



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 39

Sayı/Issue: 1

Şubat/February: 2024



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES



e-ISSN: 1308-8769

Volume/Cilt: 39 Issue/Sayı: 1

Şubat / February 2024

Samsun

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

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

Amaç ve Kapsam

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

Aim and Scope

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

Yazışma Adresi / Corresponding Address

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

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

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

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

e-ISSN: 1308-8769

2024 Cilt: 39 Sayı: 1

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

e-ISSN: 1308-8769

2024 Volume: 39 Issue: 1

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Adına Sahibi /

Owner on behalf of Ondokuz Mayıs University

Prof. Dr. Yavuz ÜNAL

Rektör / Rector

Baş Editör / Chief Editor

Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Editörler / Editors

Doç. Dr. Hasan AKAY

Dr. Öğrt. Üyesi Uğur BAŞER

Prof. Dr. Deniz EKİNCİ

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Doç. Dr. Alper TANER

Doç. Dr. Aydın ALTOP

Dr. Attila SALAMON

Dr. Öğrt. Üyesi Mehmet TÜTÜNCÜ

Dr. Alfadhl Yahya KHALED

Dr. Maria DATTENA

Dr. Dinu GAVOJDIAN

İstatistik Editörü / Statistic Editor

Doç. Dr. Hasan Samet ABACI

Mizanpaj/Layout

OMÜ Yayın Koordinatörlüğü

Mizanpaj Editörleri / Layout Editors

Kismet AYDIN

Özlem TEKİNER

Gülbeyaz BOZKURT

Yayın Yeri ve Tarihi/Publication Place and Date

Samsun, Şubat / February 2024

YAYIN DANIřMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ
Atatürk Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Canan CAN
Gaziantep Üniversitesi/Türkiye

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

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

Doç. Dr. Murat ÇANKAYA
Erzincan Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Fikretin şAHİN
Yeditepe Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Ahmet şAHİN
Ahi Evran Üniversitesi/Kırşehir

Prof. Dr. Süleyman KODAL
Ankara Üniversitesi/Türkiye

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

Prof. Dr. Nebahat SARI
Çukurova Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Sedat SERÇE
Niğde Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Selçuk Üniversitesi/Türkiye

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

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

Prof. Dr. Mogens VESTERGAARD
University of Aarhus/Denmark

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

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

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

Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Kağan KÖKTEN
Bingöl Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. řenay şİMşEK
North Dakota State University/USA

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makalesi/Research Article

Adıyaman Doğal Badem Popülasyonundaki Genotiplerde Gözlenen Değişkenliğin Çok Değişkenli Analizlerle İncelenmesi 1-9

Investigation of the Variability Observed in Genotypes in Adıyaman Natural Almond Population by Multivariate Analysis

Ali GÖKSU, Kenan YILDIZ

The Overall Effect of Research Years, Rootstocks, and Cultivars on the Morphological Characteristics of Pear Trees 11-27

Armut Ağaçlarının Morfolojik Özellikleri Üzerine Araştırma Yıllarının, Anaçların ve Çeşitlerin Genel Etkisi

Zaki Ahmad FAIZI, Ahmet ÖZTÜRK

Fosforlu Gübre Uygulanmış Toprakta Rhizobia ve Mikoriza ile Aşılamanın Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Bitkisinin Gelişim ve Verimi Üzerine Etkisi. 29-44

Effect of Inoculation with Rhizobia and Mycorrhiza with Phosphorus Fertilizer on the Development and Yield of Bean (Phaseolus vulgaris L.)

Güven TEKİN, Engin TAKIL, Nihal KAYAN

Evaluation of the Possibilities of Using Green Manure as Based Fertilizer ... 45-53

Yeşil Gübrelemenin Taban Gübresi Olarak Kullanım Olanaklarının Değerlendirilmesi

Binyat ISMAYILZADA, Aslıhan ÇİLİNGİR TÜTÜNCÜ, Abdurrahman AY, Harun ÖZER

Farklı Köklendirme Ortamları ve IBA Uygulamalarının Lavantada (Lavandula x intermedia Emeric ex Loisel.) İlkbahar ve Sonbahar Çeliklerinin Köklenmesine Etkisi 55-70

Effect of Different Rooting Media and IBA Applications on Rooting of Spring and Autumn Cuttings in Lavender (Lavandula x intermedia Emeric ex Loisel.)

Faik TURGUT, Mehmet Uğur YILDIRIM, Merve BAŞ,ERCÜMENT Osman SARIHAN

Effects of the 1RS.1BL Wheat-Rye Translocation on Kernel and Bran Content of Bread Wheat (Triticum aestivum L.) 71-85

1RS.1BL Çavdar Translokasyonunun Ekmeklik Buğdayda (Triticum aestivum L.) Tane ve Kepek İçeriğine Etkileri

Nevzat AYDIN, Bedrettin DEMİR, Abdulvahit SAYASLAN, Özge DOĞANAY ERBAŞ KÖSE, Tuğba GÜLEÇ, Cemal ŞERMET, Erdinç SAVAŞLI, Mesut Ersin SÖNMEZ, Mehmet KOYUNCU, Zeki MUT

Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Fındık Bahçesi Toprak Özelliklerine Farklı Sulama Yönetimlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi 87-112

Evaluating the Effect of Different Irrigation Management on Hazelnut Orchard Soil Properties Using Principal Component Analysis

Ediphan EREN, Edip Erhan KÜÇÜK, Serkan İÇ, Mustafa SAĞLAM

Ege Bölgesi'ndeki Ispanak Üreticilerinin Zirai İlaç Kullanımına Yönelik Tutumlarının İncelenmesi 113-128

Examination of the Attitudes of Spinach Producers in the Aegean Region Regarding Agricultural Pesticide Usage

Duran GÜLER, Yıldız SOKAT, Meral ÖZÇEKİCİ, Yasemin ÖZKUL, Derya EZBER, Nacihan ÖZEL

Comparative Analysis of Genetic and Greedy Algorithm for Optimal Drone Flight Route Planning in Agriculture 129-141

Tarımda Optimal Drone Uçuş Rotası Planlaması için Genetik ve Açgözlü Algoritmanın Karşılaştırmalı Analizi

Eray ÖNLER

Investigation of the Phenological and Climate Indices of Some Table and Wine Grapes and Their Growing Status in the Samsun-Bafra Plain (Türkiye) 143-162

Bazı Sofralık Ve Şaraplık Üzümlerin Fenolojik ve İklim Endeksleri ile Samsun-Bafra Ovasında Yetiştirilme Durumunun İncelenmesi

Şinasi KARABEKTAŞOĞLU, Bülent KÖSE, Andrej SVYANTEK

Determining Consumers' Willingness to Pay in View of Extrinsic Attributes of Erzurum Stuffed-Kadayıf with Protected Geographical Indication 163-182

Coğrafi İşaretili Erzurum Kadayıf Dolmasının Dışsal Ürün Nitelikleri Bakımından Tüketicilerin Ödeme İstekliliklerinin Belirlenmesi

Yavuz TOPCU, Tuba GÜLER

The Effects of the Combination of Mycorrhizae, Vermicompost and Humic Acid Applications on Ornamental Sunflower Growth Parameters 183-194

Mikoriza, Vermikompost ve Hüyük Asit Uygulamalarının Kombinasyonunun Süs Ayçiçeği Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

Mehmet TÜTÜNCÜ

Metarhizium anisopliae, Trichoderma hamatum ve Diatom Toprağının Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera: Bruchidae)'a Karşı Yalnız ve Kombinasyon Halinde Etkinliğinin Belirlenmesi..... 195-205

Determination of the Effectiveness of Metarhizium anisopliae, Trichoderma hamatum, and Diatomaceous Earth, Applied Alone and in Combination against Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera: Bruchidae)

Mehmet YILDIRIM, Celal TUNCER, İsmail Oğuz ÖZDEMİR

Development of Leaf Area Model in Chokeberry Plant Grown in Different Irrigation Water Quality..... 207-219

Farklı Sulama Suyu Kalitesinde Yetiştirilen Aronya Bitkisinde Yaprak Alan Modelinin Geliştirilmesi

Ayşe AKYÜZ, Bilal CEMEK



Adıyaman Doğal Badem Popülasyonundaki Genotiplerde Gözlenen Değişkenliğin Çok Değişkenli Analizlerle İncelenmesi

Investigation of the Variability Observed in
Genotypes in Adıyaman Natural Almond
Population by Multivariate Analysis

Ali GÖKSU¹, Kenan YILDIZ²

¹Türkiye Tarım Kredi Kooperetifi, Şanlıurfa
· aligoksu@tarimkredi.org.tr · ORCID > 0009-0009-4695-7493

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat
· kenan.yildiz@gop.edu.tr · ORCID > 0000-0003-3455-5146

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 03 Ağustos/August 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Ekim/October 2023

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 1-9

Atıf/Cite as: Göksu, A., Yıldız, K. "Adıyaman Doğal Badem Popülasyonundaki Genotiplerde Gözlenen Değişkenliğin Çok Değişkenli Analizlerle İncelenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 1-9.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kenan YILDIZ

ADIYAMAN DOĞAL BADEM POPÜLASYONUNDAKİ GENOTİPLERDE GÖZLENEN DEĞİŞKENLİĞİN ÇOK DEĞİŞKENLİ ANALİZLERLE İNCELENMESİ

ÖZ

Çalışmada, Adıyaman doğal badem popülasyonundaki genotiplerin bazı özellikler bakımından ortaya koyduğu değişkenlik temel bileşenler analizi ile incelenmiş ve incelenen genotipler kümeleme analizi ile sınıflandırılmıştır. Temel bileşenler analizi sonucunda, incelenen özellikler bakımından popülasyondaki toplam değişkenliğin %70'inin ilk 4 temel bileşen tarafından açıklandığı saptanmıştır. Değişkenliğin önemli bir kısmından sorumlu olan birinci temel bileşen iç oranı yüksek buna karşılık meyve ağırlığı ve kabuk kalınlığı düşük olan genotipleri iç oranı düşük, meyve ağırlığı ve kabuk kalınlığı yüksek olanlardan ayırmıştır. Kümeleme analizi sonucuna incelenen genotipler 4 grupta sınıflandırılmıştır. İç kalitesi yüksek olanlar birinci kümede toplanırken, çift iç oluşum oranı ve iç ağırlığı düşük genotipler ikinci grubu oluşturmuştur. Meyve ağırlığı yüksek genotipler üçüncü grupta, ince kabuklu ve yüksek iç oranına sahip olanlar ise dördüncü grupta toplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme Analizi, Temel Bileşenler, Meyve Özellikleri.



INVESTIGATION OF THE VARIABILITY OBSERVED IN GENOTYPES IN ADIYAMAN NATURAL ALMOND POPULATION BY MULTIVARIATE ANALYSIS

ABSTRACT

In the study, the variability of genotypes in the Adıyaman natural almond population in terms of some characteristics was examined by principal component analysis and the examined genotypes were classified by cluster analysis. As a result of principal component analysis, it was determined that 70% of the total variability in the population in terms of examined characteristics was explained by the first 4 principal components. The first principal component, which is responsible for a significant part of the variability, distinguished genotypes with high kernel ratio, but low fruit weight and skin thickness, from those with low kernel ratio, high fruit weight and shell thickness. As a result of cluster analysis, genotypes were classified into 4 groups. Genotypes with high kernel quality were collected in the first cluster, while genotypes with low kernel weight and doubles ratio formed the

second group. Genotypes with high fruit weight were collected in the third group, and those with thin shell and high kernel ratio were collected in the fourth group.

Keywords: Cluster Analysis, Principle Component, Pomology.



1. GİRİŞ

Türkiye diğer birçok meyve türü yanında badem açısından da önemli bir genetik kaynağa sahiptir. Binlerce yıldır tohumla yapılan yetiştiricilik ülkenin birçok bölgesinde önemli bir genetik zenginliğin oluşmasına yol açmıştır. Doğada yabani olarak yetişen badem tiplerin seleksiyon yolu ile ıslahı, mevcut genetik kaynakların değerlendirilmesi açısından da oldukça önemlidir (Özbek, 1978). Ülkemizde badem seleksiyonuyla ilgili ilk çalışma sonuçları; “Ege Bölgesi Bademlerinin Seleksiyon Islahı Üzerine Araştırmalar” adıyla 1968 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayını olarak yayınlanmıştır (Dokuzoğuz ve ark., 1968). Bu çalışmalar sonucunda belirlenen Dokuzoğuz-I (104-1), Gülcan I (101-23), 48-2 ve 101- 9 gibi genotipler daha sonraki yıllarda tescil edilmiş ve çeşit özelliği kazanmıştır. Bu ilk çalışmadan sonra badem seleksiyonu konusunda çalışmalara devam edilmiş ve geç çiçeklenen, kalitesi iyi ve verimi yüksek olan yüzlerce genotip tespit edilmiştir (Şimşek ve ark., 2010). Gülsoy ve ark. (2016), Türkiye’de yürütülen badem seleksiyon çalışmaları konusunda yaptıkları derlemelerinde, 14 tanesi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, 8 tanesi Doğu Anadolu Bölgesinde, 3 tanesi Akdeniz Bölgesinde, 2 tanesi Ege Bölgesinde, 2 tanesi İç Anadolu Bölgesinde ve 2 tanesi de Karadeniz Bölgesinde olacak şekilde toplam 31 seleksiyon çalışmasından bahsetmişlerdir. Aynı araştırmacılar bu çalışmaların illere göre dağılımını da belirlemişler ve en çok çalışmanın 9 çalışma ile Diyarbakır ilinde yapıldığına bildirmişlerdir. Bunun dışında Şanlıurfa, Van ve Elazığ illerinde 2’şer, Adıyaman, Aydın, Erzincan, Erzurum, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Konya, Malatya, Mardin, Niğde, Samsun, Siirt, Tokat ve Tunceli illerinde ise birer adet çalışmanın yapılmış olduğu kaydedilmiştir.

Dünya badem üretiminin yarıya yakını karşılayan ABD’de de Nonpareil, Texas, Tuono, Ne Plus Ultra, Solana, Lauranne, Genco Cristomorto, Verdeal, Gama, Boa Casta, Glorieta Masbovera ve Monteray gibi badem çeşitleri, 1800’lü yıllarda İspanyol kolonistleri tarafından Kuzey Amerika’ya götürülen tohumlardan çıkan ağaçlar arasından seleksiyonla elde edilmiş birer şans çöğürleridir (Dokuzoğuz ark., 1968; Kester ve Asay, 1975; Kester ve ark.,1990; Wesley ve ark., 1996; Noronha Vaz,1996).

Doğal popülasyonlarda yapılan seleksiyon çalışmalarında, araştırmacının belirlediği belli özellikler bakımından üstün olan bireyler seçilmektedir. Bu durum belirlenen özellikler dışında başka üstün özelliklere veya gelecekte önemi ortaya çıkabilecek özelliklere sahip bireylerin ihmal edilmesine neden olmaktadır. Bu

nedenle herhangi bir popülasyonun birçok özellik bakımından tanımlanması gelecekte yapılacak ıslah çalışmalarının planlamasına önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma belli bir popülasyondaki üstün bireyleri belirlemekten ziyade seçilen popülasyonun tanımlanması amacıyla yürütülmüştür.

Ülkemizde doğanın bir armağanı olan mevcut bitkisel gen kaynaklarının değerlendirilmesi ve korunması meyve yetiştiriciliğinin geleceği açısından oldukça önemlidir. Bütün dünyada başta insan kaynaklı faaliyetlerin doğal sonucu olarak gittikçe artan çevre kirliliği, şehirleşme, orman alanlarının daralması tür çeşitliliğinin ve tür içinde genetik zenginliğin gün geçtikçe azalmasına neden olmaktadır. Bu durum mevcut genetik kaynakların tanımlanmasının ve koruma altına alınmasının önemini artırmaktadır. Bu çalışmada zengin badem genetik kaynağına sahip olan Adıyaman ilindeki badem ağaçları taranmış ve bazı morfolojik özellikler bakımından popülasyondaki değişkenlik belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Adıyaman merkez ilçede bulunana tohumdan yetişmiş badem genotipleri üzerinde yürütülmüştür. Belirlenen 49 genotipin her birinden tesadüfen 15 adet meyve alınarak ortalama meyve ağırlığı (MA), iç ağırlığı (İA), iç oranı (İO), kabuk kalınlığı (KK), çift iç oranı (ÇO), iç meyve rengi (İR), yeşil kabuğun ayrılma durumu (YKK), kabukta gözenek durumu (KG), tohum kabuğunun düzgünlüğü (TKD), içte tüylülük (İT), kabukta sütür açıklığı (SA) ve meyve şekil indeksi (MS) belirlenmiştir. Meyve şekli, elips, uzun oval, kalp şekli ve uzun dar olarak sınıflandırılmış ve elips şeklinde olanlara 4, uzun-oval olanlara 3, kalp şeklinde olanlara 2, uzun-dar şekilli olanlara 1 puan verilerek sayısal değerlere ifade edilmiştir. İç rengi, çok açık (4), orta açık (3), koyu (2), çok koyu (1) olarak ifade edilmiştir. Yeşil kabuğun ayrılma durumunu hiç ayrılmayan (1), 1/3'ü ayrılanlar (2), yarısı ayrılanlar (3), tamamına yakını ayrılanlar (4) olarak sınıflandırılmıştır. Kabukta sütür açıklığı, çok açık (1), orta açık (2), açık (3) ve kapalı (4) olarak ifade edilmiştir. Tohum kabuğunun düzgünlüğü, düzgün (4), az buruşuk (3), buruşuk (2) ve çok buruşuk (1) olacak şekilde tanımlanmıştır. İçte tüylülük az tüylü (2) ve tüylü (1) şeklinde sınıflandırılmıştır. Kabukta gözenek durumu çok gözenekli olanlara 1, gözeneklilere 2 ve az gözenekli olanlara 3 puan verilerek ifade edilmiştir.

İncelenen özelliklerin genotiplere göre nasıl bir dağılım gösterdiğini ve genotipler arasındaki benzerlik ilişkilerini belirlemek amacıyla temek bileşenler ve kümeleme (cluster) analizleri yapılmıştır. Verilerin ölçüm skalaları farklı olduğunda analizlerden önce veriler ortalaması 0 standart sapması 1 olacak şekilde standardize edilmiştir. Kümeleme analizinde hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden Average metodu kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 1’de temel bileşenlerin varyansı ve bunların toplam varyans içindeki oranları verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi ilk temel bileşenin varyansının 3.82 olduğu bunun toplam varyans içindeki payının ise %32 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç incelenen özelliklerdeki toplam değişkenliğin %32’sinin TB1 ile açıklanabileceğini göstermektedir. Temel bileşenler analizinde hangi bileşenin önemli olduğunun belirlenmesinde belirgin kurallar olmamakla birlikte, öz değeri (varyansı) 1’den büyük olanların değerlendirilmesi önerilmektedir (Iezzoni ve Pritts, 1991). Diğer taraftan bileşenlerin sahip olacağı varyans veri matrisinin büyüklüğüne bağlı olarak değişebileceğinden bileşenin sahip olduğu varyansın toplam varyans içindeki payının da dikkate alınması önerilmektedir (Karr ve Martin, 1981; Stauffer ve ark., 1985; Iezzoni ve Pritts, 1991). Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada yapılan temel bileşenler analizi sonucunda 1’den daha büyük varyansa sahip olan ilk dört temel bileşenin toplam varyansın %70’ini açıkladığı tespit edilmiştir. Bu durum göz önüne alınarak incelenen genotipler ilk 4 temel bileşen dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

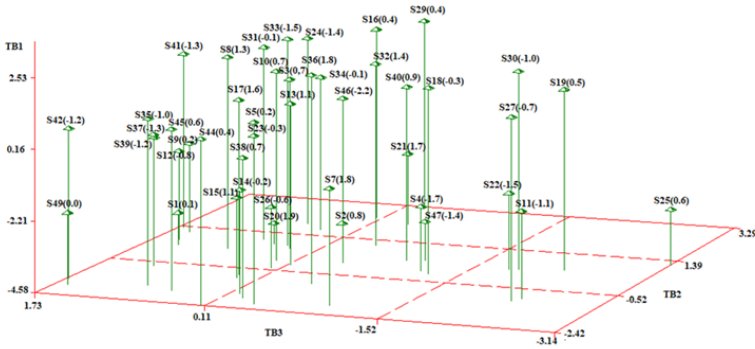
Çizelge 1. Temel bileşenlerin (TB) varyansı (öz değer) ve bunların toplam varyansa katkıları

Table 1. Eigenvalues of PC axes and their contributions to total variations

Temel Bileşenler	Varyans	Toplam Varyansa Oranı	Kümülatif Oran
TB1	3.82	32	0.32
TB2	1.96	16	0.48
TB3	1.45	12	0.60
TB4	1.21	10	0.70
TB5	0.92	8	0.78
TB6	0.83	7	0.85
TB7	0.66	6	0.90
TB8	0.48	4	0.94
TB9	0.29	2	0.97
TB10	0.27	2	0.99
TB11	0.12	1	1.00
TB12	0.02	0	1.00

Toplam varyasyonun %32’sini açıklayan birinci temel bileşene göre S1, S2, S20, S25, S26 ve S47 kodlu genotiplerin düşük skorlar olarak diğerlerinden belirgin şekilde ayrılmıştır (Şekil 1). İncelenen özelliklerin TB1 üzerine ağırlıkları incelendiğinde, İO’nun negatif, MA, KK, MS, SA ve KG’nin ise pozitif yönde yüksek skorlara sahip oldukları görülmektedir (Tablo 2). Bu sonuç bu genotiplerin diğerlerine kıyasla daha yüksek İO yanında daha düşük, MA, KK, MS, SA ve KG’ değerlerine sahip olduklarını ifade etmektedir. Birinci temel bileşene göre yüksek skorlar alan S16, S29, S31, S33 ve S36 genotipleri ise daha yüksek meyve ağırlığı yanında daha kalın meyve kabukları ile dikkat çekmiştir. Birinci temel bileşene göre genel bir

değerlendirme yapıldığında, incelenen popülasyonda, MA, KK, MS, SA, KG ve İO açısından büyük bir değişkenliğin olduğu görülmektedir. MA yüksek olan genotiplerde İO'nun düşük olduğu meyve ağırlığında KK'nın daha belirleyici olduğu saptanmıştır. Tüketiciler meyve ağırlığı ve iç oranı yüksek tipleri tercih ederken Akdeniz Bölgesindeki yetiştiricilerin el ve dış bademlerine göre hastalıklara daha dayanıklı olan sert ve taş kabuklu bademleri tercih ettikleri bildirilmiştir (Gülcan, 1976; Kaşka ve ark., 1993). Yine Avrupa'da önemli bazı badem çeşitlerinin çok sert kabuk yapısına sahip olduğu rapor edilmiştir (Kester and Gradziel 1996).



Şekil 1. İlk dört temel bileşene göre genotiplerin dağılımı (Parantez içindeki değerler 4. temel bileşenin skorlarıdır.

Figure 1. Scattering of genotypes according to the first four principal components (Values in parentheses are scores for the 4th principal component.

İç ağırlığının ağırlıklı olarak temsil edildiği TB2 ise yüksek skorlar alan S2, S16, S21 ve S29 ile düşük skorlar alan S44, S23, S57 ve S38 genotiplerini birbirinden ayırmıştır. İncelenen popülasyonda S2, S16, S21 ve S29 kodlu genotipler yüksek iç ağırlığına, S44, S23, S57 ve S38 kodlu genotipler ise düşük iç ağırlığına sahip oldukları görülmektedir. Bademin tohumundan yararlanıldığı için gerek iriliğin göstergesi olması gerekse randımanı etkilemesi bakımından iç badem ağırlığı seleksiyon çalışmalarının önemli bir kriteridir. İç badem ağırlığı çeşit özelliği olup, kalıtım derecesi yüksektir (Kester and Gradziel, 1996). Bazı ülkelerde badem içleri dilimlenerek veya şerit şeklinde kesilerek yemelerde veya farklı gıda ürünlerini süslemek için kullanılmaktadır. Bu tür kullanım için iri içe sahip badem çeşitleri tercih edilmektedir (Saa, 2020).

TB3 ise İT, TKD ve İR değerlerinin ağırlıklı olarak temsil edildiği temel bileşen olmuştur. Bu temel bileşene göre S11, S19, S25 ve S27 numaralı genotipler düşük puanlar alırken, S9, S39 ve S41 numaralı genotipler yüksek puanlar almıştır. Bu sonuç, bu genotiplerin İT, İR ve TKD özellikler açısından birbirinden önemli derece-

de farklı olduklarını ve popülasyon ortalamasına göre S11, S19, S25 ve S27'nin daha düşük İT, İR ve TKD değerlerine S9, 39 ve S41 genotiplerinin ise daha yüksek İT, İR ve TKD değerlerine sahip olduklarını işaret etmektedir. Bu özellikler sayısal olarak ifade edilirken iç tüylülüğü az olanlara, iç rengi açık olanlara ve tohum kabuğu düzgün olanlara yüksek skorlar verildiği için S9, 39 ve S41 genotiplerinin daha açık iç rengi yanında, badem içlerinin daha az tüylü ve tohum kabuklarının daha düzgün olduğu ortaya çıkmaktadır. Açık renkli ve pürüzsüz içe sahip çeşitler tüketici tarafından daha çok tercih edilmektedir. Ticari değeri yüksek olan pek çok çeşidin açık iç rengi yanında pürüzsüz tohum kabuğuna sahip olduğu bildirilmiştir (Saa, 2020).

Toplam varyasyonun %10'luk kısmını açıklayan TB4'te ise negatif yönde yüksek ağırlıkla temsil edilen değişkenin YKK, pozitif yönde ise MS olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). TB4'de genotiplerin puanları incelendiğinde en düşük puanı -2.17 ile S46'nın, e yüksek puanı ise 1.8 ile S7 ve S20'nin aldığı görülmektedir. Bu sonuç S46 genotipinin yüksek YKK değeri (yeşil kabuğun kalay ayrılması) yanında düşük MS değerine (uzun-dar meyve şekli) sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yine bu sonuçlar, popülasyondaki diğer genotiplere kıyasla S7 ve S20 genotiplerinin yeşil kabuklarının zor ayrıldığını, meyve şekillerinin ise eliptik olduğunu ortaya koymaktadır. Yeşil kabuğun kolay soyulması tercih edilen bir özellik olmakla birlikte meyve şekli açısından badem çeşitlerinin tercih edilebilirliği tüketim şekline bağlı olarak değişmektedir. Örneğin Kaliforniya tipi bademlerin genelde dar ve uzun olduğu ve atıştırmalık olarak bu meyve şeklinin daha çok tercih edildiği bildirilmiştir (Saa, 2020). Yıldırım (2007), Isparta yöresinde incelediği 320 badem genotipinin %34'unun oval, %29'unun kalp, %27'sinin elips, %4'ünün yuvarlak, %4'ünün uzun dar şekilli olduğunu ifade etmiştir.

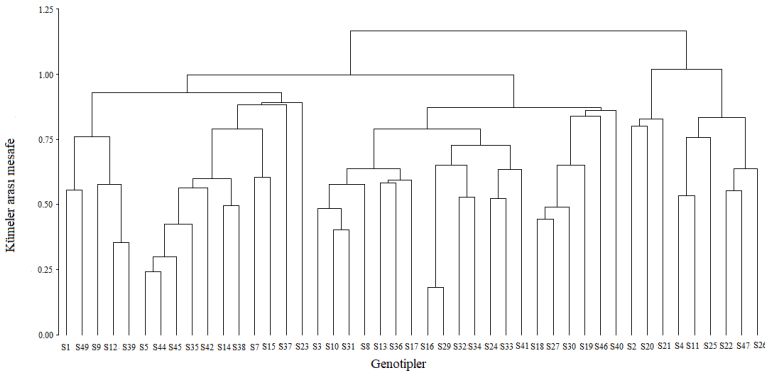
Çizelge 2. İncelenen özelliklerin temel bileşenler üzerindeki ağırlıkları

Table 2. *The weights (Eigenvectors) of the investigated features on the principal components*

Özellikler	TB1	TB2	TB3	TB4
MS	0.236	0.262	-0.064	0.370
SA	0.323	-0.071	-0.122	0.008
IT	0.037	-0.034	0.665	0.338
TKD	0.009	0.225	0.434	0.208
KG	0.341	-0.023	-0.072	0.293
İR	-0.039	0.347	0.488	-0.307
YKK	0.180	-0.085	0.195	-0.678
KK	0.472	0.087	-0.025	-0.007
MA	0.431	0.305	-0.040	-0.119
İA	-0.047	0.602	-0.180	-0.183
İO	-0.481	0.069	-0.034	0.042
ÇO	-0.214	0.527	-0.182	0.130

MA: meyve ağırlığı, İA: İç ağırlığı, İO: iç oranı, ÇO: çift iç oranı, IR: iç rengi, YKK: yeşil kabuğun kavlama durumu, KG: meyve kabuğunda gözenek durumu, TKD: tohum kabuğunun düzgünlüğü, İT: içte tüylülük, SA: sütür açıklığı, KK: kabuk kalınlığı, MS: meyve şekil indeksi

Yapılan kümeleme analizinde badem genotipleri 4 kümeye ayrılmıştır. Birinci kümeyi oluşturan S1, S49, S9, S12 ve S39 genotiplerinin ortak özellikleri as tüylü ve iç renklerinin açık veya çok açık olmasıdır. İkinci küme sütür açıklığı olmayan çift iç oluşturmayan ve iç ağırlığı düşük S5, S7, S14, S15, S23, S35, S37, S38, S42 ve S44 genotiplerinden oluşmuştur. En fazla genotip üçüncü kümede toplanmıştır. Bu kümede toplanan 20 genotipin elips veya uzun-oval meyve şekline sahip oldukları görülmüştür. Ayrıca yüksek meyve ağırlığı da yine bu kümedeki genotiplerin ortak özelliği olarak dikkat çekmiştir. Çok sayıda genotipi içine alan bu küme kendi içinde alt kümelerden oluşmuştur. Bu alt kümelerden birisini oluşturan S16, S24, S29, S32, S33, S34 ve S41 genotiplerinin popülasyondaki en iri meyveli genotipler oldukları görülmektedir. Nispeten ince kabuklu ve iç oranı yüksek sekiz genotip ise dördüncü kümede toplanmıştır.



Şekil 2. Kümeleme analizi sonucunda genotipler arasındaki uzaklığı gösteren dendrogram

Figure 2. Dendrogram showing the distance between genotypes as a result of cluster analysis

SONUÇ

Çalışma sonucunda araştırmanın yürütüldüğü Adıyaman badem popülasyonunda MA, KK, MS, SA, KG ve İO açısından önemli bir değişkenliğin olduğu belirlenmiştir. Yüksek meyve ağırlığının daha çok kalın kabuktan kaynaklandığı, meyve ağırlığı yüksek olan genotiplerde iç oranının düşük olduğu saptanmıştır.

Yapılan kümeleme analiz sonucunda incelenen genotipler genel olarak 4 grupta sınıflandırılmıştır. Bu kümelerin oluşmasında iç kalitesi (iç rengi, içte tüyülük), sü-tür açıklığı, çift iç oluşturma, iç ağırlığı ve meyve ağırlığı belirleyici temel özellikler olarak dikkat çekmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): KY (%75), AG(%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): KY(%10), AG(%90)

Veri Analizi (Data Analysis): KY(%90), AG(%10)

Makalenin Yazımı (Writing Up): KY(%75), AG(%25)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): KY(%90), AG(%10)

KAYNAKLAR

- Dokuzoğuz, M., Gülcan, R., Atilla, A., 1968. Ege Bölgesi bademlerinin seleksiyon ıslahı üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 148, 39s, Bornova-İzmir.
- Gülsoy, E., Ertürk, Y.E., Şimşek, M., 2016. Türkiye lokal badem (*Prunus amygdalus* L.) seleksiyon çalışmaları. YYÜ Tar Bil Derg (YYU J Agr Sci), 26(1): 126-134
- Gülcan, R., 1976. Seçilmiş badem tipleri üzerinde fizyolojik ve morfolojik araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:310, 72s, İzmir.
- Iezzoni, A.F., Pritts, M.P., 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research. Hortscience, 26(4): 334-338.
- Karr, J.R., Martin, T.E., 1981. Random numbers and principal components: Further searches for the unicorn. In: Capen, D.E. (ed.). The use of multivariate statistics in studies of wildlife habitat. U.S. Dept. Agr. For. Serv. Tech. Rpt. RM-87. pp. 20-24.
- Kaşka, N., Küden, A.B., Küden, A., 1993. Özellikle geç çiçek açan ve bazı yerli badem çeşitlerinin Adana ve Pozantı'da yetiştirilmeleri üzerinde araştırmalar. Tübitak sonuç raporu No:674, 48s, Adana.
- Kester, D.E., Asay, R., 1975. Almonds. In: Janick, J., Moore, J.N., (eds). Advances in fruit breeding. Purdue Univ. Press. pp. 387-419 Lafayette. Indiana. USA.
- Kester, D.E., Gradziel, T.M., Graselly, C., 1990. Almonds in Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. In: Moore, J. N., Ballington, J. R.(eds.) ISHS Wageningen, The Netherlands, pp. 699-758.
- Kester, D.E., Gradziel, T.M., 1996. Almonds. Fruit Breeding. In Janick, J., Moore, J.N (eds). John Wiley&Sons, Inc. ISBN 0-471-12669-1, Volume III, pp. 1-240.
- Noronha Vaz, M.T., 1996. Recent Portuguese development in the nut sector: CIHEAMIAMZ. FAO. 19- 20 Dec. pp. 77-88. Zaragoza, Spain.
- Özbek, S., 1978. Özel meyvecilik. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı Yayın no: 128, 486s, Adana.

- Saa, S., 2020. Almond varieties and selections - Evaluation of national and international, Almond Board of California. United States of America. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/1752080/almond-varieties-and-selections/2483466/> on 22 Jun 2023. CID: 20.500.12592/x13sh2.
- Stauffer, D.F., Garton, E.O., Kirk Steinhorst, R., 1985. A comparison of principal components from real and random data. *Ecology*, 66:1693-1698.
- Şimşek M., Osmanoğlu A., Yıldırım, H., 2010. Evaluation of selected almond types in Kocaköy and Hani Counties. *African Journal of Agricultural Research*, 5(17): 2370-2378.
- Wesley, K.A., Warren, C.M., Kester, D.E., Rough, D., 1996. Almond production manuel. In: Micke, W.C. (eds). The evaluation and selection of current varieties. Univ. of California, Divison of Agric. and Natural Resources, Yayın no:3364, pp.52-60.
- Yıldırım, A.N., 2007. Isparta yöresi bademlerinin (*Pamygdalus* L.) seleksiyonu. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi, Aydın, s:117.



The Overall Effect of Research Years, Rootstocks, and Cultivars on the Morphological Characteristics of Pear Trees

Armut Ağaçlarının Morfolojik Özellikleri
Üzerine Araştırma Yıllarının, Anaçların
ve Çeşitlerin Genel Etkisi

Zaki Ahmad FAIZI¹, Ahmet ÖZTÜRK²

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Kurupelit, Samsun
· zaky.faizi1369@gmail.com · ORCID > 0000-0002-1429-6493

²Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Kurupelit, Samsun
· ozturka@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-8800-1248

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 01 Eylül/September 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 05 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 11-27

Atıf/Cite as: Faizi, Z.A., Öztürk, A. "The Overall Effect of Research Years, Rootstocks, and Cultivars on the Morphological Characteristics of Pear Trees" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 11-27.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet ÖZTÜRK

THE OVERALL EFFECT OF RESEARCH YEARS, ROOTSTOCKS, AND CULTIVARS ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PEAR TREES

ABSTRACT

This research was conducted to determine the combined effect of 3 factors, including rootstocks, cultivars, and research years, on the morphological characteristics in Samsun/Türkiye ecological conditions in 2021 and 2022 years. Eight rootstocks consisting of quince BA29 (BA29), quince A (QA), FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, FAROLD40, and European pear seedlings were used in the study, while the 3 standard pear cultivars were 'Santa Maria', 'Williams', and 'Deveci'. The study results revealed the significance of the combined factors on all leaf characteristics of European pear. The rootstock diameter, scion diameter, tree height, and trunk cross-sectional area showed insignificant variations. It was determined that the canopy characteristics of the 'Williams'/FAROLD40 and 'Williams'/OHxF333 scion/rootstock combinations in 2022 were higher than other combinations, while the same combination was obtained with lower values in the case of other morphological characteristics. Generally, all the morphological attributes were obtained higher in the rootstocks/cultivars combination in 2022. In conclusion, the genetic capacity of rootstocks, cultivars, and variations of the climate situations in two consequent research years, resulted in variations in the morphological attributes of pear trees.

Keywords: European Pear, Rootstock, Vegetative Growth, *Pyrus communis*.



ARMUT AĞAÇLARININ MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA YILLARININ, ANAÇLARIN VE ÇEŞİTLERİN GENEL ETKİSİ

ÖZ

Bu araştırma, 2021 ve 2022 araştırma yıllarında Samsun/Türkiye ekolojik koşullarında armut ağaçlarının morfolojik özellikleri üzerine anaç, çeşit ve araştırma yılları olmak üzere 3 faktörün birleşik etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada BA29 (BA29), Ayva A (QA), FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, FAROLD40 ve Avrupa armut çöğürü olmak üzere sekiz anaç; 'Santa Maria', 'Williams' ve 'Deveci' olmak üzere 3 standart armut çeşidi kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, birleşik faktörlerin Avrupa armudunun tüm yaprak özellikleri üzerindeki önemini ortaya koymuştur. Anaç çapı, kalem çapı, ağaç boyu ve gövde kesit alanı ba-

kımından ise önemsiz farklılıklar göstermiştir. 2022 araştırma yılında ‘Williams’/ FAROLD40 ve ‘Williams’/OHxF333 kombinasyonlarında taç özelliklerinin diğer kombinasyonlardan daha yüksek olduğu, diğer morfolojik özelliklerde ise aynı kombinasyonlarda daha düşük değerler elde edildiği belirlenmiştir. Genel olarak 2022 araştırma yılında anaç/çesit kombinasyonunda tüm morfolojik özellikler daha yüksek elde edilmiştir. Sonuç olarak, anaçların ve çeşitlerin genetik kapasitesi ile birbirini takip eden iki araştırma yılındaki iklim koşullarındaki değişiklikler armut ağaçlarının morfolojik özelliklerinde farklılıklara neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Avrupa Armudu, Anaç, Vejetatif Gelişme, *Pyrus communis*.



1. INTRODUCTION

Pear (*Pyrus communis* L.) is one of the most common and well-known pome fruits in terms of fruit-growing techniques (Orman, 2005). Pears require 200-300 chilling hours in subtropical regions, while temperate areas at low to high latitudes (between 600-2700 m above sea level) need 500-1500 chilling hours (Kumar et al., 2023). Late spring frosts can limit cultivation and optimum production because its flowers are damaged at -2.2°C, and small fruits are damaged at 1.1°C (Kurt et al., 2022a). Along with pear rootstocks, quince dwarf rootstocks are desired to establish modernized pear orchards (Bolat and İkinci, 2019; Kurt et al., 2022b). Rootstocks are widely used in fruit cultivation for various reasons, including their climate adaptation, soil qualities, impact on quality and yield, and tolerance to biotic stresses (Corso and Bonghi, 2014). According to research by Pasa et al. (2015) and Hepaksoy (2019), optimal planting density, proper rootstock choice, and adequate ecology contribute significantly to fruit trees' perfect vegetative and generative performances. The *Pyrus* genus mostly includes species of mid-sized trees, some shrubs, and various woody plants. The *Pyrus* genus trees have straight stems that are deeply rooted in the soil. The leaves are simple, alternately orientated, and vary in length from 2 to 12 cm and width from 3 to 5 cm. The petioles are stipulate and have whole or serrated limb margins. Even though most species are deciduous, a few Southeast Asian species have evergreen leaves. Some species have silvery, thick tomentose leaves, while others have glossy green foliage (Simionca et al., 2023). The vigor of pear trees is an outcome of heritability, biological versatility, adaptation, or favorable responses within the ecological conditions of the study area. For highly-density planting pear orchards and the availability of the cultural resources, dwarf trees are ideal. Nevertheless, trees with vigorous growth are ideal if the aim is to produce pears in drought conditions with less management resources, wood production, as ornaments for providing shade and shelter, construction, and furniture (Ozturk and Faizi, 2023; Simionca et al., 2023). Some selections of wild pears

species have a recognized ornamental value due to rapid growth, the varied range of shapes and sizes, rusticity, low demands on the soil, ability to thrive in different climates, having attractive foliage and flowers (Yamada et al., 2015). Huge canopy spread results in substantial costs for management procedures like pruning. Therefore, cultivars of pears like 'Hardy', 'Flemish Beauty', 'Anjou', and 'Comice' with less vegetative growth are perfect for reducing such expenditures (Kul et al., 2022). The using of the vigorous rootstocks and cultivars is one of the leading low yield causes in pear orchards (Pasa et al., 2017). For control the pear cultivars' vegetative growth potential, both *Pyrus* and *Cydonia* species are used as rootstock (Iglesias and Asin, 2011; North et al., 2015). However, *Pyrus* species as rootstock shows more vigorous growth than *Cydonia* (Kul et al., 2022). This research was conducted to determine the combined effects of 8 rootstocks (BA29, QA, FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, FAROLD40, and European pear seedling), 3 cultivars ('Santa Maria', 'Williams', and 'Deveci') and 2 consecutive research years (2021 and 2022) on the morphological characteristics under the ecological conditions of Bafra district of Samsun province of Türkiye.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Materials

In the study 'Santa Maria', 'Williams' and 'Deveci' cultivars were grafted on eight different rootstocks, including two Quince clonal rootstocks (BA29 and QA), five pear clonal rootstocks (FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, and FAROLD40), and European pear seedling rootstocks were used as plant materials in the 2021 and 2022 years.

2.1.1. Experiment Area Properties

The soil of the orchard in which the study was performed included 2.73-10% clay (low), 13.21-20% silt (medium), 6.5-20% sand (moderate), pH 7.5 (slightly alkaline), 0.2-0.3 dS m⁻¹ salt (no salt), 0.3-0.5 organic matter (low), 3-6% CaCO₃ (low), 0.03-0.06% N (low), 5-10 ppm P (moderate), with a soil depth of more than 1 meter. The climate situations of the study area, including temperature (max, min, and average in °C), relative humidity (%), and monthly total precipitation (mm) values, are presented in Table 1.

Table 1. Temperature, relative humidity, and monthly total precipitation of the study area in 2021 and 2022.

Months	Temperature (°C)			Relative Humidity (%)			Precipitation (mm)
	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.	
2021							
Jan.	13.1	6.5	9.2	90.8	35.0	63.7	68.0
Feb.	11.7	4.6	7.8	91.0	38.6	64.5	23.2
Mar.	11.4	4.0	7.1	85.5	48.2	73.3	90.8
Apr.	16.5	8.0	11.5	87.4	54.6	77.7	59.2
May	21.2	12.3	16.4	83.5	54.5	69.6	70.0
Jun	24.9	16.9	20.7	88.7	59.3	74.3	80.4
Jul.	28.9	21.3	25.0	83.0	59.0	71.4	6.0
Aug.	27.7	20.4	23.8	83.2	65.7	72.3	86.4
Sep.	22.0	15.2	18.1	83.0	51.3	70.0	117.8
Oct.	19.0	12.2	15.0	85.0	55.0	76.1	110.4
Nov.	16.5	9.3	12.2	87.6	57.3	72.9	68.6
Dec.	13.8	8.1	10.6	88.7	45.3	65.4	52.6
Mean	18.9	11.6	14.8	86.5	52.0	70.9	69.5
2022							
Jan.	8.1	3.0	5.4	93.9	62.1	81.0	164.2
Feb.	12.1	5.4	8.2	95.1	63.3	82.2	61.0
Mar.	8.6	1.6	4.5	97.0	45.2	72.1	115.4
Apr.	21.2	7.5	13.3	92.4	46.7	71.3	39.8
May	25.5	9.3	16.8	95.8	44.0	70.9	44.8
Jun	32.4	16.2	22.8	95.9	44.1	74.0	73.4
Jul.	33.8	16.7	24.3	93.9	40.9	69.4	4.6
Aug.	35.5	19.7	26.4	96.2	45.5	75.1	5.2
Sep.	31.2	15.0	21.9	95.6	40.8	71.8	29.4
Oct.	24.9	11.2	16.5	97.1	52.6	80.4	69.6
Nov.	22.2	8.3	13.9	95.5	49.1	78.4	71.2
Dec.	15.8	8.3	13.8	93.2	62.8	80.6	51.8
Mean	22.6	10.2	15.7	95.1	49.8	75.6	60.9

2.2. Methods

The experiment was done in the pear orchard at the Bafra agricultural research field of Ondokuz Mayıs University, situated in the Bafra district of the province of Samsun. The orchard was established in 2018 with 1-year-old saplings at a spacing of 1.5 x 3.5 m for quince rootstocks and 3.0 x 3.5 m for pear rootstocks. The plants were irrigated using drip irrigation from May 15 to September 15. Using 15-30-15 + ME fertilizer at the start of the summer and 20-20-20 NPK fertilizer in the fall, drip irrigation was used for fertilization. A rotavator was frequently used to eliminate weeds from between the rows while the earth was mulched on the row.

