journal of Science*, 6(2): 147-155.
- Changizi, V., Shafie, E., Zareh, M.R., 2013, Measurement of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  activities of wheat and corn products in ilam province – Iran and resultant annual ingestion radiation dose. *Iranian Journal of Public Health*, 42(8): 903–914.
- Gilmore, G.R., 2008. Practical Gamma-ray Spectrometry. 2nd Edition, Gordon R. Gilmore Nuclear Training Services Ltd Warrington, UK, 387 p.
- Gürkan, Ş., 2019. Nevşehir bölgesinde farklı tipte yetiştirilen fasulye bitkisinin doğal radyoaktivitesinin gama spektrometresi yöntemiyle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Kacar, B., Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı, 2005- [ipipotash.org](http://ipipotash.org).
- Koşal, M., Açık, M., 2022, Güneydoğu Anadolu bölgesinde kullanılan yapay gübrelerdeki doğal radyoaktivite ölçümü ve topraktaki etkisi. *Journal of Applied Sciences*, Özel Sayı (7): 1323-1330.
- Kabamaklı, B., 2019. Çernobil'den 30 Yıl sonra Rize ili ve ilçelerindeki çay örneklerinde doğal ve yapay radyoaktivite düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Kabul, M., 2021, Şanlıurfa'da yetişen kırmızı acı biberde (isot) doğal radyasyon miktarı tayini, Yüksel Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- TAEK, 2010. Türkiye'deki Çevre Radyoaktivitesinin İzlenmesi Teknik Raporu, <https://kurumsalarsiv.tenmak.gov.tr> (Erişim tarihi: 10.06.2024).
- Tarımsal Ürün ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) Kayısı Ürün Raporu 2023 Raporu.
- Otu, D., 2021, Çeşitli gübrelerden bitkilere geçen radyonüklidlerin gama spektroskopi yöntemi ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

---

**Atf Şekli:** Koşal, M., Şa, A., 2024. Malatya'da Yetişen Kayısılardaki Doğal Radyasyon Miktarının Tayini. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1186–1194.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14544697>.

**To Cite:** Koşal, M., Şa, A., 2024. Determination of Natural Radiation Amount in Apricots Growing Up in Malatya. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1186–1194.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14544697>.

---



DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14549152>



Araştırma Makalesi / Research Article

## Two Parameter Beta-Exponential Distribution: Properties and Applications in Demography and Geostandards

Mohamed KOUADRIA <sup>1</sup> , Halim ZEGHDOUDI <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Badji Mokhtar-Annaba University, LAPS Laboratory, Annaba, Algeria

\*Corresponding author: [halim.zeghdoudi@univ-annaba.dz](mailto:halim.zeghdoudi@univ-annaba.dz)

Received: 21.08.2024

Accepted: 06.10.2024

### Abstract

Modeling and analyzing lifespan data is essential in many application areas, including medicine, engineering, and finance. These types of data have been modeled using various lifetime distributions. The assumed probability model(s) have a significant impact on the efficiency of the procedures used in statistical research. For this reason, much work has been devoted to deriving a large class of normal probability distributions and related statistical techniques. However, real-world data challenge all established probability models, leaving many important issues unresolved. This present work add another novel distribution with two parameter called two-parameter betaexponential distribution (TPBED), including the beta (2,b)distribution and the new XLindley distribution as special cases. We provide a complete mathematical treatment of this distribution. We derive the moment generating function and the r-th moment, thereby generalizing some results from the literature. Expressions for the density, moment generating function, entropy and the r-th moment of the order statistic are also obtained. We observe in three applications to simulated and real data sets (demography and *geostandards*) that this model is quite flexible and can be used quite effectively for analyzing active data in place of one and two-parameter distributions such as the exponential, Lindley, XLindley, new XLindley, Xgamma, Zeghdoudi, Chen, Lindley gamma, quasi-new Lindley, two-parameter Lindley, Power XLindley, and Gamma.

**Keywords:** Two parameter distribution, beta distribution, new XLindley distribution, moments



### 1. Introduction

In many applied sciences such as medicine, engineering, and finance, among others, the modelling and analysis of life expectancy data is important. Several lifetime distributions have been used to model this type of data. The quality of the procedures used in statistical analysis depends heavily on the assumed model or probability distribution. For this reason, considerable efforts have been made to develop large classes of standard probability distributions as well as related statistical methods. However, there are still many important issues that do not hold up to classical or standard probability models. Some generalbeta distributions havebeenremoved.

Recently, some beta-generalized distributions have been considered. The beta-normal, beta-Frêchet, beta-Gumbel, beta-exponential, beta generalized half-normal, beta generalized Rayleigh, beta generalized exponential, and beta Lindley distributions, in that order, were put forth by (Eugene et al., 2002), (Nadarajah and Gupta, 2004),(Nadarajah and Kotz, 2004), (Nadarajah and Kotz, 2006),(Pescim et al., 2010),(Cordeiro et al., 2013), (Barreto-Souza et al., 2010)and (Merovci and Sharma, 2014). (Jones, 2004) explores this generic beta family and demonstrates that it has intriguing distributional characteristics

as well as the possibility for fascinating statistical applications. Its order statistics serve as the motivation for this discussion.

In this paper, we introduce the two parameter beta-exponential distribution, a novel generalization of the new XLindley distribution. In the framework of Bayesian statistics, the new XLindley distribution was first put up by (Khodja et al., 2023).

(Khodja et al., 2023), they discussed the various statistical properties of new XLindley distribution. Furthermore, the research employs a Monte Carlo simulation to assess and compare the performance of various estimators in estimating the unknown parameter of the new XLindley distribution. This model was compared with many current distributions such as XLindley (Chouia and Zeghdoudi, 2021), Weibull, gamma, exponential, Zeghdoudi(Messaadia and Zeghdoudi, 2018), Akash (Rama, 2015), Lindley (Ghitany et al., 2008), Chris-Jerry (Onyekwere and Obulezi, 2022), Shanker, and Xgamma (Sen et al., 2016). Among all models, it is concluded that the new one-parameter distribution performed the best in modeling based on criteria such as the Akaike information criterion, Bayesian information criterion, and others. The cumulative distribution function (cdf) of the new XLindley distribution (NXLD) (Khodja et al., 2023) as follows:

$$F(x) = 1 - \left( \frac{\theta x}{2} + 1 \right) e^{-\theta x} \quad \text{where } x > 0 \text{ and } \theta > 0.$$

And the corresponding (pdf) defined as follows:

$$f(x) = \frac{\theta(1 + \theta x)}{2} e^{-\theta x} \quad \text{where } x > 0 \text{ and } \theta > 0.$$

Here is how the rest of the paper is organized. In Section 2, the formulation of the proposed distribution is presented. Some distributional properties of the new model are discussed in Section 3. We give two real data sets to demonstrate the applicability of the proposed distribution in section 4. A simulation algorithm is

provided in Section 5 to generate the random sample from two-parameter beta exponential distribution (TPBED).

#### 1.1. Formulation of the two-parameter beta exponential distribution (TPBED)

Let  $F(x)$  denote the cumulative distribution function of a random variable  $X$

of the new XLindley distribution, and then the cumulative distribution function for a new class of distribution for the random variable X; as defined by (Eugene et al.,

2002) is generated by applying the inverse (cdf) to a beta(2,b) distributed random variable to obtain

$$G(x) = \Gamma(2+b) \left(1 - \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)^2 \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \left(1 - \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)^k}{k!(2+k)\Gamma(b-k)}$$

And the (pdf) of TPBED

$$g(x) = \theta b(x\theta + 1)(1+b) \sum_{j=0}^1 (-1)^{1-j} \left(\frac{1}{2}\right)^{b+1-j} C_j^1(x\theta + 2)^{b-j} e^{-\theta x(b+1-j)}$$

$$g(x) = \theta b(1+b)(x\theta + 1) \sum_{j=0}^1 (-1)^{1-j} \left(\frac{1}{2}\right)^{b+1-j} C_j^1(x\theta + 2)^{b-j} e^{-\theta x(b+1-j)}$$

$$g(x) = \frac{\theta b(1+b)(x\theta + 1)}{2} \sum_{j=0}^1 (-1)^{1-j} C_j^1 \left(\left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)^{b-j} e^{-\theta x}$$

We regard the series expansion as valid for  $|z| < 1$  and  $\alpha > 0$  real non integer

$$(1-z)^{\alpha-1} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i \Gamma(\alpha)}{i! \Gamma(\alpha-i)} z^i$$

We have

$$\left(1 - \left(1 - \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)\right)^{b-j} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i \Gamma(b-j+1)}{i! \Gamma(b-j+1-i)} \left(1 - \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)^i$$

Also, we have

$$\left(1 - \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)^i = \sum_{s=0}^i \frac{(-1)^s \Gamma(i+1)}{s! \Gamma(i+1-s)} \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right)^s e^{-\theta sx}$$

By using the binomial expansion for  $\left(\frac{x\theta}{2} + 1\right)^s$

$$\left(\frac{x\theta}{2} + 1\right)^s = \sum_{q=0}^s C_s^q \left(\frac{x\theta}{2}\right)^q$$

$$\left(1 - \left(1 - \left(\frac{x\theta}{2} + 1\right) e^{-\theta x}\right)\right)^{b-j} = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{s=0}^i \sum_{q=0}^s C_s^q \frac{(-1)^{s+i} \Gamma(b-j+1) \Gamma(i+1)}{i! s! \Gamma(b-j+1-i) \Gamma(i+1-s)} \left(\frac{x\theta}{2}\right)^q e^{-\theta sx}$$

$$g(x) = b(1+b) \sum_{j=0}^1 \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{s=0}^i \sum_{q=0}^s C_s^q C_j^1 \left(\frac{\theta}{2}\right)^{q+1} \frac{(-1)^{1+s+i-j} \Gamma(b-j+1) \Gamma(i+1)}{i!s! \Gamma(b-j+1-i) \Gamma(i+1-s)} (x\theta+1)x^q e^{-\theta x(s+1)}$$

We take

$$W = b(1+b) \sum_{j=0}^1 \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{s=0}^i \sum_{q=0}^s C_s^q C_j^1 \left(\frac{\theta}{2}\right)^{q+1} \frac{(-1)^{1+s+i-j} \Gamma(b-j+1) \Gamma(i+1)}{i!s! \Gamma(b-j+1-i) \Gamma(i+1-s)}$$

Finally the (pdf) of TPBED is given by

$$g(x) = W(x^{q+1}\theta + x^q)e^{-\theta x(s+1)}$$

## 2. Statistical Properties

### 2.1. Moments

**Proposition 1.** If  $X \rightarrow TPBED(b, \theta)$ , the  $k$ th moment is given by:

$$E(X^k) = W \times \left( \frac{\theta \Gamma(k+q+2)}{(\theta(s+1))^{k+q+2}} + \frac{\Gamma(k+q+1)}{(\theta(s+1))^{k+q+1}} \right)$$

**Proof.** We have

$$E(X^k) = \int_0^{\infty} x^k g(x) dx$$

$$E(X^k) = W \times \int_0^{\infty} (x^{k+q+1}\theta + x^{k+q}) e^{-\theta x(s+1)} dx$$

$$E(X^k) = W \times \left( \theta \int_0^{\infty} x^{k+q+1} e^{-\theta x(s+1)} dx + \int_0^{\infty} x^{k+q} e^{-\theta x(s+1)} dx \right)$$

By taking  $v = \theta x(s+1)$  than  $x = \frac{v}{\theta(s+1)}$

Finally, we have

$$E(X^k) = W \times \left( \frac{\theta \Gamma(k+q+2)}{(\theta(s+1))^{k+q+2}} + \frac{\Gamma(k+q+1)}{(\theta(s+1))^{k+q+1}} \right)$$