2.1.1. Morphological Observations

Morphological attributes including rootstock diameter (mm), cultivar diameter (mm), tree height (cm), canopy width (cm), canopy length (cm), canopy height (cm), canopy volume (m³), trunk cross-sectional area (cm²), leaf width (cm), leaf length (cm), leaf stalk length (cm), leaf stalk thickness (mm), leaf area (cm²) and annual shoot length (cm) were evaluated according to previous researches (Ozturk and Ozturk, 2014; Kurt et al., 2022a).

2.1.2. Statistical Analysis

Factorial randomized complete block design (FRCBD) was used as the design of our study. Three factors of data, including cultivars (3 cultivars), rootstocks (8 rootstocks), and years (2 years), were combined and used for analysis. Three replications and 5 plants in each repetition were used in the research. The obtained data were analyzed in the statistical package program of IBM SPSS 21.0. Means differences were determined according to Duncan Multiple Comparison Test with 95% of confidence and 5% ($\alpha = 0.05$) probability error due to unknown situations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Leaf Characteristics

The combined effect of the research years, rootstocks, and cultivars on the leaf stalk length (LSL), leaf stalk thickness (LST), leaf length (LL), leaf width (LW), and leaf area (LA) of pear cultivars grafted on different quince and pear rootstocks are given in Table 2. Leaf characteristics were all obtained as statistically significant ($p < 0.05$). The LSL was recorded between 1.75-4.54 cm. The highest (4.54 cm) LSL in the 'Deveci'/FAROLD40 combination in 2022 and the lowest (1.75 cm) LSL in the 'Williams'/seedling combination in 2021. The LST varied from 1.49 mm ('Santa Mari'/FAROLD40 in 2021) to 0.65 mm ('Santa Mari'/FAROLD40 in 2022). The LA was obtained between 7.60-25.91 cm². The highest LL was determined in the 'Santa Maria'/FOX9 (7.62 cm) in 2022 and the lowest in the 'Williams'/Seedling (3.88 cm) in 2021. The highest LW was observed from 'Santa Maria'/OHxF333 (7.42 cm) in 2022 and the lowest in the 'Deveci'/Seedling (2.31 cm) in 2021. The highest LA in the 'Santa Maria'/OHxF333 combination in 2022 (25.91 cm²) and the lowest LA in the 'Williams'/Seedling combination in 2021 (7.60 cm²) (Table 2).

The leaf stalk length of 'Deveci' pear was significantly affected by rootstocks (Ozturk and Ozturk, 2014). They recorded the LSL of 'Deveci' between 33.5-44.3 mm, the highest LSL on BA29 (44.3 mm) and the lowest on pear seedlings (33.5 mm). Coban and Ozturk (2020) determined that rootstocks, cultivars, and their interactions had a significant effect on the LSL; they acquired LSL between 22.5-37.6 mm in the rootstocks and 29.3-35.7 mm in the cultivars. Our study findings partially differ from the findings of previous researchers. Differences could be due to the specific growing conditions, rootstocks, and cultivars.

Leaf stalk thickness was significantly affected by rootstock, cultivar, and their interactions, as reported by Ozturk and Ozturk (2014), the LST of 'Deveci' pear was reported from 0.58-0.76 mm, the highest (0.76 mm) was in BA29 rootstock, while the lowest (0.58 mm) in the EMC rootstock. Similarly significant effect of pear rootstocks, cultivars, and rootstock x cultivar combinations on LST was

reported by Coban and Ozturk (2020). Also Coban and Ozturk (2020) found LST between 0.97-1.27 mm in rootstocks and 1.06-1.16 mm in the cultivars; they noted the highest in the FOX11 (1.27 mm), while the lowest was in the seedling (0.97 mm) and OHxF333 (1.04 mm) rootstocks. Our research findings revealed no significant results among the cultivars, rootstocks, and their combined effect, except for research years.

Table 2. Combined effects of different rootstocks, cultivars, and research years on the leaf characteristics of European pear

Years	Rootstocks	Cultivars	LSL (cm) †	LST (mm)	LL (cm)	LW (cm)	LA (cm ²)
2021	BA29	Santa Maria	3.44 e-l	1.05 a-h	6.36 f-j	4.44 bcd	20.54 d-h*
		Williams	2.65 qrs	1.05 a-h	5.42 pqr	3.60 i-o	13.98 n-s
		Deveci	3.94 b-e	0.88 d-h	6.07 h-n	3.07 qr	13.45 p-u
	Quince A	Santa Maria	3.27 h-n	1.02 a-h	6.10 g-n	3.92 e-i	17.39 h-m
		Williams	2.51 rst	1.02 a-h	5.37 pqr	3.35 k-q	13.05 p-u
		Deveci	3.23 i-p	1.46 ab	5.42 pqr	2.45 st	9.65 vwx
	FOX9	Santa Maria	3.48 e-l	0.71 e-h	5.87 j-p	3.47 j-q	14.72 m-q
		Williams	2.30 st	1.10 a-h	4.94 rs	3.44 j-q	12.28 q-v
		Deveci	3.00 l-r	0.84 d-h	5.58 n-q	2.58 st	10.36 u-x
	FOX11	Santa Maria	3.88 b-f	1.11 a-h	6.29 g-k	4.05 d-h	18.42 hij
		Williams	2.76 n-s	0.76 e-h	5.35 pqr	3.63 i-n	14.13 n-r
		Deveci	3.59 d-k	0.70 gh	6.02 i-o	2.53 st	10.93 s-w
	OHxF333	Santa Maria	3.42 e-l	1.04 a-h	5.63 m-q	3.72 g-l	15.27 k-q
		Williams	3.70 c-j	1.13 a-h	6.50 d-i	3.90 e-i	18.52 hij
		Deveci	3.76 c-i	0.91 c-h	6.33 f-k	3.08 qr	13.84 o-t
	OHxF87	Santa Maria	2.57 q-t	1.32 a-d	6.24 g-k	3.75 g-k	18.05 h-l
		Williams	2.12 tu	1.00 a-h	4.56 s	3.14 pq	10.49 u-x
		Deveci	2.59 q-t	0.92 b-h	5.46 o-r	2.68 st	10.87 s-w
	FAROLD40	Santa Maria	3.38 f-l	1.49 a	5.68 l-q	2.62 st	10.75 t-w
		Williams	3.29 h-m	1.01 a-h	5.59 n-q	3.57 i-o	14.42 m-r
		Deveci	3.43 e-l	0.87 d-h	5.76 k-o	2.76 rs	11.43 r-v
	Seedling	Santa Maria	4.07 a-d	1.02 a-h	6.62 d-h	3.85 g-j	18.34 h-k
		Williams	1.75 u	0.92 b-h	3.88 t	2.66 st	7.60 x
		Deveci	2.38 st	0.80 d-h	4.89 rs	2.31 t	8.21 wx
2022	BA29	Santa Maria	3.88 b-f	1.28 a-e	7.00 b-e	4.29 b-e	21.67 c-g
		Williams	2.54 rst	1.02 a-h	5.63 m-q	3.55 i-p	14.37 m-r
		Deveci	4.22 abc	1.12 a-h	6.52 e-i	3.21 opq	15.08 l-q
	Quince A	Santa Maria	4.05 bcd	1.08 a-h	7.37 ab	4.49 abc	24.11 abc
		Williams	2.71 p-s	1.10 a-h	5.39 pqr	3.26 m-q	12.70 p-v
		Deveci	4.37 ab	0.93 b-h	6.60 e-i	3.23 n-q	15.23 k-q
	FOX9	Santa Maria	3.78 c-h	1.16 a-h	7.62 a	4.65 ab	25.52 ab
		Williams	2.76 n-s	1.04 a-h	5.22 qr	3.32 l-q	12.54 q-v
		Deveci	3.52 e-l	1.28 a-e	7.40 ab	3.69 h-l	19.92 e-i
	FOX11	Santa Maria	3.40 e-l	0.99 a-h	7.16 a-d	4.56 ab	23.48 a-d
		Williams	2.08 tu	1.25 a-g	6.35 f-j	3.71 g-l	16.96 i-o
		Deveci	3.62 d-j	1.10 a-h	6.99 b-e	3.65 h-m	18.44 hij
	OHxF333	Santa Maria	3.33 g-l	1.45 abc	7.42 ab	4.86 a	25.91 a
		Williams	2.81 m-s	1.14 a-h	6.17 g-m	3.53 i-p	15.79 j-p
		Deveci	3.79 c-h	1.05 a-h	7.23 abc	3.80 g-j	19.79 f-i
	OHxF87	Santa Maria	3.20 j-p	1.11 a-h	6.35 f-j	4.11 c-g	18.86 g-j
		Williams	2.30 st	1.16 a-h	6.48 e-i	3.67 h-m	17.14 j-n
		Deveci	2.81 m-s	1.20 a-h	6.46 e-i	3.14 pq	14.76 m-q
	FAROLD40	Santa Maria	3.25 i-o	0.65 h	7.17 a-d	4.27 b-f	22.32 b-e
		Williams	2.74 o-s	1.35 a-d	6.69 c-g	3.90 e-i	18.79 g-j
		Deveci	4.54 a	1.13 a-h	7.35 ab	3.58 i-o	18.94 g-j
	Seedling	Santa Maria	3.07 k-q	1.27 a-e	7.22 abc	4.36 bcd	22.81 b-e
		Williams	2.67 qrs	1.26 a-g	6.48 e-i	3.73 g-l	17.40 h-m
		Deveci	3.83 c-g	1.16 a-h	6.89 b-f	3.58 i-o	17.92 h-l
Significance (P< 0.05)			0.001	0.006	0.001	0.001	0.001
Mean standard errors			0.158	0.155	0.174	0.123	0.947

*: Means with different letters in the same column are significant.
†: Leaf stalk length (LSL), Leaf stalk thickness (LST), Leaf length (LL), Leaf width (LW), Leaf area (LA).

The leaf length of the pear varied significantly in terms of rootstock and cultivars, as stated by Serttaş (2019) reported that the LL was between 59.0-65.2 mm in the case of different rootstocks. He acquired the highest (65.5 mm) LL from 'Santa Maria' and the lowest from 'Williams' and 'Abate Fetel' respectively, 61.7 mm and 61.5 mm. Ozturk and Ozturk (2014) was found to have the highest LL in the 'Deveci'/BA29 combination. Our results revealed the highest LL in the 'Santa Maria' on different rootstocks. Kılıç (2015) found LL between 32.00-60.18 mm in consideration of different genotypes of pear. Coban and Ozturk (2020) stated that rootstocks and cultivars significantly affected the LL in 'Deveci' and 'Williams' pear cultivars grafted on quince and pear clonal rootstocks. They noted that the LL was 6.67-6.88 cm in the rootstock averages and 6.42-7.23 in the cultivars. When our research findings are compared with previous studies, it is clarified that the LL is approximately parallel with them.

Ozturk and Ozturk (2014) determined the significant impact of the rootstocks on the leaf sizes of the 'Deveci' cultivar; they reported that LW was the highest in trees grafted on BA29 rootstock. Kılıç (2015) said that LW differed between pear genotypes in the 28.99-48.34 mm range. Similar to our findings, significant effects of cultivars, rootstocks, and rootstock x cultivar combinations were recorded by Çoban (2019) and Coban and Ozturk (2020) between 36-37 mm in cultivars and 35-38 mm in the rootstocks. Serttas and Ozturk (2020) reported the highest LW in 'Deveci' and 'Santa Maria' (3.75 cm and 3.44 cm) and the lowest (3.40 cm and 3.34 cm) in 'Abate Fetel' and 'Williams' cultivars. The variations in the results were due to genetic and environmental factors.

Leaf area is an important morphological characteristic in the determination of the canopy volume efficiency for an ideal quantity and quality production (Zhang et al., 2016). Additionally, they noted that the LA of 'Santa Maria' was 23.82 cm² while grafted on BA29. The LA is a significant factor for understanding the status of trees' evaporation, metabolism, photosynthesis, light reception, water, fertilizer utilization, blooming, setting of fruit, and productivity (Ozturk et al., 2019). The leaf area of the 'Deveci' grafted on BA29 was higher than that of the other rootstocks, according to earlier studies that claimed that the rootstocks had a substantial impact on the LA (Ozturk and Ozturk, 2014). Engin (2011) obtained the LA between 15.72-23.78 cm² in 'Santa Maria'/QA, and 17.07-21.61 cm² in the 'Santa Maria'/OHxF333 combinations.

Leaf characteristics of pear trees were acquired as the following while considering different rootstocks and cultivars respectively, petiole length of 19.26 MC to 30.74 mm QA, 22.34 'Williams' to 28.50 mm 'Deveci'; petiole thickness of 0.71 MC to 0.80 mm BA29, 0.74 'Deveci' to 0.79 mm 'Abate Fetel'; leaf length of 37.41 MC to 47.93 mm QA, 35.56 'Williams' to 49.20 mm 'Santa Maria'; leaf

width of 21.06 MC to 29.41 mm QA, 23.98 'Abate Fetel' to 28.81 mm 'Santa Maria'; leaf area of 5.70 MC to 9.87 cm² QA, 6.24 'Williams' to 10.80 cm² 'Santa Maria' (Kurt et al., 2022a).

3.2. Rootstock and Scion Diameter, Tree Length, and Trunk Cross-Sectional Area

The combined effects of three factors (research years, rootstocks, cultivars) on rootstock diameter (RD), scion diameter (SD), tree length (TL), and trunk cross-sectional area (TCSA) of pear trees are illustrated in Table 3. All the attributes mentioned above were found to be statistically insignificant. The RD obtained between 22.89-78.62 mm, SD varied from 19.0-76.16 mm, TL observed between 123.22-302.0 cm, and TCSA ranged from 2.88-45.70 cm² (Table 3).

In our study, we observed the lower rootstock diameter than the scion diameter in the case of all quince rootstocks and pear cultivars combinations (Figure 1, Figure 2 and Figure 3), while the cultivars grafted on the seedling rootstocks, higher rootstock diameter, was obviously observed than the scion diameter. Francescatto et al. (2010) reported the lowest rootstock diameter in EMC rootstock in the 'Packhams'/EMC combination, while the cultivar was grafted on 7 different rootstocks. Similarly, Ozturk and Ozturk (2014) reported that the highest RD was in the BA29 and the lowest in the MC rootstock. Likewise, a significant impact of rootstocks on RD was obtained by Giacobbo et al. (2010), Machado et al. (2016), and Rahman et al. (2017). Cetinbas et al. (2018) stated that the effect of rootstocks and cultivars on rootstock diameter was significant, while considering the cultivars effect, RD was obtained higher in 'Deveci' than 'Santa Maria'. In terms of rootstocks, they found higher values in the OHxF333, BA29, OHxF69, and QC rootstocks than the other evaluated ones. The RD of the 'Deveci' cultivar grafted on BA29, MC, and seedling rootstocks changed in various research years and rootstocks. The researcher reported the lowest values in the MC than other rootstocks (Ozturk, 2021).

Scion diameter values that we obtained are compatible with the studies previously performed (Ozturk and Ozturk, 2014; Machado et al., 2016; Mete, 2019; Ozturk, 2021). It was emphasized in similar studies that the effects of rootstocks on the SD were significant; the SD of the cultivars on vigorous rootstocks was observed higher than on the dwarfing rootstocks (Sugar and Basile, 2011; Dondini and Sansavini, 2012; Askari-Khorosgani et al., 2019).

Table 3. Combined effects of different rootstocks, cultivars, and research years on the rootstock diameter, scion diameter, tree length, and trunk cross-sectional area of European pear

Years	Rootstocks	Cultivars	RD (mm) †	SD (mm)	TL (cm)	TCSA (cm²)
2021	BA29	Santa Maria	42.73 a	39.89 a	249.39 a	12.50 a*
		Williams	34.71 a	32.34 a	202.86 a	4.41 a
		Deveci	53.27 a	52.04 a	236.94 a	21.56 a
	Quince A	Santa Maria	42.35 a	42.33 a	247.87 a	14.26 a
		Williams	27.54 a	26.02 a	154.39 a	5.34 a
		Deveci	47.96 a	49.82 a	246.92 a	19.57 a
	FOX9	Santa Maria	24.13 a	21.24 a	138.37 a	3.55 a
		Williams	22.89 a	19.00 a	123.22 a	2.88 a
		Deveci	27.78 a	25.17 a	150.78 a	4.98 a
	FOX11	Santa Maria	48.13 a	45.33 a	266.87 a	16.19 a
		Williams	53.86 a	48.69 a	272.31 a	18.66 a
		Deveci	54.75 a	51.46 a	262.46 a	21.90 a
	OHxF333	Santa Maria	45.87 a	40.13 a	218.97 a	12.71 a
		Williams	48.72 a	46.97 a	277.97 a	18.92 a
		Deveci	62.47 a	60.67 a	289.14 a	29.66 a
	OHxF87	Santa Maria	31.22 a	27.02 a	183.82 a	5.73 a
		Williams	34.74 a	27.23 a	179.19 a	5.85 a
		Deveci	28.91 a	22.24 a	146.51 a	3.89 a
	FAROLD40	Santa Maria	46.28 a	43.44 a	227.45 a	14.82 a
		Williams	53.44 a	47.65 a	286.40 a	17.82 a
		Deveci	58.46 a	52.26 a	293.04 a	21.82 a
	Seedling	Santa Maria	47.83 a	37.83 a	277.54 a	11.27 a
		Williams	40.11 a	31.50 a	203.04 a	7.93 a
		Deveci	47.76 a	39.21 a	217.72 a	12.36 a
2022	BA29	Santa Maria	48.10 a	44.90 a	236.05 a	15.87 a
		Williams	35.03 a	35.75 a	204.00 a	10.37 a
		Deveci	56.63 a	56.16 a	242.85 a	24.89 a
	Quince A	Santa Maria	52.37 a	50.51 a	284.72 a	20.36 a
		Williams	28.89 a	27.97 a	158.26 a	6.16 a
		Deveci	60.33 a	59.34 a	261.50 a	27.73 a
	FOX9	Santa Maria	34.61 a	31.27 a	186.17 a	7.78 a
		Williams	30.20 a	29.88 a	182.13 a	7.01 a
		Deveci	39.40 a	34.24 a	181.11 a	9.37 a
	FOX11	Santa Maria	52.02 a	49.37 a	240.52 a	19.26 a
		Williams	61.91 a	55.89 a	282.06 a	24.53 a
		Deveci	77.14 a	74.59 a	296.54 a	43.79 a
	OHxF333	Santa Maria	55.04 a	52.17 a	230.64 a	21.39 a
		Williams	66.68 a	67.25 a	302.00 a	35.50 a
		Deveci	77.79 a	76.16 a	299.27 a	45.70 a
	OHxF87	Santa Maria	37.03 a	32.83 a	185.76 a	8.58 a
		Williams	42.36 a	37.13 a	202.49 a	10.94 a
		Deveci	38.08 a	33.49 a	164.28 a	8.86 a
	FAROLD40	Santa Maria	53.99 a	51.19 a	264.00 a	20.57 a
		Williams	63.87 a	58.48 a	273.38 a	26.87 a
		Deveci	78.62 a	72.37 a	298.99 a	41.32 a
	Seedling	Santa Maria	59.46 a	48.22 a	243.38 a	18.29 a
		Williams	48.67 a	44.37 a	212.08 a	15.74 a
		Deveci	58.23 a	52.94 a	209.50 a	22.66 a
Significance (P< 0.05)			0.644	0.638	0.772	0.289
Mean standard errors			3.412	3.368	16.565	2.685

*: Means with similar letters in the same column are insignificantly different.

†: Rootstock diameter (RD), Scion diameter (SD), Tree length (TL), Trunk cross-sectional area (TCSA).



Figure 1. Diameter illustration of the ‘Santa Maria’ pear cultivar on eight different rootstocks in 2022



Figure 2. Diameter illustration of ‘Williams’ pear cultivar on eight different rootstocks in 2022.

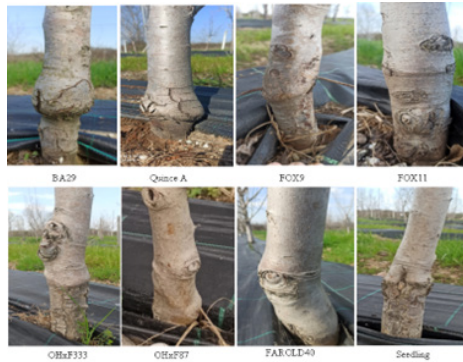


Figure 3. Diameter illustration of ‘Deveci’ pear cultivar on eight different rootstocks in 2022.

Tree length was reported by the rootstocks and cultivars (Giacobbo et al., 2010; Leipsis and Duredze, 2011; Dondini and Sansavini, 2012). The highest TL of 'Abate Fetel' and 'Conference' cultivars were observed on pear seedlings than on the BA29 and MA rootstocks (Castro and Rodriguez, 2002). In our study, we observed the highest TL in the FAROLD40, FOX11, and OHxF333 rootstocks, respectively. This difference with the previously mentioned study could be due to the slow growth of seedling rootstocks at the early ages as compared to clonal rootstocks of pear. In the case of quince clonal rootstocks, there were no statistically significant differences between them (BA29 and QA), with similar results among QA, QC, Sydo, BA29, *Pyrus communis* seedlings rootstocks reported by Kviklys and Kvikliene (2004). The TL was acquired 159 cm in 'Williams' pear cultivar and 225 cm in 'Deveci' cultivar while grafted on QA rootstock (Akçay et al., 2009). Similar differences among the cultivars were observed in our study. Considering the performance of 'Seleta' cultivar on quince rootstocks (Adams, EMC, and Portugal) and *Pyrus calleryana* pear seedlings, Giacobbo et al. (2018) stated that all quince rootstocks reduced the cultivars' TL by 60% compared to pear seedling rootstock (*Pyrus calleryana*). The highest TL of the 'Deveci' cultivar was recorded on the BA29 rootstock and the lowest on the MC rootstock (Ozturk, 2021). There were significant differences in TL considering different research years. It can be said that differences were due to the age of the trees (Gerçekcioglu et al., 2014). Our research revealed that the trunk cross-sectional area differs regarding research years, cultivars, and rootstocks. Similar findings were reported by (Iglesias and Asin, 2011; Sugar and Basile, 2011; Leipsis and Drudze, 2011; Ozturk and Ozturk, 2014; Mete, 2019; Ozturk, 2021; Kücükler and Aglar, 2021; Jovanovic et al. 2022).

In a study that evaluated the effect of different rootstocks and cultivars on morphological characteristics, the findings respected to the rootstocks reported as the following: rootstock diameter of 30.20 mm MC to 38.98 BA29; stem diameter of 25.98 MC to 33.30 BA29 mm; tree length of 153.93 MC to 184.18 cm BA29; trunk cross-sectional area of 6.88 MC to 10.71 cm² BA29; canopy volume of 0.20 QA to 0.29 m³ BA29. While in the case of cultivars respectively reported 25.18 mm 'Williams' to 41.75 'Deveci'; 21.58 'Santa Maria' to 33.39 mm 'Deveci'; 142.73 'Williams' to 191.34 cm 'Santa Maria'; 4.79 'Williams' to 11.56 cm² 'Deveci'; 0.12 'Williams' to 0.36 m³ 'Santa Maria' by Kurt et al. (2022a).

3.3. Canopy Characteristics

Canopy characteristics of European pear, considering the combined effects of three different factors are given in Table 4. The canopy width (CW) and canopy volume (CV) were observed as significant, while canopy length (CL) and canopy height (CH) were acquired as statistically insignificant. The CW was in the 35.22-199.0 cm range, the highest (199.0 cm) CW observed in the 'Williams'/OHxF333 interaction in the research year of 2022, and the lowest (35.22 cm) in the 'Williams'/'

FOX9 combination in the research year of 2021 (Table 4). The CV varied between 0.05-4.19 m³, the highest (4.19 m³) CV observed in the ‘Williams’/OHxF333 combination in the research year of 2022, and the lowest (0.05 m³) in the ‘Williams’/FOX9 combination in the research year of 2021 (Table 4).

Table 4. Combined effects of different rootstocks, cultivars, and research years on the canopy attributes of European pear

Years	Rootstocks	Cultivars	CW (cm) †	CL (cm)	CH (cm)	CV (m³)
2021	BA29	Santa Maria	136.35 d-j	122.72 a	201.78 a	1.47 d-l*
		Williams	113.09 g-n	96.97 a	149.88 a	0.93 i-r
		Deveci	140.46 d-j	123.57 a	200.29 a	1.56 d-k
	Quince A	Santa Maria	138.24 d-j	127.82 a	201.43 a	1.64 d-j
		Williams	88.30 m-q	71.34 a	123.43 a	0.41 l-r
		Deveci	115.85 g-n	103.14 a	210.38 a	1.11 h-r
	FOX9	Santa Maria	40.77 st	38.29 a	114.19 a	0.08 qr
		Williams	35.22 t	35.45 a	97.11 a	0.05 r
		Deveci	42.94 st	57.44 a	118.33 a	0.10 pqr
	FOX11	Santa Maria	125.40 d-m	126.13 a	248.67 a	1.57 d-k
		Williams	122.23 e-m	114.50 a	231.43 a	1.37 d-m
		Deveci	109.44 i-n	108.63 a	225.31 a	1.29 g-n
	OHxf333	Santa Maria	109.71 h-n	111.96 a	177.72 a	0.86 j-r
		Williams	99.53 j-p	117.22 a	241.17 a	1.12 h-r
		Deveci	138.06 d-j	130.83 a	251.61 a	1.95 d-i
	OHxf87	Santa Maria	57.12 q-t	54.30 a	148.97 a	0.19 o-r
		Williams	68.58 p-t	67.46 a	152.37 a	0.29 m-r
		Deveci	48.24 rst	49.61 a	124.72 a	0.11 pqr
	FAROLD40	Santa Maria	124.61 e-m	109.39 a	184.89 a	1.15 g-q
		Williams	113.47 g-n	120.99 a	256.94 a	1.34 d-m
		Deveci	112.34 g-n	119.66 a	258.49 a	1.30 g-n
	Seedling	Santa Maria	130.96 d-k	102.33 a	220.17 a	1.52 d-k
		Williams	77.96 n-s	89.35 a	174.54 a	0.44 l-r
		Deveci	92.31 k-q	97.21 a	170.55 a	0.64 j-r
2022	BA29	Santa Maria	146.33 c-i	130.86 a	194.98 a	1.69 d-j
		Williams	112.38 g-n	106.06 a	157.56 a	0.85 j-r
		Deveci	157.12 b-e	142.77 a	205.62 a	2.06 d-h
	Quince A	Santa Maria	150.70 b-h	142.01 a	243.57 a	2.22 c-g
		Williams	86.35 m-q	66.77 a	128.22 a	0.38 m-r
		Deveci	165.54 a-d	139.04 a	221.00 a	2.41 cde
	FOX9	Santa Maria	69.47 o-t	66.23 a	163.40 a	0.35 m-r
		Williams	54.75 q-t	51.38 a	155.25 a	0.18 o-r
		Deveci	89.22 l-q	79.56 a	141.00 a	0.50 l-r
	FOX11	Santa Maria	130.97 d-k	123.55 a	202.62 a	1.54 d-k
		Williams	156.39 b-f	157.08 a	242.61 a	2.38 c-f
		Deveci	153.36 b-g	157.17 a	259.33 a	2.43 cd
	OHxf333	Santa Maria	124.34 e-m	123.23 a	194.03 a	1.18 g-p
		Williams	199.00 a	206.00 a	269.50 a	4.19 a
		Deveci	179.63 abc	176.63 a	251.71 a	3.17 bc
	OHxf87	Santa Maria	77.68 n-s	67.21 a	156.98 a	0.40 l-r
		Williams	107.80 i-o	104.49 a	173.16 a	0.82 j-r
		Deveci	61.69 p-t	60.05 a	138.58 a	0.21 n-r
	FAROLD40	Santa Maria	114.33 g-n	104.33 a	223.89 a	1.17 g-q
		Williams	185.66 ab	162.52 a	244.93 a	3.41 ab
		Deveci	155.84 b-f	164.62 a	259.88 a	2.47 cd
	Seedling	Santa Maria	131.13 d-k	117.63 a	180.88 a	1.24 g-o
		Williams	108.08 i-o	94.67 a	182.08 a	0.88 i-r
		Deveci	129.33 d-l	112.36 a	175.79 a	1.26 g-n
Significance (P< 0.05)			0.035	0.075	0.412	0.013
Mean standard errors			11.814	10.905	16.526	0.312

*: Means with different letters in the same column are significant.
†: Canopy width (CW), Canopy length (CL), Canopy height (CH), Canopy volume (CV).

The findings of this study are consistent with earlier research; it was found that the research years, rootstocks, and cultivars had a significant impact on canopy volume (CV). (Stern and Doron, 2009; Hudina et al., 2014). Giocabbo (2010) stated that the rootstocks significantly affect the CV of cultivars. The CV of 'Deveci' grafted on QA was 0.20-0.76 m³, and the 'Santa Maria' found 0.26-1.02 m³ (Engin, 2011). According to Kaplan (2011), there was a statistically significant variation in CV across pear cultivars grafted on QA rootstock. He noted that 'B. Hardy' and 'B. P. Morettini' had the biggest and 'Williams' had the lowest CV. It was reported that the lowest CV of pear cv. 'Suvenirs' was observed while grafted on QA and QC rootstocks (Lepsis and Drudze, 2011). According to Ozturk and Ozturk (2014), the 'Deveci' pear cultivar's CV was larger on the BA29 rootstock than it was on the MC rootstock. According to Ozturk (2021), when comparing the performance of 'Deveci' pears on various rootstocks, BA29 had the largest (2.32 m³) CV, and MC rootstock had the lowest (0.74 m³) CV. The CV of 'Santa Maria' grafted on QA rootstock ranged between 0.71 and 2.0 m³, and the 'Deveci' between 0.67 and 1.86 m³ in the Tokat ecological conditions (Kücüker and Aglar, 2021).

3.4. Shoot Characteristics

The combined effects of three research factors on the annual shoot length (ASL), node numbers in the annual shoots (NNAS), and internode length in the annual shoots (ILAS) are given in Table 5. The ASL was statistically significant, but the NNAS and ILAS were insignificant. The ASL was in the 11.94-51.04 cm range. The longest (51.04 cm) ASL was determined in the 'Deveci'/FOX11 combination in 2022, and the shortest (11.94 cm) in the 'Williams'/seedling combination in 2021 (Table 5).

The ASL of pear cvs. 'Ankara', 'Akça', 'Williams', 'Santa Maria', and 'Deveci' in Bingöl ecological conditions were observed between 22.0-86.0 cm. The highest ASL was in 'Ankara', and the lowest was in the 'Santa Maria' cultivar (Osmanoglu et al., 2013). In the case of 'Abate Fetel' pear, the ASL was the highest on seedlings (82.0 cm) and the lowest on BA29 (4.6 cm) and MA (5.2 cm) rootstocks. In addition, they observed the highest (83.3 cm) ASL of the 'Conference' pear on the seedling and the shortest (2.6 cm) on the BA29 rootstock (Castro and Rodriguez, 2002). In case of different rootstocks x cultivars combinations, the ASL recorded between 26.0-44.56 cm in 'Deveci'/QA, 35.56-49.0 cm in 'Santa Maria'/QA, 22.89-46.44 cm in 'Deveci'/OHxF333, and 16.67-37.90 cm in the 'Santa Maria'/OHxF333 by Engin (2011). In the case of pear cv. 'Shahmiveh', the longest ASL was obtained from Konjoni and pear seedlings rootstocks, and the shortest from hawthorn seedling and QC rootstocks (Akbari et al., 2014). A study evaluated the effect of Champion, Melliforme, P. calleryana pear rootstock on the ASL of pear cv. 'Williams' by Pasa et al. (2020), it was found that the Champion had weaker growth than other rootstocks. In a study that evaluated the effect of different rootstocks and cultivars on

morphological characteristics, the annual shoot length of 26.88 (MC) to 45.09 cm (BA29), 31.99 ‘Deveci’ to 42.79 cm ‘Abate Fetel’ were reported by Kurt et al. (2022a).

Table 5. Combined effects of different rootstocks, cultivars, and research years on the rootstock diameter, scion diameter, tree length, and trunk cross-sectional area of European pear.

Years	Rootstocks	Cultivars	ASL (cm) †	NNAS (pcs.)	ILAS (cm)
2021	BA29	Santa Maria	40.85 a-d*	11.96 a	3.43 a
		Williams	32.32 d-l	11.67 a	2.72 a
		Deveci	40.25 b-e	13.21 a	3.04 a
	Quince A	Santa Maria	34.36 c-i	11.37 a	3.03 a
		Williams	29.72 d-o	11.61 a	2.63 a
		Deveci	30.89 d-n	11.89 a	2.61 a
	FOX9	Santa Maria	18.93 o-u	10.67 a	1.79 a
		Williams	19.65 n-u	10.19 a	1.93 a
		Deveci	23.56 i-t	10.64 a	2.21 a
	FOX11	Santa Maria	38.21 c-f	13.31 a	2.89 a
		Williams	37.13 c-g	17.09 a	2.19 a
		Deveci	35.07 c-h	14.77 a	2.39 a
	OHxF333	Santa Maria	24.45 h-t	11.24 a	2.19 a
		Williams	21.15 l-u	10.35 a	2.05 a
		Deveci	31.73 d-l	14.51 a	2.18 a
	OHxF87	Santa Maria	28.44 f-p	17.09 a	1.69 a
		Williams	36.91 c-g	18.80 a	2.04 a
		Deveci	24.72 h-t	12.92 a	1.92 a
	FAROLD40	Santa Maria	20.07 m-u	12.81 a	1.60 a
		Williams	31.43 d-m	15.39 a	2.05 a
		Deveci	32.68 d-k	14.72 a	2.23 a
	Seedling	Santa Maria	26.59 g-s	9.90 a	2.69 a
		Williams	11.94 u	10.45 a	1.15 a
		Deveci	16.36 r-u	10.84 a	1.49 a
2022	BA29	Santa Maria	26.81 g-s	10.65 a	2.52 a
		Williams	15.94 stu	9.22 a	1.73 a
		Deveci	25.15 h-t	11.68 a	2.18 a
	Quince A	Santa Maria	30.75 d-n	11.32 a	2.74 a
		Williams	16.65 q-u	10.83 a	1.55 a
		Deveci	22.85 j-u	10.60 a	2.14 a
	FOX9	Santa Maria	21.40 k-u	11.92 a	1.84 a
		Williams	17.40 p-u	9.37 a	1.86 a
		Deveci	29.00 e-o	10.64 a	2.76 a
	FOX11	Santa Maria	33.61 c-j	12.75 a	2.65 a
		Williams	27.48 f-r	14.69 a	1.86 a
		Deveci	51.04 a	18.96 a	2.69 a
	OHxF333	Santa Maria	30.65 d-n	13.48 a	2.29 a
		Williams	21.53 k-u	12.09 a	1.78 a
		Deveci	40.83 a-d	13.41 a	3.01 a
	OHxF87	Santa Maria	22.89 j-u	10.45 a	2.17 a
		Williams	14.64 tu	9.24 a	1.59 a
		Deveci	18.99 o-u	10.52 a	1.79 a
	FAROLD40	Santa Maria	44.28 abc	17.01 a	2.62 a
		Williams	30.00 d-o	14.91 a	2.03 a
		Deveci	48.97 ab	17.77 a	2.74 a
	Seedling	Santa Maria	27.86 f-q	10.67 a	2.61 a
		Williams	20.28 m-u	13.56 a	1.42 a
		Deveci	30.57 d-n	12.97 a	2.40 a
Significance (P< 0.05)			0.031	0.285	0.127
Mean standard errors			3.272	1.321	0.192

*: Means with different letters in the same column are significant.
†: Annual shoot length (ASL), Node numbers in the annual shoots (NNAS), Internode length in the annual shoots (ILAS).

4. CONCLUSION

It was determined that the canopy characteristics of ‘Williams’ pear cultivar in combination with the FAROLD40 and OHxF333 in 2022 were higher than other combinations, while the same combination was obtained with lower values in the case of other morphological characteristics. Generally, all the morphological characteristics were obtained higher in the rootstocks and cultivars combination in 2022. In conclusion, the genetic capacity of rootstocks, cultivars, and variations of the climate situations in two consequent research years resulted in variations in the morphological attributes of pear trees.

Funding

The support provided for this project (PYO.ZRT.1904.022.026) by the Ondokuz May University Scientific Research Projects Office (OMU-BAP).

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest concerning this article's research, authorship, and/or publication.

Author Contributions

Design of Study: AÖ(%75), ZAF(%25)

Data Acquisition: AÖ(%30), ZAF(%70)

Data Analysis: AÖ(%50), ZAF(%50)

Writing Up: AÖ(%25), ZAF(%75)

Submission and Revision: AÖ(%85), ZAF(%15)

REFERENCES

- Akbari, H., Ghasemi, A., Ebrahimpour, H. 2014. Investigations and comparisons of potential efficiency of quince and local rootstocks on nutrient uptake and control vigor of Esfahan Shahmiveh pear cultivar. *International Journal of Advanced Life Sciences*. 7(4), 603-609.
- Akcay, M.E., Büyükyılmaz, M., Burak, M. 2009. Marmara bölgesi için ümitvar armut çeşitleri - IV. Bahçe, 38(1), 1-10.
- Askari-Khorasgania, O., Jafarpoura, M., Hadada, M.M., Pessaraklib, M. 2019. Fruit yield and quality characteristics of ‘Shahmiveh’ pear cultivar grafted on six rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*. 42(4), 323-332.
- Bolat, I., İkinci, A. 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı. I. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, 278-283, 8-10 Mart, Şanlıurfa.
- Castro, H.R., Rodriguez, R.O. 2002. The behavior of quince selections as pear rootstocks for ‘Abbé Fétel’ and ‘Conference’ pear cultivars in the Rio Negro valley, Argentina. *Acta Horti*, 596, 363-368.
- Corso, M., Bonghi, C. 2014. Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*, 1(3), 108-113.
- Cetinbas, M., Butar, S., Sesli, Y., Yaman, B. 2018. Armut fidanı üretiminde farklı çeşit/anaç kombinasyonlarının bazı fidan özelliklerine etkisi üzerine araştırmalar. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(Ek Sayı), 8-12.

- Coban, N. 2019. Farklı anaçlar üzerine aşılu armut çeşitlerinin aşı uyuşma durumlarının belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı], Samsun.
- Coban, N., Ozturk, A. 2020. Effect of rootstock and cultivars on some branch and leaf characteristics in pear. *Turk J. Food Agric. Sci.*, 2(1), 15-22.
- Dondini, L., Sansavini, S. 2012. European pear. In: *Fruit Breeding*. Editors. Badanes, M.L., Byrne, D.H., (ed.), New York: Springer.
- Engin, K. 2011. OHF x 333 ve Quince A anaçları üzerine aşılu 'Santa Maria' ve 'Deveci' armut çeşitlerinde farklı terbiye sistemlerinin vejetatif ve generatif gelişim üzerine etkisi. [Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı], Tokat.
- Francescato, P., Pazzin, D., Gazolla Neto, A., Fachinello, J. C., Giacobbo, C. L. 2010. Evaluation of graft compatibility between quince rootstocks and pear scions. *Acta Hortic*, 872, 253-260.
- Gerçekcioglu, R., Gencer, S., Oz, O. 2014. Tokat ekolojisinde yetiştirilen "Eşme" ve "Limon" ayva (*Cydonia vulgaris* L.) çeşitlerinin bitkisel ve pomolojik özellikleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7(1), 01-05.
- Giacobbo, C.L., Gazolla Neto, A., Pazzin, D., Francescato, P., Fachinello, J.C. 2010. The assessment of different rootstocks to the pear tree cultivar 'Carrick'. *Acta Hortic*, 872, 353-358.
- Giacobbo, C.L., Fischer, D.L.O., Uberti, A. 2018. Rootstocks as possible alternative uses for pear trees cultivar select. *Horticulture International Journal*, 2(3), 84-86.
- Hepaksoy, S. 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı: Armut anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2), 69-74.
- Hudina, M., Orazem, P., Jakopic, J., Stampar, F. 2014. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). *Journal of Plant Physiology*, 171, 76-84.
- Iglesias, I., Asin, L. 2011. Agronomical performance and fruit quality of 'Conference' pear grafted on clonal quince and pear rootstocks. *Acta Hortic*, 903, 439-442. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.59>
- Jovanovic, M., Milošević, T., Milošević, N., Ercisli, S., Glišić, I., Paunović, G., Ilić, R. 2022. Tree growth, productivity, and fruit quality attributes of pear grown under a high-density planting system on heavy soil. A case study. *Erwerbs-Obstbau*, 65(1), 25-34. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00671-0>
- Kaplan, N. 2011. Quince A üzerine aşılu bazı armut çeşitlerinin samsun koşullarındaki verim ve gelişme durumlarının belirlenmesi. Türkiye Vi. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi s., 695, 700, 4-8 Ekim, Şanlıurfa.
- Kumar, A., Kumar, A., Kumar, V., Tiwari, B., Singh, S., & Pandey, V. (2023). Evaluation of different elite pear (*Pyrus communis* L.) varieties for north western plain zone of Uttar Pradesh, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6), 484-492. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i61847>
- Kılıc, D. 2015. Gürgentepe (Ordu) ilçesinde yetiştirilen yerel armut çeşitlerinin meyve ve ağaç özellikleri. [Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü], Ordu.
- Kucuker, E., Aglar, E. 2021. The effect of the different training systems on yield and vegetative growth of 'Santa Maria' and 'Deveci' pear cultivars. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(4), 870-875.
- Kviklys, D., Kvikliene, N. 2004. Pear rootstock effect on growth, productivity and fruit internal quality. *Acta Hortic*, 658, 359-363.
- Kurt, T., Ozturk, A., Faizi, Z. A. 2022a. Determination of phenological and morphological characteristics of some standard pear cultivars on different quince clonal rootstocks. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 782-801. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1153780>
- Kurt, T., Ozturk, A., Faizi, Z. A. 2022b. Survival rate of young pear trees in different rootstock and cultivar combinations under field conditions: preliminary results. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), 405-420. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1091137>
- Kul, Y. M., Ozturk, A., Faizi, Z. A. 2022. Evaluation of different rootstocks and cultivars on pruning weight in young pear trees. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(4), 440-447. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1167288>
- Lepsis, J., Drudze, I. 2011. Evaluation of seven pear rootstocks in Latvia. *Acta Hortic*, 903, 457-461.
- Machado, B.D., Magro, M., Rufato, L., Bogo, A., Kretschmar, A.A. 2016. Graft compatibility between European pear cultivars and East Malling "C" Rootstock. *Rev. Bras. Frutic.*, 39(3).
- Mete, I. 2019. Bazı armut çeşitlerinde fenolojik, morfolojik ve pomolojik özelliklerinde belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı], Aydın.
- North, M., de Kock, K., Booyse, M. 2015. Effect of rootstock on 'Forelle' pear (*Pyrus communis* L.) growth and production. *S Afr J Plant Soil*, 32(2), 65-70. <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.981881>
- Orman, E. 2005. Bahçesaray yöresi mahalli armutlarının pomolojik ve morfolojik incelenmesi. [Y.Lisans Tezi, Baskılmamış YYÜ Fen Bilimleri Enst.], Van.
- Osmanoglu, A., Simsek, M., Sanlı, A. 2013. Bazı standart armut çeşitlerinin Bingöl ekolojisindeki performansı üzerinde bir araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 23(3), 222-228.
- Ozturk, A., Ozturk, B. 2014. The Rootstock influences growth and development of 'Deveci' pear. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1049-1053.

- Ozturk, A., Cemek, B., Demirsoy, H., Kucuktopcu, E. 2019. Modelling of the leaf area for various pear cultivars using neuro computing approaches. Spanish Journal of Agricultural Research, 17(4), e0206.
- Ozturk, A. 2021. Farklı anaçlar üzerine aşıllı 'Deveci' armudunun büyüme ve meyve kalite özellikleri. Bağbahçe Bilim Dergisi, 8(3), 179-187.
- Ozturk, A., Faizi, Z. A. 2023. Growth, yield and quality performance of pear (*Pyrus communis* L.) cv.'Santa Maria' under high density planting. Brazilian Archives of Biology and Technology, 66, e23220414. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220414>
- Pasa, M.S., Fachinello, J.C., Rosa Júnior, H.F., Franceschi, E., Schmitz, J.D., Souza, A.L.K. 2015. Performance of 'Rocha' and 'Santa Maria' pear as affected by planting density. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 50, 126-131.
- Pasa, M., Schmitz, S., Silva, J.D., Giovanaz, C.P. 2017. Performance of 'Carrick' pear grafted on quince rootstocks. Agropecuária Catarinense, 30, 57-60. <https://doi.org/10.52945/rac.v30i1.8>
- Pasa, M.S., Schmitz, J.D., Junior, H.F.R., Souza, A.L.K., Malgarim, M.B., MelloFarias, P.C. 2020. Performance of 'Williams' pear grafted onto three rootstocks. Revista Ceres (Viçosa), 67(2), 133-136.
- Rahman, J., Aftab, M., Rauf, M. A., Rahman, K. U., Farooq, W. B., Ayub, G. 2017. Comparative study on compatibility and growth response of pear varieties on different rootstocks at nursery. Pure Applied Biology, 6(1), 286-292.
- Serttas, S. 2019. Bazı armut klon anaçları üzerine aşıllı armut çeşitlerinin fidan gelişim performanslarının belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü], Samsun.
- Serttas, S., Ozturk, A. 2020. Armut fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine anaçların ve çeşitlerin etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6(2), 175-185.
- Stern, R. A., Doron, I. 2009. Performance of 'Coscia' pear (*Pyrus communis* L.) on nine rootstocks in the north of Israel. Scientia Horti, 119, 252-256.
- Sugar, D., Basile, S.R. 2011. Performance of 'Comice' pear on quince rootstocks in Oregon, USA. 2011. Acta Horti, 909, 215-218.
- Simionca, M. L. I., Pop, R., Somsai, P. A., Oltean, I., Popa, S., Sestras, A. F., Militaru, M., Botu, M., Sestras, R. E. 2023. Comparative Evaluation of *Pyrus* Species to Identify Possible Resources of Interest in Pear Breeding. Agronomy, 13(5), 1264. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051264>
- Yamada, K., Uematsu, C., Katayama, H. 2015. Pear (*Pyrus* spp. L.) genetic resources from northern Japan: Organoleptic evaluation of ornamental pear trees. Acta Horti, 1094, 117-122.
- Zhang, J., Serra, S., Leisso, R.S., Musacchi, S. 2016. Effect of light microclimate on the quality of 'd Anjou' pears in mature open center tree architecture. BioSystems Engineering, 141, 1-11.



Fosforlu Gübre Uygulanmış Toprakta *Rhizobia* ve *Mikoriza* ile Aşılamanın Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin Gelişim ve Verimi Üzerine Etkisi

Effect of Inoculation with *Rhizobia* and *Mycorrhiza*
with Phosphorus Fertilizer on the Development and
Yield of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Güven TEKİN¹, Engin TAKIL², Nihal KAYAN³

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir
• guvtek@gmail.com • ORCID > 0000-0002-5688-6897

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir
• etakil@ogu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-0076-5949

³Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir
• nkayan@ogu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7505-0959

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 02 Ekim/October 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 14 Kasım/November 2023

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 1 | Sayfa/Pages: 29-44

Atrf/Cite as: Tekin, G., Takil, E., Kayan, N. "Fosforlu Gübre Uygulanmış Toprakta *Rhizobia* ve *Mikoriza* ile Aşılamanın Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin Gelişim ve Verimi Üzerine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 29-44.

Yazar Notu/ Author Note: "Bu çalışmanın ilk yıl sonuçları Güven Tekin tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur."

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Engin TAKIL

FOSFORLU GÜBRE UYGULANMIŞ TOPRAKTA *RHIZOBİA* VE *MİKORİZA* İLE AŞILAMANIN FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİM VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Fosforlu gübre uygulamasının mikroorganizma aktivitesini etkilediği yapılan bazı araştırma sonuçlarında ifade edilmiştir. Bu çalışmada 2019-2020 yıllarında iki yıl süre ile Eskişehir koşullarında fasulye bitkisine farklı fosfor dozları, *Mikoriza* mantarı ve *Rhizobia* aşılması yapılarak verim ve önemli verim öğeleri ile morfolojik ve bazı fizyolojik özelliklere etkisi incelenmiştir. Denemeler tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada dört farklı fosfor dozu [0 (kontrol), 3, 6 ve 9 kg/da] ile kontrol, *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları denenmiştir. Sonuç olarak; fosforun verim ve kaliteyi etkileyen temel besin elementlerinden birisi olması sebebiyle artan fosfor dozları bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi, biyolojik verim ve tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. En yüksek ilk bakla yüksekliği kontrol parsellerinde gözlemlenirken, en yüksek klorofil içeriği ve yaprak alan indeksi 3 kg/da P_2O_5 uygulanan parsellerden elde edilmiştir. *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları bakımından ise en yüksek biyolojik verim, tane verimi, ilk bakla yüksekliği ve yaprak alan indeksi kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Bitkide tane verimi ise en yüksek *Rhizobia* uygulaması yapılan parsellerden elde edilmiştir. Toprak canlıları üzerinde çevre koşullarının etkisi çok fazla olmaktadır. Beklenenden farklı olarak *Rhizobia* ve *Mikoriza*’ların tane verimine etkisinin olmaması iklim ve toprak şartlarından kaynaklanmış olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre bölgemizde fosfor yönünden yeterli topraklarda 3 kg da⁻¹ P_2O_5 uygulaması yeterli olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Gübreleme, *Mikoriza*, PGPR, Tane Verimi.



EFFECT OF INOCULATION WITH *RHIZOBIA* AND *MYCORRHIZA* WITH PHOSPHORUS FERTILIZER ON THE DEVELOPMENT AND YIELD OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Abstract: Some studies reported that phosphorus fertilizer application affected microorganism activity. The field experiment was conducted during the 2019 and 2020 at the Eskişehir conditions in Turkey. The effects of phosphorus doses, *Rhizobia* and *Mycorrhiza* on yield and yield components and morphological characters and some physiological characters of beans were investigated in present study. Experiments were conducted in randomized blocks design with three replications according to factorial arrangement. Four different phosphorus doses [0 (control),

3, 6 and 9 kg da⁻¹] were applied together with control, *Rhizobia* and *Mycorrhiza*. According to results; since phosphorus is one of the basic nutritional elements that affects yield and quality, increasing phosphorus doses positively affected the number of pods per plant, the number of seeds per plant, the grain yield per plant, the biological yield and the grain yield. While the highest first pod height was observed in the control plots, the highest chlorophyll content and leaf area index were obtained from the plots where 3 kg/da P₂O₅ was applied. The highest biological yield, grain yield, first pod height and leaf area index were determined in the control plots for *Rhizobia* and *Mycorrhiza* applications. The highest grain yield per plant was obtained from the *Rhizobia* plots. Environmental conditions have a great influence on soil organisms. *Rhizobia* and *Mycorrhiza* may not have had an effect on grain yield due to climate and soil conditions. In our region, 3 kg da⁻¹ P₂O₅ application will be sufficient in soils sufficient in terms of phosphorus.

Keywords: Fertilization, *Mycorrhiza*, PGPR, Seed Yield.



1.GİRİŞ

Fasulye, ekim alanı ve üretimi bakımından, yemeklik tane baklagiller içerisinde dünyada ilk sırada yer almaktadır. Dünya kuru fasulye ekim alanı 35.9 milyon ha, üretim miktarı 27.7 milyon ton ve verimi 771 kg ha⁻¹'dir. Türkiye ekim alanı 107 bin ha, üretimi 305 bin ton ve verimi ise 2831 kg ha⁻¹'dir (FAOSTAT, 2021).

Kuru fasulye verim ve kalitesinin artırılması için birçok çalışma yapılmıştır. Kimyasal gübrelerle verim artırılmıştır. Ancak gerek artan dünya nüfusu için gıda temin etme, gerekse sağlık açısından organik tarımın yaygınlaşması, gerekse sürdürülebilir tarımın öneminin daha iyi kavranmasına bağlı olarak doğal gübrelere olan ilgi giderek artmaktadır. Bu amaçlarla ahır gübresi, yarasa gübresi, tavuk gübresi gibi doğal gübrelerin dışında, *Rhizobia* bakterileri ya da *Mikoriza* mantarları gibi mikroorganizmalar ile yürütülen çalışmalar hız kazanmıştır.

Rhizobia bakterileri havadaki azotun (N₂), birlikte ortak yaşam sürdürdüğü bitkilerin ihtiyacı olan azot formlarına dönüştürülmesinde önemli rol oynamaktadır (Karaca ve ark., 2010). Bu rolü sayesinde bakteriler uygun şartlarda, enfekte olunan baklagil bitkilerinin köklerinde oluşturduğu yumrular ile azot bağlamakta, toprakta bulunan azotu elementini bitkinin alabileceği forma dönüştürmek suretiyle bitki azot ihtiyacı karşılanmaktadır. Ayrıca bu özellikleri sayesinde ve çiftçinin azot gübresine yaptığı masrafları azaltmaktadır. Baklagil türlerini enfekte eden farklı *Rhizobia* bakteri suşları mevcut olup, fasulye bitkisi için genellikle "*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*" bakteri suşu kullanılmaktadır (Adak, 2021). Küçük ve Kıvanç (2008), fasulyede bakteri aşılmasının (*Rhizobia* sp.) tohum kalitesine

olan etkisini araştırmışlardır. Aşılama ve azotlu gübrelemenin tane verimi, protein oranı ve tane ağırlığının önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir. Küçük (2011), İç Anadolu Bölgesi koşullarında yürüttüğü çalışmada fasulyede aşılama ve azot uygulamalarının verim ve verim öğelerine etkilerini araştırmıştır. Sadece *Rhizobia* aşılması uygulaması protein verimini arttırırken, *Rhizobia* aşılması + N uygulaması tane verimini ve yüz tane ağırlığını artırmıştır.

Mikoriza, mantar anlamına gelen *mykes* ve kök anlamına *rhiza* kelimelerinin birleştirilmesiyle, mantar-kök simbiyotik yaşamını belirtecek şekilde adlandırılmıştır (Yahyaoğlu ve Genç, 2020). *Mikoriza* mantarları, sporları sayesinde bitki kökü dışında ve kökün korteksinde hifsel gelişim sağlayarak, bir çeşit kök görevi görerek, kökün alamadığı mobil elementlerden ve sudan bitkinin yararlanabilmesini sağlamaktadır. Uğur (2018), tarafından yapılan bir çalışmada, *Mikoriza*'nın fasulye verimine ve bitki gelişimine etkileri incelenmiştir. *Mikoriza* uygulanan bitkilerde verim artışı tespit edilmiştir. Uluğ (2018), tarafından yapılan bir çalışmada ise *Mikoriza*'nın fasulyedeki verim ve kalitesine etkisi incelenmiştir. Verim bakımından kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Konu üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde gübreleme ve pestisit uygulamaları gibi geleneksel tarımın vazgeçilmezleri sayılabilecek tarımsal uygulamalarının *Rhizobia* bakterileri ile *Mikoriza* mantarlarının etkinliğini ve faydasını etkilediğini göstermektedir (Jansa ve ark., 2003; Toljander ve ark., 2008; Doğan ve ark., 2011).

Fosforlu gübre uygulamasının mikroorganizma aktivitesini etkilediği araştırma sonuçlarına dayalı olarak dile getirilmektedir (Kabir, 2005). *Mikorizal* fungusun bitkilerce alımı yavaş olan besin elementlerini özellikle fosfor alımını önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir. (Arıkan ve ark., 2023). Bitki tarafından alınabilir formda olmayan fosforun alınabilir forma dönüşmesi veya bitki kök bölgesi tükenme alanı dışında mevcut alınabilir fosforun *Mikorizal* fungus hifleri aracılığı ile alınmasına fayda sağlamaktadır (Erzurumlu ve Kara, 2014).

Çalışmada bu bilgiler ışığında, fasulye bitkisine farklı fosfor dozları, *Mikoriza* mantarı ve *Rhizobia* bakteri aşılması yapılarak, verim ve önemli verim öğeleri ile morfolojik ve bazı fizyolojik özellikler incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma 2019-2020 yıllarında iki yıl süre ile Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma arazisinde yürütülmüştür. Eskişehir, Orta Anadolu Bölgesinin Batı Geçit kuşağında yer alıp denizden yüksekliği 798 metredir. Denemenin kurulduğu bölge 30° 28' Doğu boylamı ile 39° 45' Kuzey enlemlerinde bulunmaktadır.

Deneme alanlarından toprak örnekleri alınmış ve Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde analizleri yapılmıştır (Anonim, 2020). Araştırmanın her iki yılında da topraklar orta kireçli, hafif alkali ve organik madde içeriği azdır. Potasyum ve fosfor yeterli azot miktarı ise az düzeydedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırma yerine ilişkin toprak analiz sonuçları

Table 1. Soil analysis results of the research area

Yıl	Derinlik (cm)	pH	Kireç (%)	Organik Madde (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)
2019	0-30	7.71	7.56	1.65	0.08	17.75	245
2020	0-30	8.22	6.73	1.19	0.06	6.27	350

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ve uzun yıllara ve ait iklim verileri Çizelge 2'de sunulmuştur. Araştırmanın her iki yılında da toplam yağış uzun yıllar ortalamasından yüksek iken, ortalama sıcaklık ikinci yıl uzun yıllar ortalamasına yakın, birinci yıl ise düşük olmuştur. Nispi nem ise her iki yılda da uzun yıllar ortalamasından düşük seyretmiştir.

Çizelge 2. Araştırma yerine ilişkin iklim verileri

Table 2. Climatic data of the research area

Aylar	Uzun Yıllar			2019			2020		
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)
Mayıs	16.5	44.8	86.1	16.5	42.2	65.1	16.3	38.9	58.0
Haziran	20.4	30.6	83.3	20.9	45.7	67.9	19.5	74.3	63.5
Temmuz	23.3	14.0	75.8	21.3	33.5	62.3	23.2	1.2	58.0
Ağustos	22.9	7.8	74.1	22.3	2.4	61.0	23.4	1.0	52.1
Eylül	20.0	14.4	68.1	18.1	5.0	62.1	21.5	6.0	59.9
Toplam		111.6			128.8			121.4	
Ortalama	20.62		77.48	19.82		63.68	20.78		58.3

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Denemeler tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada dört farklı fosfor dozu (0 (kontrol), 3, 6 ve 9 kg/da) ile kontrol, *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları birlikte denenmiştir. Araştırmada Topçu fasulye çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. *Rhizobia* bakteri suşu T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Araştırma

Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. *Mikoriza* mantarı için Bioglobal Tarımsal Danışmanlık A.Ş. firmasının Endo Roots Soluble (ERS) ürünü kullanılmıştır (Çizelge 3).

İlk yıl 29.05.2019 tarihinde ikinci yıl ise 21.05.2020 tarihinde parsellere, sıra arası 45 cm ve sıra üzeri 10 cm olacak şekilde mibzer ile ekim yapılmıştır. Ekim ile birlikte %21'lik amonyum sülfat gübresi azotlu gübre olarak dekara 2.5 kg da⁻¹ N olacak şekilde uygulanmıştır. Deneme desenine göre 0, 3, 6 veya 9 kg da⁻¹ saf P₂O₅ için TSP (Triple Super Fosfat) gübresi kullanılmıştır.

Rhizobia ve *Mikoriza* aşılama ekim yapılan gün, sabah saatlerinde ve gölgede yapılmıştır. Üreticinin firma ve kurumun önerileri doğrultusunda *Mikoriza* için kg başına 7.5 g ERS (Endo Root Soluble) ve *Rhizobia* için kg başına 10 g bakteri olacak şekilde uygulama gerçekleştirilmiştir. Tohumlara bakterilerin ve *Mikoriza*'ların yapışabilmeleri için uygulamadan önce kg başına 10 ml şekerli su püskürtülmüştür. Ekim yukarıda belirtilen tarihlerde hemen akabinde, öğleden sonra yapılmıştır. Deneme alanındaki yabancı otlar, gerektiğinde elle kontrol altına alınmıştır. Toprak nemi ve yağış durumuna göre bitkiler koyu renk aldıkça yağmurlama sulama yapılmıştır.

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan Mikoriza ve Rhizobia organizma içeriği

Table 3. Mycorrhiza and Rhizobia organism content used in the research

Endo Root Soluble (ERS) İçeriği	Rhizobia Bakteri Suşu İçeriği
- <i>Glomus intraradices</i>	- <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>phaseoli</i>
- <i>Glomus aggregatum</i>	
- <i>Glomus mosseae</i>	
- <i>Glomus clarum</i>	
- <i>Glomus monosporus</i>	
- <i>Glomus deserticola</i>	
- <i>Glomus brasilianum</i>	
- <i>Glomus etunicatum</i>	
- <i>Gigaspora margarita</i>	

Her parselden tesadüfi olarak beş bitki seçilmiş ve bunlarda bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi tespit edilmiştir. Her parselin yanlarından birer sıra ve parsel başlarından 50 cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak atılarak geri kalan kısım elle hasat edilerek tarlada kurutulmuş ve tartılarak biyolojik verim ve harmanlamadan sonra dekara tane verimi tespit edilmiştir. Biyolojik verimin tane verimine oranlanması ile % olarak hasat indeksi hesaplanmıştır. Tane verimi için harmanlanmış olan tanelerden dört tekrarlamalı olarak yüzer tohum sayılarak tartılmış ve yüz tane ağırlığı belirlen-

miştir (Akçin, 1974). Klorofil içeriği bitkilerin % 50'sinde çiçeklenmenin başladığı dönemde tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin genç ve sağlıklı 10 adet yaprağında, Spectrum-CM1000 tipi cihaz ile ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Yaprak alan indeksi ise çiçeklenme başlangıcında Accupar LP-80 aleti kullanılarak ölçülmüştür.

Veriler JUMP7 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasında farklılıkları belirlemek için Tukey Testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada incelenen sonuçlara ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerler Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir. İncelenen özellikler bakımından tane verimi hariç yıllar arasındaki farklar tüm özelliklerde önemli bulunurken, fosfor dozları bakımından ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi, klorofil içeriği ve yaprak alan indeksi özellikleri önemli olmuştur. Uygulamalar bakımından ise ilk bakla yüksekliği, bitkide tane verimi, biyolojik verim, tane verimi ve yaprak alan indeksi arasındaki farklar önemli olarak saptanmıştır.

3.1. Bitki Boyu ve İlk Bakla Yüksekliği

Araştırmanın ikinci yılında bitki boyu birinci yıla göre daha yüksek iken, ilk bakla yüksekliği birinci yılda ikinci yıla göre daha yüksek olmuştur. Denemenin ikinci yılında özellikle ilk gelişim dönemlerinde alınan yoğun yağışlar bitki boyunun daha yüksek olmasında etkili olmuştur (Çizelge 2). Fosfor dozları bakımından ilk bakla yüksekliği en fazla kontrol parsellerinde ölçülmüştür. Fosfor dozlarının ilk bakla yüksekliği üzerine olumlu bir etkisi olmamıştır. Baydemir (2013), maş fasulyesinde artan fosfor dozlarının ilk bakla yüksekliğine etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığına dikkat çekmiştir. Farklı biyolojik uygulamalarda ilk bakla yüksekliğini artırmamış, en yüksek değer kontrol parsellerinde gözlemlenmiştir. Akman (2017), *Rhizobia* ve *Mikoriza* organizmalarının fasulyede ilk bakla yüksekliğine etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğuna vurgu yapmıştır.

3.2. Bitkide Bakla Sayısı ve Tane Sayısı

Araştırmanın ikinci yılında özellikle ilk gelişim döneminde yağışın daha yüksek olmasından dolayı bitkide bakla sayısı ve tane sayısı değerleri daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Uygulanan fosfor dozları bitkide bakla sayısı ve tane sayısını olumlu yönde etkilemiş ve fosfor uygulaması ile kontrol parsellerine göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Baydemir (2013), maş fasulyesinde en yüksek bitkide bakla sayısını 6 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parsellerden elde ettiğini bildirmiştir. Batırca ve ark. (2017), ise sakız fasulyesinde artan fosfor dozları ile bitkide bakla sayısının arttığını ancak fosfor dozlarının bitkide tane sayısına etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

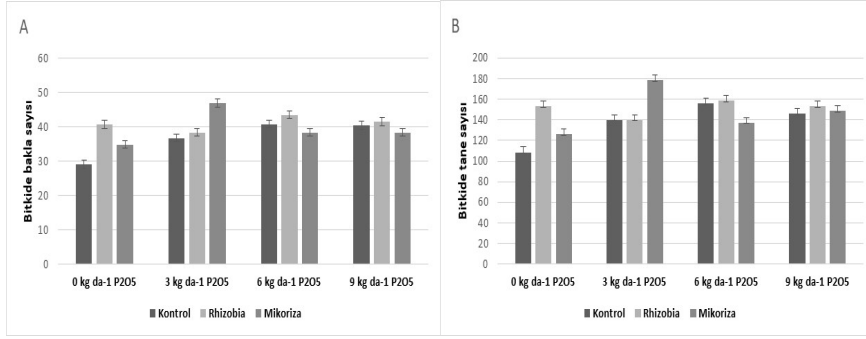
Çizelge 4. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının incelenen özelliklerine ilişkin varyans analiz sonuçları, *p* değerleri ve ortalama değerleri

Table 4. Variance analysis results, *p* values and mean values of the investigated characters of different biological applications and phosphorus fertilizer doses

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	İlk Bakla Yüksekliği (cm)	Bitkide Bakla Sayısı	Bitkide Tane Sayısı	Bitkide Tane Verimi (g)	Biyolojik Verim (kg da ⁻¹)
2019	40.06B	10.62A	28.16B	99.60B	26.82B	333.80B
2020	46.19A	8.58B	50.07A	191.49A	48.59A	470.83A
Ortalama	43.12	9.60	39.11	145.54	37.70	402.31
0 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	42.09	10.58a	34.87b	129.30b	32.13B	396.10
3 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	43.94	9.52ab	40.63a	152.96a	38.16A	420.16
6 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	43.10	8.94b	40.88a	150.67ab	42.35A	405.51
9 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	43.36	9.36ab	40.08ab	149.26ab	38.19A	387.49
Ortalama	43.12	9.60	39.11	145.54	37.70	402.31
Kontrol	44.06	10.52A	36.75	137.62	35.64b	481.69A
<i>Rhizobia</i>	42.01	9.22B	40.98	151.41	40.21a	373.29B
<i>Mikoriza</i>	43.29	9.05B	39.61	147.61	37.27ab	351.97B
Ortalama	43.12	9.60	39.11	145.54	37.70	402.31
Yıllar	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **
Fosfor dozları	0.65 öd	0.04 *	0.016 *	0.03 *	<0.01 **	0.34 öd
Uygulamalar	0.28 öd	<0.01 **	0.06 öd	0.18 öd	0.014 *	<0.01 **
Yıl x fosfor d.	0.73 öd	0.57 öd	0.73 öd	0.89 öd	0.96 öd	0.59 öd
Yıl x uyg.	0.055 öd	0.19 öd	0.09 öd	0.13 öd	<0.01 **	<0.01 **
Fosfor x uygu.	0.60 öd	0.22 öd	0.02 *	0.02 *	<0.01 **	0.21 öd
Yıl x fos. x uyg.	0.98 öd	0.62 öd	0.77 öd	0.49 öd	0.42 öd	0.66 öd

öd: önemli değil *: $p \leq 0.05$ **: $p \leq 0.01$

Çalışmada 3 kg da⁻¹ P₂O₅ ve *Mikoriza*'nın beraber uygulandığı parsellerde bitkide bakla sayısı ve tane sayısı en yüksek olarak elde edilmiştir (Şekil 1AB). Fosfor elementi bitkinin kök gelişimine olumlu etki etmekte ve bitki besin elementlerinden daha iyi faydalanmasını sağlamaktadır. *Mikoriza*'lar ise bitkinin su ve besin maddesi alımını artırmaktadır. Sonuç olarak bitkiler *Mikoriza*'ların yardımı ile fosfor elementinden daha iyi faydalanmış ve bitkide bakla sayısı ve tane sayısını olumlu yönde etkilemiştir. Araştırmada 3 kg da⁻¹ P₂O₅ ve *Mikoriza* uygulanan parsellerde bitkide bakla sayısı ve tane sayısı en yüksek değerleri gösterirken, diğer fosfor dozlarında *Mikoriza* uygulanan parsellerde daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu nedenle fosfor dozları x uygulama interaksyonu önemli olmuş olabilir (Şekil 1AB).



Şekil 1. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede bitkide bakla sayısı (A) ve bitkide tane sayısına (B) ilişkin interaksiyonları

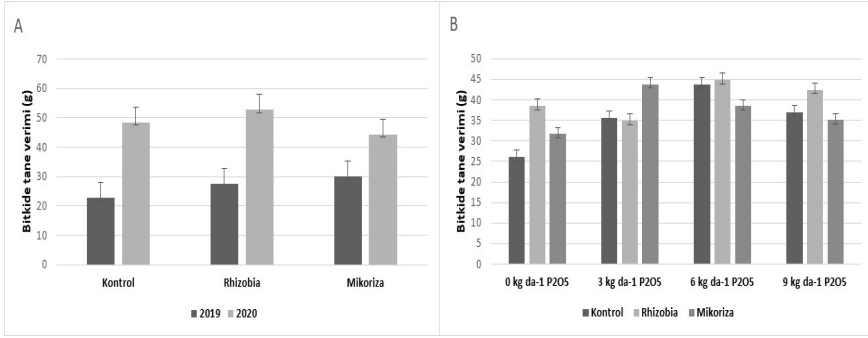
Figure 1. The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses on the pods per plant (A) and seeds per plant (B) in beans

3.3. Bitkide Tane Verimi

Denemenin birinci yılında bitkide tane verimi 26.82 g iken, ikinci yıl alınan yağışlar sayesinde bitkide tane verimi 48.59 g ile daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Bitkide tane verimi en yüksek 6 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parsellerden elde edilirken 3 ve 9 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parseller aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır. En düşük değer ise kontrol parsellerinde saptanmıştır. Uygulanan fosfor dozları bitkide tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. Kuralkan ve ark. (2002), fasulyede en yüksek bitkide tane verimini 6 kg da⁻¹ P₂O₅ uyguladıkları parsellerden elde ettiklerini bildirmektedirler. Aktaş (2017), ise nohutta en yüksek bitkide tane verimini 4 kg da⁻¹ P₂O₅ uyguladıkları parsellerden elde ettiklerini bildirmektedirler. Uygulamalar bakımından bitkide tane verimi en yüksek *Rhizobia* uygulanan parsellerde belirlenirken, bunu *Mikoriza* uygulanan parseller takip etmiş ve en düşük değerlere kontrol parsellerinde ulaşılmıştır. *Rhizobia*'lar bitki gelişimini teşvik eden bakterilerdir. Bu bakterilerin verimi artırıcı özellikleri olduğu gibi baklagiller için azotlu gübre uygulamasına alternatif olabilecek niteliktedirler. *Mikoriza*'lar ise bitkinin besin maddesi ve su alımını artırmakta ve böylelikle kimyasal gübre kullanımını azaltıcı rol oynamaktadırlar. Kaya ve ark. (2002), *Rhizobia* ile aşılamanın bitkide tane verimini artırdığını bildirmektedirler. Akman (2017), fasulyede *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamalarının bitkide tane verimi üzerine bir etkisinin olmadığını kaydetmiştir.

Tüm biyolojik uygulamaların olduğu parsellerde ikinci yıl birinci yıla oranla daha yüksek bitkide tane verimi elde edilmiştir. Bu nedenle yıl x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 2A). *Mikorizalar*, hifleri vasıtasıyla bünyesinde su taşıyarak, bitkilerin su alımını artırırlar (Çelik ve ark., 2019). Bakterilerin

bitki gelişimine faydalı olabilmeleri; bitki ve toprak özelliklerine, çevre koşullarına ve bakteri etkinliğine göre değişebilmektedir (Adak, 2021). Uygun yağış ve nem, PGPR etkinliğini artırmaktadır (Çakmakçı, 2002). Araştırmamızda $3 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ve *Mikoriza* uygulanan parsellerde bitkide tane verimi daha yüksek değerler göstermiştir. Ancak fosfor dozu artışına bağlı olarak bitkide tane verimi düşmüştür (Şekil 2B). Grant ve ark. (2005), toprakta yüksek oranda fosfor bulunmasının *Mikoriza*ları olumsuz yönde etkilediğini bildirmektedirler. Demirbaş ve ark. (2019), *Mikoriza* mantarının toprakta bitkiler tarafından alımı yavaş olan besin elementlerinin özellikle de fosforun alımını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda $3 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ve *Rhizobia* uygulanan parsellerde düşük tane verimi gözlenirken, diğer fosfor dozlarında bitkide tane verimi yüksek belirlenmiştir. Bu nedenle fosfor x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 2B).



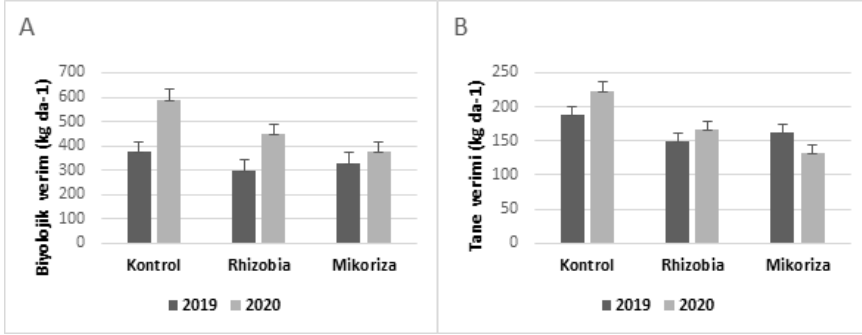
Şekil 2. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede bitkide tane verimine (A,B) ilişkin interaksyonları

Figure 2. The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses on grain yield per plant (A,B) in beans

3.4. Biyolojik Verim

Araştırmada birinci yıl biyolojik verim ortalaması 333.80 kg/da iken, ikinci yıl ilk gelişim dönemindeki yağışların daha fazla olmasından dolayı biyolojik verim denemenin ilk yılına göre daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 2). En yüksek biyolojik verim $481.69 \text{ kg da}^{-1}$ ile kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Kontrol parsellerini $373.29 \text{ kg da}^{-1}$ ile *Rhizobia* uygulanan parseller takip etmiş, en düşük değerlere ise $351.97 \text{ kg da}^{-1}$ ile *Mikoriza* uygulanan parsellerde ulaşılmıştır. Yağmur ve Engin (2005), nohutta yapmış oldukları çalışmalarında *Rhizobia* ile aşılanmayan kontrol parsellerinde biyolojik verimin aşıllı parsellerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çetinkaya ve Dur (2010), mısır bitkisinde bitkinin yeşil aksam, boy ve sap verimine *Mikoriza*'nın olumlu etkisinin olmadığını saptamışlardır.

Tüm biyolojik uygulamaların olduğu parsellerde ikinci yıl birinci yıla oranla daha yüksek biyolojik verim elde edilmiştir. Bu nedenle yıl x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 3A). *Mikorizalar*, hifleri vasıtasıyla bünyesinde su taşıyarak, bitkilerin su alımını arttıırırlar (Çelik ve ark., 2019). Bakterilerin bitki gelişimine faydalı olabilmeleri ve etkinlikleri bitki ve toprak özelliklerine, çevre koşullarına ve bakteri suşlarına göre değişebilmektedir. Mikroorganizmalar, uygun nem ve toprak sıcaklığında faaliyetlerini arttıırırlar (Çığ, 2010).



Şekil 3. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede biyolojik verim (A) ve tane verimine (B) ilişkin interaksyonları

Figure 3. The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses biological yield (A) and grain yield (B) in beans

3.5. Tane Verimi

Tane verimi en yüksek 205.60 kg da⁻¹ ile kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Kontrol parsellerini 157.83 kg da⁻¹ ile *Rhizobia* uygulanan parseller takip etmiş, en düşük değerlere ise 146.59 kg da⁻¹ ile *Mikoriza* uygulanan parsellerde ulaşılmıştır. Kacar ve ark. (2004), fasulyede *Rhizobia* ile aşılınmış parsellere oranla kontrol parsellerinde daha yüksek tane verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Akman (2017), ise fasulyede yapmış olduğu çalışmasında kontrol parsellerinde *Mikoriza* uygulanan parsellerden daha yüksek tane verimi elde ettiğini bildirmektedir.

İkinci yıl yağışın daha yüksek olmasına rağmen tüm biyolojik uygulamaların yer aldığı parsellerde tane verimindeki artış beklenen düzeyde olmamış, *Mikoriza* uygulanan parsellerde ikinci yıl daha düşük tane verimi elde edilmiştir (Şekil 3B). İkinci yıl bakla bağlama dönemi olan Temmuz ayında denemenin birinci yılına oranla çok düşük yağış alınmış, ancak sıcaklıklar daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Aytekin ve Çalışkan (2015), fasulyede çevreye bağlı olarak genaratif dönemde yaşanan stres ile bakla sayısı ile baklada tohum sayısının azaldığını ve ayrıca tanelerin küçüldüğünü ve sonuç olarak verim kayıplarının meydana geldiğini bildirmişlerdir. Anlarsal ve ark. (2000), bazı fasulye çeşitleri ile Çukurova'da yürüttükleri

çalışmalarında Haziran ve Temmuz aylarında sıcaklığın artması ile yüksek sıcaklığın fasulyede tanenin küçük ve cılız olmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Warland ve ark. (2006), 1.5 °C'lik küçük bir sıcaklık artışının bile fasulyede verim üzerinde önemli negatif etkilere sahip olduğuna dikkat çekmişlerdir. Araştırmamızda ikinci yıl genaratif dönemde yüksek sıcaklıklar yaşanmış ve bu durum döllenmeyi olumsuz etkilediği için tane veriminde düşüşler kaydedilmiştir. İkinci yıl kontrol parsellerinde en yüksek tane verimi gözlenirken, aynı yıl *Mikoriza* uygulanan parsellerde en düşük tane verimi belirlenmiştir. Bu nedenle yıl x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 3B).

Çizelge 5. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının incelenen özelliklerine ilişkin varyans analiz sonuçları, *p* değerleri ve ortalama değerleri

Table 5. Variance analysis results, *p* values and mean values of the investigated characters of different biological applications and phosphorus fertilizer doses

Uygulamalar	Tane Verimi (kg da ⁻¹)	Hasat İndeksi (%)	Yüz Tane Ağırlığı (g)	Klorofil İçeriği (Spad)	Yaprak Alan İndeksi
2019	166.12	49.74A	30.30A	25.39B	1.61B
2020	173.89	35.77B	26.58B	44.57A	3.46A
Ortalama	170.00	42.75	28.44	34.98	2.53
0 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	166.81	41.96	28.00	32.25b	2.40ab
3 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	175.27	42.86	28.31	38.59a	2.96a
6 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	176.97	44.40	29.20	35.64ab	2.50ab
9 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅	160.97	41.81	28.24	33.43ab	2.31b
Ortalama	170.00	42.75	28.44	34.98	2.53
Kontrol	205.60A	43.54	28.16	34.97	2.80a
<i>Rhizobia</i>	157.83B	43.23	28.96	34.77	2.27b
<i>Mikoriza</i>	146.59B	41.50	28.20	35.19	2.55ab
Ortalama	170.00	42.75	28.44	34.98	2.53
Yıllar	0.19 öd	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **
Fosfor dozları	0.20 öd	0.15 öd	0.34 öd	0.03 *	0.03 *
Uygulamalar	<0.01 **	0.13 öd	0.32 öd	0.97 öd	0.03 *
Yıl x fosfor do.	0.58 öd	0.87 öd	0.82 öd	0.012 *	<0.01 **
Yıl x uyg.	<0.01 **	0.62 öd	0.24 öd	0.77 öd	0.13 öd
Fosfor x uyg.	0.08 öd	0.13 öd	0.75 öd	0.06 öd	0.08 öd
Yıl x fos. x uyg.	0.51 öd	0.78 öd	0.91 öd	0.33 öd	0.26 öd

öd: önemli değil *: $p \leq 0.05$ **: $p \leq 0.01$

3.6. Hasat İndeksi

Araştırmamızda birinci yıl daha yüksek hasat indeksi saptanmıştır. İkinci yıl biyolojik verim hayli yüksek ancak tane verimi bakla bağlama döneminde yağışın az, sıcaklığın yüksek olması nedeniyle düşük olmuştur (Çizelge 2). Bu nedenle hasat indeksi ikinci yıl daha düşük kaydedilmiştir. Fosfor dozları ve uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

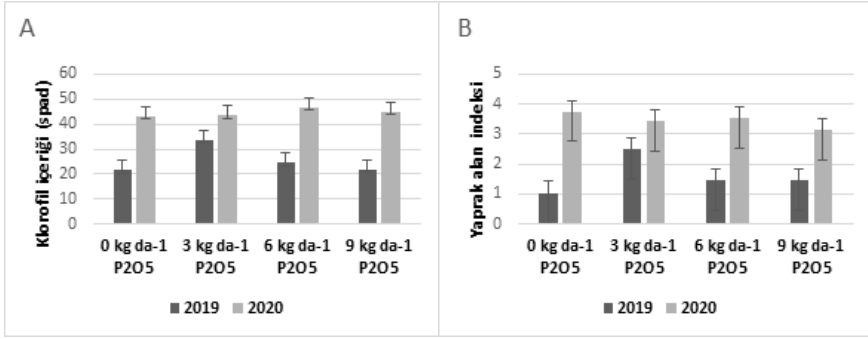
3.7. Yüz Tane Ağırlığı

Birinci yıl yüz tane ağırlığı daha yüksek olmuştur. İkinci yıl bakla bağlama dönemi olan Temmuz ayında denemenin birinci yılına oranla çok düşük yağış alınmış, ancak sıcaklıklar daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Anlarsal ve ark. (2000) bazı fasulye çeşitleri ile Çukurova'da yürüttükleri çalışmalarında Haziran ve Temmuz aylarında sıcaklığın artması ile yüksek sıcaklığın fasulyede tanenin küçük ve cılız olmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Sonuçlar bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir. Fosfor dozları ve uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

3.8. Klorofil İçeriği

Araştırmanın ilk yılında klorofil içeriği ortalaması 25.39 iken ikinci yılın ortalaması 44.57 olmuştur. İkinci yıl ilk gelişim döneminde alınan yağışların fazla olması bu konuda etkili olabilir (Çizelge 2). Fazla yağış fotosentetik aktiviteyi artırmakta ve klorofil içeriğinin de daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Birinci yıl yağış miktarının az olması verim ve verim öğelerinde olduğu gibi klorofil içeriğini de azaltmıştır. Ghimire ve Craven (2011), Meyer ve ark. (2014), ve Gönülal ve Soylu (2021), düşük yağış miktarının klorofil içeriğini azalttığını rapor etmişlerdir. Araştırmamızda en yüksek klorofil içeriği 3 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parsellerde belirlenirken, en düşük değer kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Daha yüksek fosfor dozlarında klorofil içeriğinin azaldığı kaydedilmiştir. Bilindiği üzere bitkilerde fazla fosfor gübrelemesi Fe⁺², Zn⁺², Ca⁺², Mn⁺² ve B alımını engellemektedir (Horuz ve ark., 2016). Fosfor dozunun fazla olmasının dolaylı olarak Fe⁺² alımını engellediği, Fe alımının klorofil sentezindeki enzimin kofaktörü olması sebebiyle klorofil sentezini azalttığı için klorofil içeriğinin azalmış olması mümkündür. Küçük (2020), domateste fosforlu gübre uygulamasının kontrole göre klorofil içeriğini artırdığına dikkat çekmiştir.

Klorofil içeriği, denemenin ikinci yılında, birinci yıla göre tüm fosfor dozlarında daha yüksek saptanmıştır. Bu durum yıl x fosfor dozu interaksyonunun önemli çıkmasında etkili olmuştur (Şekil 4A). En yüksek klorofil içeriğine denemenin ikinci yılında 6 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parsellerde ulaşılmıştır.



Şekil 4. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede klorofil içeriği (A) ve yaprak alan indeksine (B) ilişkin interaksiyonları

Figure 4. The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses chlorophyll content (A) and leaf area index (B) in beans

3.9. Yaprak Alan İndeksi

İkinci yıl ilk gelişim devresinde alınan yağışlardan ötürü yaprak alan indeksi daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Temel ve ark. (2015), fiğ bitkisinde yağış miktarındaki azalışa bağlı olarak yaprak alan indeksinin düştüğünü bildirmişlerdir. Yaprak alan indeksi en yüksek 3 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parsellerde görülürken, en düşük 9 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan parsellerde belirlenmiştir. Bitkilerde verim ve kalite üzerine olumlu etkisi olan fosfor temel besin elementlerinden birisidir. Fosfor noksanlığında bitkilerin yaprak alanlarında ve kuru ağırlıklarında önemli bir azalma meydana gelir böylece fotosentez ve bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir (Colomb ve ark., 2000; Assuero ve ark., 2004). Öden (2012), soya fasulyesinde fosforlu gübre uygulaması ile yaprak alan indeksinin arttığını bildirmiştir. Biyolojik uygulamalar bakımından en yüksek yaprak alan indeksi kontrol parsellerinde gözlenirken, bunu *Mikoriza* uygulanan parseller takip etmiş, en düşük değerler ise *Rhizobia* uygulanan parsellerde belirlenmiştir. Bakterilerin gelişimi, bitki ve toprak özelliklerine ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. (Elkoca ve Kantar, 2001; Çakmakçı, 2005).

Tüm fosfor dozlarında ikinci yıl birinci yıla oranla daha yüksek yaprak alan indeksi elde edilmiştir. Bu nedenle yıl x fosfor dozları interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 4B). Fosforlu gübreleme yapılmayan kontrol parsellerinde ilk yıl en düşük yaprak alan indeksi saptanırken, ikinci yıl en yüksek değer belirlenmiştir. Bu sonuçlarda ikinci yıl ilk gelişim devresinde alınan yağışların yüksek olması etkili olmuş olabilir. Ayrıca toprak canlılarının etkinliği toprak şartlarına göre de çok değişebilmektedir.

SONUÇLAR

Fosfor verim ve kaliteyi etkileyen temel besin elementlerinden biridir. Araştırmada artan fosfor dozları bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi, biyolojik verim ve tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları bakımından ise en yüksek biyolojik verim ve tane verimi kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Toprak canlıları üzerinde çevre koşullarının etkisi çok fazla olmaktadır. Beklenenden farklı olarak *Rhizobia* ve *Mikoriza*’ların tane verimine etkisinin olmaması iklim ve toprak şartlarından kaynaklanmış olabilir. İki yıl süre ile Topçu fasulye çeşidi kullanılarak Eskişehir’de yürütülen bu çalışmada; fosfor yönünden yeterli topraklarda 3 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulaması yeterli olacaktır. Zira ilkbaharda toprak ısınmadan fosfor eksikliği rastlanan bir durumdur (Connor ve ark., 2011). Bununla birlikte geniş alanlar için tavsiyede bulunabilmek için farklı fosfor seviyesine sahip topraklarda yeni denemelerin yürütülmesinde fayda vardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): GT(%20), ET(%40), NK(%40)

Veri Toplanması (Data Acquisition): GT(%50), ET(%40), NK(%10)

Veri Analizi (Data Analysis): GT(%25), ET(%50), NK(%25)

Makalenin Yazımı (Writing Up): GT(%25), ET(%25), NK(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): GT(%20), ET(%40), NK(%40)

KAYNAKLAR

- Adak, M.S., 2021. Yemelik baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1652, Ders Kitabı: 603, Birinci Baskı, 312 s, Ankara.
- Akçın, A., 1974. Erzurum şartlarında yetiştirilen kuru fasulye çeşitlerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu çeşitlerin bazı fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 157, 1-112.
- Akman, Y.Ö., 2017. *Rhizobium* ve *Mikoriza* uygulamalarının fasulye’nin tane verimi ve bazı tarımsal karakterler üzerine etkileri. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 183 s, Samsun.
- Aktaş, Y., 2017. Demir ve fosfor uygulamalarının nohutta (*Cicer arietinum* L.) verim ve verim öğelerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61s, Van.

- Anlarsal, A.E., Yücel, C., Özveren, D., 2000. Çukurova koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması. Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 24: 19-29.
- Anonim, 2020. Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak Analiz Raporu, Eskişehir.
- Arıkan, Ş., İpek, M., Pırlak, L., Eşişken, A., Şahin, M., 2023. The effect of Mycorrhiza applications on growth and yield in some strawberry cultivars under calcareous soil conditions. Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 37(2): 326-336.
- Assuero, S.G., Mollier, A., Pellerin, S., 2004. The decrease in growth of phosphorus deficient maize leaves is related to a lower cell production. Plant Cell Environment, 27: 887-895. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01194.x>
- Aytekin, R.İ., Çalışkan, S., 2015. Fasulyede büyüme ve gelişme dönemleri. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (2): 84-93.
- Batırca, M., Alatürk, F., Gökkuş, A., 2017. Gübrelemenin sakız fasulyesinin [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] ot verimi ve bazı özelliklerine etkisi. Çanakkale Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4 (1): 79-87.
- Baydemir, F., 2013. Farklı sıra aralığı ve fosfor dozlarının maş fasulyesi'nde [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] verim ve bazı verim unsurları üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65 s, Konya.
- Colomb, B., Kiniry, R.J., Debaeke, P., 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. Agronomy Journal, 92: 428-435. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.923428x>
- Connor, D.J., Loomis, R.S., Cassman, K.G., 2011. Crop ecology. Cambridge University Press. 562 pp.
- Çakmakçı, R., 2002. Azot fiksasyonu ve fosfat çözücü bakteri aşılamaalarının şeker pancarı verim ve kalitesine etkisi. II. Şeker Pancarı Üretim Sempozyumu, 257-270, 10-12 Eylül, Ankara.
- Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (35): 93-108.
- Çelik, Y., Yarşi, G., Özarslandan, A., 2019. Mikorizaların bitkilerde stres mekanizması üzerine etkileri. Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi, 2(1): 1-11.
- Çetinkaya, N., Dur, N.S., 2010. Mısır vejetatif gelişimi ve verimi üzerinde bir endomikorizal preparatın etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 47 (1): 53-59.
- Çiğ, F., 2010. Mikrobiyolojik ve inorganik gübrelemenin bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde verim ve verim ile ilgili karakterlere etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 137s, Van.
- Demirbaş, A., Kaya, Z., Akpınar, Ç., Ortaş, İ., 2019. Fertigasyon ve Mikoriza uygulamalarının tarla koşullarında biber bitkisinin (*Capsicum annum* L.) verimine ve besin elementleri alımına etkileri. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(1): 152-161.
- Doğan, K., Çelik, İ., Gök, M., Coşkan, A., 2011. Effect of different soil tillage methods on *Rhizobial* nodulation, biyomas and nitrogen content of second crop soybean. African Journal of Microbiology Research, 5 (20): 3186-3194.
- Elkoca, E., Kantar, F., 2001. Baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonuna etki eden faktörler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32: 197-205.
- Erzurumlu, G.S., Kara, E.E., 2014. Mikoriza konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7 (2): 55-65.
- FAOSTAT, 2021. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 23.02.2023).
- Ghimire, S.R., Craven, K.D., 2011. Enhancement of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) biomass production under drought conditions by the ectomycorrhizal fungus *Sebacina vermifera*. Applied and Environmental Microbiology, 77: 7063-7067. <https://doi.org/10.1128/aem.05225-11>
- Gönülal, E., Soylu, S., 2021. Yağışa bağlı kuru şartlarda dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinin 4 ve 5 yıllardaki biyokütle verimi ve diğer tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24 (3): 570-578. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.775043>
- Grant, C., Bittman, S., Montreal, M., Plenchette, C., Morel, C., 2005. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. Canadian Journal of Plant Science, 85: 3-14. <http://dx.doi.org/10.4141/P03-182>
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akınoğlu, G., Boz, E., 2016. Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4 (1): 32-42.
- Jansa, J., Mozafar, A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, R., Sanders, R., Frossard, E., 2003. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. Ecological Applications, 13 (4): 1164-1176.
- Kabir, Z., 2005. Tillage or no-tillage: Impact on mycorrhizae. Canadian Journal of Plant Science, 85: 23-29. <https://doi.org/10.4141/P03-160>
- Kacar, O., Çakmak, F., Çöplü, N., Azkan, N., 2004. Bursa koşullarında bazı kuru fasulye çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (1): 207-218.