### 2.2. Moments generating function

The (mgf) of the two-parameter beta exponential distribution (TPBED) is given by

$$M(t) = E(e^{tX}) = \int_0^{\infty} e^{tX} g(x) dx$$

$$M(t) = W \times \int_0^{\infty} (x^{q+1}\theta + x^q) e^{-(\theta(s+1)-t)x} dx = W \times \left( \theta \int_0^{\infty} x^{q+1} e^{-(\theta(s+1)-t)x} dx + \int_0^{\infty} x^q e^{-(\theta(s+1)-t)x} dx \right)$$

$$M(t) = W \times \left( \frac{\theta \Gamma(q+2)}{(\theta(s+1)-t)^{q+2}} + \frac{\Gamma(q+1)}{(\theta(s+1)-t)^{q+1}} \right)$$

**2.3. Entropy**

Most people agree that the degree of uncertainty in a probability distribution may be determined using information and entropy. Nonetheless, a lot of correlations

have been developed using entropy's properties. The fluctuation in uncertainty is measured by the entropy of a random variable  $X$ . The definition of Rényi's entropy is as follows:

$$R(t) = \frac{1}{1-t} \log \left\{ \int_0^\infty g^t(x) dx \right\}$$

Where  $t$  is integer greater than 0 and  $t \neq 1$ , for two-parameter betaexponential distribution (TPBED), we have:

$$R(t) = \frac{1}{1-t} \log \left\{ \int_0^\infty W^t (x^{q+1}\theta + x^q)^t e^{-\theta x(s+1)} dx \right\}$$

Using the binomial expansion for  $(x^{q+1}\theta + x^q)^t$  we get

$$(x^{q+1}\theta + x^q)^t = \sum_{l=0}^t C_t^l x^{q(2t-l)+t} \theta^l$$

So

$$\begin{aligned} R(t) &= \frac{1}{1-t} \log \left\{ W^t \sum_{l=0}^t C_t^l \theta^l \int_0^\infty x^{q(2t-l)+t} e^{-\theta x(s+1)} dx \right\} \\ &= \frac{1}{1-t} \log \left\{ \frac{W^t \sum_{l=0}^t C_t^l \theta^l}{(\theta t(s+1))^{q(2t-l)+t+1}} \int_0^\infty y^{q(2t-l)+t} e^{-y} dy \right\} \end{aligned}$$

Finally the Rényi's entropy of two-parameter betaexponential distribution (TPBED) is given by:

$$R(t) = \frac{1}{1-t} \log \left\{ \frac{W^t \sum_{l=0}^t C_t^l \theta^l}{(\theta t(s+1))^{q(2t-l)+t+1}} \Gamma(q(2t-l)+t+1) \right\}$$

**2.4. Incomplete moments**

The  $k$  th incomplete moment of  $X$  can be expressed as follows, according to similar computations:

$$\begin{aligned} T_k(t) &= E(X^k / X < t) = \frac{1}{G(t)} \int_0^t x^k g(x) dx \\ &= \frac{W}{G(t)} \int_0^t (x^{k+q+1}\theta + x^{k+q}) e^{-\theta x(s+1)} dx = \frac{W}{G(t)} \left( \theta \int_0^t x^{k+q+1} e^{-\theta x(s+1)} dx + \int_0^t x^{k+q} e^{-\theta x(s+1)} dx \right) \\ &= \frac{W}{G(t)} \left( \frac{\theta}{(\theta(s+1))^{k+q+2}} \int_0^{t\theta(s+1)} y^{k+q+1} e^{-y} dy + \frac{1}{(\theta(s+1))^{k+q+1}} \int_0^{t\theta(s+1)} y^{k+q} e^{-y} dy \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{W}{G(t)} \left( \frac{\theta}{(\theta(s+1))^{k+q+2}} \gamma(k+q+2, t\theta(s+1)) + \frac{1}{(\theta(s+1))^{k+q+1}} \gamma(k+q+1, t\theta(s+1)) \right)$$

Finally,

$$T_k(t) = \frac{W}{G(t)(\theta(s+1))^{k+q+1}} \left( \frac{\gamma(k+q+2, t\theta(s+1))}{s+1} + \gamma(k+q+1, t\theta(s+1)) \right)$$

**2.5. Stress-strength reliability**

One way to calculate the stress-strength reliability  $R$  for a component with independent strength and stress random

variables  $X$  and  $Y$ , following the two-parameter beta exponential distribution (TPBED) with parameters  $\theta_1$  and  $\theta_2$ , respectively, is as follows:

$$R = P(Y < X) = \int_0^\infty g(x, \theta_1) G(x, \theta_2) dx$$

**2.6. Order statistics**

The  $i$ th order statistic of a sample is its  $i$ th smallest value. For a sample of size  $n$ ,

the  $n$ th order statistic (or largest order statistic) is the maximum; that is

$$X_{(n)} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

The sample range is the difference between the maximum and minimum. It is clearly a function of the order statistics:

$$X_{(n)} - X_{(1)} = \text{range} \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

We know that if  $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_n$ , denotes the order statistic of a random sample  $X_1, X_2, \dots, X_n$  from a continuous population with (cdf)  $G(x)$  and (pdf)  $g(x)$ , then the (pdf) of  $X_{(i)}$  is given by

$$g_{X_{(i)}}(x) = \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} g(x)(G(x))^{i-1} (1-G(x))^{n-i}$$

The (pdf) of the  $i$ th order statistic for the two-parameter beta exponential distribution (TPBED) is given by

$$g_{X_{(i)}}(x) = \frac{n!W(x^{q+1}\theta + x^q)e^{-\theta x(s+1)}}{(i-1)!(n-i)!} \left( \Gamma(2+b) \left( 1 - \left( \frac{x\theta}{2} + 1 \right) e^{-\theta x} \right)^2 \sum_{k=0}^\infty \frac{(-1)^k \left( 1 - \left( \frac{x\theta}{2} + 1 \right) e^{-\theta x} \right)^k}{k!(2+k)\Gamma(b-k)} \right)^{i-1} \times \left( 1 - \Gamma(2+b) \left( 1 - \left( \frac{x\theta}{2} + 1 \right) e^{-\theta x} \right)^2 \sum_{k=0}^\infty \frac{(-1)^k \left( 1 - \left( \frac{x\theta}{2} + 1 \right) e^{-\theta x} \right)^k}{k!(2+k)\Gamma(b-k)} \right)^{n-i}$$

**3. Illustrations with Simulated and Real Datasets**

**3.1. Simulated data**

In this part, we offered an approach to produce a random sample for the specified sample

size (n) and parameter values of the two-parameter beta exponential distribution (TPBED). The steps involved in the simulation process are as follows.

- Step1. Set  $n = 35$  and  $\Theta(b = 1, \theta = 3)$ .
- Step2. Set initial value  $x^0 < 1$  and  $k = 0$ .
- Step3. Generate  $U \sim \text{Uniform}(0,1)$ , it's mean  $U = x$ .
- Step4. Update  $x^0$  by using Newton's formula such as  $x^* = x^0 - \left( \frac{G_{\Theta}(x) - U}{g_{\Theta}(x)} \right) \Big|_{x=x^0}$ .
- Step5. if  $|x^* - x^0| \leq \varepsilon$ , then we take this value  $x^*$ .
- Step6. if  $|x^* - x^0| > \varepsilon$ , then we change the initial value, and go to step 4.
- Step7. repeat steps 4 to 6, and obtained random sample from  $G(x)$ .

We created a sample from the two-parameter betaexponential distribution (TPBED) with size  $n = 35$  using the prior algorithm. The simulated sample is given by:

0.1, 0.28252, 0.42337, 0.54985, 0.67905, 0.83465, 1.0757, 1.6796, 0.2, 0.35618, 0.48759, 0.61321, 0.75163, 0.93779, 1.2881, 2.7059, 0.3, 0.43825, 0.56417, 0.69491, 0.85603, 1.1155, 1.8245, 0.4, 0.52776, 0.65513, 0.80347, 1.0210, 1.5061, 0.5, 0.62596, 0.76704, 0.96159, 1.3455, 3.124

The variance-covariance matrix  $I^{-1}(\hat{b}, \hat{\theta})$  of the MLEs under the modified beta-exponential distribution for simulated data is computed as

$$\begin{pmatrix} 0.172078 & -1.128508 \\ -1.128508 & 7.651671 \end{pmatrix}$$

The variances of the MLE of  $b$  and  $\theta$  under the TPBED for simulated data are

$\text{var}(\hat{b}) = 0.172078$ , and  $\text{var}(\hat{\theta}) = 7.651671$ . Thus, 95% the confidence intervals for  $b$  and  $\theta$  are [0,1.279243] and [0,9.717297] respectively.

**Table 1.** The ML estimates, -2 log-likelihood, AIC, BIC, AICC, and HQIC for Simulated data.

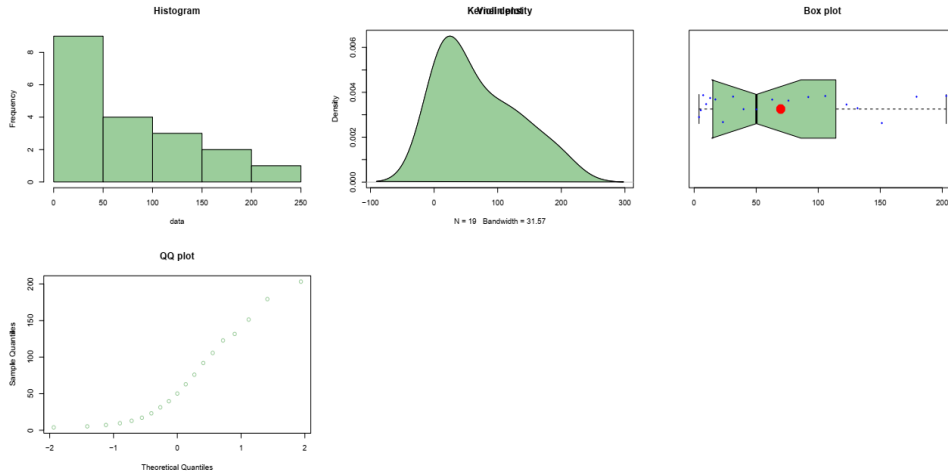
Model	$\hat{b}$	$\hat{\theta}$	$\hat{\gamma}$	AIC	BIC	-2L	AICC	HQIC
exponential		1.129		63.496	65.051	61.496	63.617	64.033
Lindley		1.568		61.079	62.635	59.079	61.201	61.616
XLindley		1.332		62.934	64.489	60.934	63.056	63.471
New-XLindley		1.749		59.626	61.182	57.626	59.747	60.163
Xgamma		1.930		65.001	66.557	63.001	65.123	65.538
Zeghdoudi		2.735		52.254	53.809	50.254	52.375	52.791
Chen		0.814	0.545	64.945	68.056	60.945	65.320	66.019
gamma Lindley		29.326	2.241	54.582	57.693	50.582	54.957	55.656
new quasi Lindley		2.144	44.158	55.586	58.697	51.586	55.961	56.660
two parameter Lindley I		2.186	37.857	55.016	58.127	51.016	55.391	56.090
Power XLindley		2.849	0.688	117.67	120.78	113.67	118.04	118.74
Gamma		2.673	2.367	53.729	56.840	49.729	54.104	54.803
TPBED	0.466	4.296	/	53.262	56.373	49.262	53.637	54.336

**3.2. Real data analysis**

Two actual datasets are used in this section to illustrate the new two-parameter model's practicality. The first actual dataset

I shows the population of the United States (in millions) as recorded by the decennial census for the period 1790--1970.(McNeil and Tukey, 1977)

3.93, 5.31, 7.24, 9.64, 12.90, 17.10, 23.20, 31.40, 39.80, 50.20, 62.90, 76.00, 92.00, 105.70, 122.80, 131.70, 151.30, 179.30, 203.20



**Figure 1.** Histogram, kern density, box plot and QQ plot of the set data I.

And the second dataset II shows a numeric vector of 31 determinations of

nickel content (ppm) in a Canadian syenite rock(Abbey, 1988).