- Karaca, Ü.Ç., Uyanöz, R., Karaarslan, E., 2010. Konya yöresinde yetiştirilen kuru fasulyeden izole edilen rhizobium bakterilerinin etkinliklerinin belirlenmesi. Konya Selçuk Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 2 (1):19-26.
- Kaya, M.D., Çiftçi, C.Y., Kaya, M., 2002. Bakteri aşılması ve azot dozlarının bezelye (*Pisum sativum* L.)'de verim ve verim öğelerine etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 8 (4): 300-305. DOI: 10.1501/Tarimbil_000 0000762.
- Kuralkan, M., Çiftçi, V., Karakuş, M., Togay, N., 2002. Van-Gevaş ekolojik koşullarında farklı fosfor dozlarının fasulye(*Phaseolus vulgaris* L.)'de verim ve verim öğelerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (4): 107-116.
- Küçük, Ç., 2011. Inoculation with rhizobium spp. in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Zemdirstybe = Agriculture, 98 (1): 49-56.
- Küçük, R., 2020. Domateste farklı gelişme zamanlarında bor ve fosfor uygulamasının verim ve kalite üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 103s, Şırnak.
- Küçük, Ç., Kıvanç, M., 2008. The effect of rhizobium sp. inoculation on seed quality of bean in Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11 (14): 1856-1859.
- Meyer, E., Aspinwall, M.J., Lowry, D.B., Palacio-Mejía, J., Logan, T.L., Fay, P.A., Juenger, T.E., 2014. Integrating transcriptional, metabolomic, and physiological responses to drought stress and recovery in switchgrass. BMC Genomics, 15: 527-541.
- Öden, E., 2012. Soya bitkisinde bakteri aşılması, fosfor ve demir uygulamalarının nodülasyon ve N₂ fiksasyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 s, Hatay.
- Temel, S., Yıldız, V., Kır, A.E., 2015. Bazı adi fiğ çeşitlerinde farklı ekim tarihlerinin yaprak alan indeksine etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 1 (2): 85-93.
- Toljander, J.F., Santos-Gonzalez, J.C., Tehler, A., Finlay, R.D., 2008. Community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria in the maize mycorrhizosphere in a long-term fertilization trial. FEMS Microbiology Ecology, 65: 323-338. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00512.x>
- Uğur, M., 2018. *Mikoriza* aşılması ve mantar kompostu uygulamalarında fasulyenin bitki gelişimi ve verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50s, Şanlıurfa.
- Uluğ, Z., 2018. Solucan gübresi ve *Mikoriza* kullanımının fasulye ve soğanda bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71s, Malatya.
- Warland, J.S., McDonald, M.R., McKeown, A.M., 2006. Annual yields of five crops in the family Brassicaceae in southern Ontario in relation to weather and climate. Canadian Journal of Plant Science, 86: 1209-1215.
- Yağmur, M., Engin, M., 2005. Farklı fosfor ve azot dozları ile bakteri (*Rhizobium ciceri*) aşılamanın Nohut (*Cicer arietinum* L.)'un tane verimi ve bazı verim öğeleri ile ham protein oranı üzerine etkileri . (Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (2) , 93-102.
- Yahyaoglu, Z., Genç, M., 2020. Fidan standardizasyonu standart fidan yetiştiriminin biyolojik ve teknik esasları. Academia.



Evaluation of the Possibilities of Using Green Manure as Based Fertilizer

Yeşil Gübrelemenin Taban Gübresi Olarak Kullanım Olanaklarının Değerlendirilmesi

Binyat ISMAYILZADA¹, Aslıhan ÇİLİNGİR TÜTÜNCÜ², Abdurrahman AY³, Harun ÖZER⁴

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticultrae, Samsun
· binyat.ismayilzada@gmail.com · ORCID > 0009-0006-2820-8286

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticultrae, Samsun
· aslihancilingir@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-7752-8976

³Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun
· abdurrahman.ay@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-5450-4106

⁴Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticultrae, Samsun
· haruno@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-9106-383X

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 17 Ekim/October 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 02 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 45-53

Atıf/Cite as: Ismayılzada, B., Çilingir Tütüncü, A., Ay, A., Özer, H. "Evaluation of the Possibilities of Using Green Manure as Based Fertilizer" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 45-53.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aslıhan ÇİLİNGİR TÜTÜNCÜ

EVALUATION OF THE POSSIBILITIES OF USING GREEN MANURE AS BASED FERTILIZER

ABSTRACT

This study investigated the effect of using green manure plants as an alternative to chemical fertilization (Control) used as a base fertilizer on peppers growth and early yield values. In chemical base fertilizer application, 25 kg (15-15-15) compound fertilizer was applied per decare. The seeds of the broad bean (*Vicia faba* L.cv. Gölyaka) plant, which is used as a green manure plant, were sown and mixed into the soil during the whole florescence period. According to the results, the highest organic matter content in the soil was obtained with green manure application. In contrast, the N, P and K contents increased significantly ($P<0.05$) with chemical fertilization. Among the plant growth parameters, the highest plant height (48.6 cm) was obtained from green manure application. In contrast, the highest stem diameter (8.3 mm), number of fruits (38) and yield (326.5 g/plant) values were obtained from chemical fertilizer application. As a result, green manuring increases the amount of organic matter in the soil and will have positive effects in the long term. However, it has been determined that the use of chemical fertilizers positively affects development and productivity in the short term.

Keywords: Pepper, Broad Bean, Organic Fertilization, Yield.



YEŞİL GÜBRELEMENİN TABAN GÜBRESİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu çalışmada, taban gübresi olarak kullanılan kimyasal gübrelemeye (Kontrol) alternatif olarak yeşil gübre bitkisi kullanımının biberin büyüme ve erkenci verim değerlerine etkisi araştırılmıştır. Kimyasal taban gübresi uygulamasında dekara 25 kg (15-15-15) kompoze gübre uygulaması yapılmıştır. Yeşil gübre bitkisi olarak kullanılan bakla (*Vicia faba* L.cv. Gölyaka) bitkisinin tohumları ekilerek tam çiçeklenme dönemlerinde toprağa karıştırılmıştır. Sonuçlara göre toprakta en yüksek organik madde içeriği yeşil gübre uygulamasında elde edilirken, kimyasal gübreleme ile N, P ve K içeriği önemli ($P<0.05$) oranda artmıştır. Bitki büyüme parametrelerinden en yüksek bitki boyu (48.6 cm) yeşil gübre uygulamasından elde edilirken, en yüksek gövde çapı (8.3 mm), meyve sayısı (38) ve verim (326.5 g/bitki) değerleri kimyasal gübre uygulamasından elde edilmiştir. Sonuç olarak ye-

şil gübreleme topraktaki organik madde miktarını arttırarak olması uzun vadede olumlu etkileri olacaktır. Ancak, kimyasal gübre kullanımının kısa vadede gelişme ve verimi olumlu olarak etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biber, Bakla, Organik Gübreleme, Verim.



1. INTRODUCTION

Substantial challenges have emerged in addressing food demand due to the increase in global population. To tackle this issue, a widely shared consensus among all stakeholders emphasizes the importance of augmenting the yield per unit area. Although the desired yield increase seems to be achieved by using chemical pesticides and fertilizers, the current system supports monoculture and increase in input use. These practices have encountered critical environmental problems such as deterioration of the soil's physical structure and nutrient balance, salinization and barrenness. In addition, excessive use of chemical pesticides and fertilizers have affect human healty adversely (Uzun, 2002; Demir and Gül, 2004; Duyar, 2007; Alagöz, 2017;Özer, 2017).

Increase organic matter content of the soil is one of the effective method to improve soil structure and it leads to enhance both microorganism activities and diversity within the soil. Additionally, preventing monoculture and elevating the organic matter content in the soil are effective strategies to augment the quantity and diversity of living organism in rootzone. For instance, it is widely recognized that soil bacteria play a crucial role in facilitating nutrient uptake by plants and engaging in biological control against soil-borne pests. (Antoun, 2003; Hubbel and Kidde, 2003; Altın and Bora, 2005; Duyar, 2007; Alagöz et al., 2020). In rhizosphere bacteria play a crucial role in geochemical nutrient cycling, influencing nutrient availability for both plants and the soil microbial community. Some organisms in the rhizosphere, such as *Rhizobium* and related genera, fix nitrogen through specialized structures, while others, like *Azospirillum* and *Acetobacter*, establish associative relationships for nitrogen fixation. Additionally, bacterial ammonifiers and nitrifiers convert organic nitrogen compounds into plant-accessible inorganic forms (NH_4^+ and NO_3^-). Furthermore, rhizosphere bacteria contribute to phosphorus availability by enhancing the solubility of insoluble minerals through the production of organic acids or phosphatases, affecting both native and applied phosphorus (Mohammadi et al., 2011).

Microbial communities such as bacteria, fungi play vital roles in ecosystem services such as nutrient cycling, pathogen suppression, soil aggregate stabilization,

and xenobiotic degradation. The response of soil microbial biomass, activity, and community structure to agricultural management practices has been demonstrated (Biederbeck et al., 2005). Green manure applications are among the common agricultural practices to increase soil organic matter, microorganism biomass, and diversity (Gardiano et al., 2014; Alagöz et al., 2020). Green manures retrieve nutrients from the soil, hinder nutrient leaching, and gradually release the absorbed nutrients locked in during decomposition (He et al., 2020). Introducing green manures into the soil enhances soil organic matter, thereby enhancing soil structure and fertility, facilitating improved plant growth (Froseth et al., 2014).

Additionally, in a study by Gardiano et al. (2014), the effects of 6 winter species and 13 summer species of plants evaluated as green manure on the population of *Rotylenchulus reniformis*, a species of parasitic nematode of plants, in naturally infested soil. They reported that all winter species and 8 summer species of green manure reduced the population of *R. reniformis* after cultivation in infested soil compared to the control. It may indicate the robust positive correlation between the modification of soil microbial communities and the suppression of soil-borne pathogens (Ma et al., 2015). implies that green manure enhances soil nutrition and enriches beneficial microbes with bio-control capabilities (LeBlanck, 2022). In another study by Kim et al. (2023), spinach green manure application as a pre-plant soil treatment improved soil nutrition and pepper growth, fruit yield, and suppressed weed population. It is indicated that green manure also improves plant growth and yield of plants cultivated post-treatment of green manure. However, the effectiveness of green manuring may vary significantly depending on the type of green manure employed (Dong et al., 2021).

This study aimed to determine the effects of green manuring and chemical fertilization on plant growth parameters of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. cv. 'Karizma').

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Experimental Site and Plant Matertials

The study was carried out in an open field located in Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture Research and Implementation area (41° 37' 24.71" N, 36° 21' 11.02" E and 137 m altitude) between March 1 and July 15, 2023. Broad bean (*Vicia faba* L.) plants of the Gölyaka variety were used for green manuring and sweet pepper seedlings (*Capsicum annuum* L. cv. 'Karizma') were used as plant material for post-treatment cultivation.

2.2. Experimental Design and Treatments

Two different applications were planned in two different cultivation areas (raised beds; 1x1.5 m) in the study. In green manuring application, broad bean seeds were planted (27 kg da^{-1}) in the raised beds, with 25 cm between the rows and 13 cm above the row on March 1, 2023. Then broad bean plants were mixed into the soil as a basal fertilization when the plants reached full bloom period (April 30, 2023). In the second application, 25 kg da^{-1} of chemical fertilizer (15:15:15, N:P:K) was applied to the raised bed as a control five days before planting of pepper seedlings. Drip irrigation and black PE mulch was applied to both application areas and pepper seedlings were planted on May 15, 2023 (45x45cm). Cultural procedures have been carried out since planting and no additional fertilization has been applied. The soil properties of the trial area are given in Table 1 before and after applying basal fertilizers. Soil analyses were carried out according the methods specified in Kacar and İnal (2008).

Stem diameter (mm), plant height (cm), and the number of leaves were measured at 25-day intervals after planting (Figures 1, 2 and 3). The yield (g/plant) and number of fruits obtained from the first harvest to the last harvest date were also calculated and given in Figures 4 and 5.

2.3. Statistical Analysis

The research used a split plot design divided into randomized blocks with three replications and nine observation plants in each replication. SPSS 15.0 statistical analysis program was used to evaluate the data obtained as a result of the research. Differences between the obtained averages were determined by t-test analysis.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The physical and chemical properties of the initial and post-treatment soil samples taken from the area where the study was conducted are provided in Table 1. The soil's organic matter was 2.3% at the initial stage, which increased by 41% (3.25%) after applying green manure. In chemical fertilizer application, the amount of organic matter decreased, which was determined to be 1.74% (Table 1). On the other hand, N, P and K contents of soil increased with applying chemical fertilizers at the end of the study (Table 1).

Table 1. Some physical and chemical properties of soil

	pH	E.C. (dS m ⁻¹)	Organic matter (%)	N (%)	P (ppm)	K mg/100g
Beginning	8.0 a*	0.25 c	2.3 b	0.10 b	11.4 c	0.42 c
Based Fertilizers						
Control	7.37 b	0.53 b	1.74 c	0.19 a*	275 a*	1.25 a*
Green Manure	7.34 b	0.81 a*	3.25 a*	0.13 b	182 b	1.02 b

*: P≤0.05

Similar to our study, studies conducted using broad bean plants (planted seed; 25x13 cm) and green manure also report that the organic matter content of the soil can be increased up to 100% (Özer, 2012; Alagöz et al. 2020). In our study, it was observed that the increase in the amount of organic matter in green manure application was higher than in the control. However, the increase in plant nutrients (N, P and K) was limited and may arise from the mineralization process occurring in the soil since the mineralization of organic matter is much slower than chemical fertilizers (Özer, 2012; Durmuş and Kızılkaya, 2018). Coşkun (2021) reports that green manure applications in cotton cultivation significantly increase soil Zn, Ec., lime, organic matter, phosphorus and potassium content. We observed that plant nutritional elements in chemical fertilization and green manuring increased significantly compared to the initial values (Table 1). Although there is a significant increase in plant nutrients with green fertilization, it is limited compared to chemical fertilization. Bellitürk et al. (2009) determined a significant negative relationship between soil organic matter amounts and mineralization capacities. The fact that the mineralization of organic matter is slower than chemical fertilizers limits the rate of nutrient uptake by plants (Alagöz et al., 2020). Although this may seem like a disadvantage in the short term, in the long term, it contributes to the productivity of slow and steady-growing plants by increasing their green period (Özer, 2012). In our study, it can be said that green manure applications can compete with chemical fertilizers in plant growth and leaf formation rates. However, while there was a linear increase in trunk diameter in a particular plane when applying green manure, a parabolic increase was observed in applying chemical fertilizer (Figure 1).

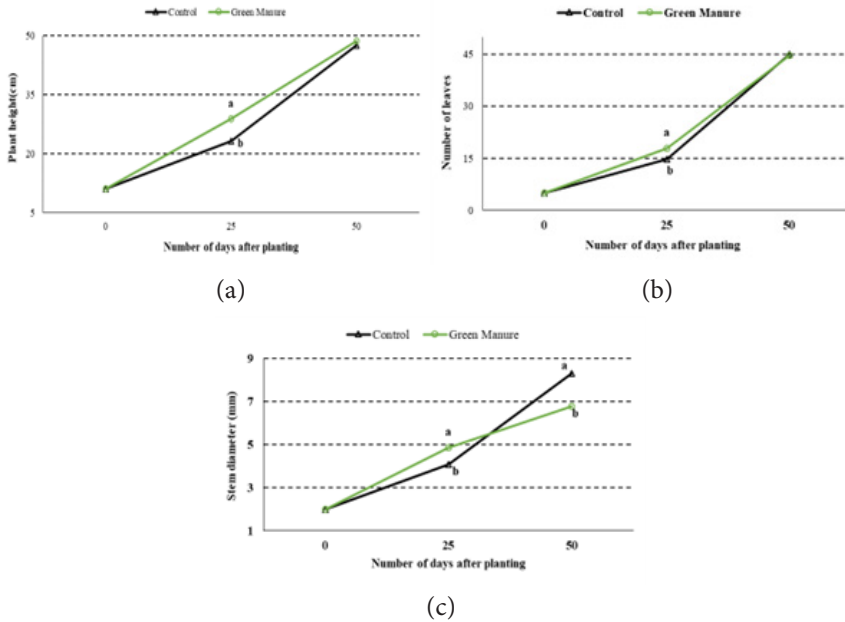


Figure 1. Effect of different base fertilizer (control and green manuring) applications on pepper plant height (a) (cm), the number of pepper leaves (b) and stem diameter (mm) (c) in pepper

Özer (2012) reported that organic fertilizer applications and shading in tomato cultivation significantly slowed the plant growth rate and increased the green period. In this way, they achieved significant productivity increases in tomato cultivation. When we examined our study, significant effects of base fertilizer applications on plant height, stem diameter, number of fruits and yield values were determined ($P \leq 0.05$). It was determined that the highest stem diameter (8.3 mm), number of fruits (38.1) and early yield (326.5 g/plant) values were obtained from the application of chemical fertilizer as base fertilizer (Figure 1). In contrast, the highest plant height (48.6 cm) values were obtained from green manure application (Figure 1). Although green manure application was initially prominent in the number of leaves, no statistical differences were detected.

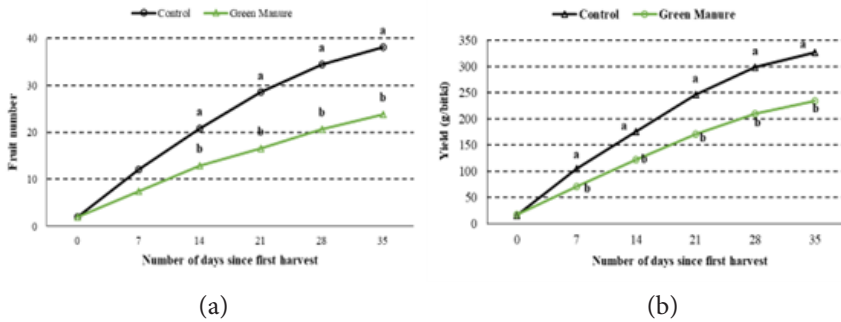


Figure 2. Effect of different base fertilizer (control and green manuring) applications on the increase in the cumulative fruit number (a) and yield (g/plant) (b) (g/plant) of pepper

Unlike our study, it was determined that using green manure plants (broad beans) in broccoli cultivation significantly increased the yield compared to the control. However, this study applied additional fertilization (2.5 kg/da) after planting green manure plant seeds. Similarly, the amount of soil organic matter in the study increased significantly (Yılmaz, 2013). In the study where they examined the effects of different applications (mixing them into the soil and as mulch) of different green manure plants (wheat, barley, vetch, clover and canola) on yield in tomato cultivation, it was determined that the application of live mulch significantly increased the yield compared to mixing them into the soil. The control application obtained the highest efficiency, similar to our study (Kaya, 2011). It is reported that using organic or inorganic mulch increases soil water retention capacity and significantly affects yield by increasing plant stomatal conductivity (Özer, 2017). In another study, Duyar (2007) determined the effects of using different green manure plants (soybeans, corn, forage cowpeas) under greenhouse cultivation on the cultivation of lettuce and tomatoes grown after green manure plants. The highest yield in lettuce was obtained from corn + chicken manure application, and the highest yield in tomato was obtained from soybean application. Unlike our study, it was determined that early yield increased by green manure application. Additionally, chicken manure was used with green manure; however, no additional fertilizer was applied in our study. It has been determined that using different green manure plants (cowpeas, beans) in organic strawberry cultivation (covered and open) significantly increases the yield. According to the results, the highest yield in all areas was determined from cowpea + farm manure application.

Additionally, it has been determined that green manuring is the most economical method (Saygi, 2014). In all studies, adding a source of organic fertilizer in addition to green manure plants was taken as a basis. This is mainly because while organic substances are decomposed by microorganisms in the soil, micro-

organisms need the mineral nitrogen available (Durmuş and Kızılkaya, 2018). In our study, as in the study of Özer (2012), there was a decrease in the soil due to the nitrogen need of the microorganism. This situation has caused decreases in productivity in green manuring.

4. CONCLUSION

As a result, it has been determined that applying green manure as a base fertilizer positively affects pepper cultivation by increasing the soil's organic matter. However, it has been determined that chemical fertilizer is a better base fertilization application for early yield and growth rate. It is thought that using additional nitrogen sources to increase the success of green manure applications will increase both the chance of success and competition. The application of broad bean as green manure in the conventional cultivation system can increase the amount of microbial diversity and quantity by increasing the amount of organic matter in our country's soil. In this way, soil-borne diseases and pests will be suppressed, positively affecting productivity and quality.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: BI(%30), AÇT(%30), AA(%10), HÖ(%30)

Data Acquisition: BI(%30), AÇT(%30), AA(%10), HÖ(%30)

Data Analysis: BI(%20), AÇT(%20), AA(%20), HÖ(%40)

Writing Up: BI(%20), AÇT(%20), AA(%10), HÖ(%50)

Submission and Revision: BI(%10), AÇT(%70), AA(%10), HÖ(%10)

REFERENCES

- Alagöz, G., 2017. Masuralı Yetiştiricilik ve Aşılamanın Domateste Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 484322, 55s.
- Alagöz, G., Özer, H., Pekşen A., 2020. Raised bed planting and green manuring increased tomato yield through improved soil microbial activity in organic cultivation. *Biological Agriculture & Horticulture*, 36(3): 187-199. DOI: 10.1080/01448765.2020.1771416,
- Altın, N., Bora, T., 2005. Bitki gelişimini uyarıcı kök bakterilerinin genel özellikleri ve etkileri. *Anadolu*, 15(2): 87-103.
- Antoun, H., 2003. Field and Greenhouse Trials Performed with Phosphate Solubilizing Bacteria and Fungi <http://www.webcd.usal.es/web/psm/abstracts/antoun.htm>.
- Belitürk, K., Danışman, F., Sözübek, B., 2009. Tekirdağ Yöresindeki Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Mineralizasyon Kapasiteleri Arasındaki İlişkiler. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 22(2): 141-147.
- Biederbeck V.O., Zentner R.P., Campbell C.A. 2005. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate. *Soil. Biol. Biochem.* 37: 1775-1784.
- Coşkun, M., 2021. Bazı yeşil gübreleme bitkilerinin bakteri aşılama ile organik tarımda kullanılmasının renkli pamuğun verim ve kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 658689, 150s.
- Demir, A., Gül, U., 2004. Organik Tarım. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, TEAE S:5 n. 3.
- Dong, N., Hu, G., Zhang, Y., Qi, J., Chen, Y., Hao, Y. 2021. Effects of green-manure and tillage management on soil microbial community composition, nutrients and tree growth in a walnut orchard. *Scientific reports*, 11(1), 16882.
- Durmuş, M., Kızılkaya, R., 2018. Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6 (2), 95-100.
- Duyar, H., 2007. Yeşil gübrelemenin serada organik sebze üretimine etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 222952, 215s.
- Frøseth, R. B., Bakken, A. K., Bleken, M. A., Riley, H., Pommeresche, R., Thorup-Kristensen, K., Hansen, S. 2014. Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations. *European Journal of Agronomy*, 52, 90-102.
- Gardiano, C. G., Krzyzanowski, A. A., Saab, O. J. G. A. 2014. Efficiency of green manure species on the population of reniform nematode. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*, 35(2), 719-726. Gardiano, C.G., Krzyzanowski, A.A., Abi Saab, O.J.G., 2014. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 35: 719-726
- He, H. B., Li, W. X., Zhang, Y. W., Cheng, J. K., Jia, X. Y., Li, S., Xin, G. R. 2020. Effects of Italian ryegrass residues as green manure on soil properties and bacterial communities under an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.)-rice (*Oryza sativa* L.) rotation. *Soil and Tillage Research*, 196, 104487.
- Hubbell, D.H., Kidder, G., 2003. Biological Nitrogen Fixation. http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_SS180.
- Kacar B, Inal A., 2008. Plant analyses. Nobel Publishing, Ankara, Turkey 1241
- Kaya, Y., 2011. Yeşil gübreleme ve malçlamanın sırk domates yetiştiriciliğinde yabancı otlanmaya ve verime etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 275615, 54s.
- Kim, R. H., Tägele, S. B., Jeong, M., Jung, D. R., Lee, D., Park, T., Shin, J. H. 2023. Spinach (*Spinacia oleracea*) as green manure modifies the soil nutrients and microbiota structure for enhanced pepper productivity. *Scientific Reports*, 13(1), 4140.
- LeBlanc, N. 2023. Green manures alter taxonomic and functional characteristics of soil bacterial communities. *Microbial ecology*, 85(2), 684-697.
- Ma, Y., Gentry, T., Hu, P., Pierson, E., Gu, M., Yin, S. 2015. Impact of brassicaceous seed meals on the composition of the soil fungal community and the incidence of Fusarium wilt on chili pepper. *Applied Soil Ecology*, 90, 41-48.
- Mohammadi, K., Heidari, G., Khalesro, S., Sohrabi, Y. 2011. Soil management, microorganisms and organic matter interactions: A review. *African Journal of Biotechnology*, 10(86), 19840.
- Özer, H., 2012. Organik Domates (*Solanum lycopersicum* L.) Yetiştiriciliğinde Değişik Masura, Malç Tipi ve Organik Gübrelerin Büyüme, Gelişme, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012, Samsun. 427527, 178s.
- Özer, H., 2017. Organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production under different mulches in greenhouse. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(5): 1565-1572.
- Saygı, H., 2014. Örtü altında yeşil gübreleme ve açık alanda ekim nöbetinin organik çilek yetiştiriciliği üzerine etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 360721, 474s.
- Uzun, S., 2002. Organik Beslecilik. Konferans, OMÜ Ziraat Fakültesi, Prof. Dr. Fahrettin Tosun Seminer Salonu. 17 Aralık, Samsun.
- Yılmaz, M. 2013., Yeşil gübrelemede kullanılan bakla (*Vicia faba* L.) bitkisinin brokoli verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü Anabilim Dalı, 338651, 56s.



Farklı Köklendirme Ortamları ve IBA Uygulamalarının Lavantada (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) İlkbahar ve Sonbahar Çeliklerinin Köklenmesine Etkisi

Effect of Different Rooting Media and IBA Applications on Rooting of Spring and Autumn Cuttings in Lavender (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.)

Faik TURGUT¹, Mehmet Uğur YILDIRIM², Merve BAŞ³, Ercüment Osman SARIHAN⁴

¹Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak
· faikturgut123@gmail.com · ORCID > 0000-0003-0906-226x

²Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak
· ugur.yildirim@usak.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7419-0682

³Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak
· mervebass42@gmail.com · ORCID > 0000-0002-8669-8096

⁴Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak
· ercument.sarihan@usak.edu.tr · ORCID > 0000-0002-5892-1561

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 21 Ekim/October 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 55-70

Atıf/Cite as: Turgut, F., Yıldırım, M.U., Baş, M., Sarihan, E.O. "Farklı Köklendirme Ortamları ve IBA Uygulamalarının Lavantada (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) İlkbahar ve Sonbahar Çeliklerinin Köklenmesine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 55-70.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Uğur YILDIRIM

FARKLI KÖKLENDİRME ORTAMLARI VE IBA UYGULAMALARININ LAVANTADA (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) İLKBAHAR VE SONBAHAR ÇELİKLERİNİN KÖKLENMESİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışma, farklı dönemlerde alınan lavanta (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel) çeliklerine IBA uygulaması ile birlikte farklı yetiştirme ortamlarındaki köklenme durumlarını belirlemek üzere Aralık 2020, Temmuz 2021 yılları arasında serada yürütülmüştür. Deneme; tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parsellere çelik alma dönemi (sonbahar ve ilkbahar), alt parsele IBA (0 ve 1000 mg/l) uygulamaları, en alt parsellere ise farklı köklendirme ortamları (%100 torf; %75 torf + 25 pomza; %50 torf + %50 pomza; %25 torf + %75 pomza; %100 pomza) yerleştirilmiştir. Köklenme oranı (%), çelik başına kök sayısı (adet/çelik), en uzun kök boyu (cm) ölçümleri yapılmıştır. Köklendirme ortamlarına göre en fazla köklenme %89.5 ile torf ortamlarından elde edilmiştir. Çeliklerin alındığı dönemler bakımından ise ilkbahar çeliklerinde %88.6, sonbahar çeliklerinde ise %78.4 oranında köklenme tespit edilmiştir. Hormon uygulaması bakımından köklenme oranı ise IBA uygulanan çeliklerde ortalama %88.2 olurken, hormon uygulanmayan çeliklerde %78.4 olmuştur. Üçlü interaksiyon ortalama değerlerine göre, denemede en yüksek köklenme oranı (%96.0) ilkbaharda alınan ve hormon (IBA) uygulanan çeliklerin, %75 torf + 25 pomza ve %50 torf + %50 pomza ortamına dikilmesiyle elde edilmiştir. En düşük köklenme oranı (% 64.0) ise sonbahar döneminde alınan, hormon uygulanmamış çeliklerin, %100 pomza ortamına dikilmesiyle elde edilmiştir. Ölçülen ortalama en uzun kök boyu (9.55 cm) ilkbaharda alınan ve hormon uygulanmış çeliklerin, %50 torf + %50 pomza ortamına dikilmesiyle elde edilmiştir. Her ne kadar ilkbahar çeliklerinde en iyi sonuçlar alınmış olsa da sonbahar çelikleriyle de tatmin edici miktarda köklenme sağlanabileceği bunun sonucunda da lavanta bitkisinde sonbahar çelikleriyle de üretimin yapılabilmesi belirlenmiştir. Özellikle yetiştiricilikte sadece torf ortamının yerine %25 veya %50 oranında pomza ilavesi yapılan ortamların da uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Köklenme Oranı, Kök Sayısı ve Uzunluğu, Pomza, Torf.



EFFECT OF DIFFERENT ROOTING MEDIA AND IBAAPPLICATIONS ON ROOTING OF SPRING AND AUTUMN CUTTINGS IN LAVENDER (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.)

ABSTRACT

This study was conducted in the greenhouse between December 2020 and July 2021 to determine the rooting status of lavender (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel) cuttings taken in different periods with IBA application in different growing media. The study was conducted divided plots in randomized blocks design with 4 replications. The rooting period was placed in the main plots (autumn and spring), IBA (0 and 1000 mg/l) applications to the lower parcel, and different rooting media (100% peat; 75% peat + 25% pumice; 50% peat + 50% pumice; 25% peat + 75% pumice; 100% pumice) were placed in the lowest plots. Rooting rate (%), number of roots per cutting (number/cutting), the longest root length (cm) were measured. According to the rooting media, the highest rooting rate was obtained from peat medias with 89.5%. In terms of the periods when the cuttings were taken, the spring cuttings showed 88.6% rooting and the autumn cuttings showed 78.4% rooting. In terms of hormone application, the rooting rate was 88.2% on average in IBA treated cuttings, while it was 78.4% in non-hormone-treated cuttings. According to the triple interaction average values, the highest rooting rate (96%) in the experiment was obtained by planting the cuttings taken in the spring and applied hormone (IBA) in 75% peat + 25 pumice and 50% peat + 50% pumice media. The lowest rooting rate (64%) was obtained by planting the cuttings taken in the autumn and non-hormone-treated in 100% pumice media. The longest root length measured (9.55 cm) was obtained by planting the hormone-treated cuttings in spring in 50% peat + 50% pumice media. Even though spring cuttings produced the best results, autumn cuttings were shown to be capable of achieving acceptable roots and, consequently, of producing lavender plants. Simultaneously, it has been found that media containing 25% or 50% pumice added, as opposed to just peat environment, are equally appropriate.

Keywords: Rooting Rate, Root Number and Length, Pumice, Peat.



1. GİRİŞ

Lavanta, Lamiaceae familyasında yer alan *Lavandula* cinsinin kapsadığı türlerin genel bir ismidir (Demir ve Satılmış, 2019). Yaklaşık olarak 1 m'ye kadar boylanabilen lavanta bitkisi; yarı çalimsı yapıda, çok yıllık bir bitkidir. Akdeniz bölgesi başta olmak üzere; dünya üzerinde birçok bölgede yayılış gösteren 41 kadar türü

(*Lavandula* spp.) bulunmaktadır (Demir ve Satılmış, 2019; Karakaş ve İzci, 2021; İzmirli ve Yıldırım, 2023). Güney Avrupa ve Akdeniz kökenli olan bitki; ortalama 7– 21 °C sıcaklık ve ortalama 300-1300 mm yağış alan bölgelerde, toprak pH'sı 5.8–8.3 arasında değişen kalkerli topraklarda doğal olarak yetişmektedir (Simon ve ark., 1980; Özcan ve ark., 2013). Lavanta kuraklığa, sıcağa ve soğuğa karşı bir hayli dayanıklı bir bitkidir (Aslanca ve Sarıbaş, 2011; İzmirli ve Yıldırım, 2023). Dünyada ticari manada ekonomik değere sahip üç türü bulunmaktadır. Bunlar lavandin olarak bilinen (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel. = *L. hybrida* L.), lavander olarak tanımlanan (*Lavandula angustifolia* Mill. = *L. officinalis* L. = *L. vera* DC), ve spike lavander diye adlandırılan (*Lavandula spica* = *L. latifolia* Medik.) lavanta türleridir (Demir ve Satılmış, 2019; Karakaş ve İzci, 2021). Ekonomik manada bitkinin kullanılan kısımları daha çok çiçekleridir. Dünya üzerinde ticareti yapılan en önemli 15 bitkisel uçucu yağ içerisinde lavanta uçucu yağı da bulunmaktadır. Uçucu yağın kalitesini; bu yağın bileşiminde yer alan *linalool*, *linalyl acetate*, *camphor*, *terpinen- 4-ol*, *borneol*, *β-pinene*, *lavandulol*, *cineole* ve *eucalyptol* gibi ana bileşenler belirlemektedir (Baser, 1993; Aslanca ve Sarıbaş, 2011; Yıldırım ve ark., 2019; İzmirli ve Yıldırım, 2023). Bitki, sahip olduğu hoş kokusu sebebiyle başta parfümeri ve kozmetik sanayi olmak üzere birçok alanda değerlendirilen bir hammadde konumundadır (Zeybek ve Haksel, 2011; Özcan ve ark., 2013; Yıldırım ve ark., 2019). Sahip olduğu uçucu yağları; anti bakteriyel, antifungal, analjezik, yatıştırıcı ve sakinleştirici gibi birçok faydalı özelliklere sahiptir (Shellie ve ark., 2002; Prusinowska ve Smigielski, 2014; Smigielski ve ark., 2018; Yıldırım ve ark., 2019; İzmirli ve Yıldırım, 2023). Bu özelliklere sahip olan bitkinin kültürünün yapılması ve bu alanda yapılacak teknik çalışmalara ağırlık verilmesi önem arz etmektedir. Lavanta bitkisi; vejetatif (çelikle) ve generatif (tohumla) olmak üzere iki farklı şekilde çoğaltılabilmektedir.

Çelikle yapılan çoğaltma işlemlerinde bitkilerden alınan çeliğin tipi, alınma zamanı gibi hususlar önemlidir. Aynı zamanda çeliklerde köklenmenin ve kök gelişmelerinin arttırılması için bitki büyüme düzenleyicilerle muamele edilmektedir (Özbek ve ark., 1961). Köklendirme çalışmalarında bu amaçla kullanılan büyüme düzenleyici maddeler arasında; IBA (Indol Bütirik Asit) ve NAA (Boyer ve Graves, 2009) oldukça yaygın olarak kullanılan büyüme düzenleyicilerdendir. Çeliklerin köklendirilmesinde, kullanılan bu fitohormonlar kadar, kaliteli ve sağlıklı çelik ve fidelerin köklendirilmesinde ve yetiştirilmesinde kullanılacak olan ortamların da büyük önemi vardır. Türkiye'de ticari olarak tıbbi ve aromatik bitki fidesi yetiştiriciliğinde yaygın olarak torf, perlit, kokopit ve vermikülit, gibi ortamlar ve bunların değişik oranlardaki karışımları köklendirme ortamı olarak kullanılmaktadır.

Araştırmacılar farklı yetiştirme ortamlarında birçok değişik bitkinin gelişmelerinin de farklı olduğunu belirtmişlerdir (Gül, 1991; Sevgican, 2003; Hatipoğlu ve Yıldırım, 2020). Pomza da farklı yetiştirme ortamı olarak değerlendirilebilecek materyallerden bir tanesidir. Pomza kelimesi İtalyanca'dan köken alan bir terimdir. Değişik dillerde farklı şekillerde adlandırılırlar. Fransızca'da Ponce, İngilizce'de

Pumice denilen bu maddeye Türkçe'de ise pomza, topuk taşı, süngertaşı, nasır taşı gibi çeşitli isimler verilmektedir (Tuncer ve Özkan, 2001). Pomza, içerisi boşluklu, süngersi yapıda olup, volkanik olaylar neticesinde oluşmuştur. Dünyanın birçok bölgesinde elde edilebilmektedir. Bu kayacın oluşumu ve ekonomik olarak kullanılabilirliği bakımından Türkiye'nin de dünya çapında önemli bir yeri vardır. Türkiye'de İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde yer alan bazı illerde, oldukça geniş pomza oluşumlarını görmek mümkündür. Bu iller içerisinde Nevşehir, Niğde, Kayseri, Van ve Bitlis önemli bir yere sahiptir (Sarıışık ve ark., 1998). Pomza, uygulandığı tarla topraklarında hava ve su geçirgenliğinin düzenlenmesine katkı sağlamaktadır. Pomza içeren toprakların bitki gelişimini olumlu etkilediği ve verimi arttırdığı belirtilmektedir. Bu özelliği ile sulu tarım uygulamalarında pomza, bitkilerinin daha az sulanarak yetiştirilmesini sağlamaktadır. Toprakta mikroorganizma faaliyetlerini de arttırdığı bildirilmektedir. Doğal şekliyle kullanılabilen pomza, birçok toprak düzenleyicisine göre çok daha ekonomik bir üründür. Nakliyesinin kolay olması sebebiyle, tarım sektöründe de kullanılmaktadır (Tunçez, 2007).

Çoğu yabancı döllenmiş çok yıllık bitkilerde olduğu gibi, lavanta da yüksek verim ve kaliteye sahip çeşitlerin yetersizliği yanında üstün kaliteli homojen ürünlerin elde edilme gerekliliğinden dolayı vejetatif çoğaltım daha çok tercih edilmektedir. Vejetatif çoğaltım süreçlerinin de en uygun şekliyle ortaya konulması bu yüzden önemlidir (Bona ve ark., 2012; Çiçek ve Özel, 2021). Çoğaltmada kullanılacak olan bitki çeliklerinin alındığı dönem, çeliklerin köklenmesi için uygulanacak hormon (köklendirme) çeşitleri ve miktarları, uygulama süreçlerinin, köklendirme ortamlarının, köklendirme koşullarının (sıcaklık, nem vb) ve daha birçok hususun belirlenmesi önemlidir. Lavanta bitkisinde çelikle çoğaltma, çeliklerin kalınlıklarının köklenme üzerine etkisi, çeşitli büyüme düzenleyicilerinin ve bunların farklı dozlarının etkilerini araştıran birçok çalışma yapılmıştır (Ayanoğlu ve ark., 2000; Kara ve ark., 2011; Özcan ve ark., 2013; Altun ve ark., 2021; İzgi, 2020; Kara ve Baydar, 2020; Caghey-Espinoza ve ark., 2021; Çiçek ve Özel, 2021; Karakaş ve İzci, 2021).

Köklendirme amacıyla bitkilerden alınan çeliklerde; köklenme oranlarında görülen farklılıklarda çeliklerin rejenerasyon yetenekleri ve çeliklerin genetik yapısı etkilidir. Ayrıca; uygun köklendirme ortamları, anaç bitkinin yaşı, alınan çeliklerin uzunluğu ve kalınlığı, anaç bitkilerin sahip oldukları içsel hormonal dengeler ve bu hormonların düzeyleri ayrıca çeliklerin anatomik yapısı da bitkilerden alınan bu çeliklerin köklenme oranlarını etkileyen en önemli faktörlerdendir (Gil-Albert ve Boix, 1978; Hartman ve ark., 1997. Schaberg ve ark., 2000; Ahmed ve ark., 2002; Kara ve Baydar, 2020).

Vejetatif çoğaltmada tüm bitki türlerinde olduğu gibi lavanta bitkisinde de çoğunlukla ilkbahar döneminde alınan bitki gövde ve kök çelikleri çoğaltım amacıyla kullanılmaktadır. Ancak ihtiyaç halinde sonbahar aylarında alınacak olan çeliklerle de çoğaltımın yapılabileceği hususunda yapılmış çalışma yetersizdir.

Bu çalışmada, ilkbahar ve sonbaharda alınan lavanta gövde çeliklerinin köklenme durumları kıyaslanmıştır. Aynı şekilde bitkilerden alınan çeliklerin köklenmesinde daha çok tercih edilen torf ile birlikte pomzanın da belli oranlarda karıştırılacak lavanta bitkisinin çeliklerinin köklendirilmesinde köklendirme ortamı olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme; Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, serasında Aralık 2020- Temmuz 2021 tarihleri arasında yürütülmüştür. Denemede, Ziraat Fakültesi, koleksiyon bahçesinde yer alan lavanta (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) populasyonundan alınan yarı odunsu gövde çelikleri materyal olarak kullanılmıştır.

Denemede üç faktörün; 1. çelik alma dönemlerinin (ilkbahar ve sonbahar), 2. hormon uygulamalarının (indol-3- bütirik asit (IBA) uygulanmış (1000 mg/l) ve uygulanmamış) ve 3. farklı köklendirme ortamlarının (1. %100 torf; 2. %75 torf + 25 pomza; 3. %50 torf + %50 pomza; 4. %25 torf +%75 pomza; 5. %100 pomza) lavanta çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Deneme; tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme deseni şeklinde 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parsellerde çelik alma dönemleri (sonbahar ve ilkbahar); alt parsellerde hormon (IBA) uygulamaları (1000 mg/l hormonlu ve hormonsuz), en alt parsellerde ise farklı köklendirme ortamları yer almıştır. 2 dönem x 2 hormon uygulaması x 5 köklendirme ortamı x 4 tekerrür: 80 adet parsel şeklinde deneme yürütülmüştür. Her parselde 25 adet çelik (15'şer cm boyunda) köklendirmeye alınmıştır. Denemede toplam 80 x 25: 2000 adet lavanta çeliği kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. (1-2) çeliklerin hazırlanması; (3-4-5) Sonbahar çeliklerinin köklendirilmesi ve köklenen bitkilerin saksılara alınması; (6-7-8-9-10) İlkbahar çeliklerinin köklendirilmesi ve köklenen bitkilerin saksılara alınması.

Figure 1. (1-2) Preparation of cuttings; (3-4-5) rooting of autumn cuttings and taking rooted plants into pots; (6-7-8-9-10) Rooting of spring cuttings and taking rooted plants into pots.

Köklendirme ortamı olarak kullanılan pomza materyali, temin edildiği firma tarafından ticari olarak belirtildiği şekliyle: Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr ve Hg gibi ağır metaller, tuzluluk ve kireç bakımından fakir; N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn ve B gibi elementleri içeren, pH bakımından nötr olan bir materyaldir. Bu materyal Manisa ili Kula ilçesinden temin edilmiştir. Köklendirme ortamında torf materyali olarak ise yurt dışından getirilerek iç piyasada 200 lt'lik paketler halinde satılan ithal torf (Klasmann, Ts1 200L, çok ince yapılı, pH: 6) kullanılmıştır.

Sonbahar çelikleri; 2020'nin Aralık ayının başlarında alındıktan sonra IBA uygulaması yapılan (1000 mg/L dozundaki IBA (İzgi 2020) çözeltisine bu çeliklerin dip kısımlarının 20-30 saniye daldırılması suretiyle) ve yapılmayan şeklinde hazırlanmış ve sonrasında 5 farklı köklendirme ortamına dikimleri gerçekleştirilmiştir. Sökümleri ise 3.5 ay sonra 10 Mart 2021 yapılmıştır. İlkbahar çelikleri ise 25 Mart 2021 alınarak gerekli uygulamaları yapılmış ve ortamlara dikimleri gerçekleştirilmiştir. İlkbahar çeliklerinin de sökümüleri 3.5 ay sonra 10 Temmuz 2021'de yapılmıştır. Denemede; köklenme oranı (%), çelik başına kök sayısı (adet/çelik) ve en uzun kök boyu (cm) gibi karakterlerin ölçümleri yapılmıştır.