5.2, 6.5, 6.9, 7.0, 7.0, 7.0, 7.4, 8.0, 8.0, 8.0, 8.0, 8.5, 9.0, 9.0, 10.0, 11.0, 11.0, 12.0, 12.0, 13.7, 14.0, 14.0, 14.0, 16.0, 17.0, 17.0, 18.0, 24.0, 28.0, 34.0, 125.0

**Table 2.** The ML estimates, -2 log-likelihood, AIC, BIC, AICC, and HQIC for dataset I.

Model	$\hat{b}$	$\hat{\theta}$	$\hat{\gamma}$	AIC	BIC	-2L	AICC	HQIC
exponential		0.014		201.32	202.26	199.32	201.55	201.48
Lindley		0.028		207.63	208.57	205.63	207.86	207.79
XLindley		0.028		206.92	207.87	204.92	207.16	207.08
New-XLindley		0.021		201.65	202.60	199.65	201.89	201.81
Xgamma		0.040		215.44	216.38	213.44	215.67	215.60
Zeghdoudi		0.043		220.98	221.92	218.98	221.22	221.14
Chen		0.297	0.027	203.96	205.85	199.96	204.71	204.29
gamma Lindley		0.017	0.024	203.23	205.12	199.23	203.98	203.55
new quasi Lindley		0.024	0.001	204.55	206.44	200.55	205.29	204.87
two parameter Lindley		0.022	44.26	203.70	205.59	199.70	204.45	204.02
Power XLindley		1.056	0.194	251.30	253.19	247.30	252.05	251.62
Gamma		0.014	1.006	203.32	205.21	199.32	204.07	203.64
TPBED	0.012	1.241		202.88	204.77	198.88	203.63	203.20

**Table 3.** The ML estimates,  $-2 \log$ -likelihood, AIC, BIC, AICC, and HQIC for dataset II.

Model	$\hat{b}$	$\hat{\theta}$	$\hat{\gamma}$	AIC	BIC	$-2L$	AICC	HQIC
exponential		0.062		235.93	237.36	233.93	236.06	236.39
Lindley		0.118		231.49	232.92	229.49	231.62	231.95
XLindley		0.113		232.60	234.04	230.60	232.74	233.07
New-XLindley		0.095		235.48	236.92	233.48	235.62	235.95
Xgamma		0.172		237.91	239.34	235.91	238.05	238.38
Zeghdoudi		0.182		234.48	235.91	232.48	234.62	234.95
Chen		0.319	0.087	253.08	255.95	249.08	253.51	254.01
gamma Lindley		0.125	13.46	232.14	235.01	228.14	232.57	233.07
new quasi Lindley		0.125	7.013	232.05	234.92	228.05	232.48	232.99
two parameter Lindley I		0.112	0.389	233.10	235.96	229.10	233.52	234.03
Power XLindley		1.178	0.252	318.53	321.40	314.53	318.96	319.46
Gamma		0.117	1.867	231.93	234.80	227.93	232.36	232.87
TPBED	0.236	0.393		227.53	230.40	223.53	227.96	228.46

#### 4. Conclusion

We have proposed TPBED as a generalization of the new XLindley distribution discussed by (Khodja et al., 2023). We provide a mathematical treatment of this distribution that includes the density of the order statistics. We derive a moment generating function and provide an infinite summation of the moments of the new distribution and its order statistics. Three applications of TPBED are given to show that this distribution can provide a better fit than other sub models discussed in the literature such as exponential, Lindley, XLindley, new XLindley, Xgamma, Zeghdoudi, Chen, Lindley gamma, quasi-new Lindley, two-parameter Lindley, Power XLindley, and Gamma. We hope that this generalization can attract broader applications in reliability, biology, and actuarial science.

#### Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

#### Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### References

- Abbey, S., 1988. Robust measures and the estimator limit. *Geostandards Newsletter*, 12(2): 241–248.
- Barreto-Souza, W., Santos, A.H.S., Cordeiro, G.M., 2010. The beta generalized exponential distribution. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 80(2): 159–172.
- Chouia, S., Zeghdoudi, H., 2021. The xlindley distribution: Properties and application. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 20(2): 318–327.
- Cordeiro, G.M., Cristino, C.T., Hashimoto, E.M., Ortega, E.M.M., 2013. The beta generalized Rayleigh distribution with applications to lifetime data. *Statistical Papers*, 54: 133–161.
- Eugene, N., Lee, C., Famoye, F., 2002. Beta-normal distribution and its applications. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 31(4): 497–512.
- Ghitany, M.E., Atieh, B., Nadarajah, S., 2008. Lindley distribution and its application. *Mathematics and Computers in Simulation*, 78(4): 493–506.



- Jones, M.C., 2004. Families of distributions arising from distributions of order statistics. *Test*, 13: 1–43.
- Khodja, N., Gemeay, A.M., Zeghdoudi, H., Karakaya, K., Alshangiti, A.M., Bakr, M.E., Balogun, O.S., Muse, A.H., Hussam, E., 2023. Modeling voltage real data set by a new version of Lindley distribution. *IEEE Access*, 11: 67220–67229.
- McNeil, D., Tukey, J.W., 1977. Interactive data analysis : a practical primer. 186.
- Merovci, F., Sharma, V.K. 2014. The Beta-Lindley Distribution: Properties and Applications. *Journal of Applied Mathematics*, 2014(1): 198951.
- Messaadia, H., Zeghdoudi, H., 2018. Zeghdoudi distribution and its applications. *International Journal of Computing Science and Mathematics*, 9(1): 58–65.
- Nadarajah, S., Gupta, A.K., 2004. The beta Fréchet distribution. *Far East Journal of Theoretical Statistics*, 14(1): 15–24.
- Nadarajah, S., Kotz, S., 2004. The beta Gumbel distribution. *Mathematical Problems in Engineering*, (4): 323–332.
- Nadarajah, S., Kotz, S., 2006. The beta exponential distribution. *Reliability Engineering and System Safety*, 91(6): 689–697.
- Onyekwere, C.K., Obulezi, O.J., 2022. Chris-Jerry distribution and its applications. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 20(1): 16–30.
- Pescim, R.R., Demétrio, C.G. B., Cordeiro, G.M., Ortega, E.M.M., Urbano, M.R., 2010. The beta generalized half-normal distribution. *Computational Statistics and Data Analysis*, 54(4): 945–957.
- Rama, S., 2015. Akash distribution and its applications. *International Journal of Probability and Statistics*, 4(3): 65–75.
- Sen, S., Maiti, S.S., Chandra, N., 2016. The xgamma distribution: statistical properties and application. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 15(1): 38.

---

**To Cite:** Kouadria, M., Zeghdoudi, H., 2024. Two Parameter Beta-Exponential Distribution: Properties and Applications in Demography and Geostandards. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1195–1204.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14549152>.

---

## Determination of Nurses' Site Preference and Reasons For Intramuscular Injection in Gluteal Region: A Descriptive, Cross-Sectional Study

Gülbanu ZENCİR<sup>1</sup>, Fadime GÖK<sup>2\*</sup>, Züleyha ÖZTÜRK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale University, Faculty of Health Sciences, Fundamentals of Nursing Department, Denizli

<sup>2</sup> Pamukkale University, Faculty of Health Sciences, Surgical Nursing Department, Denizli

<sup>3</sup> Pamukkale University, Faculty of Medicine, Department of Training Nurse (retired), Denizli

\*Corresponding author: [fadimgok@gmail.com](mailto:fadimgok@gmail.com)

Received: 22.08.2024

Accepted: 08.10.2024

### Abstract

Studies show that the ventrogluteal site is safer for intramuscular injection in the gluteal region, but nurses prefer this site less. The aim of this study was to determine the preferred site in the gluteal region for intramuscular injection and the reasons for preference. This descriptive and cross-sectional study was conducted in a University hospital. The study's sample consisted of 130 nurses. The data were collected with a questionnaire form and evaluated using number, percentage, mean, and standard deviation calculations. It was determined that 62.3% of the nurses preferred to use the dorsogluteal site, 5.4% to use the ventrogluteal site, and 32.3% to use both sites for intramuscular injection. The reasons for the nurses' preference for the dorsogluteal site were determined as a habit, mandatory position, obesity, patient's desire, cachexia, being a safe site, ease of application, and receiving training only on this site. The reasons for choosing the ventrogluteal site were determined as patient desire, obesity, forced position, more reliability, habit, cachexia, less risky, and less painful, respectively.

**Keywords:** Nursing, intramuscular injection, dorsogluteal site, ventrogluteal site

## 1. Introduction

Giving medicine to the patient, which is one of the therapeutic principles, is one of the fundamental parts of the nursing profession (Yılmaz Yarıcı, 2022). Intramuscular injection (IM) is a widely used method among parenteral drug administrations (Taylor et al., 2011). The correct and reliable application of IM injection is very important for the prevention of complications (Polania Gutierrez and Munakomi, 2023). According to studies, the dorsogluteal site is most commonly used in IM medication administration (Yılmaz and Yarıcı, 2022). Since the dorsogluteal site is close to the site where the sciatic nerve and superior gluteal artery pass, giving drugs to the nerves and vessels brings risks such as the drug not reaching the muscle (remaining in the subcutaneous tissue) due to the thick subcutaneous tissue (Çalışkan et al., 2023, Malhotra et al., 2023, Hopkins and Arias, 2013). Therefore, it is reported that complications such as sciatic nerve injury, skin infections, abscess, hematoma, cyst, tissue damage, periostitis, skeletal muscle fibrosis, muscle contracture, gangrene, and abscess often develop as a result of incorrect applications to this site (Hopkins and Arias, 2013, Kalaycı, 2022, Fidancı et al., 2020). In addition to these complications, if the IM injection is made to the antigravity muscle groups that provide standing-sitting functions, it causes the patient to feel more pain (Hopkins and Arias, 2013; Kaya and Palloş, 2012).

The ventrogluteal site is further away from major blood vessels and nerves (Treas and Wilkinson, 2014). The muscles in this site are wider and better defined. Therefore, it is easier to find the breakpoints during injection. Another advantage is that the subcutaneous tissue thickness in this site is thinner than the dorsogluteal site, and the muscle tissue is thicker than the dorsogluteal site (Güllü, 2021). Therefore, the possibility of inadvertent administration of IM injection to the subcutaneous tissue is less (Treas and Wilkinson, 2014). In the

study of Chan et al., it was reported that more than half of the drug (68%) remained in the subcutaneous tissue in the intramuscular injection applied to the dorsogluteal site and did not reach the muscle tissue (Chan et al., 2006).

In studies conducted to date, no evidence of vascular injury or other complications after injection into the ventrogluteal site has been reported yet (Apaydın and Öztürk, 2021, Hopkins and Arias, 2013). Although several evidence-based studies suggest that the ventrogluteal site is a safer site for IM injection for both patient and nurse, most nurses are still unwilling to use this site (Apaydın and Öztürk, 2021; Güven, 2023; Yılmaz and Yarıcı, 2022).

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Aim and design

The aim of this study was to determine the preferred site in the gluteal region for intramuscular injection and the reasons for preference. This descriptive and cross-sectional study was conducted in the clinical and intensive care units of a University hospital in the Aegean region of Turkey between April and May 2019.

### 2.2. Participant setting and recruitment

The study's population consisted of nurses ( $n=506$ ) who worked clinic and intensive care units. All nurses ( $n=130$ ) who volunteered to participate in the study were included in the sample.

### 2.3. Data collection

The data were collected with a questionnaire form prepared by the researchers in accordance with the literature (Apaydın and Öztürk, 2021, Güven, 2023, Yılmaz and Yarıcı, 2022). The data collection form consists of three parts. In the first part, there are 6 questions related to the descriptive characteristics of the nurses and in the second part, there are 3 questions related to the reasons for the nurses' preference for the gluteal region, totaling 9 questions. The third part of the questionnaire form consisted of 33 items including nurses' opinions on the reason for preference of the site for IM injection.

## 2.4. Statistical analysis

The data analysis was carried out with the IBM SPSS Statistics (Version 21.0) software. The data was analyzed using number, percentage, mean, and standard deviation calculations.

## 2.5. Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Medicine of Pamukkale University (06/03/2019-

E.17315). Written permission was obtained from the hospital management as well.

## 3. Results

It was established that the average age of nurses is  $30.04 \pm 6.76$ , 38.5% of them were between the ages of 20 and 25, 93.8% were women, 64.6% had a bachelor's degree, and they had worked for at least 1 and up to 25 years, with a median of 7, *IR*: 5 years. 49.2% of the nurses worked in the intensive care units (Table 1).

**Table 1.** Descriptive characteristics of the nurses (n=130)

Variable	M ± SD or n	%
Age (years)	30.04 ± 6.76	
20-25	50	38.5
26-31	29	22.3
32-37	29	22.3
Age older than 38 years,	22	16.9
Sex		
Female	122	93.8
Male	8	6.2
Marital status		
Married	87	66.9
Single	43	33.1
Educational background		
Vocational school of health	35	26.9
Associate degree	11	8.5
Bachelor degree	84	64.6
Work experience (year)		
1-5	50	38.5
6-11	45	34.6
12-17	22	16.9
18 year and more	13	10.0
Department of working		
Intensive Care Units	64	49.2
Internal Units	28	21.5
Surgical units	38	29.2
Total	130	100.0

Table 2 shows the distribution of the nurses' answers regarding their gluteal region usage preferences and reasons. It was found that 62.3% ( $n=81$ ) of the nurses preferred to use the dorsogluteal site, 5.4% ( $n=7$ ) the ventrogluteal site, and 32.3% ( $n=42$ ) both sites for intramuscular injection. It was determined that 5.7% of the nurses did not give a reason for their preference for the dorsogluteal site (DGS).

The reasons for preferring DGS were habit (29.4%,  $n=35$ ), mandatory position (14.6%,  $n=18$ ), obesity (9.8%,  $n=12$ ), patient's desire (8.1%,  $n=10$ ), cachexia (8.1%,  $n=10$ ), reliability (8.1%,  $n=10$ ), ease of application (8.1%,  $n=10$ ), and I received training just on this site (8.1%,  $n=10$ ).

It was determined that 14.3% ( $n=7$ ) of the nurses who prefer the ventrogluteal site (VGS) for intramuscular injection did not

explain why. Patients' desire (16.3%,  $n=8$ ), obesity (16.3%,  $n=8$ ), mandatory position (14.3%,  $n=7$ ), more reliable (12.2%,  $n=6$ ), habit (10.2%,  $n=5$ ), cachexia (8.2%,  $n=4$ ), a

lower risk (4.1%,  $n=2$ ), and less painful (4.1%,  $n=2$ ) are reasons for preferring VGS (Table 2).

**Table 2.** Gluteal region preference and reasons for nurses for intramuscular injection

<b>Gluteal region preference and reasons for nurses</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Status of site preference in the gluteal region		
Dorsogluteal site	81	62.3
Ventrogluteal site	7	5.4
Both sites	42	32.3
Reasons to prefer the dorsogluteal site ( $n=123$ )		
Those who did not provide reasons for their preference	7	5.7
Habit	35	29.4
Mandatory position	18	14.6
Obesite	12	9.8
Patients' desire	10	8.1
Cachexia	10	8.1
Reliable	10	8.1
Application ease	10	8.1
I got only training about this site	10	8.1
Reasons to prefer the ventrogluteal site ( $n=49$ )		
Those who did not give a reason for their preference	7	14.3
Patients' desire	8	16.3
Obesite	8	16.3
Mandatory position	7	14.3
More reliable	6	12.2
Habit	5	10.2
Cachexia	4	8.2
Lower risk	2	4.1
Less painful	2	4.1

When the thoughts of the nurses about applying injection in the dorsogluteal site were examined, it was found that 85.3% of them stated "I feel more ready", 83.0% stated "I think it is a safe and comfortable application site", 82.3% stated "I prefer it because of habit", 81.5% stated "I think the patients are more ready and compatible", 78.4% stated "I think I have to touch the patients less". When the distribution of their

thoughts about the ventrogluteal site was examined, it was determined that 76.9% of them thought "I think that it should be preferred only in obligatory situations", 74.6% thought "I think it is far from the sciatic nerve and vessels", 73.8% thought "I think it is not suitable for underweight patients", 73.8% thought "I think patients are not used to it" (Table 3).

**Table 3.** Opinions of nurses on the reasons for preferring a site for intramuscular injection in the gluteal region (n=130)

Nurses' opinions	Yes n (%)	No n (%)
<b>Nurses' opinions on why they prefer the dorsogluteal site</b>		
I feel more ready	111 (85.3)	19 (14.7)
I think it is a safe and comfortable application site	108 (83.0)	22 (17.0)
I prefer it because of habit	107 (82.3)	23 (17.7)
I think it is easier to determine the boundaries of this site	107 (82.3)	23 (17.7)
I think the patients are more ready and compatible	106 (81.5)	24 (18.5)
I realize that I have been using this site without questioning it	103 (79.2)	27 (20.8)
I think I have to touch the patients less	102 (78.4)	28 (21.6)
I think that I do not need to choose a site because the patient immediately takes the position and prepares himself/herself	100 (76.9)	30 (23.1)
<b>Nurses' opinions on why they prefer the ventrogluteal site</b>		
I think that it should be preferred only in obligatory situations	100 (76.9)	30 (23.1)
I think it is far from the sciatic nerve and vessels	97 (74.6)	33 (25.4)
I think this position is not suitable for underweight patients.	96 (73.8)	34 (26.2)
I think patients are not used to it	96 (73.8)	34 (26.2)
I think this site is too close to the bone	94 (72.3)	36 (27.7)
I think there is insufficient muscle thickness in this site	92 (70.7)	38 (29.3)
I think I will have to touch the patient more	90 (69.2)	40 (30.8)
I think that only drugs with a minimal amount can be administered in this site	90 (69.2)	40 (30.8)
I think it will be uncomfortable because I contact the patient more during the detection	89 (68.4)	41 (31.6)
I think patients will respond negatively if I inject in this site	89 (68.4)	41 (31.6)
I received theoretical training in this field, but I think that I do not have enough skills	87 (66.9)	43 (33.1)
Although I have theoretical knowledge, I do not trust myself because I do not use this site much	87 (66.9)	43 (33.1)
I think there is not enough subcutaneous tissue thickness in this site	86 (66.1)	44 (33.9)
I am worried that the tip of the needle will touch the bone when injecting this site	85 (65.3)	45 (34.7)
I think the patients would not allow it	84 (64.6)	46 (35.4)
I do not think the detection method is easy and applicable	83 (63.8)	47 (36.2)
I think that drugs with irritating properties will damage this site	80 (61.5)	50 (38.5)
I think it is difficult to position the patient	80 (61.5)	50 (38.5)
I think patients will have less pain	78 (60.0)	52 (40.0)
I think I'm going to harm the patient	75 (57.6)	55 (42.4)
I think I will cause harm to the patient	74 (56.9)	56 (43.1)
Anatomically, I'm having trouble identifying this site	73 (56.1)	57 (43.9)
I find it dangerous to inject into this site	73 (56.1)	57 (43.9)
I find this site more reliable	71 (54.6)	59 (45.4)
I think it is not appropriate to use this site in obese patients	69 (53.0)	61 (47.0)

#### 4. Discussion

The safe administration of drugs to patients is one of the basic elements of the nursing profession, and the knowledge, skills and awareness of nurses on this issue are very important (Yılmaz and Yarıcı, 2022). Among drug therapies, intramuscular (IM) injection is commonly used (Dincer and Yildirim 2021). For

intramuscular drug administration, the dorsogluteal and ventrogluteal sites, which contain large muscle groups, are often used (Kaynar Şimşek, 2020).

When the literature is examined, it is seen that the dorsogluteal site is preferred more than the ventrogluteal site in IM drug administration (Su and Bekmezci, 2020, Yılmaz and Yarıcı, 2022). However, the

dorsogluteal site is a more risky site in terms of its anatomical location (Manchikanti et al., 2021, Treas and Wilkinson, 2014, Hopkins and Arias, 2013). Improper application to this site causes multiple complications (sciatic nerve injury, skin infections, abscess, hematoma, cyst, tissue injury, periostitis, skeletal muscle fibrosis, muscle contracture, gangrene, abscess, etc. (Alves et al., 2018, Treas and Wilkinson, 2014, Fidancı et al., 2020). Some studies have even reported that patients experience more pain after IM injection in this site (Roldán-Chicano, 2023, Hopkins and Arias, 2013, Kaya and Palloş, 2012).

Recent evidence-based studies show that the VGS is a safer site for intramuscular injection (Arslan and Özden, 2018, Gülnar and Özveren, 2016, Sarı et al., 2017), and the risk of complications seen in the DGS in terms of anatomical structure is less in this site (Apaydın and Öztürk, 2021, Nakajima, et al., 2020, Hopkins and Arias, 2013). However, in some special cases (children under 7 years of age, cachexia) it is recommended not to be preferred unless absolutely necessary (Güneş Yapucu et al., 2008, Yılmaz and Yarıcı, 2022).

Despite the results of multiple evidence-based studies showing that the VGS is a safer site for both the patient and the nurse in the administration of IM injections, most nurses are still unwilling to use this site (Apaydın and Öztürk, 2021, Çırlak et al., 2020, Güven, 2023, Yılmaz and Yarıcı, 2022). In this study, which was conducted to determine the site preference and reasons of nurses in the gluteal region for intramuscular injection, it was determined that nurses mostly preferred the dorsogluteal site for IM injection, similar to the literature information (Table 2). The results of this study and the studies in the literature show that most of the nurses are still unable to choose a safe site for IM injection (Apaydın and Öztürk, 2021, Güven, 2023, Yılmaz and Yarıcı, 2022).

In this study, when the reasons why nurses preferred the DGS were analysed, habit took the first place. Similarly, it was

reported in the literature that nurses stated that injecting in the DGS was a habit and it was difficult to give it up (Gülnar and Çalışkan, 2014, Kilic et al., 2014, Wynaden et al., 2006). In different studies, it is seen that nurses prefer DGS "firstly" (Gülnar and Özveren, 2016, Fekonja et al., 2020), "mostly" (Güven, 2023, Su and Bekmezci, 2020), and "as a tradition" (Cerit, 2020, Coskun et al, 2016) for IM injection. The other reasons for the preference of DGS in this study were determined as mandatory position of the patient, obesity, patient request, reliability and ease of application, respectively (Table 2). Similar to the findings of this study, nurses expressed the reasons for preferring the DGS as "I believe that patients will prefer this site" and "easily accessible" (Cerit, 2020, Korkmaz et al., 2018) "safer" (Güllü and Akgün, 2021, Sarı et al., 2017), and "more practical" (Korkmaz et al., 2018). In another study, it was found that nurses absolutely preferred DGS especially in obese patients (Strohfus et al., 2017).

Although the risks are known, the main reason why nurses prefer DGS more in IM injection is their negative thoughts and perceptions about the ventrogluteal site. According to the results of the study, it was observed that the nurses did not have sufficient knowledge about VGS, they did not find their own knowledge sufficient, they were not used to using the site, they had difficulty in making behavioural changes, they were concerned about harming the patient because they thought that the anatomical structure of the ventrogluteal site was small and therefore they did not trust themselves in this regard (Doğu, 2016, Güven, 2023, Kilic et al., 2014). In another study, on the contrary, it was determined that student nurses stated that they received theoretical information about the use of VGS during the education process, but they could not transform this knowledge into skills because there were no nurses who applied IM injection in this site as role models (Kilic et al., 2014, Meteris and Biçer, 2021). It is thought that this

situation is also valid for newly employed nurses.

When the literature is examined, it is seen that IM injection into the VGS has been included in the educational curriculum for many years. As with intramuscular injection, psychomotor skills can only become permanent with repeated practice in the presence of experienced colleagues (Öztürk et al., 2017). Studies show that there are no nurses who are adequate role models in the application of IM injection to the VGS in practice. This situation creates an barrier for students or new nurses to acquire relevant skills (Šakić et al., 2012, Sarı et al., 2017). The fact that the theoretical knowledge is not completely transformed into skills creates anxiety in the process of performing the relevant practice (Doğu, 2016, Güven, 2023, Kilic et al., 2014). In this study, it was determined that the majority of the nurses were young and in the first years of their professional life. This situation suggests that the nurses did not find enough practical application opportunities to perform injections in the VGS.