Araştırmada ölçümü yapılan karakterlere ait istatistikî analizler ve ortalama değerlerin varyans analizleri yapılarak, Duncan testi ile ortalamalar arasındaki farklar belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Köklenme Oranı (%)

Elde edilen bulgulara göre köklenme oranına ilişkin ortalama değerlerin varyans analizleri incelendiğinde çeliklerin alındığı dönem, köklendirme ortamı ve hormon uygulaması genel ortalamaları arasındaki farkların %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu ortalamalar arasındaki hormon x ortam uygulaması interaksiyonuna ait ortalamalar arasındaki fark önemsiz iken diğer ikili ve üçlü interaksiyon değerleri arasındaki farklar ise %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Bu çalışmada; çeliklerin alındığı dönem, köklendirme ortamı ve hormon uygulaması üçlü interaksiyonuna ilişkin ortalama değerler incelendiğinde en yüksek köklenme oranı %96 ile ilkbaharda alınan ve hormon uygulanan; %75 torf + %25 pomza ve %50 torf + %50 pomza ortamlarından elde edilmiştir. En düşük ise %64 ile sonbaharda alınan, hormon uygulanmayan %100 pomza ortamına dikilen çe-

liklerden elde edilmiştir. Hormon x ortam; dönem x ortam ve dönem x hormon uygulaması ikili interaksiyon değeri de Çizelge 1. de verilmiştir.

Çeliklerin alındığı dönem bakımından genel ortalama değerler incelendiğinde ilkbahar çeliklerinin köklenme oranının (%88.6) sonbaharda alınan çeliklerden (%78,4) daha iyi olduğu görülmektedir. Ancak sonbaharda alınan çeliklerdeki köklenme oranları da bu bitkinin yıl içerisinde hem ilkbaharda hem de sonbaharda alınacak çeliklerle kolaylıkla ve tatminkâr şekilde çoğaltılabileceğini de göstermektedir (Çizelge 1).

Köklendirme ortamlarına ait genel ortalama değerlere bakıldığında ise en iyi sonucu %100 torf ortamının (%89.5) verdiği görülmektedir. İstatistiki açıdan %25 pomza ilavesi yapılan torf ortamında en iyi sonucun elde edildiği sadece torf ortamındaki değer ile aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Bu durum ticari açıdan pahalı olan torf ortamının yerine bir miktar pomza ile karıştırılarak elde edilecek daha uygun maliyetli bir ortamla da yeterli düzeyde köklenme sağlanabileceğini göstermektedir (Çizelge 1).

Hormon uygulaması açısından genel ortalama değerler arasında en iyi sonuç hormon (IBA) uygulanan çeliklerden (%88.2) elde edilmiştir. Bu durum beklenen bir durumdur. Çünkü hormon uygulamasının köklenmeyi teşvik ettiği birçok çalışmada tespit edilmiştir. Bu çalışmada da hormon uygulanmış çeliklere göre % 9.4 daha fazla köklendikleri belirlenmiştir. Özcan ve ark., (2013), yaptıkları çalışmalarında, köklenme oranı üzerine köklenme ortamlarının etkisini incelemişlerdir. Perlit karıştırılmış torf ortamında köklenme oranının (%69.17) tarla toprağında kine göre (%52.92) daha iyi sonuç verdiğini saptamışlardır. IBA'nın farklı dozlarıyla muamele edilen lavanta çeliklerinde en yüksek köklenme oranı %87.5 ile 4000 ppm'lik IBA uygulamasından elde edilmiştir. Ticari köklendirme tozunun uygulandığı çeliklerde ise bu oran (%83.75) olmuştur. 500 ppm IBA uygulaması yapılan çeliklerde ise en düşük köklenme oranı (%26.25) elde edilmiştir. Arslanoğlu ve Albayrak (2011) ise yaptıkları çalışmalarında; köklenme oranı bakımından lavanta ve biberiye çeliklerinde kontrol çelikleriyle kıyaslandığında; biberiye gövde çeliklerinde 6000 ppm'lik IBA dozunun, lavantada ise 2000 ve 4000 ppm'lik IBA dozların; çeliklerinin köklendirilmesinde en iyi sonucu verdiğini tespit etmişlerdir. Çiçek ve Özel (2021) yaptıkları çalışmalarında uygulamalara göre, köklenme oranının %20 .83-71.25, en uzun kök boyunun 8.15-14.78 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar en uygun çelik tipinin dip çeliği ve en uygun IBA dozunun ise 8000 ppm olduğunu tespit etmişlerdir. Yukarıda belirtilen araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda yüksek IBA dozlarının uygulandığı çeliklerde köklenme oranlarının daha iyi olduğu görülmektedir. Kara (2011), yaptığı çalışmasında, çelik alma dönemlerinin ve farklı IBA dozlarının *L. angustifolia* var. *silver* çeşidi çeliklerinde; kök sayısı, kök uzunluğu ve köklenme oranlarının farklı olduğunu tespit etmiştir. 4000 ppm IBA dozunda en iyi köklenme oranının % 95.13 olduğunu belirlemiştir. Kumar ve

Sreeja (1996), *L. angustifolia* türünde farklı çelik tiplerinin köklenme durumunu araştırdıkları çalışmalarında; dip çeliklerinde en yüksek köklenme oranını (%72) ve kök sayısını 2000 ppm'lik IBA uygulamasından elde etmişlerdir. Araştırmacıların sonuçları ile karşılaştırdığımızda bu çalışmada kullanılan IBA dozunun oldukça düşük olmasına rağmen elde edilen köklenme oranları oldukça yüksektir. Bu farklılığın alınan çeliklerin dönemine, şekline, köklendirme ortamlarının özelliklerine bağlı olarak değişim göstermiş olabileceği değerlendirilmektedir.

Çizelge 1. Köklenme oranına ilişkin ortalama değerler ve farkları

Table 1. Mean values for rooting rate and their differences

KÖKLENME ORANI (%) (rooting rate) CV: % 8.00						
Çelik alma dönemi (cutting periods)						
(Dönem x Hormon x Ortam) ortalamaları (period x hormone x media) means *	İlkbahar Çeliği (spring cuttings)		Sonbahar Çeliği (autumn cuttings)		(Ortam) (media)	
	Hormon uygulaması (hormone application)				Genel Ortalama (general means) **	
Köklendirme Ortamları (rooting media)	Hormonlu (with hormone)	Hormonsuz (without hormone)	Hormonlu (with hormone)	Hormonsuz (without hormone)		
%100 Torf (peat)	92 ab	84 bc	92 ab	90 ab	89.5 a	
%75 Torf (peat) + %25 Pomza (pumice)	96 a	92 ab	82 bc	68 d	84.5 ab	
%50 Torf (peat) + %50 Pomza (pumice)	96 a	92 ab	78 c	68 d	83.5 b	
%25 Torf (peat) + %75 Pomza (pumice)	86 a	82 bc	84 bc	68 d	80.0 b	
%100 Pomza (pumice)	86 bc	80 c	90 ab	64 d	80.0 b	
Ortalama (Dönem x Hormon) Means (period x hormone)**	91.2 a	86 b	85.2 b	71.6 c		
(Dönem) (period)	İlkbahar Çeliği (spring cuttings)		Sonbahar Çeliği (autumn cuttings)			
Genel Ortalama (General means) **	88.6 a		78.4 b			
(Hormon) (hormone)	Hormonlu (with hormone)		Hormonsuz (without hormone)			
Genel Ortalama (General means) **	88.2 a		78.8 b			
Ortalama (Hormon x Ortam) : ÖD Means (hormone + media) ns		% 100 Torf (peat)	%75 Torf (peat) + %25 Pomza (pumice)	%50 Torf (peat) + %50 Pomza (pumice)	%25 Torf (peat) + %75 Pomza (pumice)	%100 Pomza (pumice)
	Hormonlu (with hormone)	92	89	84	85	88
	Hormonsuz (without hormone)	87	80	80	75	72
Ortalama (Dönem x Ortam) Means (period x media) **	İlkbahar (spring)	88 ab	94 a	94 a	84 bc	83 bcd
	Sonbahar (autumn)	91 ab	75 de	73 e	76 cde	77 cde

*Ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemlidir. ** ortalamalar arasındaki fark 0.01 seviyesinde önemlidir. ÖD: önemli değil

*The difference between the means is significant at the 0.05 level. ** The difference between the means is significant at the 0.01 level. ns: nonsignificant

Kara ve Baydar (2020), lavantada köklendirme amacıyla alınan çeliklerin kalınlıklarına göre ayrı ayrı sınıflandırılarak; bütün çeliklerin, fide elde etmede kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Ancak köklenme açısından en uygun çelik kalınlığının 3.1-4.0 mm arasında olduğunu bildirmişlerdir. Denemede kullanılan Raya çeşidinde köklenme oranı %47.1, kök sayısı 5.5 adet/çelik ve kök uzunluğu 3.16 cm, Super çeşidinde ise köklenme oranı % 40.6, kök sayısı 3.7 adet/çelik ve kök uzunluğu ise 1.85 cm olmuştur. Araştırmacılar, çelik kalınlıklarının; köklenme oranı, kök sayısı ve uzunlukları üzerine etkilerinin de önemli olduğunu belirlemişlerdir. En yüksek köklenme oranı ve kök sayısını 3.1-4.0 mm kalınlığındaki çeliklerin sırasıyla, %59.0 ve 5.4 adet/çelik ve en yüksek kök uzunluğunu ise 2.91 cm ile 2.0-3.0 mm kalınlığındaki çeliklerin verdiğini belirtmişlerdir. Çelik kalınlığı 2-3 mm olan çeliklerde ise; en düşük kökleme oranı %33.0 ve en düşük kök sayısı 3.4 adet/çelik olarak gerçekleşmiştir. Aynı araştırmacılar Çeşit x çelik kalınlığı interaksyonu ile ilgili olarak, Raya çeşidinden alınan 3.1-4.0 mm çelik kalınlığındaki çeliklerden; en yüksek köklenme oranının %66.2 ve kök sayısının 7.1 adet/çelik elde edildiğini bildirmişlerdir. En yüksek kök uzunluğu ise 3.93 cm ile yine Raya çeşidinin 2.0-3.0 mm'lik kalınlığa sahip çeliklerinden elde edilmiştir.

Bhat ve ark. (2008) *L. officinalis* bitkisine köklendirme amacıyla uyguladıkları bitki gelişme düzenleyicileriyle NAA ve IBA'nın (1000, 2000 ve 3000 ppm'lik dozlarıda) en yüksek köklenme oranını 3000 ppm'lik IBA uygulamasından elde etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen köklenme oranları yukarıda belirtilen çalışmalardaki sonuçlardan daha yüksek çıkmıştır. Bunda en önemli etkenin köklendirme ortamlarındaki farklılıklar olduğu söylenebilir. Torf ortamında yapılacak olan köklendirmede iyi sonuçlar alındığı gibi torf ortamına %50 oranında eklenen pomza ile hazırlanan karışımın da tatmin edici seviyede köklendirilmiş çelik elde edilmesinde rahatlıkla kullanılabilceği belirlenmiştir.

3.2. Çelik Başına Kök Sayısı (adet)

Elde edilen bulgulara göre çelik başına kök sayısına ilişkin ortalama değerlerin varyans analizleri incelendiğinde çeliklerin alındığı dönem, köklendirme ortamı ve hormon uygulaması genel ortalamaları arasındaki farkların %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ikili ve üçlü interaksyon değerleri arasındaki farklar da %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çeliklerin alındığı dönem, köklendirme ortamı ve hormon uygulaması üçlü interaksyonuna ilişkin ortalama değerler incelendiğinde en yüksek çelik başına kök oluşumu (9.40 adet) ile ilkbaharda alınan ve hormon uygulanarak %50 torf + %50 pomza ortamlarına dikilen çeliklerden elde edildiği görülmektedir. En düşük ise 2.40 adet ve 2.60 adet ile sonbaharda alınan, hormon uygulanmadan ve sırasıyla %100 torf ve %100 pomza ortamına dikilen çeliklerden elde edilmiştir. Hormon x

ortam, dönem x ortam ve dönem x hormon uygulaması ikili interaksiyon değeri de Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 2 de, çeliklerin alındığı dönem bakımından genel ortalama değerler incelendiğinde ilkbahar çeliklerinin ortalama kök sayısının 4.62 adet, sonbaharda alınan çeliklerin ortalama kök sayısının ise 3.52 adet olduğu görülmektedir. Köklendirme ortamlarına ait genel ortalama değerler incelendiğinde ise en iyi sonucu %100 torf ortamından (4.72 adet) elde edilmiştir. İstatistiki açıdan %50 pomza ilavesi yapılan torf ortamından da (4.65 adet) iyi sonucun elde edildiği ve sadece torf ortamından elde edilen değer ile aralarında istatistiki olarak bir fark olmadığı ve aynı grupta yer aldıkları görülmektedir. En düşük kök sayısı ise %100 pomza ortamına dikilen çeliklerden elde edilmiştir. Torf ortamına 1:1 oranında karıştırılacak pomza ile uygun maliyetli bir ortamla da yeterli düzeyde köklenme elde edilebileceği belirlenmiştir (Çizelge 2).

Hormon uygulaması açısından genel ortalama değerler arasında en iyi sonuç hormon (IBA) uygulanan çeliklerden (5.21 adet) elde edilmiştir. Hormon uygulaması yapılmayan çeliklerde ortalama kök sayısı 2.92 adet tespit edilmiştir. Bu sonuç beklenen bir durumdur. Çünkü köklenme amacıyla hormon (IBA veya NAA) uygulamasının köklenmeyi teşvik ettiğini gösteren çok sayıda çalışma söz konusudur. Bu çalışmada da hormon uygulanmış çeliklerin, uygulanmamışlara göre 1.78 kat daha fazla köklendikleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

Özcan ve ark. (2013) yaptıkları araştırmada inceledikleri iki farklı ortamı karşılaştırmışlardır. 4000 ppm IBA uygulaması yapılarak, tarla toprağına dikilen çeliklerde en fazla kök sayısı (3.63 adet) elde etmişlerdir. 500 ppm'lik IBA uygulanmış çeliklerden ise en düşük kök sayısı (0.28 adet) elde edilmiştir. En fazla kök sayısı (3.33 adet) perlit:torf ortamına dikilen ve 4000 ppm'lik IBA dozunun uygulandığı çeliklerden, en az kök sayısı ise 500 ppm IBA uygulamasından (1.25 adet) elde edilmiştir. Ayanoğlu ve ark. (2000) yaptıkları araştırmalarında; IBA'nın 1000, 2000 ve 4000 ppm'lik dozlarıyla muamele yaptıkları karabaş lavanta (*Lavandula stoechas*)'ın çeliklerinde IBA dozlarındaki artışa bağlı olarak köklenme yüzdesi, kök uzunluğu ve kök sayısının arttığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada özellikle ilkbaharda alınarak IBA uygulaması (1000 mg/l) yapılan %50 torf + %50 pomza ortamında elde edilen sonuçlar yukarıda belirtilen araştırmacıların çalışmalarında tespit ettikleri değerlerin oldukça üzerindedir.

Çizelge 2. Çelik başına kök sayısına (adet) ilişkin ortalama değerler ve farkları**Table 2.** Mean values for root number per cutting (number/cutting) and their differences

ÇELİK BAŞINA KÖK SAYISI (adet)						
Root number per cutting (number/cutting) CV: % 14.64						
(Dönem x Hormon x Ortam) ortalamaları (period x hormone x media) means **	Çelik alma dönemi (cutting periods)				(Ortam) (media) Genel Ortalama (general means) **	
	İlkbahar Çeliği (spring cuttings)		Sonbahar Çeliği (autumn cuttings)			
	Hormon uygulaması (hormone application)					
	Hormonlu (with hormone)	Hormonsuz (without hormone)	Hormonlu (with hormone)	Hormonsuz (without hormone)		
Köklendirme Ortamları (Rooting media)						
%100 Torf (peat)	7.62 b	2.40 g	4.96 c	3.90 cdef	4.72 a	
%75 Torf (peat) + %25 Pomza (pumice)	7.58 b	2.76 fg	3.30 efg	2.82 fg	4.12 b	
%50 Torf (peat) + %50 Pomza (pumice)	9.40 a	3.02 fg	3.38 efg	2.78 fg	4.65 a	
%25 Torf (peat) + %75 Pomza (pumice)	4.62 cd	3.04 fg	4.38 cde	3.00 fg	3.76 b	
%100 Pomza (pumice)	3.12 fg	2.60 g	3.78 def	2.90 fg	3.10 c	
Ortalama (Dönem x Hormon) Means (period x hormone) **	6.47 a	2.76 c	3.96 b	3.08 c		
(Dönem) (period) Genel Ortalama (General means) **	İlkbahar Çeliği (spring cuttings)		Sonbahar Çeliği (autumn cuttings)			
	4.62 a		3.52 b			
(Hormon) (hormone) Genel Ortalama (General means) **	Hormonlu (with hormone)		Hormonsuz (without hormone)			
	5.21 a		2.92 b			
Ortalama (Hormon x Ortam) Means (hormone x media) **		% 100 Torf (peat)	%75 Torf (peat) + %25 Pomza (pumice)	%50 Torf (peat) + %50 Pomza (pumice)	%25 Torf (peat) + %75 Pomza (pumice)	%100 Pomza (pumice)
	Hormonlu (with hormone)	6.29 a	5.44 b	6.39 a	4.50 c	3.45 d
	Hormonsuz (without hormone)	3.15 d	2.79 d	2.90 d	3.02 d	2.75 d
Ortalama (Dönem x Ortam) Means (period x media) **	İlkbahar (spring)	5.01 bc	5.17 b	6.21 a	3.83 d	2.86 f
	Sonbahar (autumn)	4.43 cd	3.06 ef	3.08 ef	3.69 e	3.34 ef

** ortalamalar arasındaki fark P<0.01 seviyesinde önemlidir

** The difference between the means is significant at the P<0.01 level

3.3. En Uzun Kök Boyu (cm)

Elde edilen bulgulara göre en uzun kök boyuna ilişkin ortalama değerlerin varyans analizleri incelendiğinde çeliklerin alındığı döneme, köklendirme ortamına ve hormon uygulamasına ait genel ortalama değerlerin arasındaki farkların %1 seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ikili ve üçlü in-

teraksiyon değerleri arasındaki farkların da %1 seviyesinde önemli olduğu da görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. En uzun kök boyuna (cm) ilişkin ortalama değerler ve farkları

Table 3. Average values and differences of longest root length (cm)

EN UZUN KÖK BOYU (cm)						
Longest root length (cm) CV: % 20.11						
Çelik alma dönemi (cutting periods)						
(Dönem + Hormon + Ortam) ortalamaları (period x hormone x media) means **	İlkbahar Çeligi (spring cuttings)		Sonbahar Çeligi (autumn cuttings)		(Ortam) (media)	
	Hormon uygulaması (hormone application)				Genel Ortalama (general means) **	
Köklendirme Ortamları (Rooting media)	Hormonlu (with hormone)	Hormonsuz (without hormone)	Hormonlu (with hormone)	Hormonsuz (without hormone)		
%100 Torf (peat)	3.28 bcde	2.22 e	4.40 b	2.42 de	3.08 b	
%75 Torf (peat) + %25 Pomza (pumice)	9.26 a	2.50 de	3.74 bcd	2.37 de	4.47 a	
%50 Torf (peat) + %50 Pomza (pumice)	9.55 a	2.75 cde	2.54 de	2.17 e	4.25 a	
%25 Torf (peat) + %75 Pomza (pumice)	4.02 bc	3.03 bcde	3.12 bcde	2.86 cde	3.26 b	
%100 Pomza (pumice)	3.17 bcde	3.11 bcde	3.37 bcde	2.89 cde	3.14 b	
Ortalama (Dönem x Hormon) Means (period x hormone) **	5.86 a	2.72 c	3.43 b	2.54 c		
(Dönem) (period)						
Genel Ortalama (General means) **	İlkbahar Çeligi (spring cuttings)		Sonbahar Çeligi (autumn cuttings)			
	4.29 a		2.99 b			
(Hormon) (hormone)						
Genel Ortalama (General means) **	Hormonlu (with hormone)		Hormonsuz (without hormone)			
	4.64 a		2.63 b			
Ortalama (Hormon x Ortam) Means (hormone + media) **		% 100 Torf (peat)	%75 Torf (peat) + %25 Pomza (pumice)	%50 Torf (peat) + %50 Pomza (pumice)	%25 Torf (peat) + %75 Pomza (pumice)	%100 Pomza (pumice)
	Hormonlu (with hormone)	3.84 b	6.50 a	6.05 a	3.57 b	3.27 bc
	Hormonsuz (without hormone)	2.32 c	2.44 c	2.46 c	2.95 bc	3.00 bc
Ortalama (Dönem x Ortam) Means (period x media) **		İlkbahar (spring)	Sonbahar (autumn)			
		2.75 bc	5.88 a	6.15 a	3.53 b	3.14 bc
		3.41 b	3.06 bc	2.36 c	2.99 bc	3.13 bc

** ortalamlar arasındaki fark $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir

** The difference between the means is significant at the $P < 0.01$ level

Çeliklerin alındığı dönem, köklendirme ortamı ve hormon uygulaması faktörlerinin üçlü interaksiyonuna ilişkin ortalama değerler incelendiğinde en uzun kök boyunun 9.55 cm ile ilkbaharda alınan ve hormon uygulanarak %50 torf

+ %50 pomza ortamlarına dikilen çeliklerden elde edildiği tespit edilmiştir. En kısa kök boyu ise 2.17 cm ile sonbaharda alınan ve hormon uygulanmadan %50 torf + %50 pomza ortamına dikilen çeliklerden elde edilmiştir. Hormon x ortam; dönem x ortam ve dönem x hormon faktörlerine ilişkin ikili interaksiyon değerleri Çizelge 3 de verilmiştir.

Çeliklerin alındığı dönem bakımından genel ortalama değerler incelendiğinde ilkbahar çeliklerinin ortalama en uzun kök boyu 4.29 cm, sonbaharda alınanlarda ise bu değer ortalama 2.99 cm olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Köklendirme ortamlarına ait genel ortalama değerler incelendiğinde en uzun kök boyu %75 torf + %25 pomza ortamından (4.47 cm) elde edilmiştir. Bu ortamı %50 pomza ilavesi yapılan torf ortamına dikilen çeliklerden (4.25 cm) elde edilen değer izlemiş, ancak istatistiki açıdan ortalama değerler arasındaki fark önemli bulunmamıştır. En kısa kök boyu değeri (3.14 cm) ise %100 pomza ortamına dikilen çeliklerden elde edilmiştir (Çizelge 3).

Hormon uygulaması açısından genel ortalama değerler incelendiğinde; en uzun kök boyu, hormon (IBA) uygulanan çeliklerde 4.64 cm olarak tespit edilmiştir. Hormon uygulaması yapılmayan çeliklerde ise en uzun kök boyunun 2.63 cm olduğu belirlenmiştir. Hormon uygulanmış çeliklerin, uygulanmamışlara göre 1.76 kat daha uzun kök oluşturdıkları tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Özcan ve ark. (2013) iki farklı ortamı karşılaştırdıkları çalışmalarında; kök uzunluğu bakımından, en uzun kök boyunun torf ve perlit karışımında 5.78 cm olduğunu, tarla toprağında ise 4.03 cm olduğunu belirlemişlerdir. Lavanta çeliklerinde farklı IBA dozlarında en uzun kök boyu 4000 ppm'lik IBA uygulanan çeliklerden (9.40 cm), en kısa kök boyu ise 500 ppm'lik IBA uygulanan çeliklerden (1.12 cm) elde edilmiştir. Bu çalışmada özellikle ilkbaharda alınarak IBA uygulaması (1000 mg/l) yapılan %75 torf + %25 pomza ve %50 torf + %50 pomza ortamlarından elde edilen sonuçlar araştırmacıların çalışmalarında tespit ettikleri değerlerden daha yüksektir.

Altun ve ark. (2021) yaz başlangıcı döneminde henüz otsu yapıda oldukları dönemde alınan yeşil çelikler ile yaz ayları içinde kısmen odunlaşmaya başlamış sürgünlerden alınan yarı odunsu çeliklerin ve sonbahar-kış aylarına doğru alınan odun çeliklerinin köklendirme amacıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Lavanta bitkisinde çoğaltma amacıyla alınacak çeliklerin kış dinlenme dönemindeki bitkilerden henüz uyanmamış olanlardan alınmasını tavsiye etmişlerdir (Aslançan ve Sarıbaş, 2011). Bu yüzden çeliklerin alındıkları zaman bakımından çoğaltılabilmesi için bir hayli sınırlı zamana ihtiyaç vardır. Eğer bu dönemde çok sayıda çelikten fide üretmek istenirse, yeterli köklendirme alanlarının hazırlanmasına ve çeliklerin bu kısa zaman içerisinde alınarak köklendirme ortamına dikilmesi-

ne gerek vardır. Bu çalışmada ilkbahar dönemine ek olarak sonbahar döneminde özellikle de bitkilerin tam dinlenme durumuna girdikleri dönemde alınacak çeliklerden soğuk sera ortamında tatmin edici seviyede köklenmiş lavanta çeliklerinin elde edilebileceği belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, en yüksek köklenme oranı %96 ile ilkbaharda alınan ve hormon uygulanan; %75 torf + %25 pomza ve %50 torf + %50 pomza ortamlarına dikilen ortamlardan elde edildiği, farklı gelişme dönemlerinde lavanta bitkisinden alınacak olan yarı odunsu gövde çelikleriyle çoğaltmanın yapılabileceği belirlenmiştir. İlkbaharda alınacak çeliklerle köklenme oranının daha yüksek olduğu tespit edilmiş olmakla birlikte, sonbaharda alınacak çeliklerden de tatminkâr şekilde köklenme sağlanabileceği belirlenmiştir. Köklenme oranını arttırmak için IBA kullanılması yararlı olacağı tespit edilmiştir. Gerek duyulduğunda sonbahar döneminde alınan çeliklerle ortalama %71.6 oranında köklenme sağlanabilmesi bu dönemde de çoğaltmanın yapılabileceğini, ilgili işletmelerde hem iş imkânı oluşturulabileceğini hem de lavanta üretiminin yapılabileceğini göstermiştir. Sonbahar döneminde alınan ve köklendirilen çelikler ile erken ilkbaharda kurulacak olan lavanta tarlalarında, bitkilerin ilk gelişme yılında daha fazla gelişmesine fırsat sağlanmış olacaktır. Denemede köklendirme ortamı olarak kullanılan torf ortamına, %25-50 oranında ilave edilecek pomza ile de uygun ortamın sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Lavantada çelikten fide yetiştiriciliğinde, ilkbaharda çelikleri, hormon uygulaması ve %50 torf + %50 pomza karışım ortamlarının kullanılması önerilebilir. Ayrıca, köklendirme ortamında pomza kullanılarak maliyet düşürülebilir. Bu madenin ekonomik analizlerinin yapılarak ülke ekonomisine sağlayacağı katkılarının da belirlenmesi gerekmektedir. Süs bitkileri sektörü başta olmak üzere, seracılık ve birçok bitkisel üretim alanında kullanılabilecek özel karışım köklendirme veya bitki üretim ortamlarının üretilmesi mümkün olabilecektir.

Teşekkür

Denemede köklendirme ortamlarında kullanılan kırmızı pomza, Oktaş A.Ş. tarafından; Manisa ili Kula ilçesinde bulunan Güven Madencilik sahasından karşılanmıştır. Bu çalışmanın bir kısmı 'II. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi (TABKON 2022), 29 Eylül-2 Ekim 2022 Rize'de sözlü olarak sunulmuş ve özet olarak basılmıştır.

Çıkar Çatışma

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Onay Beyanı

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): FT(%10), MUY(%40), MB(%10), EOS(%40)

Veri Toplanması (Data Acquisition): FT(%50), MUY(%15), MB(%10), EOS(%25)

Veri Analizi (Data Analysis): FT(%10), MUY(%40), MB(%10), EOS(%40)

Makalenin Yazımı (Writing Up): FT(%10), MUY(%30), MB(%30), EOS(%30)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): FT(%5), MUY(%50), MB(%5), EOS(%40)

KAYNAKLAR

- Ahmed, M., Laghari, M.H., Ahmed, I., Khokhar, K.M., 2002. Seasonal variation in rooting of leafy olive cuttings. *Asian J. of Plant Sci.*, 1(3): 228-229
- Altun, B., Güngör, R., Çetin, A.N., Başpınar, A., Özkan, Z., 2021. *Lavandula angustifolia* "Sevtopolis" çeliklerinin köklenmesi üzerine bekletme süresi ve farklı iba dozlarının etkileri. Ahi Evran International Conference on Scientific Research, 44-53, 30 November – 1-2 December, Kırşehir.
- Arslanoğlu, F., Albayrak, Ö., 2011. Farklı IBA dozlarının biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve lavanta (*Lavandula angustifolia* Spica) gövde çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri. 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 1390-1393, 12-15 Eylül, Bursa.
- Aslançan, H., Sarıbaş, R., 2011. Lavanta yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü; Broşür Yayın No: 41 ss:4.
- Ayanoğlu, F., Mert, A., Kaya, A., 2000. Hatay florasında yetişen karabaş lavantanın (*Lavandula stoechas* subsp. *stoechas* L.) çelikle köklendirilmesi üzerine farklı lokasyonların ve hormon dozlarının etkisi. *Türk J. Agric For.* 24: 607-610
- Baser, K.H.C., 1993. Essential oils of anatolian lamiaceae, A. Profile. *Acta Horticulturae* 333:217-238
- Bhat, A.B., Siddique, M.A.A., Bhat, Z. A., 2008. Effect of IBA, NAA and rootex on rooting of *Lavandula officinalis*. *Environment and Ecology* 26(4A), 1777-1781.
- Bona, C.M., Biasetto, I.R., Masetto, M., Deschamps, C., Biasi, L.A., 2012. Influence of cutting type and size on rooting of *Lavandula dentata* L. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 14(1), 8-11.
- Boyer, N.Z., Graves, W.R., 2009. NAA is more effective than IBA for rooting stem cuttings of two *Nyssa* spp. *Journal of Environmental Hort.* 27(3):183-187.
- Caughey-Espinoza, D.M.M., Ayala-Astorga, G.I., Buitimea-Cantúa, G.V., Buitimea-Cantúa, N.E., Ochoa-Meza, A., 2021. Propagación y establecimiento de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) bajo malla sombra. *IDESIA*. 39(1):27-35
- Çiçek, E., Özel, A., 2021. Lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.)'da çelikle çoğaltmada uygun çelik tipi ve IBA dozunun belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 25(2): 254-264
- Demir, C., Satılmış, E., 2019. Kokunun en şifalı hali: lavanta. *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*. 7 (77), 7-10.
- Gil-Albert F., Boix, E., 1978. Effects of treatment with IBA on rooting of Ornamenta conifers. *Acta Horticult.* 79: 63-77.
- Gül, A., 1991. Topraksız kültür yöntemleriyle yapılan sera domates yetiştiriciliğinde uygun agregat seçimi Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s, İzmir.
- Hartman, H.T., Kester, D.E., Davies, F., Geneve, Y.R., 1997. Plant propagation: Principles and practices. 6th ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River. New Jersey. p.770.
- Hatipoğlu, H., Yıldırım, M.U., 2020. Farklı Büyüme Ortamı ve Hümk Asit Uygulamalarının Safran (*Crocus sativus* L.) Kormlarının Gelişimine Etkisi . *Ziraat Fakültesi Dergisi, Türkiye* 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı, 143-151. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/52563/650502>

- İzgi, M.N., 2020. Farklı IBA (İndol-3-Bütirik Asit) Dozları ve Köklendirme Ortamlarının Bazı Tıbbi Bitkilerin Köklenmesi Üzerine Etkileri. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 7(1): 9-16
- İzmirli, A., Yıldırım, M.U., 2023. Time-Based Changes In Essential Oil Contents And Components Of English Lavender (*Lavandula angustifolia* MILL.) After Foliar Application of Gibberellic Acid (GA₃). Journal of Animal & Plant Sciences, 33(3): 2023, Page: 708-714. ISSN (print): 1018-7081;ISSN(online):2309-8694 <https://doi.org/10.36899/JAPS.2023.3.0663>
- Kara, N., 2011. Uçucu Yağ Üretimine Uygun Lavanta (*Lavandula* sp.) Çeşitlerinin Belirlenmesi ve Mikroçoğaltım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi. SDÜ, Fen Bil. Enstitüsü, Isparta.
- Kara, N., Baydar, H., 2020. Lavantada Köklenme Üzerine Çelik Kalınlıklarının Etkisi. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 9(Özel Sayı):58-61
- Kara, N., Baydar, H., Erbaş, S., 2011. Farklı Çelik Alma Dönemleri ve IBA Dozlarının Bazı Tıbbi Bitkilerin Köklenmesi Üzerine Etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28 (2):71-81.
- Karakaş I., İzci B., 2021. Effects of Three Different Rooting Media on Some Rotting Parameters of Cuttings Belonging to *Lavandula angustifolia* and *Lavandula x intermedia* species. Acta Natura Et Scientia, 2(1), 68-75.
- Kumar, N., Sreeja, K.V., 1996. Effect of Growth Regulator On the Rooting Ability of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). Indian Perfumer 40: 93-94.
- Özbek, S., Özhan, M., Yılmaz, M., 1961. Çay Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Muhtelif Hormonların Tesiri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı Yıl: 11, Fasikül 2.
- Özcan. İ.İ, Arabacı, O., Öğretmen, N.G., 2013. Lavanta (*Lavandula hybrida*)'nın Köklenmesi Üzerine Farklı Hormon Dozları ve Köklendirme Ortamlarının Etkisi. V. Süs Bitkileri Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt II, 529-534, 06-09/05/2013,Yalova
- Prusinowska, R., Smigielski, B., 2014. Composition, biological properties and therapeutic effects of Lavender (*Lavandula angustifolia* L.). A review. Herba Polonica, 60(2), 56-66.
- Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998. Pomza teknolojisi (Gündüz, L. (ed.), Pomza Karakterizasyonu, Cilt 1, s.285, Isparta.
- Schaberg, P.G., Snyder, M.C., Shane, J.B., Donnelly, J.R., 2000. Seasonal patterns of carbohydrate reserves in red spruce seedlings. Tree Physiol. 2000; 20: 549-555.
- Sevgican, A., 2003. Örtüaltı sebzeçiliği, topraksız tarım. Genişletilmiş 2. Baskı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:526.
- Shellie, R., Mondello, L., Marriott, P., Dugo, G., 2002. Characterization of lavender essential oils by using gas chromatography-mass spectrometry with correlation of linear retention indices and comparison with comprehensive two-dimensional gas chromatography. Journal of Chromatography. A, 970(1-2), 225-234.
- Simon, J.E., Chadwick, A.F., Craker, L.E., 1980. Herbs: The scientific literature on selected herbs and aromatic and medicinal plants of the temperate zone. Elsevier. London, UK.
- Smigielski, K., Prusinowska, R., Stobiecka, A., Kunicka – Styczynska, A., Gruska, R., 2018. Biological properties and chemical composition of essential oils from flowers and aerial parts of Lavender (*Lavandula angustifolia*), Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21(5), 1303-1314.
- Tuncer, G., Özkan, Ş.G., 2001. Pomza madenciliğine genel bir bakış. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 269-276.
- Tunçöz, F.D., 2007. Şeker fabrikası atık çamurları ve pomzanın toprak iyileştirici olarak kullanılması. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 93s, Konya.
- Yıldırım M.U., Sarıhan E.O., Kul, H., Khawar, K.M., 2019. Diurnal and nocturnal variability of essential oil content and components of *Lavandula angustifolia* Mill. (Lavender). MKU. Tar. Bil. Derg. 24(3) : 268-278.
- Zeybek, U., Haksel, M., 2011. Türkiye'de ve dünya'da önemli tıbbi bitkiler ve kullanımları. Meta basım İzmir, 107-111.



Effects of the *1RS.1BL* Wheat-Rye Translocationon Kernel and Bran Content of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.)

1RS.1BL Çavdar Translokasyonunun Ekmeklik Buğdayda
(*Triticum aestivum* L.) Tane ve Kepek İçeriğine Etkileri

Nevzat AYDIN¹, Bedrettin DEMİR², Abdülvahit SAYASLAN³, Özge DOĞANAY
ERBAŞ KÖSE⁴, Tuğba GÜLEÇ⁵, Cemal ŞERMET⁶, Erdinç SAVAŞLI⁷,
Mesut Ersin SÖNMEZ⁸, Mehmet KOYUNCU⁹, Zeki MUT¹⁰

¹Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering, Karaman
· nevataydin@gmail.com · ORCID > 0000-0003-3251-6880

²Karamanoğlu Mehmetbey University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Chemistry and
Chemical Processing Technologies, Karaman
· bedrdemir@gmail.com · ORCID > 0000-0002-8892-2282

³Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Food Science, Karaman
· sayaslan@kmu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-7161-1552

⁴Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Department of Field Crops, Bilecik
· ozgedoganay.eras@bilecik.edu.tr · ORCID > 0000-0003-0429-3325

⁵Karamanoğlu Mehmetbey University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Plant and Animal
Production, Karaman
· tuba.eserkaya@gmail.com · ORCID > 0000-0002-1755-1082

⁶Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun
· cemalsermet@gmail.com · ORCID > 0000-0002-3428-6022

⁷Transitional Zone Agricultural Research Institute, Eskişehir
· esavasli2626@gmail.com · ORCID > 0000-0001-5326-4710

⁸Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering, Karaman
· mesutersinsonmez@kmu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0966-9216

⁹Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Food Science, Karaman
· mkoyuncu@kmu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7704-9529

¹⁰Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Department of Field Crops, Bilecik
· zeki.mut@bilecik.edu.tr · ORCID > 0000-0002-1465-3630

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 24 Ekim/October 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 71-85

Atıf/Cite as: Aydın, N., Demir, B., Sayaslan, A. et al. "Effects of the *1RS.1BL* Wheat-Rye Translocationon Kernel and Bran Content of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.)" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 71-85.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tuğba GÜLEÇ

EFFECTS OF THE *1RS.1BL* WHEAT-RYE TRANSLOCATION ON KERNEL AND BRAN CONTENT OF BREAD WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

ABSTRACT

In this study, the effects of rye translocation on some quality properties and mineral content of whole wheat kernel and bran were investigated. The plant material consisted of 147 recombinant inbred lines (RILs) and five control cultivars, including the parent. The genotypes were grown in Turkey at two different locations for two consecutive years. In the study, lines with and without rye translocation were determined by SDS-PAGE and PCR analysis, and the glutenin subunits of the lines at *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-A3* and *Glu-B3* loci were also analyzed. The protein, starch, fat, ash, dry matter, acid detergent insoluble fiber (ADF), neutral detergent insoluble fiber (NDF), potassium (K), phosphorus (P) and magnesium (Mg) contents of kernels and bran of the RILs were determined. Statistically significant differences were found between the genotypes in terms of all the examined characteristics except the amount of dry matter. The RILs carrying translocation *1RS.1BL* had a higher average ADF, NDF, protein content, ash content, K, Mg, and P contents of kernels, as well as a higher average ADF, NDF, ash, and K bran contents than the RILs without the translocation. The bran of the RILs without the translocation had higher values in terms of fat, starch, and phosphorus content. The results indicate that wheat- rye translocation *1RS.1BL* has a significant effect on both whole wheat kernel and bran content, and can be used to enrich the content of wheat bran.

Keywords: Rye Translocation, Grain, Location, Quality.



1RS.1BL ÇAVDAR TRANSLOKASYONUNUN EKMEKLİK BUĞDAYDA (*Triticum aestivum* L.) TANE VE KEPEK İÇERİĞİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada *1RS.1BL* çavdar translokasyonunun tam buğday tanesi ve kepeğin bazı kalite özelliklerine ve mineral içeriğine etkisi araştırılmıştır. Bitki materyali 147 rekombinant kendilenmiş hat (RIL'ler) ve ebeveyn dahil beş kontrol çeşidinden oluşmuştur. Genotipler Türkiye'de iki yıl üst üste iki farklı yerde olmak üzere toplam dört çevrede yetiştirilmiştir. Çalışmada önce *1RS.1BL* çavdar translokasyonu olan ve olmayan hatlar SDS-PAGE ve PZR analizi ile belirlenerek hatların *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-A3* ve *Glu-B3* lokuslarındaki glutenin alt birimleri analiz edilmiştir.

Daha sonra RIL'lerin tane ve kepeklerinin protein, nişasta, yağ, kül, kuru madde, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), potasyum (K), fosfor (P) ve magnezyum (Mg) içerikleri belirlenmiştir. Kuru madde miktarı dışında incelenen tüm özellikler açısından genotipler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. *IRS.1BL* çavdar translokasyonu taşıyan hatların tanelerinde ortalama ADF, NDF, protein içeriği, kül oranı, K, Mg ve P içerikleri çavdar translokasyonu taşımayan hatlardan daha yüksektir. Çavdar translokasyonu taşıyan hatların kepekleri ise ortalama ADF, NDF, kül ve potasyum içeriği bakımından daha yüksek değerlere sahip iken, çavdar translokasyonu taşımayan hatların kepekleri yağ, nişasta ve fosfor içeriği bakımından daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Sonuçlar, *IRS.1BL* çavdar translokasyonunun hem tam buğday tanesi hem de kepek içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve buğday kepeği içeriğini zenginleştirmek için kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çavdar Translokasyonu, Buğday Tanesi, Lokasyon, Kalite.



1. INTRODUCTION

Wheat is the most widely cultivated and produced cereal in Turkey and many other countries. It is a crucial raw material for various products, particularly for making bread, which is a staple food for many people, especially in developing countries. In Turkey, bread alone accounts for 56% of daily calorie and 50% of daily protein consumption needs, and the average daily bread consumption per person is approximately 400 grams (TUIK, 2014; TPMA, 2021). Wheat is primarily used in the flour industry. Before using wholemeal flour, industrialists must consider its properties and how they will affect the final product's quality. Since bread quality is closely related to the flour's chemical composition, it is necessary to know the amount of moisture, ash, protein, starch, fat, crude fiber, and free acidity values in the flour (Lasztity, 1996).

Bran, a by-product consisting of wheat husks and other wheat particles separated from the flour during the sifting of flour after the milling stage of wheat, is used in the feeding ruminant animals. Ruminant animals can digest this product at around 70-75%. Wheat bran contains higher amounts of crude protein, fat, cellulose, and ash than the kernel of wheat (Prueckler et al., 2014). Ruminants can utilize the protein, energy, and highly digestible cell wall fractions of wheat bran extremely well. Therefore, it is used instead of some of the other grains or protein sources in the rations (Zhao et al., 2011). In addition to food groups such as carbohydrates, fats, and proteins, animal organisms also require mineral substances (Bailey, 2001). Wheat bran is a valuable feed ingredient as it contains a higher concentration of mineral substances than the kernel.

Structural carbohydrates found in roughage are divided into two groups: neutral detergent insoluble fiber (NDF), which includes cellulose, hemicellulose, and lignin, and acid detergent insoluble fiber (ADF), which includes cellulose and hemicellulose. The amount of NDF and ADF that ruminants consume with their ration, according to their physiological status, affects the degree of feed digestibility and the resulting benefits (Mertens, 1987; Van Soest et al., 1991; Moon et al., 2002; Zhao et al., 2011; Tekce and Gül, 2014).

The major protein in wheat is gluten, composed of gliadins and glutenins. Gluten accounts for 78-85% of the proteins in wheat (Vetter, 1984; Marconi et al., 2000). Gluten proteins in wheat are categorized into High Molecular Weight (HMW) and Low Molecular Weight (LMW) types (Hsia and Anderson, 2001). HMW glutenin subunits, which are controlled by three gene loci, have been identified as *Glu-1A*, *Glu-1B*, and *Glu-1D*, and are located on the long arms of group 1 chromosomes (1AL, 1BL, and 1DL) (Payne et al., 1987). The LMW subunits are encoded by the *Glu-A3*, *Glu-B3*, and *Glu-D3* loci, located on the short arms of chromosomes 1A, 1B, and 1D, respectively (Jackson et al., 1983). The *Glu-A3* locus has six different alleles (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*), the *Glu-B3* locus has nine (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*), and the *Glu-D3* locus has five (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*) different alleles. It is known that alleles in the *Glu-B3* locus, which is one of the LMW glutenin subunits, have an effect on improving dough quality and *Glu-A1* HMW subunits affect the rheological properties of dough (Vetter, 1984; Payne et al., 1987; Marconi et al., 2000; Hsia and Anderson, 2001).

Rye introgressions are used in wheat breeding to improve agronomic performance, disease resistance, and adaptation to environment (Graybosch, 2001; Ehdai et al., 2003; Kim and Johnson, 2004; Hoffman, 2008; Sharma et al., 2009; Güleç et al., 2021). Of several wheat-rye translocations used in wheat breeding, translocation *1RS.1BL* has been shown in numerous studies to increase the agronomic performance but has a negative effect on wheat quality (Graybosch, 2001; Moiraghi et al., 2013). The low quality of wheat genotypes carrying rye translocations is due to the absence of LMW glutenin subunits at the *Glu-B3* locus and the presence of secalin proteins transferred from rye (Zeller and Hsam, 1984). However, this translocation may not only affect the bread-making quality but also animal nutrition, so it is important to determine the chemical contents of both the kernel and bran. In recent years, interest in whole wheat flour and wholemeal bread has increased worldwide, and the importance of bran in animal nutrition has been further understood. This study investigates the effects of HMW-LMW glutenin subunits and the *1RS.1BL* translocation on some quality parameters and the mineral contents of wheat kernel and bran in trials conducted in four different environments.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Plant Material

In this research, we used 147 recombinant inbred lines (RILs) obtained by hybridizing cultivars Tosunbey $\times$ Tahirova2000, along with five control wheat cultivars. All accessions had white grains. The parents are known to have significant differences in quality characteristics. Tahirova2000 variety has higher potential in terms of grain yield. However, the Tahirova2000 variety exhibited good cold tolerance. Cv. Tosunbey carries HMW glutenin subunits 1, 17+18, 5+10 and *Glu-A3b*, *Glu-B3b*, *Glu-D3b* LMW glutenin subunits. Cv. Tahirova2000 carries HMW glutenin subunits 2*, 7+9, 5+10 HMW and *Glu-A3e* (null), *Glu-B3j* (null), *Glu-D3b* LMW glutenin subunits. Control cultivars were Tosunbey, Tahirova2000, Adana99, Nevzatbey and Altay2000. Tahirova2000 has the *Glu-B3j* subunit, indicating a *1RS.1BL* translocation.

2.2. Trial Locations

Trials were conducted in Samsun/Bafra (41°34'N-35°54'E) and Eskişehir (39°39'31"N-31°2'13"E) locations in Turkey during 2012-2013 and 2013-2014 growing seasons. Samsun/Bafra is known for its high yield potential and ample precipitation, while Eskişehir represents the Middle Passage Zone of Turkey with relatively low precipitation rates. The experiments were sown using a plot planting seeder (Wintersteiger) and harvested with a plot combine harvester (Hege 80). The plot size was 6.47 m $\times$ 1.2 m at sowing, 5 m $\times$ 1.2 m during the growing season, and 4 m $\times$ 1.2 m at harvest. An edge effect of 50 cm was taken from both sides of the parcels. The sowing frequency was adjusted to 400-450 seeds per square meter. 15 kg/decare of N were used in Samsun, and 10 kg/decare of N in Eskişehir. P fertilization was done at 6 kg/decare. In Eskişehir, irrigation was done once (35-40 mm) in the summer of 2013 and 2014 and the total precipitation was 332.8 mm and 316.7 mm in the two years, respectively. In Bafra/Samsun the total precipitation during the wheat growing seasons was 416.2 mm and 283.3 mm in 2012-13 and 2013-14, respectively. The average temperatures during the wheat growing seasons were 14.4°C and 13.3°C in Bafra/Samsun location in 2012-13 and 2013-14, respectively, and 10.7°C and 10.5°C in Eskişehir. The trials were generally successful with no significant damage observed.

2.3. Quality Analysis

Wheat samples were ground using a standard laboratory mill (Brabender Quadrumat Jr.; AACC Method 26-50). The debranning process was carried out with a Loyka ESM-200 sieve shaker using a 415 μ m sieve at 150 rpm for 1 minute.

Protein contents of whole wheat flours were determined using the flour module of the Perten Inframatic 9500 device (Perten Instruments, Sweden) and expressed as a percentage at 14% moisture content (Koyuncu, 2009). Damaged starch contents of wheat flours were measured using an amperometric damaged starch measuring device (Chopin – SLMWtic) following the the International Cereal Science and Technology Association (ICC, 2011) protocol ICC Method 172. Damaged starch values were read at 14% moisture content. The ash content of wheat flours was determined by using the flour module of the Perten Inframatic 9500 device (Perten Instruments, Sweden) and expressed as the amount in dry matter (Koyuncu, 2009).

The ADE, NDE, potassium, phosphorus, and magnesium contents of bran samples were determined using IC-1035FE and IC-0912FE calibrations in the Foss XDS NIR device.

2.4. Molecular Analysis

The SDS-PAGE was used to determine the HMW and LMW glutenin subunits of the RILs (Masci et al., 2000; Gianibelli et al., 2001). Wheat genotypes with the *1RS.1BL* translocation lack wheat LMW glutenin subunits as the short arm of chromosome 1B is missing. Instead, rye-specific secalin bands appear on the gel. The absence of *Glu-B3* and the presence of secalins were taken as identifiers of the *1RS.1BL* translocation (Zeller and Hsam, 1984).

DNA isolation from seed was performed using the ZR Plant/Seed DNA miniPrep™ Kit. The presence of the *Glu-B3b* allele was detected using primers as specified by Wang et al. (2009). The total volume of the PCR reaction solution was 20 µL. To this solution, 1X PCR buffer (50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl, pH 9.0, 0.1% Triton X-100), 0.1 mM dNTPs, 1.5 mM MgCl₂, 1.0 U Taq polymerase, 10 pmol DNA primer, and 50 ng DNA sample were added. The reaction underwent initial denaturation at 94 °C for 5 minutes, followed by denaturation at 94 °C for 45 seconds, annealing at 56-61 °C for 45 seconds, elongation at 72 °C for 90 seconds, and final extension at 72 °C for 8 minutes. PCR products were run on a 2% (w/v) agarose gel at 130-150 volts for 1.5 hours to verify primer amplification. The gel was then imaged using the BioRad gel imaging system.

2.5. Evaluation of Data and Statistical Analysis

The variance analysis of the collected data was conducted using the JMP 10 statistical program, following the partial lattice trial design (JMP, 2010).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. SDS-PAGE Results

The population of RILs screened here showed 16 different combinations of HMW and LMW glutenin subunits, ranging from two to 16 lines with a given combination. Cv. Tahirova2000 carried HMW glutenin subunits 2*, 7+9 and 5+10, and *GluA3e*, *GluB3j*, *GluD3b* alleles of LMW glutenins while cv. Tosunbey carries HMW glutenin subunits 1, 17+18, 5+10, and *GluA3b*, *GluB3b*, *GluD3b* alleles of LMW glutenins (Fig.1). Among 147 RILs analyzed, 60 included rye translocations, while 87 did not.

3.2. PCR Results

In PCR using the *Glu-B3b* primers, a band of 1570 bp in size was observed. It was determined that 60 of the lines included rye translocation, and 87 of them did not contain rye translocation (Fig. 2).

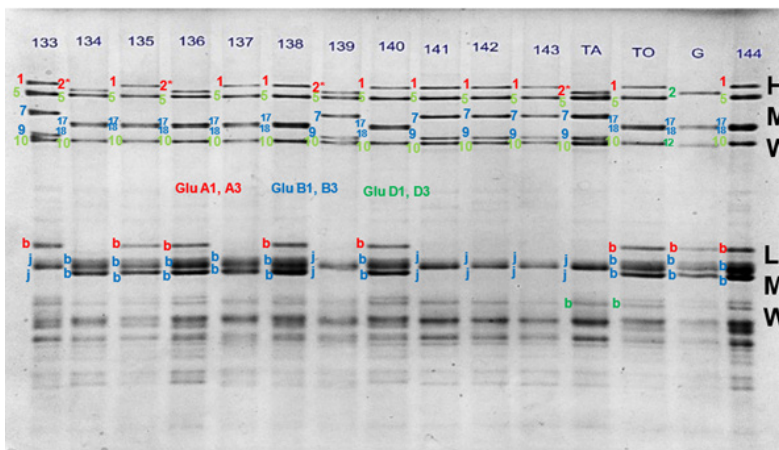


Figure 1. SDS-PAGE photograph showing bands for HMW and LMW glutenin subunits in some lines

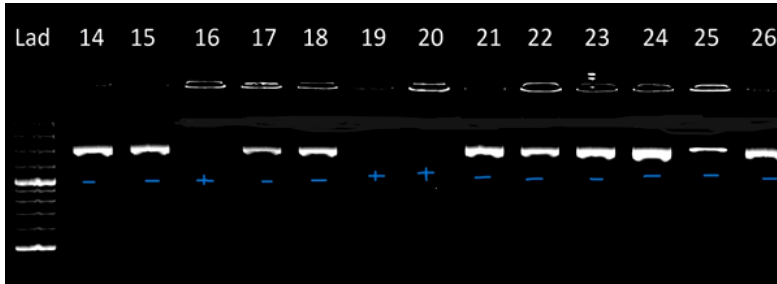


Figure 2. Gel photograph of lines scanned with *Glu-B3b* primer
(-: not containing 1BL.1RS, +: containing 1BL.1RS)

3.3. Quality Analysis Results of Kernel and Bran

Statistically significant differences were found at a 1% level between years and locations in terms of all characteristics examined in the kernel and bran samples of the genotypes, except for the dry matter ratio (Table 1). The kernel protein content of RILs ranged from 11.2% to 15.0%, the starch content from 63.8% to 68.7%, the fat content from 0.91% to 1.54%, and the dry matter content from 89.5% to 89.9%. In the bran, the protein content ranged from 15.0% to 17.8%, the starch content from 17.9% to 28.8%, the fat content from 3.63% to 5.32%, and the dry matter content from 88.3% to 89.3% (Table 1).

The ADF content ranged from 2.46% to 3.74%, NDF content from 14.8% to 17.0%, K content from 0.357 to 0.497, Mg content from 0.123% to 0.159%, and P content from 0.371 to 0.409. In the bran, ADF content ranged from 8.79% to 13.1%, NDF content from 26.8% to 31.6%, K content from 0.897 to 1.076, Mg content from 0.249 to 0.299, and P content from 0.552 to 0.637 (Table 1).

The ADF, NDF, K, Mg, and P contents in the kernel and bran were higher in the first year, starch and fat contents were higher in the second year (Table 2). Dry matter content was found to be higher in the first year in the kernel and in the second year in the bran. Protein, starch, dry matter, NDF, K, Mg, and P contents in the kernel were found to be higher in the Samsun location. Starch, ash, fat, and ADF contents were higher in Eskisehir. Protein, dry matter, ADF, NDF, K, Mg, and P contents in the bran were higher in the Samsun.

Table 1. The mean values and ranges of the quality traits of the genotypes in the combined data of the years and locations

Traits		Mean (%)	Range (%)	CV %	SD
PC	Kernel	12.7	11.2-15.0	9.62	1.22
	Bran	16.3	15.0-17.8	6.99	1.14
SC	Kernel	67.0	63.8-68.7	2.22	1.49
	Bran	23.5	17.9-28.8	11.9	2.79
FC	Kernel	1.25	0.91-1.54	16.0	0.20
	Bran	4.61	3.63-5.32	5.03	0.23
AC	Kernel	1.34	1.16-1.52	10.4	0.14
	Bran	5.25	4.58-5.62	4.95	0.26
DM	Kernel	89.7	89.5-89.9	0.38	0.34
	Bran	88.8	88.3-89.3	0.96	0.85
ADF	Kernel	3.05	2.46-3.74	18.0	0.55
	Bran	11.3	8.79-13.1	8.76	0.99
NDF	Kernel	15.7	14.8-17.0	4.39	0.69
	Bran	29.2	26.8-31.6	3.39	0.99
K	Kernel	0.420	0.357-0.497	10.5	0.044
	Bran	0.983	0.897-1.076	6.92	0.068
Mg	Kernel	0.137	0.123-0.159	8.03	0.011
	Bran	0.281	0.249-0.299	4.98	0.014
P	Kernel	0.387	0.371-0.409	3.88	0.015
	Bran	0.601	0.552-0.637	3.99	0.024

PC: Protein content, SC: Starch content, FC: Fat content, AC: Ash content, DM: Dry matter, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, Mg: Magnesium, P: Phosphorus CV: Coefficient of variation

Table 3 shows the ratios of protein, starch, fat, ash, and dry matter in grain and bran for the *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-A3*, and *Glu-B3* loci. At the *Glu-A1* locus, the starch and dry matter ratios were higher in the kernel, while the bran had higher protein, fat, and ash ratios. The fat ratio was higher in the bran of the genotypes carrying the 7+9 subunit (*Glu-B1* locus). The difference between the protein, starch, fat, ash, and dry matter ratios in the kernel and bran of genotypes was significant for the *Glu-B3* locus (Table 3). Specifically, for the *Glu-B3* locus, the ratio of starch and dry matter (DM) was higher in the kernel, while the protein, fat, and ash ratios were higher in the bran. Additionally, genotypes carrying the *j* subunit (i.e., the rye translocation) had higher protein and ash ratios than those carrying the *b* subunit (i.e., without the rye translocation), while the starch and fat ratios were lower in genotypes with rye translocation.

Table 2. Mean values of investigated traits for locations and years (%)

Traits		Years		Locations	
		2012-2013	2013- 2014	Samsun	Eskişehir
PC	Kernel	13.7	11.6	13.2	12.1
	Bran	16.6	15.9	17.1	15.4
SC	Kernel	66.2	67.8	67.2	66.8
	Bran	22.1	24.9	22.7	24.3
FC	Kernel	1.20	1.29	1.20	1.29
	Bran	4.45	4.77	4.48	4.73
AC	Kernel	1.41	1.27	1.32	1.36
	Bran	5.30	5.20	5.23	5.27
DM	Kernel	89.5	89.8	89.8	89.6
	Bran	89.4	88.2	89.6	88.0
ADF	Kernel	3.25	2.84	2.86	3.23
	Bran	12.1	10.5	11.6	10.9
NDF	Kernel	16.2	15.2	16.0	15.4
	Bran	29.8	28.6	29.3	29.1
K	Kernel	0.434	0.405	0.441	0.398
	Bran	1.015	0.959	1.008	0.959
Mg	Kernel	0.141	0.132	0.141	0.132
	Bran	0.292	0.269	0.291	0.270
P	Kernel	0.393	0.382	0.392	0.383
	Bran	0.616	0.587	0.615	0.587

PC: Protein content, SC: Starch content, FC: Fat content, AC: Ash content, DM: Dry matter, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, Mg: Magnesium, P: Phosphorus

Table 3 shows the ratios of ADF, NDF, and mineral matter (K, Mg, P) in the kernel and bran for the *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-A3*, and *Glu-B3* loci in the genotypes analyzed in the study. The bran within the four loci had higher ADF, NDF, and mineral substance ratios. ADF, NDF, K, and Mg ratios were higher in both kernels and brans with rye translocation at the *Glu-B3* locus compared to kernels and brans without rye translocation. The P ratio was higher in bran without rye translocation.

Table 3. Mean values of HMW and LMW loci in kernel and bran for the investigated properties

Locus	Subunit	Line Number	Protein		Starch		Fat		Ash		DM	
			Kernel	Bran	Kernel	Bran	Kernel	Bran	Kernel	Bran	Kernel	Bran
<i>Glu-A1</i>	1	68	12.7	16.2	66.9	23.8	1.27	4.61	1.35	5.25	89.7	88.8
	2*	79	12.8	16.4	66.9	23.2	1.24	4.66	1.34	5.28	89.7	88.9
<i>Glu-B1</i>	7+9	60	12.7	16.3	67.0 a	23.6	1.27	4.67 a	1.34	5.27	89.7	88.8
	17+18	87	12.8	16.3	66.7 b	23.4	1.24	4.59 b	1.35	5.25	89.7	88.8
<i>Glu-A3</i>	<i>b</i>	73	12.9	16.4	66.8	23.6	1.26	4.64	1.34	5.26	89.7	88.8
	<i>e</i>	74	12.7	16.2	67.0	23.4	1.25	4.63	1.35	5.26	89.7	88.8
<i>Glu-B3</i>	<i>b</i> (-1BL.1RS)	87	12.6 b	16.3	67.4 a	24.0a	1.30 a	4.73 a	1.31 b	5.24	89.7	88.8
	<i>j</i> (+1BL.1RS)	60	13.0 a	16.3	66.4 b	22.9b	1.20 b	4.53 b	1.38 a	5.28	89.7	88.8

Table 3 continue

Locus	Subunit	Line Number	ADF		NDF		K		Mg		P	
			Kernel	Bran	Kernel	Bran	Kernel	Bran	Kernel	Bran	Kernel	Bran
<i>Glu-A1</i>	1	68	3.12 a	11.3	15.7	29.2	0.423	0.972	0.138	0.280	0.390	0.599 b
	2*	79	2.97 b	11.3	15.7	29.2	0.422	0.986	0.138	0.283	0.388	0.605 a
<i>Glu-B1</i>	7+9	60	3.05	11.3	15.6	29.1	0.420	0.976	0.137	0.281	0.388	0.601
	17+18	87	3.03	11.3	15.8	29.3	0.425	0.982	0.139	0.282	0.390	0.603
<i>Glu-A3</i>	<i>b</i>	73	3.08	11.2	15.8	29.2	0.427	0.971b	0.139 a	0.282	0.391 a	0.601
	<i>e</i>	74	3.01	11.3	15.6	29.3	0.418	0.987 a	0.137 b	0.281	0.387 b	0.603
<i>Glu-B3</i>	<i>b</i> (-1BL.1RS)	87	3.03b	11.2b	15.5 b	28.9 b	0.412b	0.970 b	0.136 b	0.281	0.387 b	0.604
	<i>j</i> (+1BL.1RS)	60	3.05a	11.5a	15.9 a	29.6a	0.433a	0.988 a	0.140 a	0.281	0.391 a	0.599

Tables 4 and 5 present the results of the quality analysis of the *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-A3*, and *Glu-B3* loci, as well as their combinations in kernel and bran. When examining the effect of loci alone on the kernel, it is observed that the *Glu-B3* locus increases the protein, starch, fat, ash, NDF, K, and Mg ratios in the grain compared to other loci (Table 4). When examining the effect of the triple combination of loci in the kernel, the *Glu-B1* *x* *Glu-A3* *x* *Glu-B3* combination has a significant effect on protein, starch, Mg and P ratios.

When examining the effect of individual loci on the bran, it is observed that the *Glu-B3* locus increases the ratios of starch, fat, ash, ADF, NDF, and K (Table 5). The combinations of *Glu-A1* *x* *Glu-B1* and *Glu-A1* *x* *Glu-B3* increases the ratios of

fat, ash, and ADF in the bran. These data suggest that the effects of individual loci and their combinations on quality and mineral matter in bran and kernel may vary.

Table 4. Quality analysis results of HMW and LMW loci and combinations in kernel

Source	df	PC	SC	FC	AC	ADF	NDF	K	Mg	P	DM
MS											
<i>Glu-A1 (A1)</i>	1	0.492	0.075	0.090	0.0005	2.92**	0.328	0.0003	0.000003	0.0003	0.135
<i>Glu-B1 (B1)</i>	1	0.548	14.4*	0.147	0.039	0.059	2.37	0.002	0.0004	0.0005	0.043
<i>Glu-A3 (A3)</i>	1	5.04	4.03	0.022	0.003	0.618	2.02	0.009	0.0008*	0.002**	0.367
<i>Glu-B3 (B3)</i>	1	17.9*	142.2**	1.28**	0.630**	0.033	18.1**	0.056**	0.002**	0.002**	0.115
A1× B1	1	5.47	0.870	0.193	0.045	0.070	0.001	0.004	0.0004	0.001	0.084
A1× A3	1	4.31	7.06	0.007	0.008	0.002	0.874	0.003	0.0006	0.001*	0.049
A1× B3	1	3.40	0.072	0.163	0.020	0.025	0.030	0.005	0.00009	0.001	0.060
B1× A3	1	0.008	0.019	0.206*	0.063	1.01	0.993	0.006	0.00006	0.0004	0.002
B1× B3	1	0.466	0.117	0.036	0.018	0.005	0.441	0.0003	0.00004	0.0003	0.110
A3× B3	1	1.35	0.159	0.045	0.048	0.792	0.143	0.008	0.0001	0.0005	0.004
A1× B1× A3	1	2.07	0.036	0.111	0.0005	0.229	0.624	0.004	0.0004	0.0008	0.009
A1× B1× B3	1	0.067	0.489	0.041	0.013	0.323	0.308	0.00001	0.000001	0.0003	0.077
A1× A3× B3	1	5.46	0.848	0.008	0.00002	0.053	0.206	0.002	0.0005	0.0008	0.032
B1× A3× B3	1	15.9*	14.0*	0.029	0.002	0.032	0.488	0.004	0.001**	0.002**	0.465*
A1× B1× A3× B3	1	9.16	10.4	0.121	0.032	0.0002	1.40	0.006	0.001**	0.002*	0.101
Error	1160	2.99	3.15	0.053	0.028	0.405	0.829	0.003	0.0002	0.0003	0.118

** P <0.05, ** P <0.01 level of significance, PC: Protein content, SC: Starch content, FC: Fat content, AC: Ash content, DM: Dry matter, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, Mg: Magnesium, P: Phosphorus, df: degrees of freedom

As it generally contains more protein than the kernel, Wheat bran is an important feed source, especially for ruminants (Ünal, 2002; Balandran-Quintana et al., 2015). It was found that the lines analyzed in the study had higher protein in their bran compared to their kernels. Protein ratio in both bran and kernel was found to be higher in 2012-2013 compared to 2013-2014 years. Similarly, the average protein content of the lines was higher in Samsun than Eskişehir. Mut et al. (2017) reported that the contents of protein, ash, fat, starch, ADF, and NDF in the kernel vary depending on genotypes and years. Hossain et al. (2013) has shown that in wheat bran, dry matter, ash, and calcium contents vary depending on the location (environment), while ash, protein, fat, and calcium contents vary depending on the genotypes. Stated studies support the results of this study.

Table 5. Quality analysis results of HMW and LMW loci and combinations in bran

Source	df	PC	SC	FC	AC	ADF	NDF	K	Mg	P	DM
MS											
<i>Glu-A1 (A1)</i>	1	5.31	43.4	0.268	0.161	0.009	0.096	0.022	0.001	0.005*	1.20
<i>Glu-B1 (B1)</i>	1	0.546	7.60	0.832*	0.027	0.026	6.14	0.004	0.00009	0.0003	0.166
<i>Glu-A3 (A3)</i>	1	5.16	6.02	0.015	0.001	3.15	0.708	0.030*	0.00004	0.0004	0.004
<i>Glu-B3 (B3)</i>	1	0.891	149.3**	5.14**	0.248	12.2*	56.7**	0.039*	0.0000007	0.003	0.002
A1× B1	1	0.065	21.6	1.34**	1.17**	11.4*	0.676	0.003	0.0003	0.0006	0.018
A1× A3	1	1.59	1.27	0.085	0.016	0.055	0.012	0.003	0.0008	0.001	0.379
A1× B3	1	0.002	26.2	0.927**	0.610**	9.62*	2.03	0.004	0.0004	0.0007	0.210
B1× A3	1	1.65	0.418	0.040	0.015	1.64	1.34	0.0002	0.00002	0.0000006	0.001
B1× B3	1	0.282	19.9	0.472	0.026	1.15	1.29	0.026*	0.00009	0.0004	0.062
A3× B3	1	0.070	1.59	0.209	0.114	0.865	0.022	0.0001	0.00001	0.0001	0.377
A1× B1× A3	1	1.19	1.41	0.010	0.0000006	2.76	0.525	0.0007	0.00002	0.0006	0.029
A1× B1× B3	1	0.047	8.16	0.183	0.107	0.001	0.933	0.0003	0.00002	0.00007	0.021
A1× A3× B3	1	1.15	8.65	0.0002	0.146	0.014	1.21	0.00006	0.00006	0.0003	0.292
B1× A3× B3	1	6.91	7.38	1.13**	0.164	4.24	1.92	0.004	0.003*	0.002	0.527
A1× B1× A3× B3	1	4.38	2.31	0.194	0.068	0.115	1.36	0.011	0.0008	0.0005	0.355
Error	1160	2.23	12.9	0.134	0.084	1.94	1.70	0.007	0.0005	0.001	1.60

** P <0.05, ** P <0.01 level of significance, PC: Protein content, SC: Starch content, FC: Fat content, AC: Ash content, DM: Dry matter, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, Mg: Magnesium, P: Phosphorus,

It is desirable to have appropriate amounts of ADF in the ration according to the age of the animal. These amounts increase with the age of the animal and vary between 19-25% (Khafipour et al., 2009; Tekce and Gül, 2014). In the study, the ADF content of the kernels used varied between 2.46% and 3.74%, while in the bran, it varied between 8.79% and 13.1%.

Ruminants cannot produce enough saliva when the NDF ratio is between 16-25%. Optimum efficiency can be achieved when the NDF ratio is between 25-32%. When the NDF ratio exceeds 32%, feed intake is limited by rumen capacity (Campbell et al., 1992; Khafipour et al., 2009; Tekce and Gül, 2014). In this study, the NDF ratio in the kernel (15.7%) was lower than the optimum level, while the NDF values in the bran were higher (29.2%) and at the optimum level. This indicates that bran is more valuable in animal nutrition.

In animal nutrition, the P ratio should be at least 0.3-0.5%, the magnesium ratio should be a minimum of 0.35%, and the potassium ratio should be 0.70% in the total ration (McDowell, 1992; Harris et al., 1994). The study found high ratios of P (0.6%) and K (0.98%) in bran. Although the Mg ratio is low, it is still higher in bran than in the kernel (Table 1). This study shows that wheat bran is a more valuable animal feed in terms of mineral content.

4. CONCLUSION

The study examined some quality characteristics such as ADF, NDF, dry matter, protein content, ash, fat, and starch ratios, as well as K, Mg, and P ratios in both whole kernel and bran, and attempted to associate those with the presence/absence of the *1RS.1BL* wheat-rye translocation, and specific allelic variation at several gluten loci. In the kernels, there was no effect of the *1RS.1BL* translocation on ADF and DM; all other tested parameters were significantly affected by its presence. The average ADF, NDF, protein content, ash content, K, Mg, and P contents in the kernels of RILs carrying the translocation were higher than in those without it. The kernels of RILs without the translocation had higher fat and starch content. In the bran, there was no statistically significant effects of the translocation on dry matter, protein, and Mg content. On the other hand, The bran of RILs carrying the translocation had higher ADF, NDF, ash and K contents, while those without it had higher fat, starch, and P content. This demonstrates that the wheat-rye translocation *1RS.1BL* has significant effects on the properties of both wheat kernel and bran. Lines with the translocation may be better for the production of whole wheat bread with higher protein and mineral content. The bran of such genotypes may be more advantageous in animal nutrition.

Acknowledgement

This research was carried out within the scope of the project numbered 112O135 supported by TUBITAK.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: NA(%40), AS(%20), CM(%20) ES(%20)

Data Acquisition: BD(%20), ÖDEK(%20), MES(%15) MK(%15) CM(%15) ES(%15)

Data Analysis: NA(%55), AS(%15), TG(%15), ZM(%15)

Writing Up: TG(%50), NA(%25), ZM(%25)

Submission and Revision: TG(%85), ZM(%15)

REFERENCES

- Bailey, E., 2001. Mineral supplements for beef cattle. University of Missouri Extension 1-14.
- Balandrán-Quintana, R.R., Mercado-Ruiz, J.N., Mendoza-Wilson, A.M., 2015. Wheat bran proteins: a review of their uses and potential. *Food Reviews International*, 31(3), 279-293.
- Campbell, C.P., Marshall, S.A., Mandell, I.B., Wilton W.J., 1992. Effects of source of dietary neutral detergent fiber on chewing behavior in beef cattle fed pelleted concentrates with or without supplemental roughage. *Journal Animal Science*, 70: 894-903. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79360-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79360-7).
- Ehdaie, B., Whitkus, R.W., Waines, J.G., 2003. Root biomass, water use efficiency, and performance of wheat-rye translocations of chromosomes 1 and 2 in spring bread wheat 'Pavon'. *Crop Science*, 43(2): 710-717. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.7100>.
- FAO, 2011a. Quality assurance for animal feed analysis laboratories. <http://www.fao.org/ag/againfo/home/documents/Network-control.pdf> (Accessed 27 Oct 2022).
- FAO, 2011b. Nutritional requirements of dairy cattle. http://www.merckmanuals.com/vet/management_and_nutrition/nutritional_requirements_of_dairy_cattle.html (Accessed 27 Oct 2022).
- Gianibelli, M.C., Larroque, O.R., MacRitchie, F., Wrigley, C.W., 2001. Biochemical, genetic, and mol. characterization of wheat endosperm proteins. *Cereal Chemistry*, 78(6): 635-646. <https://doi.org/10.1094/CCEM.2001.78.6.635>.
- Graybosch, R.A., 2001. Uneasy Unions: Quality Effects of Rye Chromatin Transfers to Wheat. *Journal of Cereal Science*, 33: 3-16. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0336>.
- Güleç, T., Sönmez, M.E., Demir, B., Sabancı, K., Aydın, N., 2022. Effect of vernalization (*Vrn*) genes on root angles of bread wheat lines carrying rye translocation. *Cereal Research Communication*, 50: 367-378. <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00188-4>.
- Harris, B., Adams, A.L., Van Horn, H.H., 1994. Mineral Needs of Dairy Cattle. University of Florida Florida Cooperative Extension Service Circular, pp. 468.
- Hoffmann, B., 2008. Alteration of drought tolerance of winter wheat caused by translocation of rye chromosome segment 1RS. *Cereal Research Communication*, 36: 269-278. <https://doi.org/10.1556/CRC.36.2008.2.7>.
- Hossain, K., Ulven, C., Glover, K., Ghayami, F., Simsek, S., Alamri, M.S., Kumar, A., Mergoum, M., 2013. Interdependence of cultivar and environment on fiber composition in wheat bran. *Journal Crop Science*, 7(4): 525-531. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30147755/>.
- Hsia, C.C., Anderson, O.D., 2001. Isolation and characterization of wheat - genes. *Theoretical and Applied Genetics*, 103: 37-44. <https://doi.org/10.1007/s00122-001-0552-2>.
- ICC, 2011. ICC Standard Methods. International Association for Cereal Science and Technology (ICC), Vienna, Austria.
- Jackson, E.A., Holt, L.M., Payne, P.I., 1983. Characterisation of high-molecular weight gliadin and low-molecular weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and chromosomal localisation of their controlling genes. *Theoretical and Applied Genetics*, 66: 29-37. <https://doi.org/10.1007/BF00281844>.
- JMP, 2010. JMP User Guide, Release 10, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, ISBN 978-1-59994-408-1.
- Khafipour, E., Li, S., Plaizier, J.C., Krause, D.O., 2009. Rumen microbiome composition determined using two nutritional models of subacute ruminal acidosis. *Appl Environ Microb*, 75: 7115-7124. <https://doi.org/10.1128/AEM.00739-09>.
- Kim, W., Johnson, J.W., Baenziger, P.S., Lukaszewski, A.J., Gaines, C.S., 2004. Agronomic effect of wheat-rye translocation carrying rye chromatin (1R) from different sources. *Crop Science*, 44: 1254-58. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1254>.
- Koyuncu, M., 2009. Yerel Durum Buğday Çeşitlerinin Makarnalık Kalitelerini Etkileyen Önemli Parametreler Bakımından Taranması (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda-Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Lasztity, R., 1996. The Chemistry of Cereal Proteins. CRC Press, USA, pp. 328.
- Marconi, E., Graziano, M., and Cubadda, R., 2000. Composition and utilization barley pearling by-products for making functional pastas. *Cereal Chemistry*, 77(2): 133-139. <https://doi.org/10.1094/CCEM.2000.77.2.133>.
- Masci, S., Dovidio, R., Lafiandra, D., Kasarda, D.A., 2000. 1B-Coded low molecular weight glutenin subunit associated with quality in durum wheats shows strong similarity to a subunit present in some bread wheat cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 100(3): 396-400. <https://doi.org/10.1007/s001220050052>.
- McDowell, L.R., 1992. Minerals in animal and human nutrition; ISBN: 0-12-483369-1 Academic Press, Inc. New York, USA.
- Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal Animal Science*, 64:1548-1558. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>.
- Moiraghi, M., Vanzetti, L., Pflüger, L., Helguera, M., Pérez, G.T., 2013. Effect of high molecular weight glutenins and rye translocations on soft wheat flour cookie quality. *Journal of Cereal Science*, 58:424-430. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.08.007>.

- Moon, Y.H., Lee, S.C., Lee, S.S., 2002. Chewing activities of selected roughages and concentrates by dair steers. *Asian-Aust Journal Animal Science*, 15: 968-973.
- Mut, Z., Erbaşı, Ö.D., Akay, H., 2017. Determination grain yield and quality characteristics of some bread wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *Anatol Journal Agriculture Science*, 32: 85-95.
- Payne, P.I., Nightingale, M.A., Krattiger, A.F., Holt, L.M., 1987. The relationship between HMW glutenin composition and the bread-making quality of british grown wheat varieties. *Journal of Science of Agriculture*, 40:51-65. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740400108>.
- Prueckler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Hoeltinger, S., Haas, C., Schmid, E., Kneifel, W., 2014. Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT-Food Science Technol*, 56(2):211-221. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.004>.
- Sharma, S., Bhat, P.R., Ehdai, B., Close, T.J., Lukaszewski, A.J., Waines, J.G., 2009. Integrated genetic map and genetic analysis of a region associated with root traits on the short arm of rye chromosome 1 in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 119: 783-793. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1088-0>.
- Tekçe, E., Gül, M., 2014. Ruminant Besleme NDF ve ADF'nin Önemi. *Veterinary Sciences and Practices*, 9(1): 63-73. Doi:10.17094/avbd.34439.
- TPMA, 2023. Turkish Pasta Manufacturers Association. <http://www.makarna.org.tr/d/makarna-sektoru/makarna-tuketimi/42/html> (Accessed 23 Feb 2023).
- TUIK, 2014. Turkish statistical institute. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/html> (Accessed 15 Feb 2023).
- Ünal, S., 2002. Importance of wheat quality and methods in wheat quality determination. *Proceedings of the Cereal Products Technology Congress and Exhibition*, October. pp. 25-37.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74: 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Wang, R., Hai, L., Zhang, X.Y., You, G.X., Yan, C.S., Xiao, S.H., 2009. QTL mapping for grain filling rate and yield-related traits in RILs of the Chinese winter wheat population Heshangmai x Yu8679. *Theoretical and Applied Genetics*, 118: 313-325. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0901-5>.
- Zeller, F.J., Hsam, S.L.K., 1984. Broadening the genetic variability of cultivated wheat by utilizing rye chromatin. *Proc 6th Int Wheat Genetic Symp*, Kyoto, Japan, pp. 161-173.
- Zhao, X.H., Zhang, T., Xu, M., Yao, J.H., 2011. Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation and digestibility goats. *Journal Animal Science*, 89: 501-509. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72086-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72086-0).



Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Fındık Bahçesi Toprak Özelliklerine Farklı Sulama Yönetimlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi

Evaluating the Effect of Different Irrigation Management on Hazelnut Orchard Soil Properties Using Principal Component Analysis

Ediphan EREN¹, Edip Erhan KÜÇÜK², Serkan İÇ³, Mustafa SAĞLAM⁴

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun
· ediphan.eren@hotmail.com · ORCID > 0009-0004-7405-9424

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun
· eerhankck@gmail.com · ORCID > 0000-0002-1393-9231

³Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun
· serkanic@gmail.com · ORCID > 0000-0001-8072-863X

⁴Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun
· mustafa.saglam@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7564-5079

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 03 Kasım/November 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 29 Kasım/November 2023

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 87-112

Atıf/Cite as: Eren, E., Küçük, E.E., İç, S., Sağlam, M. "Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Fındık Bahçesi Toprak Özelliklerine Farklı Sulama Yönetimlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 87-112.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa SAĞLAM

TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ KULLANILARAK FINDIK BAHÇESİ TOPRAK ÖZELLİKLERİNE FARKLI SULAMA YÖNETİMLERİNİN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

İklimle en duyarlı meyve türlerinden birisi olan ve yetişmesi için belirli iklim koşullarına gereksinim duyan fındık, genel olarak ortalama yıllık yağış miktarının 800-1000 mm arasında olduğu belirli bir kuzey enlemde yetiştirilmektedir. Fındık, ayrıca yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde yetiştirildiğinde veya yetiştirildiği bölgenin yağış rejiminde düzensizlikler meydana geldiğinde sulamaya gereksinim duyabilmektedir. Mevcut çalışma, Samsun ili Terme ilçesinde kurulmuş bir fındık bahçesinde toprak özellikleri üzerine dört farklı sulama suyu düzeyinin (Kontrol, % 70 sulama, % 100 sulama, %130 sulama) etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür. Çalışmadaki değişkenlik kaynaklarının (sulama suyu yönetimi ve toprak örnekleme derinliği) etkileri iki yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca sulama suyu yönetimleri ve toprak örnekleme derinliklerinin kombine etkileri, temel bileşenler analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışma alanı toprak özellikleri üzerine en yüksek etkileri ortaya koyan uygulamanın %70 sulama suyu yönetimi olduğunu göstermiştir. Kontrol ve %130 sulama suyu uygulamaları ise en düşük istatistiksel etkileri ortaya koyan sulama yönetimleri olmuşlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar sonrasında %70 sulama suyu düzeyi uygulamasının, çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesi toprak özelliklerinin gelişimi için en uygun sulama yönetimi olduğu önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık Bahçesi, Yüzeyaltı Damla Sulama, Fiziksel ve Kimyasal Özellikler, İki Yönlü Varyans, Temel Bileşenler Analizi.



EVALUATING THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION MANAGEMENT ON HAZELNUT ORCHARD SOIL PROPERTIES USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

ABSTRACT

Hazelnut, one of the most climate-sensitive fruit species and requires certain climatic conditions to grow, is generally grown in a certain northern latitude with an average annual rainfall of 800-1000 mm. The hazelnut may also need irrigation when being grown in semi-arid and arid climate regions or when there are irregular rainfall regimes in the region where it is grown. The current study was carried out to investigate the effects of four different irrigation water levels (control, 70%

irrigation, 100% irrigation, 130% irrigation) on soil properties in a hazelnut orchard created in the Terme district of Samsun province. The effects of the sources of variability in the study (irrigation water management and soil sampling depth) were evaluated by two-way ANOVA analysis. Also, the combined effects of irrigation water managements and soil sampling depths were investigated by principal component analysis. The results showed that the application with the highest impact on the soil properties of the study area was 70% irrigation water management. The control and 130% irrigation water practices were the irrigation managements that revealed the lowest statistical effects. After the results obtained from the study, it was suggested that applying 70% irrigation water level is the most suitable irrigation management for developing soil properties of the hazelnut orchard where the study was conducted.

Keywords: Hazelnut Orchard, Subsurface Drip Irrigation, Physical and Chemical Properties, Two-Way Anova, Principal Component Analysis.



1. GİRİŞ

Dünya'da 600 yıldan beri ticareti yapılan bir meyve olan fındık, aynı zamanda dünyanın iklime en duyarlı, yani yetiştirilebilmesi için belirli iklim koşullarına gereksinim duyan ve bu koşullar gerçekleşmediğinde verimli olmayan bitkilerinden birisidir. Belirli iklim koşullarında (nem, yağış, sıcaklık, vb.) verim veren ve kalite kazanan fındık, ülkemizde dahil olmak üzere dünyada genel olarak yıllık ortalama yağış miktarının 800-1000 mm arasında olduğu, yağışın yıl boyunca eşit dağıldığı (Cristofori ve ark., 2014) belirli bir kuzey enleminde yetiştirilmektedir.

Ülkemizin kuzeyinde yer alan Karadeniz sahil şeridi, sahip olduğu nemli ve ılıman iklim özellikleri itibarıyla, dünyada fındık yetiştiriciliğine en uygun ekolojik koşullara sahip coğrafyalardan biri konumundadır. Karadeniz sahil şeridi boyunca devam eden nemli ve ılıman iklim özellikleri, fındığın bölgede iyi bir gelişim göstermesini sağlamasının yanı sıra bol ürün vermesine de önemli katkı sunmaktadır. Buna karşın, fındık bitkisi yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde yetiştirildiğinde veya yetiştirildiği coğrafyanın yağış rejiminde düzensizlikler meydana geldiğinde sulamaya gereksinim duyabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalar, ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz iklim kuşağında iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan su kısıtlılığının, sürdürülebilir fındık üretimi için sınırlayıcı temel faktör haline geldiğini rapor etmektedir (Garreaud ve ark., 2017; Roco ve ark., 2016; Ustaoglu ve Karaca, 2014). Bu çalışmalara ait sonuçlar ve senaryolar, aynı zamanda fındık arazilerinde su verimliliğinin artırılması ve verim potansiyelinin yeterli düzeyde korunması için sulama stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır (Feres ve Soriano, 2007; Medrano ve ark.,

2015; Ruiz-Sanchez ve ark., 2010; Ortega-Farias ve ark., 2012). Külâhçılar ve ark. (2018), ülkemizin en yüksek yağış miktarlarına sahip bölgesi olmasına karşın, Karadeniz bölgesinin yağış rejiminde fındık bitkisinin en fazla suya ihtiyaç duyduğu bazı aylarda yetersizlikler olabildiğini ve bu durumlarda fındık veriminin ve kalitesinin artırılması için sulamanın gerekli olduğunu ifade etmektedirler. Tonkaz ve Bostan (2010)'da yine benzer şekilde bölgede özellikle son yıllarda yaz aylarında 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıkların fazlaca gözlemlendiğini ve yüksek sıcaklıklarla birlikte Temmuz ve Ağustos aylarında ortaya çıkan yetersiz yağış rejimlerinin fındık üretimini olumsuz şekilde etkilediğini bildirmişlerdir.

Karadeniz bölgesinde genç fındık bahçeleri Samsun, Sakarya, Düzce, Zonguldak, Bartın, Kastamonu, Sinop, Kocaeli gibi illerde taban araziler olarak tanımlanan derin toprak yapısına sahip alanlarda kurulmasına karşın, ülkemizde fındığın geleneksel olarak yetiştirildiği yaşlı bahçeler, genellikle sulama imkanı bulunmayan yüksek eğime ve sık toprak derinliğine sahip marjinal alan özelliğindedir. Bu durum ülkemizde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yenilikçi toprak ve sulama yönetimlerinin uygulanmasını engellemekte, düşük karlılığa sahip fındık üretiminin oluşmasına ve aynı zamanda da ülkemizdeki fındık veriminin, dünyada fındık üretimi yapılan başkaca ülkelerden daha düşük olmasına neden olmaktadır. Ülkemizde düşük verimli fındık yetiştiriciliği sorunun üstesinden gelebilmek için özellikle genç fındık bahçelerinin tesis edildiği taban arazilerde yenilikçi toprak ve sulama yönetimleri uygulanarak fındık yetiştiriciliğinin yapılması önemli bir seçenektir. Yürütülecek bu yenilikçi ve teknolojik yönetimler, fındık verimi üzerine son yıllarda bölgede ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların olumsuz etkilerinin yanı sıra düzensiz yağış rejimlerine bağlı ortaya çıkan su kısıtlılığının etkilerinin azaltılmasına üst düzeyde katkı verebilir. Özellikle sulama yönetimleri sırasında sulama suyunu toprak yüzeyinin altından doğrudan kök bölgesine uygulayan ve toprak yüzeyinden buharlaşmayı en aza indiren yüzey altı damla sulama (SDI) sistemlerinin kullanımı, buharlaşma yoluyla toprak yüzeyinden su kayıplarının engellenmesi için son derece etkili olabilir. Ayrıca fındık bahçelerinde yürütülecek sulama uygulamaları sırasında düzenlenmiş kısıtlı sulama yönetimleri gibi su tasarrufu sağlayan yönetimlerin tercih edilmesi durumunda da fındık bahçelerinde su kullanımı etkinliğinin iyileştirilmesine önemli katkılar sağlanabilir.

Samsun ili Terme ilçesinde bir çiftçi bahçesinde yürütülen bu çalışmayla;

- yüzey altı damlama sulama ile uygulanan farklı sulama suyu miktarlarının (%70, %100 ve %130) fındık bahçesi topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkilerinin değerlendirilmesi,
- farklı sulama suyu yönetimleri ve toprak örnekleme derinliklerinin kombine etkileri sonrasında fındık bahçesi toprak özelliklerine ilişkin anlamlı bilgiler ortaya koyan temel bileşenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanının Yeri ve İklim Özellikleri

Bu çalışma, Samsun ilinin doğusunda yer alan ve Ordu ili ile sınır ilçesi olan Terme ilçesinde yürütülmüştür. Terme ilçesi doğusunda Ordu ili, kuzeyinde Karadeniz, batısında Çarşamba ve güneyinde ise Salıpazarı ilçeleri ile çevrilidir.

Çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesi, Terme ilçesinin Yenicami mahallesinde 41° 12' enlem ve 36° 55' boylamları arasında yer alan bir çiftçi bahçesi olup deniz seviyesinden yüksekliği ise 13 m'dir. Dokuz yaşında Yomra fındık çeşidinin dikili olduğu fındık bahçesinde, bitkilerin sıra arası x sıra üzeri dikim mesafesi 6 x 2 m olup bahçenin toplam alanı ise 17.9 da'dır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bildirimi

Figure 1. The location of the study area

Samsun iline ait uzun yıllar (1929-2021) ve fındık bahçesinin yer aldığı Terme ilçesine ait 9 yıllık (2014- 2022) sıcaklık ve yağış verilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 1'de sunulmuştur. Fındık bahçesinin yer aldığı Terme ilçesi ile Samsun ilinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri birlikte değerlendirildiğinde ortalama sıcaklıkların sırasıyla 14.8 °C ve 14.6 °C ile birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ancak yine çizelgeden görülebildiği üzere Terme ilçesi ile Samsun ilinin yağış rejimi bakımından önemli farklılıkları bulunmaktadır. Terme ilçesinin aylık ortalama ve yıllık toplam yağış miktarları sırasıyla 98.9 mm ve 1187.0 mm iken Samsun ilinin aylık ortalama ve yıllık toplam yağış miktarlarının ise yine sırasıyla 59.8 mm ve 717.9 mm olduğu görülmektedir. Terme ilçesinde en kurak ve yağışlı ayların sırasıyla Nisan (57.3 mm) ve Ocak (163.8 mm) olduğu, ilin en kurak ve yağışlı aylarının ise Temmuz (35.1) ve Kasım (83.8 mm) olduğu da görülmektedir. Yine Samsun ilin en kurak iki ayının Temmuz ve Ağustos ayları olmasına karşın Terme ilçesinin bu iki ayda Samsun ilinin ortalama değerlerine oranla yaklaşık üç katı daha fazla yağış aldığı ve Ağustos ayının da 135.8 mm aylık ortalama yağış ile Terme ilçesinde yılın en yağışlı ikinci ayı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Terme ilçesi ve Samsun ilinin yıl boyunca en düşük, en yüksek ve ortalama sıcaklık değerleri bakımından benzer özellikler taşıdığı görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Samsun iline ve Terme ilçesine ait bazı iklim özellikleri

Table 1. Some climate characteristics of Samsun province and Terme district

Aylar	Samsun (1929-2021)		Terme (2014-2022)	
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Ocak	71.6	7.2	163.8	8.1
Şubat	58.8	7.2	75.2	7.9
Mart	66.8	8.1	101.8	8.6
Nisan	56.8	11.3	57.3	11.2
Mayıs	48.8	15.6	89.2	15.9
Haziran	45.8	20.2	84.7	20.9
Temmuz	35.1	23.2	77.7	23.2
Ağustos	37.5	23.6	135.8	24.0
Eylül	53.6	20.3	96.2	20.5
Ekim	78.4	16.5	102.2	16.2
Kasım	83.8	12.7	83.8	12.0
Aralık	80.9	9.4	119.4	8.9
Ortalama Sıcaklık	---	14.6	---	14.8
Ortalama Yağış	59.8	---	98.9	---
Toplam Yağış	717.9	---	1187.0	---

2.2. Çalışma Alanının Temel Toprak Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesine ait bazı temel toprak özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. İki farklı toprak derinliğinden alanın toprak örneklerinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde fındık bahçesinin her iki örnekleme derinliğinde de killi tın tekstüre sahip olduğu görülmüştür. Çalışma alanı topraklarının toprak reaksiyonu, üst toprak derinliği (0-15 cm) ve alt toprak derinliği (15-30 cm) için sırasıyla hafif asidik ve nötr sınıfında olduğu belirlenirken, toprak tuzluluğu bakımından da her iki toprak derinliğinde tuzsuz sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Yine organik madde kapsamı yönünden üst toprak derinliğinde orta, alt toprak derinliğinde az, toplam azot içerikleri bakımından ise her iki toprak derinliğinde fazla sınıfında yer aldıkları görülmüştür (Müftüoğlu ve ark., 2014).

Çizelge 2. Çalışma alanının temel toprak özellikleri

Table 2. Basic soil properties of the study area

Toprak Derinliği (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	pH	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	TN (%)
0-15	30.19	46.12	23.69	Killi tın	6.47	0.23	2.34	0.20
15-30	32.30	46.06	21.64	Killi tın	6.86	0.15	1.37	0.15

EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot.

2.3. Sulama sisteminin Kurulumu ve Sulama Suyu Yönetimleri

Çalışmada sulama yönetimleri, yüzey altı damla sulama sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sulama sistemi, pompa ve kontrol birimlerinin yanı sıra ana, yan ve lateral (damla sulama) boru hatlarından oluşmaktadır. Sistemde aynı zamanda her bir sulama yönetiminde, lateral boru sistemi ile bitki kök bölgesine taşınan su miktarının belirlendiği su saatleri de bulunmaktadır (Küçük ve ark., 2022). Sulama sisteminde lateral borular, her sırada 2 adet olacak şekilde fındık ağaçlarının her iki yanına toprak yüzeyinden 15 cm derine yerleştirilirken lateral boruların damlatıcı aralığı 50 cm ve damlatıcı debisi ise 2.3 L saat⁻¹’dir. Sulama sisteminin çalıştırılması için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ise bahçe içerisine kurulan güneş panellerinden sağlanmıştır.

Çalışmada dört farklı sulama yönetimi konusu yer almaktadır. Her biri farklı büyüklüğe sahip alanlarda yürütülen sulama yönetimleri sırasında sulama suyu uygulamaları aşağıdaki oran (%) ve miktarlarda (mm) uygulanmıştır;

- Kontrol sulama suyu yönetimi (13.4 da) : Yağmur suyu koşullarında sulama,
- %70 Sulama suyu yönetimi (1.0 da): Yetiştirme sezonundaki bitki su tüketiminin %70’nin sulama ile verilmesi (Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 115 mm),

- c. %100 Sulama suyu yönetimi (1.6 da): Yetiştirme sezonundaki bitki su tüketiminin %100'ünün sulama ile verilmesi (Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 164 mm),
- d. %130 Sulama suyu yönetimi (1.9 da): Yetiştirme sezonundaki bitki su tüketiminin %130'unun sulama ile verilmesi (Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 217 mm).

Kontrol uygulaması, çiftçi şartlarını temsil etmekte olup hiçbir sulama yönetiminin yürütülmediği koşullara karşılık gelmektedir. Bu uygulamada bitki ve toprak koşulları için yalnızca yıl içerisinde gelen yağmur suyunun etkileri söz konusudur. Sulama suyu yönetimi konularında ise bitki evapotranspirasyon (ET_c) değerlerinin üç farklı düzeyine karşılık gelen miktarlarda (%70, %100 ve %130) sulama yapılmıştır. Sulamalar sırasında sulama konularına 1.5 mm sa^{-1} olacak şekilde sulama suyu verilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında yürütülen sulama yönetimlerinde sulamalar, Nisan ve Ekim ayları arasındaki periyotta haftada bir sulama uygulaması olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her iki yılda da tüm sulama yönetimi konularında fındık meyvesinin gelişim sezonun dışında kalan Kasım ve Mart ayları arasındaki periyotta herhangi bir sulama yapılmamıştır.

Sulama yönetimlerinde uygulanacak sulama suyu miktarlarına ise FAO Penman-Monteith yöntemi kullanılarak karar verilmiştir (Allen vd., 1998). Bu süreçte ilk olarak Eşitlik (1) kullanılarak referans bitki evapotranspirasyon (ET_0) değerleri elde edilmiştir. Daha sonra ET_0 değerleri, fındık bitkisi için elde edilen bitki katsayısı (K_c) değerleri ile düzeltilerek bitki evapotranspirasyon (ET_c) değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 2). Son aşamada ise Penman-Monteith yöntemi ile günlük adımda hesaplanan ET_c değerleri, haftalık düzeyde birikimli hale getirilmiş ve haftalık adımda her bir sulama suyu yönetimi için uygulanacak haftalık sulama suyu miktarları belirlenmiştir.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T_{air} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.3u_2)} \quad (1)$$

Burada;

ET_0 :Referans bitki evapotranspirasyonu (mm gün^{-1}),

Δ :Buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$),

R_n :Bitki yüzeyindeki net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),

G :Toprak ısı akış yoğunluğu ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),

γ :Psikometrik sabite ($=0.665 \times 10^{-3} \times P$) ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),

- u_2 :2 m yükseklikteki rüzgar hızı ($m s^{-1}$),
 e_s :Doygun buhar basıncı (kPa),
 e_a :Gerçek buhar basıncı (kPa),
 T_{ort} :2 m yükseklikteki ortalama günlük hava sıcaklığı ($^{\circ}C$).

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

Burada,

ET_c :Bitki evapotranspirasyonu ($mm gün^{-1}$),

K_c :Bitki gelişim periyotları ile ilgili bitki katsayıları.

Bu çalışmada fındık bitkisi için bitki katsayısı değerleri belirlenirken fındık bitkisinin tomurcuk oluşumu ve sürgün uzaması, fındık ve vejetatif aksam gelişimi, hasat dönemi, hasat sonrası dönem olmak üzere dört farklı gelişim periyodu dikkate alınmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan günlük meteorolojik veriler, çalışma alanına en yakın mesafede kurulu olan Samsun 10. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün Çarşamba Kızılot Mahallesi'ndeki meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir.

Sulama yönetimi uygulanan tüm parsellerde sulama periyodu süresince toprak nem içeriğindeki değişimler ise parsellerde 0-20 cm ve 20-40 cm toprak derinliklerine yerleştirilen tansiyometreler (Irrometer RSU-V Tensiometer) ve nem sensörleri (SM150) ile bitki gelişim dönemi boyunca takip edilmiştir. Ayrıca saatlik zaman diliminde toprak nem içeriğindeki değişimler veri kaydedicilere (dataloggerlara) (rSense ve rLink Cellular) kaydedilmiştir.

2.4. Toprak Örneklerinin Alınması ve Laboratuvar Analizleri

Çalışmada kullanılan toprak örneklemeleri, sulama yönetimlerinin tamamlanmasından sonra 2020 yılı Kasım ayının ikinci haftasında gerçekleştirilmiştir. Bozulmuş ve bozulmamış örnek alma esasına göre gerçekleştirilen örneklemeler sırasında her bir sulama yönetimi konusunda (Kontrol, %70, %100, %130), üç farklı toprak derinliğinden (0.0-7.5-, 7.5-15.0- ve 15.0-30.0 cm) dört tekerrürlü toprak örnekleri alınmıştır. Tekerrür toprak örneklemeleri sulama yönetimlerinin gerçekleştirildiği fındık bitki sıra üzeri ve sıra arası alanlarda (parsellerde) gerçekleştirilirken, dört tekerrürden ikisi fındık ocakları arasındaki sıra üzeri alanlardan, diğer ikisi ise ocakların sıra arası alanlarından alınmıştır. Toprak örnekleme çalışmaları sonunda dört farklı sulama konusundan, üç farklı toprak derinliğinde

ve dört tekrerrürlü olmak üzere 48'er adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği olmak üzere toplam 96 adet toprak örneği alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri toprak burgusu yardımıyla alınırken bozulmamış toprak örnekleri ise 5 cm çapında ve 5 cm yüksekliğinde paslanmaz çelik ringler yardımıyla örneklenmiştir. Bozulmamış toprak örneklemeleri sonrasında paslanmaz çelik ringler streç film ile sıkıca paketlenmiştir. Bu paketlenme ile hem bozulmuş toprak örneklerinin laboratuvara taşınması sırasında toprak kayıplarının önlenmesi hem de bozulmamış toprak örneklerinde analizlere başlanılincaya kadar örneklerin nem düzeylerinin korunması amaçlanmıştır.

Laboratuvara getirilen bozulmamış toprak örnekleri, gerekli analizlere başlanılincaya kadar buzdolabında (+4 °C) muhafaza edilmişlerdir. Çalışma alanından polietilen plastik poşetler içerisinde laboratuvara getirilen bozulmuş toprak örnekleri ise ilk önce laboratuvar ortamında oda sıcaklığında kurutulmuş ve daha sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen bozulmuş toprak örneklerinde sırasıyla tekstür (Gee ve Bauder, 1986), pH (Hendershot ve ark., 1993), elektriksel iletkenlik (EC) (Rhoades, 1986), organik madde (OM) (Nelson ve Sommers, 1982), toplam azot (TN) (Bremner, 1965), tarla kapasitesi (TK) (Klute, 1986), daimi solma noktası (DSN) (Klute, 1986); bozulmamış toprak örneklerinde ise hacim ağırlığı (HA) (Blake ve Hartge, 1986) analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bitkiye yararlı su içeriği (YSİ), tarla kapasitesi ve daimi solma noktası arasındaki farktan; karbon/azot oranı (C/N oranı), kütle olarak organik karbonun (OC) TN'a oranlanmasıyla bulunmuştur. Strüktür stabilite indeksi (SSI) ise toprak örneklerine ait kil, silt ve OC değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplama yoluyla bulunmuştur.

$$\text{Strüktür Stabilite İndeksi (SSI)} = \frac{1.724 \times OC}{(Kil + Silt)} \times 100; 0 \leq SSI < \infty \quad (3)$$

Burada OC: toprak organik karbon içeriği (%)'dir.

2.5. İstatistiksel Analizler

Çalışmada yürütülen tüm istatistiksel değerlendirmeler sırasında fındık bahçesinden alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde gerçekleştirilen analizler sonrası elde edilen veri seti kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin başlangıç aşamasında veri seti önce tanımlayıcı istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Veri setinde normal dağılım koşullarını sağlamayan analiz gruplarında karekök ve logaritma dönüşümleri uygulanmıştır. Dönüşüm uygulamaları sonrasında da normal dağılım koşullarını sağlamayan veri gruplarında uç değer kontrolleri yapılmış ve uç değer olduğuna karar verilen sonuçlar veri setinden çıkartılmıştır.

Yapılan dönüşümler ve uç değer değerlendirmeleri sonrasında normal dağılım koşulları sağlanan veri setinde korelasyon analizi ve sulama uygulamalarının etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda ortalamalar arasındaki farkların istatistiki olarak önemli bulunduğu veri setlerinde çoklu karşılaştırmalar, Bonferroni testi kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel analizlerin son aşamasında ise 13 adet toprak özelliği üzerine sulama yönetimlerinin ve toprak örnekleme derinliklerinin sahip olduğu etkileri değerlendirmek amacıyla temel bileşenler analizi yapılmıştır. Temel bileşenler analizi, toprak özelliklerine ilişkin örnek noktalarının istatistiksel benzerliklerini değerlendirmek için öklid mesafesini kullanır. Bir başka ifadeyle, temel bileşenler analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıdaki değişkeni kullanarak, daha az sayıda ve birbirleriyle ilişkisi olmayan boyutsuz (birimsiz) değişkenleri elde etmeyi amaçlar (Tatlıdil, 2002). Farklı sulama yönetimlerinin etkisi altındaki toprak özelliklerinden oluşan veri setinin temel bileşenler analizine uygunluğu, Barlett ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testleri ile kontrol edilmiştir. Temel bileşenler analizine uygunluğu görülen veri setinde faktörlerin belirlenmesi sırasında Varimax döndürme tekniğinden yararlanılmıştır. Temel bileşenler analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar faktör olarak kabul edilirken, kritik faktör yükü 0.5 olarak alınmıştır.

Çalışmada gerçekleştirilen tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS ver. 21.0 istatistik paket programı kullanılarak yürütülmüştür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler, farklı sulama suyu miktarı uygulamaları ve toprak derinlikleri dikkate alınmaksızın tüm alanı kapsayacak şekilde oluşturulan veri setinde değerlendirilmiştir (Çizelge 3). Fındık bahçesi topraklarının belirlenen ortalama kil (% 30.89), silt (% 46.10) ve kum (% 23.01) içerikleri kullanılarak tekstür sınıfının tespitine yönelik yapılan değerlendirmelerde fındık bahçesi topraklarının killi tın bünyeye sahip olduğu bulunmuştur. Çalışma alanında farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerinden alınan 48 adet toprak örneğinde tekstür bileşenlerinin dağılımları çarpıklık değerleri üzerinden incelendiğinde, toprakların kil, silt ve kum içeriklerinin normal dağılım sergilediği (Webster, 2001) ve tekstür bileşenlerinin tamamının fındık bahçesi içerisindeki değişkenliklerinin düşük olduğu (Wilding, 1985) tespit edilmiştir. Toprakların incelenen diğer fiziksel özelliklerine (HA, TK, DSN ve YSİ) ait değişkenliklerde yine çarpıklık ve değişkenlik katsayıları üzerinden değerlendirildiğinde, HA, DSN ve YSİ değerlerinin normal dağılıma sahip olduğu, buna karşın TK değerlerinin ise sağa çarpık bir dağılım sergiledikleri görülmüştür. Değişkenlik katsayıları ise bu dört fiziksel özelliğin tamamının çalışma alanı toprakları içerisindeki değişkenliklerinin düşük olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 3).

Çalışma alanında kimyasal özelliklerden pH, EC, OM ve TN'a ait değişkenlik katsayıları ise fiziksel özelliklerin aksine pH dışındaki diğer kimyasal toprak özelliklerinin çalışma alanında orta (TN) ve yüksek (EC ve OM) değişkenliklere sahip olduğunu göstermiştir. Yine çalışmada incelenen fiziksel ve kimyasal özellikler kullanılarak hesaplanmış değişkenler olan C/N oranı ve SSI özelliklerinin de değişkenlik katsayısı değerlerine göre fındık bahçesi içerisinde sırasıyla orta ve yüksek değişkenliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu özelliklerin tamamına (pH, EC, OM, TN, C/N oranı ve SSI) ait çarpıklık değerleri incelendiğinde ise normal dağılıma sahip pH, OM ve C/N oranı dışındaki tüm toprak özelliklerinin fındık bahçesi alanı içerisinde sağa çarpık bir dağılıma sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çalışma alanında incelenen toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Table 3. Descriptive statistics regarding the investigated soil properties in the study area

Toprak Özellikleri	Birimi	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	Çarpıklık	Basıklık	n
Kil	%	30.89	24.66	35.73	2.66	8.61	-0.40	-0.41	48
Silt	%	46.10	41.81	50.73	2.15	4.66	0.22	-0.06	48
Kum	%	23.01	16.09	27.89	2.81	12.21	-0.49	-0.14	48
HA	g cm ⁻³	1.54	1.40	1.69	0.07	4.55	-0.48	-0.15	47
TK ^{††}	%	27.14	23.06	32.87	2.25	8.29	0.80 (0.50')	-0.12	48
DSN	%	15.86	12.64	18.52	1.43	9.02	0.09	-0.76	48
YSİ	%	11.28	8.11	15.37	1.42	12.01	0.52	0.79	48
pH		6.58	5.84	7.43	0.28	4.26	0.05	1.63	47
EC ^{††}	dS m ⁻¹	0.20	0.07	0.61	0.11	55.00	1.50 (0.19')	2.82	48
OM	%	2.02	0.86	3.81	0.74	36.63	0.46	-0.86	48
TN [†]	%	0.18	0.10	0.30	0.05	27.78	0.63 (0.36')	-0.58	48
C/N Oranı		6.25	3.78	8.16	1.11	17.76	-0.30	-0.56	48
SSI [†]	%	2.64	1.13	5.27	1.03	39.02	0.59 (0.27')	-0.60	48

HA: Hacim ağırlığı; DHL: Doymuş hidrolik iletkenlik; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Yarıyışlı su içeriği; EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot; C/N Oranı: Karbon/Azot Oranı; SSI: Strüktür stabilite indeksi; n: Örnek sayısı.

†: Karekök dönüşümü uygulanmış veri seti; ††: Logaritma dönüşümü uygulanmış veri seti.

*: Karekök veya logaritma dönüşümü sonrasındaki çarpıklık katsayıları.

Fındık bahçesinde incelenen toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri Çizelge 4'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçları, çalışma alanında en fazla anlamlı korelasyon ilişkilerine ($p < 0.01$; $p < 0.05$) sahip toprak özelliğinin kum içeriği olduğunu ortaya koyarken, TK ve YSİ içeriklerinin ise en az anlamlı korelasyon ilişkilerine ($p < 0.01$) sahip toprak özellikleri olduğunu göstermiştir. Bunun yanı

sıra en yüksek pozitif ve negatif anlamlı korelasyon ilişkilerinin sırasıyla SSİ'nin OM (1.00; $p<0.01$) ve kil içeriği (-0.70; $p<0.01$) ile olan ilişkilerinde belirlenirken, TN ile silt içeriği ve C/N oranı arasındaki korelasyon ilişkilerinin en düşük pozitif korelasyon ilişkileri (0.32; $p<0.05$), EC ile HA arasındaki ilişkinin de en düşük negatif korelasyon ilişkisi (-0.33; $p<0.05$) oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4). Toprakta OM'nin veya OC'un depolanması esas olarak iklim, topografya, bitki örtüsü ve yönetim gibi faktörler tarafından kontrol edilmekte olup (Jenny, 1941), edafik faktörler ikinci derecede etkili olmaktadır (Zinn ve ark., 2007). Topraktaki yetersiz drenaj koşullarında oluşan anaerobik koşullar, OC'un toprakta ayrışma sürecini sınırlandırarak birikim miktarlarını artırırken (Tan ve ark., 2004), iyi drenaj ile yeterli havalanma ve aerobik koşulların hakim olduğu topraklarda ise OC'un toprakta depolanmasını kontrol eden en önemli edafik faktörün, toprak tekstürü olduğu ifade edilmektedir (Zinn ve ark., 2005). Nitekim toprakta OC konsantrasyonu ile kil veya kil+silt içerikleri arasındaki pozitif ilişkiler, birçok araştırmacı tarafından da rapor edilmektedir (Hook ve Burke, 2000; Kölbl ve Kögel-Knabner, 2004; Plante ve ark., 2006; Gulde ve ark., 2008; Adhikari ve Bhattacharyya, 2015; Wiesmeier ve ark., 2019; Jaksic ve ark., 2021; Thabit ve ark., 2023). Buna karşın mevcut çalışmanın bulgularına benzer şekilde, OC ile kil içeriği arasında negatif korelasyon ilişkisinin bulunduğunu rapor eden çalışmalarda bulunmaktadır (Silver ve ark., 2000; Vejre ve ark., 2003; Fukumasu ve ark., 2021). Zeraatpishe ve Khormali (2012), OC içeriği ile topraktaki illit ve klorit grubu kil mineralleri arasında anlamlı negatif ilişkiler bulduklarını bildirmişlerdir. Wiseman ve Püttmann (2006)'da yine benzer şekilde topraktaki illit kil minerali ile OC içeriği arasında negatif korelasyon ilişkisinin belirlendiğini ve bu durumun herhangi bir gerçek ilişkinin sonucu olmaktan ziyade muhtemelen illit miktarındaki artış ile aynı derinliklerde OC içeriğinde meydana gelen tesadüfi düşüşlerle ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Zinn ve ark. (2007)'da yine alt derinliklerde daha yüksek spesifik yüzey alanına sahip kil içeriğinin, daha ince kil parçacıklarının yıkanmasıyla veya topraktaki OC konsantrasyonundaki eş zamanlı azalmayla açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca ikinci hipotezin, özellikle OC içeriği açısından zengin 0-5 cm toprak derinliğinde, kil fraksiyonlarına ait spesifik yüzey alanı ve OC içeriği arasındaki negatif korelasyonlarla desteklendiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada fındık bahçesi topraklarının kil tiplerine ve kil tiplerinin spesifik yüzey alanlarına ilişkin herhangi bir sonuç rapor edilmemesine karşın artan toprak derinlikleriyle birlikte kil miktarının istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı ve toprakların OM içeriğinin de aynı şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

Büyüköztürk (2002), faktör analizini, birbirleriyle ilişkili çok sayıda değişkeni bir araya getirerek daha az sayıda anlamlı değişkenler elde etmeyi amaçlayan çok değişkenli bir istatistiksel yöntem olarak tanımlamaktadır. Hair ve ark. (1998)'da temel bileşenler analizinde kullanılacak değişkenler arasında belirli düzeyde çoklu bağlantının olması gerektiğini ve dolayısıyla faktör analizinde değişkenler arasın-

daki korelasyon ilişkilerinin incelenmesinin önemini ifade etmektedir. İlave olarak, 0.30 ve üzeri korelasyon katsayılarına sahip değişkenlerin faktör analizine uygun olduklarını ancak 0.30'un altında korelasyon katsayılarına sahip değişkenlerin ise faktör analizinden çıkartılması gerektiğini de bildirmektedirler. Mevcut çalışmada incelenen toprak özelliklerinin tamamının 0.30'un üzerinde anlamlı korelasyon katsayılarına sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 4). Korelasyon analizine ilişkin elde edilen bu sonuçlar, çalışma alanına ait veri setinin, verileri değerlendirmek için seçilen yöntemlerden biri olan temel bileşenler analizine uygun olduğunu ortaya koyarken, 0.30'un üzerinde anlamlı korelasyon ilişkilerine ($p < 0.05$ ve $p < 0.01$) sahip olmaları nedeniyle de veri setinde yer alan değişkenlerin tamamı temel bileşenler analizine dahil edilmiştir.

Çizelge 4. İncelenen toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları

Table 4. The results of correlation analysis regarding the investigated soil properties

	Kil	Silt	Kum	HA	TK	DSN	YSİ	pH	EC	OM	TN	C/N
Silt	-0.34 *											
Kil	-0.69 **	-0.45 **										
HA	0.42 **	-0.25	-0.20									
TK	0.28	0.39 **	-0.57 **	0.09								
DSN	0.40 **	0.14	-0.48 **	0.13	0.79 **							
YSİ	0.05	0.47 **	-0.41 **	0.02	0.79 **	0.25						
pH	0.46 **	0.03	-0.46 **	0.12	0.20	0.18	0.14					
EC	-0.49 **	0.12	0.37 **	-0.33 *	0.04	-0.03	0.10	-0.41 **				
OM	-0.67 **	0.24	0.45 **	-0.35 *	0.07	0.07	0.04	-0.38 **	0.57 **			
TN	-0.67 **	0.32 *	0.39 **	-0.39 **	0.09	0.04	0.10	-0.38 **	0.65 **	0.91 **		
C/N	-0.36 *	0.01	0.33 *	-0.05	0.00	0.08	-0.08	-0.24	0.15	0.67 **	0.32 *	
SSI	-0.70 **	0.19	0.52 **	-0.36 **	0.01	0.01	0.00	-0.40 **	0.59 **	1.00 **	0.91 **	0.66 **

HA: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Yarıyışlı su içeriği; EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot; C/N: Karbon/Azot oranı; SSI: Strüktür stabilite indeksi. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Çalışma alanı topraklarının tekstür bileşenleri (kil, silt ve kum içerikleri) üzerine farklı sulama suyu uygulamalarının anlamlı istatistiksel etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Sulama suyu yönetimlerinden %70 sulama suyu uygulamasının, kil ve silt içeriği üzerinde en yüksek istatistiksel etkiye sahip sulama yönetimi olduğu belirlenmiştir. Kil içeriği üzerinde en düşük anlamlı etkiye sahip sulama suyu yönetimi olan %130 sulama suyu uygulaması ile karşılaştırıldı-

ğında, %70 sulama suyu uygulaması çalışma alanı topraklarında % 7.0 düzeyinde anlamlı bir değişkenlik ($p<0.05$) meydana getirmiştir. Bununla birlikte, silt içeriği üzerinde en düşük anlamlı etkiye sahip sulama suyu yönetimi kontrol uygulaması olurken, %70 sulama suyu uygulamasının kontrol uygulamasına göre çalışma alanı topraklarının silt içeriklerinde % 6.4 düzeyinde anlamlı bir farklılık ($p<0.01$) ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kil içeriği üzerine %70 sulama suyu uygulaması dışındaki tüm sulama suyu yönetimlerinin etkilerinin, istatistiksel olarak benzer oldukları da görülmüştür. Silt içeriği üzerine ise kontrol ile %130 sulama suyu yönetimlerinin en düşük benzer istatistiksel etkiye sahip oldukları belirlenirken, %100 sulama suyu yönetiminin toprakların silt içeriği üzerinde anlamlı bir istatistiksel etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5). Toprakların kum içerikleri üzerine sulama suyu yönetimlerinin etkilerine bakıldığında ise kil ve silt içerikleri üzerine olan etkilerin tersine bir etkinin olduğu görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının kum içeriği üzerine %70 sulama suyu yönetiminin en düşük istatistiksel etkiye sahip olduğu, bununla birlikte diğer sulama suyu yönetimlerinin tamamının ise benzer ve en yüksek anlamlı istatistiksel etkiye sahip oldukları görülmektedir (Çizelge 5).

Mevcut çalışmada toprakların tekstür bileşenleri ile ilgili elde edilen sonuçların, çalışma alanının alüvyal bir ova içerisinde yer alması nedeniyle doğal olarak ortaya çıkan bir sonuç olabileceği gibi sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle tekstür bileşenlerinden kil ve silt gibi ince toprak fraksiyonlarının yıkanma yoluyla daha alt derinliklere taşınmış olabileceği de değerlendirilmektedir. Kısıtlı sulama suyu uygulaması olan %70 sulama suyu yönetimi ile karşılaştırıldığında, %100 ve %130 sulama suyu yönetimlerinde topraklara sırasıyla %50 ve %100 farklara yakın oranlarda uygulanan daha fazla sulama suyunun miktarlarının, killi tın bünyeye sahip topraklarda kil ve silt gibi ince fraksiyonları daha alt derinliklere yıkanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim, alt toprak derinliklerinde kil fraksiyonunun daha yüksek miktarlarda belirlenmiş olması da bu değerlendirmeyi destekler bir nitelik taşımaktadır (Çizelge 5). Farklı sulama suyu yönetimlerinin çalışma alanı topraklarının TK, DSN ve YSİ içerikleri üzerinde de anlamlı istatistiksel etkilerinin ($p<0.01$) bulunduğu ve TK, DSN ve YSİ içerikleri üzerinde en yüksek anlamlı etkilerin % 70 sulama suyu yönetimi tarafından ortaya konulduğu belirlenmiştir. Ayrıca diğer sulama suyu yönetimlerinin TK, DSN ve YSİ içerikleri üzerine en düşük ve benzer bir istatistiksel etkiye sahip oldukları da tespit edilmiştir (Çizelge 5). Farklı sulama suyu uygulamalarının etkisiyle TK, DSN ve YSİ içeriklerinde ortaya çıkan farklılıkların birinci derecede toprak tekstür bileşenlerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Toprağın tekstürel özelliklerinin toprakta suyun tutulması üzerine olan etkileri yaygın olarak bilinmektedir. Dolayısıyla %70 sulama suyu yönetimine göre %100 ve %130 sulama suyu yönetimlerinde daha düşük miktarlarda belirlenen kil ve silt içeriklerinin, belirtilen sulama suyu yönetimlerinin uygulandığı topraklarda TK, DSN ve YSİ içeriklerinin de daha düşük olmasını sağlamış

olabileceği değerlendirilmektedir (Çizelge 5). Küçük ve ark. (2022), Samsun ili Tekkeköy ilçesinde yine bir fındık bahçesinde yine benzer sulama suyu yönetimlerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, farklı sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle toprakların silt, kum, TK, DSN ve YSİ içeriklerinde anlamlı değişkenlikler belirlediklerini ancak karşın kil içeriğinin değişkenliğinde sulama suyu yönetimlerinin etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 5. Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerine bağlı olarak toprak fiziksel özelliklerindeki değişimler

Table 5. *Changes in the soil physical properties depending on different irrigation managements and soil depths*

Uygulamalar	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	HA (g cm ⁻³)	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)
<i>Sulama Yönetimleri (SY)</i>							
Kontrol	30.8(2.3) B	45.0(1.7) B	24.2(1.6) A	1.56(0.1)	25.9(0.8) B	15.3(1.2) B	10.6(1.2) B
% 70 Sulama	32.2(2.2) A	47.9(2.2) A	19.9(2.5) B	1.55(0.1)	30.3(1.4) A	17.4(0.9) A	12.9(1.1) A
% 100 Sulama	30.5(2.6) B	45.8(1.7) AB	23.7(2.4) A	1.53(0.1)	25.7(1.2) B	14.9(1.3) B	10.7(0.7) B
% 130 Sulama	30.1(3.3) B	45.7(2.0) B	24.2(2.1) A	1.51(0.1)	26.6(1.5) B	15.8(1.0) B	10.9(1.3) B
<i>Toprak Derinliği (D)</i>							
0.0-7.5 cm	28.6(2.7) b	46.5(2.1)	24.9(2.4) a	1.51(0.1) b	27.0(2.9)	15.7(1.6)	11.3(1.9)
7.5-15.0 cm	31.8(1.7) a	45.7(2.4)	22.5(2.7) b	1.57(0.1) a	27.0(1.6)	16.1(1.3)	10.9(1.2)
15.0-30.0 cm	32.3(1.8) a	46.1(2.0)	21.6(2.5) b	1.54(0.1) ab	27.4(2.2)	15.8(1.4)	11.7(1.1)
<i>İki Yönlü Varyans (Two-way ANOVA) Sonuçları</i>							
SY	<0.05	<0.01	<0.01	ns	<0.01	<0.01	<0.01
D	<0.01	ns	<0.01	<0.05	ns	ns	ns
SYxD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

HA: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği. Aynı sütunda farklı büyük ve küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05; p<0.01).

Farklı toprak derinliklerinin çalışma alanında tekstür bileşenleri üzerine olan etkileri değerlendirildiğinde ise yalnızca kil ve kum içeriklerinin incelenen toprak derinliklerinin etkisiyle anlamlı olarak (p<0.01) değiştikleri bulunmuştur. Fındık bahçesi topraklarının kil içeriklerinin alt toprak derinliklerinde (7.5-15.0 cm ve 15.0-30.0 cm), yüzey toprak derinliği (0.0-7.5 cm) ile karşılaştırıldığında p<0.01 düzeyinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Kil içeriğinin aksine fındık bahçesi topraklarının kum içeriklerinin ise yüzey toprak derinliğinde, alt toprak derin-

liklerine oranla $p < 0.01$ düzeyinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Toprakların HA değerleri üzerine toprak derinliklerinin etkileri değerlendirildiğinde, artan toprak derinliklerinin etkisiyle HA değerlerinin $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı olarak arttığı görülmüştür. En düşük ortalama HA değeri, yüzey toprak derinliğinde 1.51 g cm^{-3} olarak belirlenirken, en yüksek ortalama HA değeri ise 1.57 g cm^{-3} olarak 7.5-15 cm toprak derinliğinde ölçülmüştür. En düşük ve en yüksek HA değerlerinin ölçüldüğü iki toprak derinliği arasında HA değerlerinde meydana gelen %3.97'lik artış $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunurken, buna karşın 15-30 cm toprak derinliğinin toprak HA değerleri üzerine anlamlı istatistiksel etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Bronick ve Lal (2005), toprak agregatlaşması ve OM gibi toprak özelliklerinin, arazi kullanım yönetimlerine hızla tepki veren dinamik toprak özellikleri olduklarını ancak özellikle toprak tekstürünün arazi yönetim uygulamalarından etkilenmesi için daha fazla zamana ihtiyacı olacağını ifade etmektedir. Boix-Fayos ve ark. (2001), kil ve silt fraksiyonları ile OM arasındaki etkileşimlerin, toprak agregatlaşmasının derecesini etkileyen özellikler olduğunu rapor etmektedir. Hondebrink ve ark. (2017) ise yaptıkları çalışmada toprakların kil veya silt miktarları ile OM veya toprak agregasyonu arasında anlamlı bir ilişki bulunamadığını ve bu durumun toprakların aynı tipte olmaları nedeniyle toprakların tekstürel özelliklerindeki değişkenliğin ihmal edilmesiyle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca HA ve OM arasında negatif ve önemli bir istatistiksel ilişki ($p < 0.05$) bulunduğunu da bildirmişlerdir. Bu negatif ilişkinin çalışmanın yürütüldüğü tüm meyve bahçeleri için toprak genetiği ve tekstürünün aynı olduğu dikkate alındığında, OM'nin mineral fazdan daha düşük yoğunluğa sahip olmasının yanı sıra toprağın biyolojik aktivitesini etkilemesi ve bunun sonucunda da toprakta makro gözenek gelişimini artırmasıyla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı toprak tekstürleri ve yönetim koşullarında HA ile OM arasında negatif ilişki olduğunu bulan başkaca çalışmalarda bulunmaktadır (Jaksik ve ark., 2015; Laudicina ve ark., 2015). Mevcut çalışmada da toprak tekstür bileşenlerinden kil içeriği ile OM ve SSI arasında önemli negatif korelasyon ilişkileri ($p > 0.01$) bulunurken, HA ile OM ve SSI arasında da $p < 0.05$ düzeyinde önemli negatif korelasyon ilişkileri olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Peng ve ark. (2013), farklı sulama yönetimlerinin kiraz bahçesi toprak koşulları ve sulama suyu etkinliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, yüzey altı damlama sulama yönetimi altındaki toprakların HA değerlerini, salma sulama yönetimi etkisi altındaki toprakların HA değerlerinden %6.8 daha düşük bulmuşlardır. Ayrıca artan toprak derinliklerine bağlı olarak her iki sulama yönetiminde HA değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada da farklı sulama suyu yönetimlerinin fındık bahçesi topraklarının HA değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği ancak kontrol yönetimi ile karşılaştırıldığında farklı sulama yönetimlerinin (%70, %100 ve %130 sulama suyu) etkisiyle toprakların HA değerlerinin düşüş eğiliminde oldukları be-

lirlenmiştir. Peng ve ark. (2013) tarafından rapor edilen sonuçlara benzer şekilde bu çalışmada da hacim ağırlığı ile ilgili sonuçların artan toprak derinliklerinin etkisiyle anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür (Çizelge 5). Han ve ark. (2018), farklı sulama yöntemlerinin (yağmurlama, yüzey damlama ve yüzey altı damlama) elma bahçesi toprakları üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, yüzey altı damlama yönteminin topraklarda aynı matrik potansiyelin korunması için yağmurlama ve yüzey damlama yöntemlerine oranla sırasıyla %37 ve %27 daha az su tükettiğini rapor etmişlerdir.

Farklı sulama suyu yönetimlerinin çalışma alanı topraklarının ortalama pH, TN ve C/N oranı değerleri üzerine $p < 0.01$ düzeyinde, ortalama EC değerleri üzerine de $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı istatistiksel etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Çalışma alanında en yüksek ve en düşük ortalama pH değerleri, sırasıyla %70 ve %130 sulama suyu uygulamalarında tespit edilirken, EC ve TN değerlerinin en yüksek ve en düşük değerleri ise her iki toprak özelliği için benzer sulama yönetimlerinde elde edilmiştir. Bu toprak özelliklerine ait en yüksek ortalama değerler %130 sulama suyu yönetiminde elde edilirken, en düşük etkileri ortaya koyan sulama uygulaması kontrol uygulaması olmuştur. Ayrıca % 70 sulama suyu yönetiminin, fındık bahçesi topraklarının TN içeriği üzerine %130 sulama suyu yönetimi ile birlikte en yüksek etkileri ortaya koyan bir diğer sulama yönetimi olduğu da görülmüştür. Çalışma alanında, farklı sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle en düşük ve en yüksek ortalama C/N oranları ise sırasıyla %130 sulama suyu ve kontrol uygulamalarında belirlenmiştir. Bütün bunlarla birlikte fındık bahçesi topraklarının pH, EC, TN ve C/N oranı değerleri üzerine %100 sulama suyu yönetiminin anlamlı bir istatistiksel etkisinin bulunmadığı da bulunmuştur. Yine pH değerleri üzerine kontrol sulama suyu yönetiminin, EC ve C/N oranı üzerine de %70 sulama suyu yönetiminin istatistiksel bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Farklı sulama suyu yönetimlerinin ayrıca çalışma alanı topraklarının OM ve SSI değerleri üzerine herhangi bir anlamlı etkisinin bulunmadığı da bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerine bağlı olarak toprak kimyasal özelliklerindeki değişimler

Table 6. Changes in the soil chemical properties depending on different irrigation managements and soil depths

Uygulamalar	pH		EC		OM		TN		C/N Oranı		SSI	
			(dS m ⁻¹)		(%)		(%)				(%)	
Sulama Yöntimleri (SY)												
Kontrol	6.67(0.2)	AB	0.14(0.1)	B	1.96(0.7)		0.16(0.1)	B	6.92(0.9)	A	2.60(1.0)	
% 70 Sulama	6.74(0.5)	A	0.20(0.1)	AB	2.18(0.7)		0.20(0.0)	A	6.42(1.2)	AB	2.74(0.9)	
% 100 Sulama	6.60(0.2)	AB	0.23(0.1)	AB	1.98(0.9)		0.19(0.1)	AB	6.02(0.9)	AB	2.63(1.2)	
% 130 Sulama	6.40(0.3)	B	0.25(0.2)	A	1.95(0.8)		0.20(0.1)	A	5.63(1.1)	B	2.60(1.1)	
Toprak Derinliği (D)												
0.0-7.5 cm	6.42(0.2)	b	0.29(0.1)	a	2.91(0.4)	a	0.24(0.0)	a	6.99(0.7)	a	3.88(0.6)	a
7.5-15.0 cm	6.53(0.2)	b	0.17(0.1)	b	1.78(0.3)	b	0.16(0.0)	b	6.25(0.9)	ab	2.29(0.4)	b
15.0-30.0 cm	6.86(0.3)	a	0.15(0.1)	b	1.37(0.3)	c	0.14(0.0)	b	5.51(1.2)	b	1.75(0.4)	c
İki Yönlü Varyans (Two-way ANOVA) Sonuçları												
SY	<0.01		<0.05		ns		<0.01		<0.01		ns	
D	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	
SYxD	ns		ns		ns		ns		ns		ns	

EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot; C/N Oranı: Karbon/Azot Oranı; SSI: Strüktür stabilite indeksi.

Aynı sütunda farklı büyük ve küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$; $p<0.01$).

Farklı toprak derinliklerinin çalışma alanı topraklarının ortalama pH, EC, OM, TN, C/N oranı ve SSI değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde, toprak derinliklerinin belirtilen toprak özelliklerinin tamamı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde anlamlı değişkenlikler ortaya koydukları tespit edilmiştir. Yüzey toprak derinliği (0.0-7.5 cm) ile karşılaştırıldığında, artan toprak derinliklerinin (7.5-15.0 cm ve 15.0-30.0 cm) etkisiyle çalışma alanında yalnızca ortalama pH değerlerinin anlamlı düzeyde arttığı, buna karşın diğer toprak özelliklerine ait değerlerin tamamının ise istatistiksel olarak azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 6). En yüksek ortalama pH değerlerinin belirlendiği toprak derinliği, 15.0-30.0 cm derinliği olurken, 0.0-7.5 cm ve 7.5-15.0 cm toprak derinliklerinin ortalama pH değerleri üzerine benzer istatistiksel etkilerinin olduğu da bulunmuştur. Ayrıca yüzey toprak derinliğinin (0.0-7.5 cm) EC, OM, TN, C/N oranı ve SSI değerleri üzerinde en yüksek istatistiksel etkiye sahip olduğu belirlenirken, 15.0-30.0 cm toprak derinliğinin de OM,

C/N oranı ve SSI üzerinde en düşük istatistiksel etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 6). Çalışma alanı topraklarının pH değerlerindeki azalmaların, fındık bahçesi topraklarına daha yüksek oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının yıkama etkisinden kaynaklı olabileceği değerlendirilmektedir. %70 sulama suyu yönetimiyle karşılaştırıldığında, topraklara yaklaşık iki kat daha fazla miktarda sulama suyunun uygulandığı %130 sulama suyu yönetiminin topraklardaki bazik kanyonları daha alt toprak derinliklerine yıkamış olabileceği ve bununda toprak pH'sının asidik yönde değişimine yol açtığı değerlendirilmektedir. Toprak tuzluluğu üzerine sulama suyu yönetimlerinin etkileri değerlendirildiğinde ise %130 sulama suyu yönetimiyle çalışma alanı topraklarına uygulanan aşırı miktardaki sulama suyunun damlatıcı etrafındaki ıslanma cephesinin yarıçapını daha fazla genişlettiği değerlendirilmektedir. Genişleyen ıslanma cephesinin etkisiyle sulama suyunun toprak yüzeyine doğru yukarı yönlü hareketinin daha fazla arttığı ve toprak yüzeyine ulaşan sulama suyunun buharlaşması sonrasında da topraklarda tuzluluğunun artmış olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca killi tın toprağa uygulanan aşırı miktardaki sulama suyunun oransal olarak alt toprak derinliklerine daha fazla miktarda dağılmış olabileceği ve bu durumunda yeraltı suyu seviyesini yükselterek toprakta ikincil bir tuzlanmaya yol açmış olabileceği de değerlendirilmektedir. Çalışma alanı topraklarının TN içeriğinde meydana gelen değişimlerin ise öncelikli olarak sulama suyu yönetimlerinin TN içeriğine olan doğrudan etkilerinden daha ziyade sulama suyu yönetimlerinin OM içeriğinde meydana getirdiği değişimleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında farklı sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle toprakların OM içeriğinde istatistiksel olarak anlamsız ancak oransal olarak meydana gelen artışların aynı zamanda toprakların TN içeriklerini de artırmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Bedbais ve ark. (2014), Tunus'ta dört yıl süreyle kumlu tekstüre sahip bir zeytin bahçesinde yürütmüş oldukları çalışmada, farklı kalitede sulama suyu yönetimlerinin etkilerini araştırmışlar ve iyileştirilmiş atık suyla sulanan toprakların pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş, EC ve OM değerlerinde ise önemli bir artış bulmuşlardır. Alnaim ve ark. (2022)'de otomatik sulama sistemleri ve su rejimlerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, artan toprak derinliğiyle birlikte toprakların EC değerlerinin arttığını, pH değerlerinin ise azaldığını bildirmektedir. Bu çalışmada pH ve EC ile ilgili elde edilen sonuçların, Alnaim ve ark. (2022) tarafından bildirilen sonuçlardan farklılıklar gösterdiği ve mevcut çalışmada toprak derinliklerinin etkisiyle pH değerleri artarken EC değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 6). Toprakların C/N oranı, toprağa ilave olan bitki kalınlarının ve organik atıkların ayrışma süreçleri için iyi bir göstergedir. Gullickson (2019), toprak sürdürülebilirliğinde toplam organik karbon (TOC) ve TN içeriklerinin önemli bir rol oynadığını ve toprak sağlığının korunması için topraklarda C/N oranının düşük olması gerektiğini önermektedir. Tirado-Corbala ve ark. (2019), bir nar bahçesinde yüzey ve yüzey altı damla sulama yönetimlerinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada, 0-75 cm toprak derinliğinde yüzey damla sulama

yönetimi altındaki toprakların daha yüksek TN ve TOC içeriklerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Geleta ve ark. (1994) ise damla sulama yönetimi uygulandığında topraktan TN ve nitrat (NO_3^-) kayıplarının azaldığını ifade etmişlerdir. Blanco-Canqui ve ark. (2010), ekili arazilerde uzun süreli (> 5 yıl) yürütmüş oldukları çalışmada, kısıtlı sulama yönetiminin TOC içeriği ve suya dayanıklı agregat stabilitesi üzerine olan etkilerini araştırmışlar ve uygulanan sulama hacminin artması (66 mm yıl^{-1} 'den 217 mm yıl^{-1} 'a) sonrasında topraktaki makroagregat miktarının arttığını bildirmişlerdir. Garcia-Franco ve ark. (2021), 17 yaşındaki bir narenciye bahçesinde yoğun toprak işleme ile salma sulama yönetiminin etkilerini karşılaştırdıkları denemede, bitki atıklarının karıştırılması ve azaltılmış toprak işleme ile kombine edilen damla sulama yönetimi altındaki topraklarda toprak strüktürünün iyileştiğini ve TOC tutulumunun arttığını ortaya koymuşlardır. Jia ve ark. (2018), kısıtlı sulama ve gübreleme stratejilerini araştırdıkları iki yıllık çalışmada, kısıtlı sulama yönetimlerinin ilk yılın aksine ikinci yılda TOC ve TN içeriğinde anlamlı değişiklikler meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Zarnoza ve ark. (2018)'da sulama suyu miktarındaki azalmaların TOC döngüsü üzerine pozitif etkilerinin olabileceğini bildirmektedir. Mevcut çalışmada sulama suyu yönetimlerinin OM (/TOC) içeriği üzerine anlamlı etkileri bulunamamış olmasına karşın sulama suyu miktarının azaltıldığı kısıtlı sulama suyu uygulaması olan %70 sulama suyu yönetimi altındaki toprakların OM içeriklerinin en yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 6). Hondebrink ve ark. (2017) C/N oranı >60 gibi yüksek değerlerin nispeten ayrışmayı yavaşlattığını ve OM'nin yavaş dönüşümüne yol açtığını, buna karşın 10-20 gibi düşük C/N oranlarının ise toprağa ilave olan organik atıkların ayrışmasını hızlandırdığını ifade etmişlerdir. Ge ve ark. (2015), sıcak iklimlerdeki elma bahçelerinde yaptıkları çalışma sonunda C/N oranının 6.1-9.5:1 arasında değiştiğini, Bangroo ve ark. (2018)'da Çin'de elma bahçelerinde yaptıkları çalışmada C/N oranını 10-19:1 arasında bulduklarını rapor etmişlerdir. Garcia-Gil ve ark. (2004) ise Akdeniz bölgesindeki tarımsal sistemlerde C/N oranlarının 5-16:1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yukarıda sunulan sonuçların bu çalışmada elde edilen C/N oranları ile önemli benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Çizelge 6).