The VGS has several advantages over the DGS for IM injection (Nakajima et al., 2020). However, it is known that nurses are reluctant to use this field due to the reasons stated above (Güven, 2023, Kilic et al., 2014). In this study, similar to the literature, it was determined that very few nurses used VGS in IM injection administration. Approximately one seventh of the nurses using this field did not give a reason for preference (Table 2). This situation creates a dilemma as to whether nurses actually use VGS or not.

Approximately one-third of the nurses included in the study reported that they preferred the VGS because of habit and less than one tenth because it was safe and less risky (Table 2). However, it is thought-provoking that this rate is quite low. The reason for this is thought to be that although the nurses are undergraduate graduates, they have not yet transformed their

theoretical knowledge into skills because they are new in the profession.

Similarly, there are studies in the literature showing that nurses do not have sufficient knowledge or skills to administer IM injection to the VGS (Güven, 2023, Sarı et al., 2017, Su and Bekmezci, 2020). It was reported that 57.3% of the nurses in Güven's study and 40% of the nurses in Su and Bekmezci's study did not use the VG site because they were not used to it (Güven, 2023, Su and Bekmezci, 2020). In another study, it was found that nurses were extremely resistant to change and did not use VGS because they could not give up their habits (Wynaden et al., 2006). To a large extent, change requires the giving up of habits. In this study, it is thought that nurses resist change and use VGS less because they are not used to it. This situation also poses a risk in terms of patient/employee safety (Cerit, 2020, Nakajima et al., 2020, Yılmaz and Yarıcı, 2022).

In this study, it was determined that nurses preferred the ventrogluteal site because it was less painful (4.1%) (Table 2). In previous studies, it was found that patients reported that the intensity of pain experienced in IM injections applied to the VGS was less than in the DGS (Apaydın and Öztürk, 2021, Dere Isseven and Sagkal Midilli, 2020). In the study conducted by Yılmaz and Yarıcı, on the contrary, it was found that more than half of the nurses (54.2%) thought that the patient would experience more pain in the injection made in the VGS (Yılmaz and Yarıcı, 2022). The reason for this is thought to be that nurses' anxiety overrides their knowledge because they administer fewer injections in the VGS.

When Table 3 is examined, similar to the literature information given above, it is seen that the thoughts of the nurses affect the site preferences for intramuscular injection in the gluteal region.

#### **4.1. Implications for nursing practice**

In this study, it was determined that nurses used the ventrogluteal site less



frequently for IM injection. Knowing the site preferences of nurses in IM injection will be effective in reducing the barriers to less use of the ventrogluteal site. Therefore, it is thought that the results of this study will contribute to the literature.

#### 4.2. Limitations

The results are specific to the nurses of only one University hospital, and therefore, can only be generalized to them.

#### 5. Conclusions

It was determined that although the majority of nurses knew that the ventrogluteal site was safer, they used this site less. It is important for nurses to be aware of the barriers to preferring the ventrogluteal site for IM injection. Therefore, it is recommended to conduct more evidence-based research in this field and to plan and conduct regular in-service trainings to increase the awareness of nurses to use ventrogluteal site.

#### Declaration of Author Contributions

Study conception and design: GZ, FG. Data collection: ZÖ. Data analysis and interpretation: GZ, FG. Drafting of the article: All authors. Critical revision of the article: GZ, FG.

#### Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### Ethical Committee Approval

The study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Medicine of Pamukkale University (06/03/2019-E.17315). Written permission was obtained from the hospital management as well.

#### Acknowledgment

The authors would like to thank all the nurses who participated in the study and the university hospital where the study was conducted.

#### References

Alves, K., Godwin, C.L., Chen, A., Akellot, D., Katz, J.N., Sabatini, C.S., 2018. Gluteal fibrosis, post-injection paralysis, and related injection practices in

Uganda: a qualitative analysis. *BMC Health Services Research*, 18(1): 892.

Apaydın, E., Öztürk, H., 2021. Comparison of intramuscular injections applied on ventrogluteal and dorsogluteal areas in the way of bleeding, pain and hematoma. *Gümüşhane University Journal of Health Sciences*, 10(1): 105–113.

Arslan, G.G., Özden, D., 2018. Creating a change in the use of ventrogluteal site for intramuscular injection. *Patient Preference and Adherence*, 12: 1749–1756.

Cerit, B., 2020. Determining emergency department nurses' competence and preference levels for using ventrogluteal site in administering intramuscular injections. *The Anatolian Journal of Family Medicine*, 3(2): 107–115.

Chan, V.O., Colville, J., Persaud, T., Buckley, O., Hamilton, S., Torreggiani, W.C., 2006. Intramuscular injections into the buttocks: are they truly intramuscular? *European Journal of Radiology*, 58(3): 480–484.

Çalışkan, N., Gülnar, E., İnal, M., Kömürcü Erkmen, S. H., Özveren, H., 2023. Comparison of Four Dorsogluteal and ventrogluteal sites for safe intramuscular injection: a cross-sectional study. *International Journal of Caring Sciences*, 16(3): 1503–1513.

Çırlak, A., Temiz, N., Başol, M., 2020. The effect of the ventrogluteal injection training on the knowledge levels and preferences of health professionals. *Forbes Journal of Medicine*, 1(2): 30–35.

Coskun, H., Kilic, C., Senture, C., 2016. The evaluation of dorsogluteal and ventrogluteal injection sites: a cadaver study. *Journal of Clinical Nursing*, 25(7–8): 1112–1119.

Dere Isseven, S., Sagkal, Midilli, T., 2020. Comparison of the dorsogluteal and ventrogluteal sites regarding patients' levels of pain intensity and satisfaction following intramuscular injection. *International Journal of Caring Sciences*, 13(3): 2168–2179.

- Dincer, B., Yildirim D., 2021. The effect of vibration stimulation on intramuscular injection pain and patient satisfaction: Single-blind, randomised controlled study. *Journal of Clinical Nursing*, 30(11-12): 1615-1622.
- Doğu, Ö., 2016. The Invisible Tip of the Iceberg; How Often is the Ventrogluteal Site Used? *Journal of Education and Research in Nursing*, 13(1): 7–10.
- Fekonja, U., Fekonja, Z., Vrbnjak, D., 2020. The assessment of knowledge and practical skills of intramuscular injection administration among nursing staff: a cross-sectional study. *Aust. Journal of Advanced Nursing*, 38(3): 33-42.
- Fidancı, H., Öztürk, İ., Arlıer, Z., 2020., Inferior gluteal nerve injury due to intramuscular injection. *Duzce Medical Journal*, 22(3): 161-165.
- Güllü, A., Akgün, S., 2021. The effect of training on the “V” and “G” techniques used in the ventrogluteal site and injection application to this site on the knowledge level of nurses. *International Archives of Integrated Medicine*, 8(8): 15–33.
- Gülнар, E., Çalışkan, N., 2014. Determination of knowledge level of nurses regarding intramuscular injection administration to ventrogluteal site. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 7(2): 70–77.
- Gülнар, E., Özveren, H., 2016. An evaluation of the effectiveness of a planned training program for nurses on administering intramuscular injections into the ventrogluteal site. *Nurse Education Today*, 36: 360-363.
- Güneş Yapucu, Ü., Zaybak, A., Tamsel, S., 2008. Investigation of the reliability of the method used to determine the ventrogluteal region. *Cumhuriyet University School of Nursing Journal*, 12(2): 1–8.
- Güven, Ş.D., 2023. Nurses’ usage and knowledge of ventrogluteal field in intramuscular injection application. *Health Academy Kastamonu*, 8(1): 128–139.
- Hopkins, U., Arias, C., 2013. Large-volume IM injections: a review of best practices. *Oncology Nurse Advisor*, 4(1): 32–37.
- Kalaycı, T., 2022. Gluteal abscess after intramuscular injection. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, 15(2): 156-159.
- Kaya, N., Palloş, A., 2012. Parenteral drug applications. *Nursing Fundamentals Nursing Science and Art* (A. Atabek and A. Kardağ, Eds). İstanbul: Akademi Basın ve Yayıncılık.
- Kaynar Şimşek, A., 2020. Using the ventrogluteal site for intramuscular injection. *The Anatolian Journal of Family Medicine*, 3(3): 195–199.
- Kilic, E., Kalay, R., Kilic, C., 2014. Comparing applications of intramuscular injections to dorsogluteal or ventrogluteal regions. *Journal of Experimental and Integrative Medicine*, 4(3): 171-174.
- Kılıç, M., Meteris, Ç., Biçer, B.N.K., 2021. Expanding the use of the ventrogluteal region, an evidence-based practice example, in senior nursing students: a methodological study. *Research Square*, (1): 1-16.
- Korkmaz, E., Karagözoğlu, Ş., Çerik, B.K., Yıldırım, G., 2018. Knowledge about intramuscular injection sites and administration preferences of nurses. *Journal of Research and Development in Nursing*, 20(1): 1–10.
- Malhotra, P., Kartam, S., Gupta, S. 2023. Administration of Medicine, Nursing Practices And Skills, p:116 published by: AGPH Books (Academic Guru Publishing House) Bhopal, M.P. India ISBN-978-81-19152-13-1.
- Manchikanti, V., Prasad, N., Sindhu, K., Botchu, R., 2021. Post Injection Sciatic Neuritis: A Case Report. *International Journal Of Anatomy Radio Klogy and Surgery*, 10(4): 4-5.

- Nakajima, Y., Fujii, T., Mukai, K., Ishida, A., Kato, M., Takahashi, M., Nakatani, T., 2020. Anatomically safe sites for intramuscular injections: a cross-sectional study on young adults and cadavers with a focus on the thigh. *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, 16(1):189–196.
- Öztürk, D., Baykara, Z.G., Karadağ, A., Eyikara, E., 2017. The effect of in-service education on nurses' preference for the ventrogluteal site in intramuscular injection implementation. *Journal of Human Sciences*, 14(4): 4199–4205.
- Polania, Gutierrez., J.J. Munakomi, S. 2023. Intramuscular Injection. Continuing Education Activity. PMID: 32310581 Bookshelf. Stat Pearls Publishing ID: NBK556121 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556121/>
- Roldán-Chicano, M.T., Rodríguez-Tello, J., Cebrián-López, R., Moore, J. R., del Mar García-López, M., 2023. Adverse effects of dorsogluteal intramuscular injection versus ventrogluteal intramuscular injection: A systematic review and meta-analysis. *Nursing Open*, 10(9): 5975–5988.
- Šakić, B., Milutinović, D., Simin, D., 2012. An assessment of intramuscular injection practices among nursing students and nurses in hospital settings: is it evidence-based? *South Eastern Europe Health Sciences Journal*, 2(2): 114–121.
- Sarı, D., Şahin, M., Yaşar, E., Taşkıran, N., Telli, S., 2017. Investigation of Turkish nurses frequency and knowledge of administration of intramuscular injections to the ventrogluteal site: Results from questionnaires. *Nurse Education Today*, 56: 47–51.
- Strohfus, P. K., Paugh, O., Tindell, C., Molina-Shaver, P., 2017. Evidence calls for practice change in intramuscular injection techniques. *Journal of Nursing Education and Practice*, 8(2): 83-92.
- Su, S., Bekmezci, E., 2020. The Reasons for the nurses not to use ventrogluteal region in intramuscular injection administration. *Journal of Education and Research in Nursing*, 17(1): 46–50.
- Taylor, C., Lillis, C., LeMone, P., Lynn, P., 2011. Fundamentals of Nursing: The art and science of nursing care (7th ed.). Philadelphia: Woters Kluwer Health\Lippincott Williams and Wilkins.
- Treas LS, Wilkinson JM., 2014. Basic nursing: concepts, skills and reasoning. Philadelphia (PA): F. A. Davis Company; p. 792–836. ISBN-13: 978-0-8036-2778-9
- Wynaden, D., Landsborough, I., McGowan, S., Baigmohamad, Z., Finn, M., Pennebaker, D., 2006. Best practice guidelines for the administration of intramuscular injections in the mental health setting. *International Journal of Mental Health Nursing*, 15(3):195–200.
- Yılmaz, B., Yarıcı, F., 2022. Determination of opinions of nurses working in a university hospital about intramuscular injection into the ventrogluteal site. *Karya Journal of Health Science*, 3(2): 120–125.

---

**To Cite:** Zencir, G., Gök, F., Öztürk, Z., 2024. Determination of Nurses' Site Preference and Reasons For Intramuscular Injection in Gluteal Region: A Descriptive, Cross-Sectional Study. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1205-1214.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14551166>

---

## Novel One Parameter Family: Special Case, Bayesian Estimation, Simulation and Applications

Meriem KEDDALI <sup>1\*</sup>, Hamida TALHI <sup>1</sup>, Mohamed KOUADRIA <sup>1</sup>, Halim ZEGHDOUDI <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Badji Mokhtar-Annaba University, LAPS Laboratory, Annaba, Algeria

\*Corresponding author: [meriem.keddali@univ-annaba.dz](mailto:meriem.keddali@univ-annaba.dz)

Received: 25.08.2024

Accepted: 30.11.2024

### Abstract

This paper introduces a new one-parameter family (NPF) derived from the cumulative distribution function (CDF). We study the main properties of the proposed family, with a special emphasis on its moments, reliability parameters, and asymptotic distributions of the extreme order statistics. Then, inferential considerations are explored. We discuss the parameter estimation by the moments, maximum likelihood methods and the Bayesian estimation. Also, likelihood estimation and Bayesian estimation using the Pitman asymptotic criterion are given. Three applications reveal that the new model can fit well practical data sets.

**Keywords:** New XLindley distribution, moments, reliability analysis, simulation

### 1. Introduction

Statistical models can be used to describe and predict real-world events. In recent years, many different types of distributions have been used to model data in many different fields. Recent advances have focused on establishing new families that extend well-known distributions while allowing great flexibility in modeling real-world data. Several distributions have been proposed in the statistical literature to modify lifespan data, including the Lindley (1958), Exponential, Gamma, Weibull, Zeghdoudi (Messaadia and Zeghdoudi, 2018), Xgamma (Sen et al., 2016), XLindley (Chouia and Zeghdoudi, 2021),

New polynomial exponential (Beghriche et al., 2022), new XLindley (Khodja et al., 2023), ZLindley (2024) and squared ZLindley (Lazri et al., 2024) distributions. In this paper, we study a new one-parameter family (NPDF) that includes the new XLindley distribution in special case. Existing literature on survival data modeling, biosciences, and actuarial science will benefit from this new distribution group. Suppose  $T$  is a random variable whose values fall between  $[0, +\infty]$  and whose distribution is dependent upon an unknown parameter  $\theta$  has values within the range  $[0, +\infty]$ , and this is how its cumulative distribution function (CDF) is written,

$$F_{NPDF}(t; \theta) = 1 - e^{-c(\theta)t} [a(\theta)\alpha(t)] \tag{1}$$

where  $a(\theta)$  and  $c(\theta)$  are real-valued functions on  $[0, +\infty]$  and  $\alpha(t)$  depend on  $t$  and  $\theta$ .

We can verify that the CDF is a right continuous function right away, and check  $\alpha(t)$  for the necessary criteria to make  $f_{NPDF}$  a distribution.

The following is the format of this research paper:

Section 2 covers survival and hazard functions, moments, and other statistical properties. Sections 3 and 4 consider the estimation of maximum

likelihood distribution parameters. Section 5 compares likelihood and Bayesian estimation using the Pitman asymptotic criterion. Finally, three specific applications demonstrate the superior performance of the new family of models (NPDF) over the exponential distributions, Lindley, Zeghdoudi, XLindley, Xgamma, and new XLindley.

### 2. Some Statistical Properties of NPDF

**Proposition 1.** The  $F_{NPDF}(t; \theta)$  in (1) of the NPDF is according to:

1.  $F_{NPDF}(0, \theta) = 0$  if  $\alpha(0) = \frac{1}{\alpha(\theta)}$
2.  $F_{NPDF}(\infty, \theta) = 1$  if  $\lim_{t \rightarrow \infty} a(t)e^{-c(\theta)t} = 0$
3.  $F_{NPDF}(t; \theta)$  increasing if  $(c(\theta) - \alpha'(\theta)) > 0$

**Proof.**

1. We have:  $F_{NPDF}(0, \theta) = 1 - a(\theta)\alpha(0)$

By equating to zero and solving it with respect to  $t$ , we find:  $\alpha(t) = \frac{1}{\alpha(\theta)}$

2. Since:  $\lim_{t \rightarrow \infty} a(\theta)e^{-c(\theta)t} = 0$ , as well as being:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} 1 - a(\theta)e^{-c(\theta)t} - a(t)e^{-c(\theta)t} = 1$$

we inserted  $\lim_{t \rightarrow \infty} a(\theta)e^{-c(\theta)t} = 0$

3. The first derivatives of the *PDF* in (1) is determined as follows:

$$\frac{dF_{NPFD}}{dt} = a(\theta)e^{-c(\theta)t} [c(\theta)a(t) - \alpha'(t)] \quad (2)$$

In order for  $\frac{dF_{NPFD}}{dt}$  to be positive, we interpret as  $(c(\theta)a(t) - \alpha'(t)) > 0$  (3).

### 2.1. Sub general cases

This family's inclusion of many selections of  $a(t)$  that are documented in

the literature s the ensuing a special cases are one of its most significant benefits, for examples:

- 1)  $a(t) = s(t)$  ; with  $s(t)$  is a survival function due to  $s(t) = 1 - F(t)$  hence:  $s'(t) = -f(t)$  so  $a'(t) < 0$
- 2) Decreasing fractional or polynomials functions.
- 3) By equating the linear differential equation of first order in Eq. (3) to zero and solving it with respect to  $t$ , we obtain the following solution:

$$a(t) = ke^{c(\theta)t}; k \in R$$

In this paper, we're going to study the case where  $a(t) = S_{selected}(t)$ ; We get:

$$f_{NPFD}(t) = a(\theta)e^{-c(\theta)t} [c(\theta)s_s(t) + f_s(t)] \quad (4)$$

### A. Mode

This subsection addresses the *NPFD PDF's* shape properties in (4) at  $t=0$  and  $t=\infty$ , respectively,

$$\lim_{t \rightarrow 0} f_{NPFD}(t) = c(\theta) + a(\theta)l(\theta) \text{ with } l(\theta) = \lim_{t \rightarrow 0} f_s(t)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f_{NPFD}(t) = 0$$

### Proposition 2.

The *PDF*  $f(t; \theta)$  in (4) of the *NPFD* is decreasing if

$$c(\theta)[c(\theta)s_s(t) + 2f_s(t)] - \frac{df_s}{dt} > 0$$

And  $\frac{d^2 f_s}{dt^2} > 0$  if  $c(\theta)^3 s_s(t) + 3c(\theta)^2 f_s(t) - 3c(\theta) \frac{df_s}{dt} + \frac{d^2 f_s}{dt^2} > 0$

**Proof.** The following is the determination of the *PDF's* first and second derivatives in equation (4):

$$\frac{df_{NPFD}}{dt} = -a(\theta)e^{-c(\theta)t} \left[ c(\theta)[c(\theta)s_s(t) + 2f_s(t)] - \frac{df_s}{dt} \right]$$

$$\frac{d^2 f_{NPFD}}{dt^2} = a(\theta)e^{-c(\theta)t} \left[ c(\theta)^3 s_s(t) + 3c(\theta)^2 f_s(t) - 3c(\theta) \frac{df_s}{dt} + \frac{d^2 f_s}{dt^2} \right]$$

**B. Survival and hazard functions**

The survival functions  $S_{NPF D}(t)$  and hazard rate function (*hr f*)  $h_{NPF D}(t)$  for the  $NPF D$  are, respectively, defined as follows:

$$S_{NPF D}(t) = 1 - F_{NPF D}(t) = a(\theta)s_s(t)e^{-c(\theta)t} \quad (5)$$

$$h_{NPF D}(t) = \frac{f_{NPF D}(t)}{S_{NPF D}(t)} = c(\theta) + \frac{f_s(t)}{S_s(t)} = c(\theta) + h_s(t) \quad (6)$$

**C. Moments and related measures of the NPF D**

**Corollary1.**

Let  $T \sim NPF D$ . Then, the  $i$  the moment of  $T$  is determined as follows:

$$\begin{aligned} \mu_p &= E[T^\tau] = \int_0^\infty t^\tau f_{NPF D}(t) dt \\ &= \int_0^\infty t^\tau a(\theta) e^{-c(\theta)t} [c(\theta)s_s(t) + f_s(t)] dt \\ &= \omega(\theta) + \beta(\theta) \int_0^\infty \tau(\tau + 1; tc(\theta)) [c(\theta)f_s(t) + f'_s(t)] dt \end{aligned}$$

Where:  $\int_0^\infty t^\tau e^{-c(\theta)t} = \frac{-1}{c(\theta)^{\tau+1}} \tau(\tau + 1; tc(\theta))$  and  $\omega(\theta) = \frac{a(\theta)\tau(\tau+1)[c(\theta)s_s(0)+f_s(0)]}{c(\theta)^{\tau+1}}$   
 and  $\beta(\theta) = \frac{a(\theta)}{c(\theta)^{\tau+1}}$

Using Eq (7), one may calculate the first four moments of the  $NPF D$  random variable by entering the values  $i = 1,2,3,4$ . These moments are then used to

calculate a number of statistical measures, including the coefficient of variation, skewness, kurtosis, and variance of  $NPF D$ , in that order:

$$Var [X] = E[X^2] - E[X]^2$$

Where  $E[X^2] = \gamma(\theta)[\sigma(\theta) + \int_0^\infty \tau(3; tc(\theta)) [c(\theta)f_s(t) + f'_s(t)]$

With  $\gamma(\theta) = \frac{a(\theta)}{c(\theta)^3}$  and  $\sigma(\theta) = 2[c(\theta)s_s(0) + f_s(0)]$

$$Skewness = \sqrt{\beta_1} = \frac{E[X^3]}{[Var(X)]^{\frac{3}{2}}}$$

Where  $E[X^3] = k(\theta)[M(\theta) + \int_0^\infty \tau(4; tc(\theta)) [c(\theta)f_s(t) + f'_s(t)] dt$

With  $k(\theta) = \frac{a(\theta)}{c(\theta)^4}$  and  $M(\theta) = 6[c(\theta)s_s(0) + f_s(0)]$

$$kurtosis = B_2 = \frac{E[X^4]}{[Var [X]]^2}$$

Where  $E[X^4] = A(\theta)[H(\theta) + \int_0^\infty \tau(5; tc(\theta)) [c(\theta)f_s(t) + f'_s(t)] dt$

With  $A(\theta) = \frac{a(\theta)}{c(\theta)^5}$  and  $H(\theta) = 120 [c(\theta)s_s(0) + f_s(0)]$

**3. Specific Case**

As a specific example of (4), our suggested model is obtained as follows,

We'll put the probability function (*pdf*) of new XLindley distribution ( $NXL D$ ) (see Khodja et al. 2023) defined as:

$f_s(t) = f_{NXL}(x) = \frac{\theta}{2}(1 + \theta x)e^{-\theta x}$ ,  $x, \theta > 0$  and its related survival function  $S_{NXL}(x)$  given by:  $S_s(x) = S_{NXL}(x) = (\frac{1}{2}\theta x + 1)e^{-\theta x}$

With  $a(\theta) = 1; c(\theta) = \theta$

We obtain;

$$f_{NPF D}(x, \theta) = \frac{\theta}{2}(2\theta x + 3)e^{-2\theta x}x, \theta > 0 \quad (8)$$

Then the cumulative distribution function (cdf) of the  $NPF D$ :

$$F_{NPF D}(x, \theta) = 1 - (\frac{1}{2}\theta x + 1)e^{-2\theta x}x, \theta > 0 \quad (9)$$

Therefore, the survival function  $S_{NPF D}(x)$  and hazard rate function  $h_{NPF D}(x)$  for the  $NPF D$  are respectively defined as follows:

$$S_{NPF D}(x) = 1 - F_N(x, \theta) = (\frac{1}{2}\theta x + 1)e^{-2\theta x}x, \theta > 0 \quad (10)$$

$$h_{NPF D}(x) = \theta + h_{NXL}(x) = \frac{3\theta + 2\theta^2 x}{\theta x + 2}x, \theta > 0 \quad (11)$$

Furthermore, the  $r$ th moment of the  $NPF D$  is defined as follows:

$$\begin{aligned} \mu_r = E[X^r] &= \int_0^\infty x^r f_{NPF D}(x, \theta) dx = \int_0^\infty x^r \frac{\theta}{2}(2\theta x + 3)e^{-2\theta x} dx \\ &= \frac{1}{4(2\theta)^r} [\tau(\tau + 2) + 3\tau(\tau + 1)] \end{aligned} \quad (12)$$

Where  $\tau(z) = \int_0^\infty x^{z-1}e^{-x} dx$

**Proposition 3.** Let  $X \sim NPF D$ , the mean, variance, coefficients of variation, skewness, and kurtosis for  $X$  are respectively defined as follows:

$$E[X] = \frac{5}{8\theta}, \quad Var[X] = \frac{23}{64\theta^2} \quad \text{Where } \tau(n) = (n - 1)!$$

$$Skewness = \sqrt{\beta_1} = \frac{E[X^3]}{[Var(X)]^{\frac{3}{2}}} = \frac{\frac{21}{16\theta^2}}{(\frac{3}{4\theta^2})^{\frac{3}{2}}} = \frac{7^2\sqrt{3}}{6} = 2,0207$$

$$kurtosis = B_2 = \frac{E[X^4]}{[Var [X]]^2} = \frac{\frac{3}{\theta^4}}{(\frac{23}{64\theta^2})^2} = 23,2287$$

$$C.V = \theta = \frac{\sqrt{Var(X)}}{E[X]} = \frac{\sqrt{\frac{23}{64\theta^2}}}{\frac{5}{8\theta}} = \frac{\sqrt{23}}{5}$$

The new distribution is leptokurtic and right-skewed according to the skewness and kurtosis.

**Theorem 1.** Let  $X \sim NPF D(\theta)$ . Then the median  $(X) < E(X)$

**Proof.** Let  $m \sim median(X)$  and  $\mu = E(X) = \frac{5}{8\theta}$

Since the cumulative distribution function (c.d.f) is given by (9), it follows that

$$F(m) = \frac{1}{2}$$

$$\text{and } F(\mu) = 1 - \frac{21}{16}e^{-\frac{5}{4}}$$

Note that  $\frac{1}{2} < 1 - \frac{21}{16}e^{-\frac{5}{4}}$ . Finally, since  $F_{NPF D}(x)$  is an increasing function in  $x > 0$  for all  $\theta > 0$ , we have  $m < \mu$ .



#### 4. Estimation of the Unknown Parameters

In this part, we suggest analyzing the  $N P D F$  distribution in Eq. 8 using a Bayesian approach. For type  $II$  censored data, first, we offer the maximum likelihood (ML) estimation. Next, the Bayesian estimation under the Linex, Entropy, and Generalized Quadratic (GQ) loss functions are discussed.

For  $n, m \in N$

$$L(\theta, X) = A \prod_{i=1}^m f_{N P D F}(x_i, \theta) [1 - F_{N P D F}(x_m)]^{n-m}$$

Where  $A = \frac{n!}{(n-m)!}$

Replacing both (8) and (9) we have:

$$L(\theta, X) = A \left(\frac{\theta}{2}\right)^n \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i)} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) \quad (13)$$

The equivalent logarithm is :

$$l = l(x, \theta) = \ln L(\theta, X)$$

$$l = \ln A + n(\ln \theta - \ln 2) + (n - m) \ln\left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right) - 2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n + m)x_i) + \sum_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) \quad (14)$$

The maximum likelihood estimator  $\hat{\theta}_{MLE}$  of the parameter  $\theta$  is obtained from the solution of the following non-linear system.

$$\hat{\theta}_{MLE} = \frac{\partial l}{\partial \theta} = \frac{n}{\theta} + (n - m) \frac{x_i}{\theta x_i + 2} - 2(n - m)x_i = 0 \quad (15)$$

Since the system (15) solution appears to be intractable analytically, we will turn to numerical techniques to get approximate solution. Specifically, we will utilize the R package to derive the approximate value of the maximum likelihood estimator  $\hat{\theta}_{MLE}$  of the parameter  $\theta$ .

#### A. Bayesian estimation

$$\pi(\theta) = \frac{1}{\theta}$$

The prior distribution is:

$$\pi(\theta/X) = \frac{\pi(\theta)L(\theta, X)}{\int_0^\infty \pi(\theta)L(\theta, X)d\theta}$$

When estimating using Bayesian methods for type  $II$  censored data, we additionally use Eq (13) to read the posterior distribution, which is as follows:

$$\pi(\theta/X) = \frac{K}{\theta} \left(\frac{\theta}{2}\right)^n \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i)} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) \quad (14)$$

Where:

#### 4.1. Maximum likelihood estimation

To estimate the parameter, we are interested in type  $II$  censored data. Assuming the  $n$ -sample  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , i.e, and a constant  $m$ , we may sat that the  $N P D F$  distribution generates the  $m$ -sample  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ . The following is this sample's likelihood function:

We discuss the Bayesian estimation in this part. In this approach, we resume a prior distribution of the parameter to be estimated based on a piece of prior information, treating the unknown values as random variables. We make use of the non-informative form of prior distribution for the parameter  $\theta$ .

$$k = \frac{1}{\int_0^\infty \frac{K}{\theta} \left(\frac{\theta}{2}\right) n \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i)} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3)}$$

**B. Estimators and their corresponding risks**

The three loss functions: Entropy, Generalized Quadratic, and Linex are described in the table below.

loss function expression	Bayes estimators	posterior risk
Entropy: $L(\theta, \delta) = \left(\frac{\delta}{\theta}\right)^p - p \log\left(\frac{\delta}{\theta}\right) - 1$	$\hat{\delta}_E = E_\pi(\theta - p)^{\frac{-1}{p}}$	$p[E_\pi(\log \theta - \log(\hat{\delta}_E))]$
Generalized quadratic: $L(\theta, \delta) = \tau(\theta)(\theta - \delta)^2$	$\hat{\delta}_{GQ} = \frac{E_\pi(\tau(\theta)\theta)}{E_\pi(\tau(\theta))}$	$E_\pi(\tau(\theta)(\theta - \delta)^2)$
Linex : $L(\theta, \delta) = \exp(r(\delta - \theta)) - r(\delta - \theta) - 1$	$\hat{\delta}_L = -\frac{1}{r} \log(E_\pi(\exp(-r\theta)))$	$r(\hat{\delta}_{GQ} - \hat{\delta}_L)$

(1) We obtain the estimator and its corresponding risk (where  $p$  is an integer) Under the Entropy loss function:

$$\hat{\theta}_E = \left[ \int_0^\infty \theta^{-p} \pi(\theta/X) d\theta \right]^{-\frac{1}{p}}$$

$$\hat{\theta}_E = \left[ \frac{K}{2^n} \int_0^\infty \theta^{n-p-1} \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i)} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) f\theta \right]^{-\frac{1}{p}}$$

$$PR(\hat{\theta}_{GQ}) = p[E_\pi(\log(\theta - \log(\hat{\delta}_E)))]$$

(2) We obtain the estimator and its corresponding risk (where  $\tau(\theta) = \theta^{\gamma-1}$ ,  $\gamma$  is an integer) under the Generalized quadratic loss function:

$$\hat{\theta}_{GQ} = \frac{\int_0^\infty \theta^\alpha \pi(\theta/X) d\theta}{\int_0^\infty \theta^{\alpha-1} \pi(\theta/X) d\theta}$$

$$\hat{\theta}_{GQ} = \frac{\int_0^\infty \theta^{\alpha+n-1} \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i)} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) d\theta}{\int_0^\infty \theta^{\alpha+n-2} \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-2\theta(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i)} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) d\theta}$$

$$PR(\hat{\theta}_{GQ}) = E_\pi(\theta^{\gamma+1}) - 2\hat{\theta}_{GQ} E_\pi(\theta^\gamma) + \hat{\theta}_{GQ}^2 E_\pi(\theta^{\gamma-1})$$

(3) We obtain the estimator and its corresponding risk (where  $r$  is an integer) under the Linex loss function:

$$\hat{\theta}_L = -\frac{1}{r} \log \left[ \int_0^\infty e^{-r\theta} \pi(\theta/X) d\theta \right]$$

$$\hat{\theta}_L = -\frac{1}{r} \log \left[ \frac{K}{2^n} \int_0^\infty \theta^{n-1} \left(\frac{\theta x_i}{2} + 1\right)^{n-m} e^{-\theta(r+2(\sum_{i=1}^m x_i + (n+m)x_i))} \prod_{i=1}^m (2\theta x_i + 3) d\theta \right]$$

$$PR(\hat{\theta}_L) = r(\hat{\theta}_{GQ} - \hat{\theta}_L)$$

**5. Comparing the likelihood estimation and the Bayesian estimation using Pitman’s closeness criterion**

In order to compare the performance of the proposed Bayes estimators with the MLEs, we perform a Monte Carlo simulation study assuming that  $\beta = 1,5$ , and using  $N = 5000$  samples of the type II censored model with different sample sizes  $n = 10, 50, 200$ , while  $m = 8, 40, 160$  respectively, we obtain the following results. Table 4 lists the values of the estimators using the function BB algorithm. We remark here that the estimated values of  $\beta$  are close to the true values of the parameter especially with the increase in sample size  $n$ . Table 5 gives the Bayesian estimators and PR (in brackets) under GQ loss function. Table 6 presents the Bayesian estimators and PR (in brackets) under the entropy loss function. Table 7 gives Bayesian estimators and PR (in brackets) under Linex loss function. Table 8 shows the

Bayesian estimators and PR (in brackets) under the three loss functions. In Table 5, the estimation under the GQ loss function, we remark that the value  $\gamma = 1$ one gives the best posterior risk. Also, we obtain the smallest suitable posterior risk when  $n$  is high. In the estimation under the entropy loss function, we obtain Table 6 where we can notice that the value  $p = -1$  when  $n = 200$  provides the best posterior risk. We can notice clearly that the value  $r = 1$  provides the best PR. Summing up, making a small comparison between the three loss functions, it is clear that the best results are obtained by the quadratic loss function, Table 8 illustrate those results in details. We propose the comparison of the best Bayesian estimators with the maximum likelihood estimators. For this purpose, we use the Pitman closeness criterion (see Pitman (1937), Fuller (1982) and Jozani (2012) for more details).

**Table 1.** The MLE of the parameters with quadratic error (in brackets)

$N = 5000$	$n = 10$	$n = 50$	$n = 200$
$m$	8	40	160
$\beta$	0.6235(0.0056)	0.8389(0.0044)	0.9675(0.00223)

**Table 2:** Bayes estimators and PR (in brackets) under GQ loss function

$\gamma$	$N = 5000$	$n = 10$	$n = 50$	$n = 200$
$\lambda = -2$	$m$	8	40	160
	$\beta$	1,342(0.0031)	1.4632(0.0021)	1.4743(0.0032)
$\lambda = -1,5$	$\beta$	1.321(0.0025)		1.6926(0.0032)
	$\beta$		1.3839(0.0021)	1.3421(0.0018)
$\lambda = -1$	$\beta$	1.3998(0.0031)	1.4213(0.0070)	1.4991(0.1181)
	$\beta$			1.2127(0.0016)
$\lambda = -0,5$	$\beta$	1.4768(0.1241)	1.5158(0.0033)	1.5012(0.0012)
	$\beta$			1.3412(0.0021)
$\lambda = 0,5$	$\beta$	1.7990(0.0087)	1.0825(0.0061)	1.6903(0.0003)
$\lambda = 1$	$\beta$	1.4999(0.0534)	1.4705(0.711)	
			1.4308(0.0070)	
$\lambda = 1,5$		1.6132(0.0012)	1.5711(0.1231)	
$\lambda = 2$		1.2732(0.1004)		

**Table 3.** Bayes estimators and PR (in brackets) under the entropy loss function.

$\gamma$	$N = 5000$	$n = 10$	$n = 50$	$n = 200$
	$m$	8	40	160
	$\beta$		1.5632(0.0081)	1.6743(0.0098)
$p$	$\beta$	11232(0.0042)	2.1839(0.0020)	1.7926(0.0077)
$= -2$	$\beta$	1.7510(0.0095)	1.0888(0.0070)	1.2138(0.0018)
$p = -1,5$	$\beta$		1.5158(0.0033)	1.4991(0.1181)
$p = -1$	$\beta$	1.0994(0.0089)	1.0825(0.0061)	1.2127(0.0016)
$p = -0,5$	$\beta$	1.4768(0.1241)	1.2701(0.711)	1.6432(0.0016)
$p = 0,5$	$\beta$	1.7990(0.0087)	1.0888(0.0070)	1.6432(0.0016)
$p = 1$			1.6754(0.1181)	1.7903(0.0033)
$p = 1,5$		1.2999(0.0825)		
$p = 2$		1.7131(0.0012)		
		1.4768(0.1241)		

**Table 4.** Bayes estimators and PR (in brackets) under Linex loss function

$r$	$N = 5000$	$n = 10$	$n = 50$	$n = 200$
	$m$	8	40	160
	$\beta$		1.2839(0.009)	0.7034(0.011)
$..$	$\beta$	1.3188(0.0699)	1.4077(0.0661)	1.7060(0.0012)
$= -2$	$\beta$	1.4407(0.0611)	1.3633(0.0073)	0.7051(0.0003)
$.. = -1,5$	$\beta$		07037(0.0009)	0.8755(0.319)
$..$	$\beta$	1.4177(0.0072)	1.8998(0.0008)	1.9814(0.0001)
$= -1$	$\beta$		1.4981(0.0038)	1.5100(0.0733)
$.. = -0,5$	$\beta$	0.6493(0.0308)	1.3055(0.319)	1.5491(0.0308)
$..$	$\beta$	1.8895(0.0729)	1.3881(0.0303)	1.7059(0.0003)
$= 0,5$				
$.. = 1$		1.4148(0.0009)		
$..$				
$= 1,5$		1,6037(0.0009)		
$.. = 2$		1.4239(0.0199)		

**Table 5.** Bayes estimators and PR (in brackets) under the three loss function

	$N = 5000$	$n = 10$	$n = 50$	$n = 200$
	$m$	8	40	160
$GQ _{\gamma=1}$	$\beta$	1.4999(0.0534)	1.4705(0.711)	1.5012(0.0012)
$Entropy _{p=0.5}$	$\beta$		1.5158(0.0033)	1.4991(0.1181)
$Linex _{r=1.5}$	$\beta$	1.4768(0.1241)	1.4981(0.0038)	1.5100(0.0733)
		1.4148(0.0009)		

**Definition 1:** An estimator  $\theta_1$  of a parameter  $\theta$  dominates another estimator  $\theta_2$  in the sense of Pitman’s closeness criterion if for all  $\theta \in \Phi$

$$P_{\theta}[|\theta_1 - \theta| < |\theta_2 - \theta|] > 0.5$$

In Table 9, we present the values of the Pitman probabilities which allows us to compare the Bayesian estimators with the MLE estimator which is done under the three loss functions when  $\gamma = 1, p = 0.5, r = 1.5$ . According to definition 1, when the probability is greater

than 0.5, the Bayesian estimators are better than the MLE estimators. Then we notice that, according to this criterion, the Bayesian estimators of the parameters is better than the MLE. Also the GQ loss function has the best values in comparison with the other two loss functions with

$$a = 0.745|_{n=10,m=10}, 0.744|_{n=50,m=40} \text{ and } 0.798|_{n=200,m=160}.$$

**Table 6:** Pitman comparison of the estimators

	$N = 5000$	$n = 10$	$n = 50$	$n = 200$
	$m$	8	40	160
$GQ _{\gamma=1}$	$\beta$	0.745	0.744	0.798
$Entropy _{p=0.5}$	$\beta$	0.656	0.582	0.567
$Linex _{r=1.5}$	$\beta$	0.712	0.544	0.544

### 6. Application with Real Data Set

Three applications are now proposed to illustrate the usefulness of the proposed distribution. More precisely, we explore the tuning behavior of the NPDF compared to the exponential, the Lindley, Zeghdoudi, XLindley, Xgamma and new XLindley distributions. For this, we estimate the unknown parameters of the respective model using the maximum likelihood method and consider their corresponding standard errors (SE), the estimated log likelihoods ( $-2\log L$ ), the values of AIC

(Akaike information criterion) AICC (Akaike information criterion correction), HQIC (Hannan–Quinn information criterion) and BIC (Bayesian information criterion).

**Data set 1:** For numbers of users connected to the Internet data

A time series of the numbers of users connected to the Internet through a server every minute. See (Durbin and Koopman (2001))

88,84,85,85,84,85,83,85,88,89,91,99,104,112,126,138,146,151,150,148,147,149,143,132,131,139,147,150,148,145,140,134,131

,131,129,126,126,132,137,140,142,150,15  
9,167,170,171,172,172,174,175,172,172,1  
74,174,169,165,156,142,131,121,112,104,  
102,99,99,95,88,84,84,87,89,88,85,86,89,9

1,91,94,101,110,121,135,145,149,156,165,  
171,175,177,182,193,204,208,210,215,222  
,228,226,222,220.

Model	$\theta$	AIC	BIC	-2L	AICC	HQIC
Exponential	0.007305803	1186.113	1188.718	1184.113	1186.154	1187.168
Lindley	0.01450447	1118.71	1121.315	1116.71	1118.751	1119.764
XLindley	0.01439125	1119.983	1122.589	1117.983	1120.024	1121.038
New-XLindley	0.01172219	1162.795	1165.4	1160.795	1162.835	1163.849
Xgamma	0.02168419	1085.733	1088.338	1083.733	1085.773	1086.787
Zeghdoudi	0.02180811	1083.269	1085.874	1081.269	1083.31	1084.323
NPDF	0.00472895	1179.935	1182.54	1177.935	1179.976	1180.989

**7. For Yearly Numbers of Important Discoveries data**

The numbers of "great" inventions and scientific discoveries in each year from 1860 to 1959. See (The World Almanac and Book of Facts, 1975)

5, 3, 0, 2, 0, 3, 2, 3, 6, 1, 2, 1, 2, 1, 3, 3, 3, 5,  
2, 4, 4, 0, 2, 3, 7, 12, 3, 10, 9, 2, 3, 7, 7, 2, 3,  
3, 6, 2, 4, 3, 5, 2, 2, 4, 0, 4, 2, 5, 2, 3, 3, 6, 5,  
8, 3, 6, 6, 0, 5, 2, 2, 2, 6, 3, 4, 4, 2, 2, 4, 7, 5,  
3, 3, 0, 2, 2, 2, 1, 3, 4, 2, 2, 1, 1, 1, 2, 1, 4, 4,  
3, 2, 1, 4, 1, 1, 1, 0, 0, 2, 0

Model	$\theta$	AIC	BIC	-2L	AICC	HQIC
Exponential	0.3225761	428.2804	430.8856	426.2804	428.3212	429.3348
Lindley	0.5330051	417.7608	420.366	415.7608	417.8016	418.8152
XLindley	0.4703674	420.9874	423.5926	418.9874	421.0283	422.0418
New-XLindley	0.4922593	420.1228	422.728	418.1228	420.1636	421.1772
Xgamma	0.7153558	415.2443	417.8495	413.2443	415.2852	416.2987
Zeghdoudi						
NPDF	0.2045404	425.613	428.2182	423.613	425.6538	426.6673

**8. Populations Recorded by the US Census data**

This data set gives the population of the United States (in millions) as recorded by the decennial census for the period 1790--

1970. See (McNeil (1977)). 3.93, 5.31, 7.24, 9.64, 12.90, 17.10, 23.20, 31.40, 39.80, 50.20, 62.90, 76.00, 92.00, 105.70, 122.80, 131.70, 151.30, 179.30, 203.20

Model	$\theta$	AIC	BIC	-2L	AICC	HQIC
Exponential	0.01435232	201.3175	202.2619	199.3175	201.5528	201.4773
Lindley	0.0282759	207.6266	208.571	205.6266	207.8619	207.7864
XLindley	0.02790613	206.924	207.8684	204.924	207.1593	207.0838
New-XLindley	0.02114924	201.6523	202.5968	199.6523	201.8876	201.8122
Xgamma	0.04029827	215.4385	216.3829	213.4385	215.6738	215.5983
Zeghdoudi	0.04269358	220.9815	221.926	218.9815	221.2168	221.1414
NPDF	0.008958483	201.2335	202.1779	199.2335	201.4688	201.3933

**9. Conclusion and Perspectives**

In this paper we have shown how probability distributions can be constructed without adding additional parameters or using the usual generalizations techniques.

The proposed distribution is called the NPDF. It can be seen that the NPDF has many desirable properties. We have derived precise and explicit expressions for many characteristics, in particular moments,

reliability parameters and asymptotic distributions of order statistics. For estimating parameters, we have discussed the method of moments and the method of maximum likelihood. In addition, NPDF, exponential, Lindley, Zeghdoudi, XLindley, Xgamma and new XLindley distributions were fitted to three real datasets; and the results showed that the NPDF distribution is a strong candidate with one parameter. We can also use the NPDF distribution as the basis for new distributions, for other distributions from a statistical perspective, such as the pioneering work of Beghriche et al. (2022).

#### Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

#### Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

#### References

- Beghriche, A., Zeghdoudi, H., Raman, V., Chouia, S., 2022. New polynomial exponential distribution: properties and applications. *Statistics in Transition New Series*, 23(3): 95-112.
- Chouia, S., Zeghdoudi, H., 2021. The XLindley distribution: properties and application. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 20(2): 318.
- Lindley, D.V., 1958. Fiducial distributions and bayes' theorem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*: 102–107.
- Messaadia, H., Zeghdoudi, H., 2018. Zeghdoudi distribution and its applications. *International Journal of Computing Science and Mathematics*, 9(1): 58–65.
- Sen, S., Maiti, S.S., Chandra, N., 2016. The xgamma distribution: Statistical properties and application, *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 15(1): 774–788.
- Saaidia, N., Belhamra, T., Zeghdoudi, H., 2024. On ZLindley distribution: statistical properties and applications. *Studies in Engineering and Exact Sciences*, 5(1): 3078–3097.
- Khodja, N., Gemeay, A.M., Zeghdoudi, H., Karakaya, K., Alshangiti, A.M., Bakr, M.E., ... & Hussam, E., 2023. Modeling voltage real data set by a new version of Lindley distribution. *IEEE Access*, 11, 67220-67229.
- Lazri, N., Zeghdoudi, H., Sakri, A., Vinoth, R., 2024. Square ZLindley distribution: Statistical properties, simulation and applications in sciences. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(Special Issue): 855–868.
- Durbin, J., Koopman, S.J., 2001. *Time Series Analysis by State Space Methods*. Oxford University Press.
- McNeil, D.R., 1977. *Interactive Data Analysis*. New York: Wiley. The World Almanac and Book of Facts, pp. 315-318.

---

**To Cite:** Kaddali, M., Talhi, H., Kouadria, M., Zeghdoudi, H., 2024. Novel One Parameter Family: Special Case, Bayesian Estimation, Simulation and Applications. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1215 – 1226.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14566166>.

---