Çalışma alanına yönelik yürütülen temel bileşenler analizinde, toprak özellikleri üzerine farklı sulama suyu yönetimleri ve toprak derinliklerinin birleştirilmiş etkilerini gösteren veri seti kullanılmış ve temel bileşenler analizi sonrasında elde edilen sonuçlar da Çizelge 7'de sunulmuştur. Temel bileşenler analizinde belirlenen temel bileşenler, yürütülen çalışmaya ait belirli bir varyansı açıklarken, öz değerler ise her bir temel bileşen tarafından açıklanan varyans miktarını göstermektedir (Mikha ve ark., 2024). Mevcut çalışmada öz değeri >1 olan dört farklı temel bileşen belirlenmiş ve bu temel bileşenler veri setine ait toplam varyansın %82.93'ünü açıklamışlardır (Çizelge 7). Ayrıca belirlenen dört temel bileşen sırasıyla ayrı ayrı olarak toplam varyansın %38.87 (TB1), %21.81 (TB2), %13.10 (TB3) ve %9.15 (TB4)'ini açıkladıkları tespit edilmiştir. Mikha ve ark. (2024) temel bileşenler analizi sırasında belirlenen öz değerlerin, yönetimlerden (değişkenlik kaynaklarından)

etkilenen değişkenliğin açıklanmasında her bir temel bileşenin önemini yansıttığını, öz vektörlerin ise temel bileşenin oluşturulmasında her bir orijinal değişkene (toprak özelliğine) atanan ağırlıkları veya katsayıları gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 7. Çalışma alanı toprak özelliklerine ilişkin temel bileşenler analizi sonuçları

Table 7. The results of principal component analysis regarding the soil properties of the study area

Temel Bileşenler	TB1	TB2	TB3	TB4
Öz Değer	4.28	2.40	1.44	1.01
Oransal Varyans (%)	38.87	21.81	13.10	9.15
Ekleme Varyans (%)	38.87	60.68	73.78	82.93
Öz Vektörler				
C/N Oranı	0.994			
SSI	0.816			
OM	0.805			
TK		0.949		
DSN		0.941		
Kum		-0.605		
Kil		0.474		
Silt			-0.887	
HA			0.698	
EC				-0.844
pH				0.807

TB: Temel bileşen, SSI: Strüktür stabilite indeksi; OM: Organik madde; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; HA: Hacim ağırlığı; EC: Elektriksel iletkenlik.

Temel bileşenler analizinde değişkene atanan öz vektörler, aynı zamanda değişken ile temel bileşen arasındaki ilişkinin yönünü göstermektedir. Mevcut çalışmada yürütülen temel bileşenler analizi sonucunda toprak özelliklerinden C/N oranı, SSI ve OM, TB1'e değişken olarak seçilirken, bu değişkenlere atanan öz vektörlerde toprak özelliklerinin TB1'e pozitif yönde katkılarının olduğunu göstermiştir. Ayrıca değişken olarak atanan toprak özelliklerinin ortaya koyduğu bilgiler dikkate alındığında TB1'in fındık bahçesi topraklarına ait toprak strüktürü ve agregat oluşumuna yönelik değişkenlikleri açıkladığı değerlendirilmektedir. Toprakta OM düzeyi arttıkça toprak yoğunluğundaki düşüş, toprak OM'sinin toprağın strüktür stabilitesi üzerindeki olumlu etkisine atfedilmektedir (Aragon ve ark., 2000).

Çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesi topraklarına ait ikinci en yüksek değişkenliği açıklayan TB2'ye ise toprak özelliklerinden TK, DSN, kum içeriği ve

kil içeriği değişken olarak seçilirken, kum içeriğinin TB2'ye negatif yönde katkı verdiği buna karşın diğer toprak özelliklerinin pozitif yönde katkılarının olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen 2 (TB2)'ye değişken olarak atanan toprak özellikleri dikkate alındığında TB2'nin fındık bahçesi topraklarının su tutma kapasitesi ve bitkiye yararlı su içeriğine ait değişkenliği açıkladığı değerlendirilmektedir. Fındık bahçesi topraklarına ait en yüksek üçüncü değişkenlik açıklayan TB3'e ise silt içeriği ve HA gibi toprak özellikleri değişken olarak atanmışlardır. Silt içeriği TB3'e negatif yönde katkı verirken HA'nın katkısının pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen 3 (TB3)'e değişken olarak atanan toprak özelliklerinin açıklamış olduğu bilgiler esas alınarak TB3'ün çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesinde toprak yoğunluğuna ilişkin değişkenlikleri açıkladığı değerlendirilmektedir. Toprak yoğunluğu, yönetim uygulamalarının yanı sıra toprağın mineral içeriği, tekstür ve OM gibi toprak özelliklerinin (Brady ve Weil, 2008) etkisiyle önemli ölçüde değişebilmektedir. Broch ve Klein (2017) toprakların silt içeriği, silt+kil içeriği ve OM içeriği arttıkça toprak yoğunluğunun önemli ölçüde azaldığını bildirmektedir. Mevcut çalışmada da toprak özelliklerine ait korelasyon ilişkileri incelendiğinde silt içeriği ve HA arasında anlamlı olmayan ancak negatif bir korelasyon ilişkisinin bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4). Çalışmada belirlenen TB4'e pH ve EC değişken olarak atanmışlar ve TB4'e pH'nın pozitif yönde EC'nin ise negatif yönde katkısının bulunduğu belirlenmiştir. Temel bileşen 4 (TB4)'e atanan toprak özelliklerinin açıklamış olduğu bilgiler dikkate alındığında TB4'ün fındık bahçesi topraklarının asitliğine yönelik değişkenliği açıkladığı değerlendirilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, uzun süreli farklı sulama suyu yönetimlerinin toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli değişkenlikler meydana getirdiğini göstermiştir. İncelenen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine en fazla sayıda en yüksek anlamlı etkiler ortaya koyan uygulama %70 sulama suyu yönetimi olurken, kontrol (çiftçi koşulları) ve %130 sulama suyu yönetimleri en fazla sayıda en düşük anlamlı etkilere sahip uygulamalar olmuşlardır. %70 sulama suyu yönetimi altındaki toprakların silt ve kil içerikleri en yüksek bulunurken aynı sulama yönetimi YSİ de en fazla artıran uygulama olmuştur. Toprak asitliği üzerine kontrol uygulamasının etkisi bulunmazken, %100 ve %130 sulama suyu yönetimlerinin toprak asitliğini artırıcı yönde etkilerinin olduğu görülürken, % 70 sulama suyu yönetiminin nötr toprak pH'sı yönünde etkileri ortaya çıkmıştır. Kontrol uygulaması ile kıyaslandığında, toprak tuzluluğu üzerine diğer sulama suyu yönetimlerinin anlamlı etkileri bulunmamasına karşın %130 sulama suyu yönetiminin fındık bahçesi topraklarının tuzluluğunu artırma yönünde bir eğiliminin olduğu belirlenmiştir. Toprak tuzluluğundaki artışın %130 sulama suyu yönetiminde uygulanan yüksek miktardaki sulama suyu sonrasında yükselen taban suyu seviyesi ve buharlaşma süreçlerinin ortak bir etkisi olabileceği değerlendirilmektedir. Farklı sulama suyu

yönetimlerinin fındık bahçesi topraklarının OM içerikleri üzerine anlamlı etkileri bulunmamasına karşın %70 sulama suyu yönetimi yine en yüksek OM içeriğinin belirlendiği uygulama olmuştur. Bunun yanı sıra aynı sulama suyu yönetimi altındaki topraklarda TN, C/N oranı ve SSİ'nin yüksek değerler aldığı da görülmüştür.

Çalışmanın uygulama konuları olan sulama suyu yönetimleri ve toprak örnekleme derinliklerinin kombine etkilerine ilişkin değerlendirmeler yapan temel bileşenler analizi ile fındık bahçesi topraklarının toprak strüktür gelişimi, toprak suyu, toprak yoğunluğu ve toprak asitliğine yönelik bilgileri ortaya konulmuştur. Temel bileşenler analizi sırasında değişken olarak atanan ve temel bileşenlere pozitif yönde katkı veren toprak özelliklerinin önemli bir kısmının yine %70 sulama suyu yönetiminde yüksek değerler aldığı görülmektedir. Ortaya konulan bütün bu sonuçlar sonrasında çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesinde toprak özelliklerinin gelişimi açısından %70 sulama suyu yönetiminin en uygun sulama yönetimi olduğu önerilmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): EE(%10), EEK(%20), Sİ(%30), MS(%30)

Veri Toplanması (Data Acquisition): EE(%10), EEK(%10), Sİ(%40), MS(%40)

Veri Analizi (Data Analysis): EE(%10), EEK(%50), Sİ(%30), MS(%10)

Makalenin Yazımı (Writing Up): EE (%10), EEK(%10), Sİ(%30), MS(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EE(%10), EEK(%10), Sİ(%30), MS(%50)

KAYNAKLAR

- Adhikari, G., Bhattacharyya, K.G., 2015. Correlation of soil organic carbon and nutrients (NPK) to soil mineralogy, texture, aggregation, and land use pattern. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 735. doi:10.1007/s10661-015-4932-5.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.
- Alnaim, M.A., Mohamed, M.S., Mohammed, M., Munir, M., 2022. Effects of automated irrigation systems and water regimes on soil properties, water productivity, yield and fruit quality of date palm. *Agriculture*, 12: 343. doi:10.3390/agriculture12030343.
- Aragon, A., Garcia, M.G., Filgueira, R.R., Pachepsky, Y.A., 2000. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test; The relationship with organic carbon and water content. *Soil and Tillage Research*, 56: 197-204.
- Bangroo, S., Itoo, H., Tasneem, M., Malik, A.R., 2018. Soil organic carbon and total nitrogen in temperate apple orchards of south Kashmir. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 44: 287-292.
- Bedbabis, S., Rouina, B.B., Boukhris, M., Ferrara, G., 2014. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. *Journal of Environmental Management*, 133: 45-50.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk Density and Particle Density. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA publications. pp. 363-382.
- Blanco-Canqui, H., Klocke, N.L., Schlegel, A.J., Stone, L.R., Rice, C.W., 2010. Impacts of deficit irrigation on carbon sequestration and soil physical properties under no-till. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74, 1301-1309. doi:10.2136/sssaj2009.0364.
- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A., Soriano-Soto, M., 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 44(1): 47-67.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2008. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, 14th editon, 975p, New Jersey.
- Bremner, J.M., 1965. Nitrogen. In: Black, C.A. (Ed). *Method of Soil Analysis (Part II): Chemical and Microbiological Properties*. Agron Inc. pp. 1149-1178.
- Broch, D.T., Klein, V.A., 2017. Maximum soil density of entisols as a function of silt content. *Ciencia Rural*, 47: 12. doi: 10.1590/0103-8478cr20160762.
- Bronick, C.J., Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124 (1): 3-22.
- Büyükköztürk, Ş., 2002. Faktör analizi: temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32: 470-483.
- Cristofori, V., Muleo, R., Bignami, C., Rugini, E., 2014. Long term evaluation of hazelnut response to drip irrigation. *Acta Horticultrae*, 1052:179-185.
- Fereres, E., Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58: 147-159. doi: 10.1093/jxb/ert165.
- Fukumasu, J., Jarvis, N., Koestel, J., Katterer, T., Larsbo, M., 2021. Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties. *European Journal of Soil Science*, 73: e13212. doi: 10.1111/ejss.13212.
- Garcia-Franco, N., Wiesmeier, M., Hurtarte, L.C.C., Fella, F., Martínez-Mena, M., Almagro, M., Kogel-Knabner, I., 2021. Pruning residues incorporation and reduced tillage improve soil organic matter stabilization and structure of salt-affected soils in a semi-arid Citrus tree orchard. *Soil Till. Res.* 213, 105129.
- Garcia-Gil, J.C., Plaza, C., Senesi, N., Brunetti, G., Polo, A., 2004. Effects of sewage sludge amendment on humic acids and microbiological properties of a semiarid Mediterranean soil. *Biol. Fertil. Soils* 39(5): 320-328.
- Garreaud, R., Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., Zambrano-Bigiarini, M., 2017. The 2010–2015 mega drought in Central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 1–37. doi: 10.5194/hess-2017-191.
- Ge, S., Xu, H., Ji, M., Jiang, Y., 2015. Characteristics of soil organic carbon, total nitrogen, and C/N ratio in Chinese apple orchards. *Open Journal of Soil Science*, 3: 213-217.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-Size Analysis. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA publications. pp. 383-411.
- Geleta, S., Sabbagh, G., Stone, J., Elliott, R., Mapp, H., Bernardo, D., Watkins, K., 1994. Importance of soil and cropping systems in the development of regional water quality policies. *J. Environ. Qual.* 23 (1): 36-42.
- Gulde, S.C., Chung, H., Amelung, W., Chan, C.U., 2008. Soil carbon saturation controls labile and stable carbon pool dynamics. *Soil Science Society America of Journal*, 72: 605-612.
- Gullickson, G., 2019. Here's Why the Carbon-Nitrogen Ratio Matters. Available at https://www.agriculture.com/crops/cover-crops/heres-why-carbonnitrogen-ratio-matters_568-ar48014 (Erişim tarihi: 28 Ekim 2023).

- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C., 1998. Multivariate data analysis. 5th edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York.
- Han, S.G., Selvakumar, G., Yi, P.H., Lee, S.E., 2018. Effect of sprinkler, surface drip and subsurface drip irrigation methods on 'Fuji'/M9 and 'Fuji'/M26 apple orchards growth, soil properties, and water consumption. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 51: 608-615.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H., Duquette, M., 1993. Soil reaction and exchangeable acidity. In: Carter, M.R. (Ed). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers. pp. 141-145.
- Hondebrink, M.A., Cammeraat, L.H., Cerda, A., 2017. The impact of agricultural management on selected soil properties in citrus orchards in Eastern Spain: A comparison between conventional and organic citrus orchards with drip and flood irrigation. *Sci. Tot. Environ.* 581, 153-160.
- Hook, P.B., Burke, I.C., 2000. Biogeochemistry in a shortgrass landscape: control by topography, soil texture, and microclimate. *Ecology*, 81: 2686-2703.
- Jaksic, S., Ninkov, J., Milic, S., Vasin, J., Zivanov, M., Jaksic, D., Komlen, V., 2021. Influence of slope gradient and aspect on soil organic carbon content in the region of Nis, Serbia. *Sustainability*, 13: 8332. doi: 10.3390/su13158332.
- Jaksik, O., Kodesova, R., Kubis, A., Stehlikova, I., Drabek, O., Kapicka, A., 2015. Soil aggregate stability within morphologically diverse areas. *Catena*, 127: 287-299.
- Jenny, H., 1941. Factors of soil formation- system of quantitative pedology. Dover Publications, 281 s, New York.
- Jia, Q., Kamran, M., Ali, S., Sun, L., Zhang, P., Ren, X., Jia, Z., 2018. Deficit irrigation and fertilization strategies to improve soil quality and alfalfa yield in arid and semi-arid areas of northern China. *PeerJ*, 6:e4410. doi:10.7717/peerj.4410.
- Klute, A., 1986. Water Retention: Laboratory methods. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA publications. pp. 635-662.
- Kölbl, A., Kögel-Knabner, I., 2004. Content and composition of free and occluded particulate organic matter in differently textured arable Cambisol as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167: 45-53.
- Küçük, E.E., Sağlam, M., İÇ, S., 2022. Farklı sulama yöntemlerinin fındık (*Corylus avellana* L.) bahçesinde bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8(3): 508-519.
- Külahçılar, A., Tonkaz, T., Bostan, S.Z., 2018. Effect of irrigation regimes by mini sprinkler on chemical composition of Tömbül hazelnut kernels. *International Journal of Environmental Trends*, 2 (2): 106-109.
- Laudicina, V.A., Novara, A., Barbera, V., Egli, M., Badalucco, L., 2015. Long-term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a Mediterranean semiarid environment. *Land Degradation and Development*, 26 (1):45-53. doi:10.1002/ldr.2293.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35: 499-517. doi:10.1007/s13593-014- 0280-z.
- Mikha, M.M., Green, T.R., Untiedt, T.J., Hergret, G.W., 2024. Land management affects soil structural stability: Multi-index principal component analyses of treatment interactions. *Soil and Tillage Research*, 235: 105890. doi: 10.1016/j.still.2023.105890.
- Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., Çıkılı, Y., 2014. Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, 2. baskı. 2136 s., Ankara.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis: Chemical and Microbiological Properties (Part II)*. ASA and SSSA Agronomy Monograph. pp. 539-579.
- Ortega-Farías, S., Fereres, E., Sadras, V.O., 2012. Special issue on water management in grapevines. *Irrig. Sci.* 30: 335-337. doi: 10.1007/s00271-012-0356-y.
- Peng, G., Bing, W., Guangcan, Z., 2013. Influence of sub-surface irrigation on soil conditions and water irrigation efficiency in a cherry orchard in a hilly semi-arid area of Northern China. *Plos One*, 8(9): e73570. doi:10.1371/journal.pone.0073570.
- Plante, A.F., Conant, R.T., Stewart, C., 2006. Impact of soil texture on the distribution of soil organic matter in physical and chemical fractions. *Soil Science Society America of Journal*, 70: 287-296.
- Rhoades, J.D., 1986. Soluble Salts. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part II): Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA publications. pp. 167-179.
- Roco, L., Poblete, D., Meza, F., Kerrigan, G., 2016. Farmers' options to address water scarcity in a changing climate: case studies from two basins in Mediterranean Chile. *Environ. Manage.* 58: 958-971. doi:10.1007/s00267-016-0759-2.
- Ruiz-Sanchez, M.C., Domingo, R., Castel, J.R., 2010. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Spanish J. Agric. Res.* 8: 5. doi: 10.5424/sjar/ 201008s2-1343
- Silver, W.L., Neff, J., McGroddy, M., Veldkamp, E., Keller, M., Cosme, R., 2000. Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a lowland Amazonian forest ecosystem. *Ecosystems*, 3: 193-209.

- Tan, Z.X., Lal, R., Smek, N.E., Calhoun, F.G., 2004. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma*, 121: 187-195.
- Tatlıdil, H., 2002. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel analiz. Ziraat Matbaacılık, Ankara.
- Thabit, F.N., El-Shater, A.H., Soliman, W., 2023. Role of silt and clay fractions in organic carbon and nitrogen stabilization in soils of some old fruit orchards in the Nile floodplain, Sohag Governorate, Egypt. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23: 2525-2544 doi: 10.1007/s42729-023-01209-3.
- Tirado-Corbala, R., Gao, S., Ayars, J.E., Wang, D., Phene, C.J., Phene, R.C., 2019. Carbon and nitrogen dynamics affected by drip irrigation methods and fertilization practices in a pomegranate orchard. *Horticulturae*, 5:77. doi:10.3390/horticulturae5040077.
- Tonkaz, T., Bostan, S.Z. 2010. Giresun ili standardize yağış indeksi değerlerinin fındık verimi ile ilişkilerinin incelenmesi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi, 362-369, 27-29 Mayıs, Kahramanmaraş.
- Ustaoglu, B., Karaca, M., 2014. The effects of climate change on spatiotemporal changes of hazelnut (*Corylus avellana*) cultivation areas in the Black Sea Region, Turkey. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 12: 309-324. doi: 10.15666/aeer/1202_309324.
- Vejre, H., Callesen, I., Vesterdal, L., Raulund-Rasmussen, K., 2003. Carbon and nitrogen in Danish forest soils: Contents and distribution determined by soil order. *Soil Science Society America of Journal*, 67: 335-343.
- Webster, R., 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, 52: 331-340.
- Wiesmeier, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lützw, M., Marin-Spiotta, E., van Wesemael, B., 2019. Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333: 149-162.
- Wilding, L.G., 1985. Soil spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: Nielsen, D.R., Bouma, J. (Eds). *Soil Spatial Variability Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSA, Las Vegas PUDOC, Wageningen*. pp. 166-187.
- Wiseman, C.L.S., Püttmann, W., 2006. Interactions between mineral phases in the preservation of soil organic matter. *Geoderma*, 134: 109-118.
- Zeraatpishe, M., Khormali, F., 2012. Carbon stock and mineral factors controlling soil organic carbon in a climatic gradient, Golestan province. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4): 637-654.
- Zinn, Y.L., Lal, R., Bigham, J.M., Resck, D.V.S., 2007. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: Texture and mineralogy. *Soil Science Society America of Journal*, 71: 1204-1214 doi:10.2136/sssaj2006.0014.
- Zinn, Y.L., Lal, R., Resck, D.V.S., 2005. Texture and organic carbon relation described by a profile pedotransfer function in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 127: 168-173.
- Zornoza, R., Acosta, J.A., Gabarron, M., Gomez-Garrido, M., Sanchez-Navarro, V., Terrero, A., Martinez-Martinez, S., Faz, A., Perez-Pastor, A., 2018. Greenhouse gas emissions and soil organic matter dynamics in woody crop orchards with different irrigation regimes. *Science of the Total Environment*, 644: 1429-1438.



Ege Bölgesi'ndeki Ispanak Üreticilerinin Zirai İlaç Kullanımına Yönelik Tutumlarının İncelenmesi

Examination of the Attitudes of Spinach Producers in the Aegean Region Regarding Agricultural Pesticide Usage

Duran GÜLER¹, Yıldız SOKAT², Meral ÖZÇEKİCİ³, Yasemin ÖZKUL⁴,
Derya EZBER⁵, Nagihan ÖZEL⁶

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir
• duran.guler@ege.edu.tr • ORCID > 0000-0001-8555-0877

²Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, İzmir
• yildiz.sokat@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0001-6921-8639

³Tarım ve Orman Bakanlığı İzmir İl Müdürlüğü, İzmir
• meral.ozcekici@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0009-0006-3555-2309

⁴Tarım ve Orman Bakanlığı Aydın İl Müdürlüğü, Aydın
• yasemin.ozkul@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0009-0005-3313-9433

⁵Tarım ve Orman Bakanlığı Aydın İl Müdürlüğü, Aydın
• derya.ezber@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0009-0008-4328-2737

⁶Tarım ve Orman Bakanlığı Manisa İl Müdürlüğü, Manisa
• nagihan.eker@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0001-5564-6851

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 24 Kasım/November 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 1 | Sayfa/Pages: 113-128

Atıf/Cite as: Güler, D., Sokat, Y., Özçekici, M., Özkul, Y., Ezber, D., Özel, N. "Ege Bölgesi'ndeki Ispanak Üreticilerinin Zirai İlaç Kullanımına Yönelik Tutumlarının İncelenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 113-128.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Duran GÜLER

EGE BÖLGESİ'NDEKİ İSPANAK ÜRETİCİLERİNİN ZİRAİ İLAÇ KULLANIMINA YÖNELİK TUTUMLARININ İNCELENMESİ

ÖZ

Dünya 2021 yılı ıspanak üretim miktarı 32,294,452 ton olup, Türkiye'nin dünya ıspanak üretiminden aldığı pay %0.68'dir. Araştırma kapsamında yer alan İzmir, Aydın ve Manisa illerinde ise 2022 yılında Türkiye ıspanak üretiminin %28.96'sı gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmanın temel amacı ıspanak üreticilerinin zirai ilaç kullanımına yönelik tutumlarının ortaya konulmasıdır. Araştırma verilerini İzmir (32 üretici), Aydın (17 üretici) ve Manisa (16 üretici) illerinde bulunan 65 ıspanak üreticisiyle yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. İncelenen işletmeler işletme büyüklüğüne ve illere göre gruplandırılarak gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak test edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ıspanak üreticilerinin zirai mücadelede ruhsatlı ilaçları kullanmaya ve ilaçları ruhsatlı olduğu dozda kullanmaya önem verdikleri saptanmıştır. Bununla birlikte üreticiler açısından zirai ilaç kullanımında karşılaşılan en önemli sorun ilaç fiyatlarının yüksek olmasıdır. Üreticilerin %92.31'inin yabancı otlarla mücadelede zirai ilaçları tercih ettiği göz önünde bulundurulduğunda, bu sorunun çözümüne yönelik politikalar geliştirilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca üreticilerin bilgi sahibi olmak istedikleri konular arasında ilaçlamanın ilk sırada yer alması, ilaçlamaya yönelik eğitim ve yayım faaliyetlerinin artırılmasının önemini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ege Bölgesi, Ispanak Üretimi, Üretici Tutumu, Zirai İlaç Kullanımı.



EXAMINATION OF THE ATTITUDES OF SPINACH PRODUCERS IN THE AEGEAN REGION REGARDING AGRICULTURAL PESTICIDE USAGE

ABSTRACT

In 2021, the global spinach production amounted to 32,294,452 tons, and Turkey's share of the global spinach production was 0.68%. Within the scope of the research, in the provinces of İzmir, Aydın, and Manisa, 28.96% of Turkey's spinach production was achieved in 2022. The main objective of this research is to reveal the attitudes of spinach producers regarding agricultural pesticide usage. The research data is based on face-to-face interviews conducted with 65 spinach producers in İzmir (32 producers), Aydın (17 producers), and Manisa (16 producers). The farms were grouped according to farm size and provinces, and differences between

en the groups were statistically tested. According to the research results, spinach producers prioritize using licensed pesticides in agricultural pest control and using pesticides at the recommended dosage. However, the most significant issue encountered by producers in terms of pesticide usage is the high cost of pesticides. Considering that 92.31% of producers prefer using pesticides in weed control, developing policies to address this issue is crucial. Additionally, the fact that producers prioritize knowledge about pesticide application underscores the importance of increasing pesticide-related education and extension activities.

Keywords: Aegean Region, Spinach Production, Producer Attitude, Agricultural Pesticide Usage.

1. GİRİŞ

Dünya 2021 yılı ıspanak üretim miktarı 32.294.452 tondur. Türkiye ise bu dönemde 218.355 ton ıspanak üretimiyle dünya üretiminde %0.68'lik paya sahiptir (FAO, 2023). Türkiye'de 2022 yılı ıspanak üretim miktarı ise 230.071 tona yükselmiş olup, Ege Bölgesi'nin bu üretimden aldığı pay %32.79'dur. Aynı yılda İzmir, Manisa ve Aydın illerinde üretilen ıspanak miktarı ise sırasıyla 50.300 ton, 9.750 ton ve 6.753 tondur (TÜİK, 2023). Bu veriler değerlendirildiğinde İzmir, Manisa ve Aydın'da üretilen toplam ıspanak miktarı Ege Bölgesi ıspanak üretiminin %88.30'unu; Türkiye ıspanak üretiminin ise %28.96'sını oluşturmaktadır.

Bitkisel üretimin önemli girdilerinden biri olan zirai ilaçlar ıspanak üretiminde de verimliliği artırmak ve zararlılarla mücadele etmek amacıyla kullanılmaktadır. Zirai ilaçların kullanımı verimliliği artırıp hastalıkları ve zararlıları önlerken, bilinçsiz şekilde kullanımı ekonomik ve çevresel zararlara neden olmaktadır (Güvenir ve ark., 2023). Bu zararların önlenmesinde üreticilerin çevresel duyarlılığı önem kazanmaktadır. Oysa yapılan çalışmalar (Özalp ve Güldal, 2017; Demircan ve Yılmaz, 2005; Peker, 2012; Gedikli ve ark., 2015; Kılıç ve ark., 2018), üreticilerin çevresel duyarlılık konusunda yeterli özeni göstermediklerini ortaya koymaktadır. Özalp ve Güldal (2017) tarafından Adana ilinde yapılan çalışmada mısır üreticilerinin tohum ve kimyasal gübrenin yanı sıra ilaç kullanımında da çevreye ve insan sağlığına duyarlı olmadıkları belirlenmiştir. Demircan ve Yılmaz (2005) tarafından Isparta ilinde elma üretimine yönelik yapılan çalışmada zirai ilaçların önerilen dozlardan daha fazla kullanıldığı ve dekara kullanılan ortalama ilaç maliyetinin %48.37'sinin aşırı kullanımdan meydana geldiği saptanmıştır. Peker (2012) tarafından Konya ilinde domates üretimine yönelik yapılan çalışmada üreticilerin %56'sı ilaçlama sonrasında ambalajları çevreye attıklarını belirtmiştir. Gedikli ve ark. (2015) tarafından Samsun ilinde çeltik, mısır ve buğday üretimine yönelik yapılan çalışmada ise üreticilerin %67.67'sinin ilaçlamadan sonra ilaç ambalajlarını yakarak, %26.26'sının toprağa gömerek ve %6.06'sının poşetlenmiş şekilde çöp kutusuna atarak imha ettiklerini belirlemişlerdir. Kılıç ve ark. (2018) ise Giresun

ilinde fındık üretimine yönelik yaptıkları çalışmada, üreticilerin %66'sının ilaçlamadan sonra ilaç ambalajlarını yaktığını, %24'ünün poşetlenmiş şekilde çöp kutusuna attığını, %8'inin toprağa gömdüğünü ve %2'sinin düzensizce çevreye attığını belirlemişlerdir.

Literatürde birçok ürüne ilişkin üreticilerin zirai ilaç kullanımına yönelik tutum ve davranışlarının incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Ngowi (2003), Tanzanya'da kahve üretiminde; Parveen ve ark. (2003), Japonya'da pirinç üretiminde; Damalas ve ark. (2006), Yunanistan'da tütün üretiminde; Ibitayo (2006), Mısır'da mısır üretiminde; Obopile ve ark. (2008), Botsvana'da sebze üretiminde ve Chen ve ark. (2013), Çin'de pamuk üretiminde üreticilerin zirai ilaç kullanımına yönelik tutum ve davranışlarını ortaya koymuşlardır.

Türkiye'de de bu konuda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar değerlendirildiğinde Özkan ve ark. (2003), Antalya ilinde turunçgil üretiminde; Demircan ve Aktaş (2004), Isparta ilinde, Kaplan ve Ayaz (2023) ise Mardin ilinde kiraz üretiminde; Çelik ve Karakaya (2017), Bingöl ilinde elma üretiminde; Kızılaslan ve Somak (2013), Tokat ilinde üzüm üretiminde; Gözener ve ark. (2017), Tokat ilinde domates üretiminde; Erbek ve ark. (2018), Bursa ilinde, Aydın Eryılmaz ve ark. (2021) ise Zonguldak ilinde meyve üretiminde; Çalışkan (2022), Konya ve Ankara illerinde havuç üretiminde; İnce (2022) ise Bursa ilinde zeytin üretiminde üreticilerin zirai ilaç kullanımına yönelik tutum ve davranışlarını incelemişlerdir.

Farklı bölgelerde ve farklı ürünlerde üreticilerin zirai ilaç kullanımına yönelik tutum ve davranışlarının incelenmesi ürüne ve bölgeye özgü politikalar geliştirilebilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu araştırmanın amacı; Ege Bölgesi'ndeki ıspanak üreticilerinin zirai ilaç kullanımına yönelik tutumlarının ortaya konulmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini İzmir, Aydın ve Manisa illerinin seçilmiş köylerinde ıspanak üretimi yapan üreticilerle yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen birincil veriler oluşturmaktadır. Bununla birlikte önceden yapılmış bilimsel çalışmalar, istatistikler ve konuyla ilgili basılmış kitaplar çalışmanın ikincil verilerini oluşturmaktadır.

Araştırmada anket yapılacak örnek hacmi hesaplanırken oransal örnek hacmi formülünden yararlanılmıştır (Newbold, 1995).

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{p_x}^2 + p(1-p)}$$

Formülde;

n = Örnek hacmi,

N = Toplam üreticisi sayısı,

p = Örneğe girecek üreticilerin oranı (Üzerinde çalışılan özelliğin ana kitlede rastlanma olasılığını ifade eden p değeri, maksimum örnek hacmine ulaşabilmek amacıyla 0.50 olarak alınmıştır)

$\sigma_{p_x}^2$ = Oranın varyansıdır (Güven seviyesi ve hata payına göre belirlenmiştir).

%90 güven seviyesi ve %10 hata payına göre;

$$Z_{\alpha/2}\sigma_p = r$$

$$1.645\sigma_p = 0.10$$

$$\sigma_p = 0.06079$$

İzmir, Aydın ve Manisa Tarım ve Orman Müdürlükleri 2022 yılı verilerine göre, bu illerde ıspanak üretimi yapan toplam üretici sayısı 1,070 olup, bu sayı ana kitleyi oluşturmaktadır. Buna göre görüşülmesi gereken üretici sayısı %90 güven seviyesi, %10 hata payı ile 65 üretici olarak hesaplanmıştır. Bu değer ilçedeki üretici sayılarına oranlandığında İzmir'de 32, Aydın'da 17 ve Manisa'da 16 üretici ile görüşülmesine karar verilmiştir. Her köyden kapsama alınacak üretici sayısının belirlenmesinde, toplam üretici sayısı içerisinde köylerin payları esas alınmıştır. Anket formları araştırma kapsamında yer alan illerin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü teknik elemanları tarafından doldurulmuştur.

2.2. Yöntem

Üreticilerle 2022 yılı Şubat-Nisan ayları arasında yapılan görüşmelerden elde edilen anket verileri yüzde hesapları ve ortalamalar gibi temel istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiş olup, elde edilen sonuçlar çizelgelerde gösterilmiştir. Verilerin analizinde SPSS istatistik programından yararlanılmıştır. İncelenen işletmeler işletme büyüklüğüne ve illere göre gruplandırılarak gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak test edilmiştir. Normal dağılış göstermeyen ve varyansı homojen olmayan sürekli değişkenler için ikiden daha fazla grubu karşılaştırmak amacıyla Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. Ayrıca kesikli değişkenlerin analizinde grupları karşılaştırmak için Ki-kare testinden yararlanılmıştır.

Ankete katılan üreticilerin ilgili ifadelerde önem verdikleri düzeyin değerlendirilmesinde likert ölçeği kullanılmıştır. Likert ölçeğine göre, tutum ölçeğinde yer alan ifadeler beşli likert ölçeğine göre (1. Kesinlikle katılmıyorum - 5. Kesinlikle katılıyorum) değerlendirilmiştir.

Araştırmada elde edilen analiz sonuçlarıyla ıspanak üreticilerinin demografik özellikleri, ıspanak üretiminde karşılaştıkları sorunlar, zirai mücadele yöntemleri, zirai mücadeleye yönelik tutumları, çeşitli konularda bilgi kaynakları, pazarlama sorunları ve risk kaynakları gibi unsurlar ortaya konulmuştur.

Araştırma kapsamında İzmir’de 32, Aydın’da 17 ve Manisa’da 16 üreticiyle yüz yüze anketler yapılmıştır. Analiz aşamasında işletmeleri sahip oldukları ıspanak üretim alanının büyüklüğüne göre değerlendirmek amacıyla üç farklı grup oluşturulmuştur. Buna göre birinci grupta (10 daa ve altında) 22, ikinci grupta (11-49 daa arasında) 24 ve üçüncü grupta (10 daa ve üstünde) 19 işletme yer almıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üreticilerin demografik özellikleri incelendiğinde yaş ortalamasının 49, eğitim durumunun 6.54 yıl, ailedeki birey sayısının 3.65, tarımsal üretim deneyiminin 30.62 yıl ve ıspanak üretim deneyiminin 20.18 yıl olduğu tespit edilmiştir. İllere göre üreticilerin yaşı, tarımsal üretim deneyimi ve ıspanak üretim deneyimi açısından istatistiksel olarak farklılık olmadığı saptanmıştır. Bununla birlikte eğitim durumu ($\chi^2 = 7.751$, $p = 0.021$) ve ailedeki birey sayısı ($\chi^2 = 5.348$, $p = 0.069$) açısından iller arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna göre Manisa ve İzmir’deki üreticilerin eğitim süresi Aydın’daki üreticilerden daha yüksek iken, İzmir’deki üreticilerin ailedeki birey sayısının Aydın’daki üreticilerden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Araştırma alanındaki işletmelerde görülen üreticilerin sadece ikisi kadın olup, bu üreticiler ıspanak üretimini İzmir ilinde gerçekleştirmektedirler. Kadın üretici sayısının az olması çeşitli faktörlerle ilişkilendirilebilir. Levent ve Aydın (2021), yaptıkları çalışmada kadınların tarım sektöründen uzaklaşarak kente göç etmeleriyle birlikte hizmet sektöründe daha çok yer aldıklarını saptamışlardır. Ayrıca bu dönüşümde kültürel, toplumsal ve örgütsel faktörlerin etkisinin olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 1. İllere göre üreticilerin demografik özellikleri**Table 1.** Demographic characteristics of producers by province

Özellikler	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Yaş (yıl)	51.09	2.13	27	70	48.59	1.60	37	59	45.25	2.77	22	63	49.00	1.33	22	70
Eğitim Durumu (yıl)**	6.63 ^a	0.49	0	12	5.18 ^a	0.18	5	8	7.81 ^a	0.95	5	15	6.54	0.35	0	15
Ailedeki Birey Sayısı*	3.97 ^a	0.26	2	8	3.00 ^b	0.26	2	5	3.69 ^{ab}	0.33	2	6	3.65	0.17	2	8
Tarımsal Üretim Deneyimi (yıl)	32.91	2.12	8	52	29.94	2.29	10	41	26.75	2.79	10	40	30.62	1.40	8	52
Ispanak Üretim Deneyimi (yıl)	20.34	2.18	2	50	19.88	2.25	10	40	20.19	2.68	8	40	20.18	1.37	2	50

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark **p<0.05; *p<0.1 düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

Ispanak üretim deneyimi açısından işletme büyüklükleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($\chi^2 = 6.758$, $p = 0.034$) bulunmuştur. Buna göre 50 daa ve üstünde ıspanak üretim alanına sahip üreticilerin ıspanak üretim deneyiminin (25.26 yıl) 10 daa ve altında ıspanak üretim alanına sahip üreticilerden daha fazla olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. İşletme büyüklüklerine göre üreticilerin demografik özellikleri**Table 2.** Demographic characteristics of producers by farm size

Özellikler	≤10 daa (22)				11-49 daa (24)				≥50 daa (19)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Yaş (yıl)	48.59	2.24	27	70	49.00	2.46	22	69	49.47	2.24	29	65	49.00	1.33	22	70
Eğitim Durumu (yıl)	5.55	0.45	0	12	6.75	0.63	5	15	7.42	0.70	5	15	6.54	0.35	0	15
Ailedeki Birey Sayısı	3.50	0.31	2	8	3.58	0.29	2	7	3.89	0.29	2	6	3.65	0.17	2	8
Tarımsal Üretim Deneyimi (yıl)	29.09	2.55	10	50	31.21	2.34	8	52	31.63	2.45	10	50	30.62	1.40	8	52
Ispanak Üretim Deneyimi (yıl)**	15.68 ^a	2.21	2	40	20.29 ^{ab}	2.04	3	40	25.26 ^b	2.62	10	50	20.18	1.37	2	50

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark **p<0.05 düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip işletme büyüklükleri arasında fark yoktur.

Ispanak üreticilerinin 44'ü kooperatif üyesi olup, bunların %81.82'si (36 üretici) Tarım Kredi Kooperatifi'ne üyedir. Üye olunan diğer kooperatifler ise Tarım Satış Kooperatifi (5 üretici) ve Tarımsal Kalkınma Kooperatifidir (3 üretici). Özellikle büyük ölçekli işletmelerde (≥50 daa) kooperatiflere üye olma oranının daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte küçük (≤10 daa) ve orta (11-49 daa) ölçekli işletmelerde Tarım Kredi Kooperatifi'ne üye olma oranı diğer kooperatif üyelikle-rine göre daha yüksektir (Çizelge 3). Ayrıca araştırmada üreticilerin Tarım Kredi Kooperatifi'ne üye olma durumunu işletme büyüklüğüne göre karşılaştırmak amacıyla Ki-kare testi yapılmıştır. Buna göre işletme ölçeği arttıkça Tarım Kredi Kooperatifi'ne üye olma oranının azaldığı ve üyelik açısından üreticiler arasında istatistiksel olarak farklılık ($\chi^2 = 5.336$, $p = 0.069$) olduğu saptanmıştır. Tarım Kredi Kooperatifi'ne üye olanların oranı 10 daa ve altında ıspanak üretim alanına sahip

işletmelerde %72.73 iken, 50 daa ve üstündeki işletmelerde %36.84'tür. Bu bulgu üreticilerin finansal ihtiyaçlarının örgütlenme tercihlerini etkilediğini göstermektedir. Nitekim üreticiler açısından Tarım Kredi Kooperatifleri iyi bir alternatif finans kaynağı olarak görülmektedir (Engin ve Özdemir, 2022).

Çizelge 3. Üreticilerin kooperatif üyeliklerine göre dağılımı

Table 3. Distribution of producers by cooperative membership

Kooperatif Üyeliği	≤10 daa (22)		11-49 daa (24)		≥50 daa (19)		Genel (65)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Tarım Kredi Kooperatifi	16	84.21	13	76.47	7	87.50	36	81.82
Tarım Satış Kooperatifi	2	10.53	2	11.76	1	12.50	5	11.36
Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	1	5.26	2	0.00	0	0.00	3	6.82
Toplam	19	100.00	17	88.24	8	100.00	44	100.00

*Birden fazla yanıt alınmıştır.

İncelenen işletmelerde ıspanak üretim alanı ortalama 102.95 dekadır. İllere göre değerlendirildiğinde İzmir, Aydın ve Manisa illerinde ıspanak üretim alanını sırasıyla 88.03 daa, 9.65 daa ve 231.94 daa'dır. Özellikle Manisa'daki işletmelerde ıspanak üretiminin daha geniş arazilerde yapıldığı belirlenmiştir.

İşletme büyüklüğüne göre üretim alanı değerlendirildiğinde küçük ölçekli işletmelerde (≤10 daa) ortalama ıspanak üretim alanı 5.27 daa, orta ölçekli işletmelerde (11-49 daa) 28.17 daa ve büyük ölçekli işletmelerde (≥50 daa) 310.53 daa'dır (Çizelge 13). Ayrıca incelenen işletmelerde ıspanak verimi 1.75 ton/daa olup, bu değer 2022 yılı Türkiye ıspanak veriminin (1.50 ton/daa) ve Ege Bölgesi ıspanak veriminin (1.49 ton/daa) üzerinde olduğu saptanmıştır (TÜİK, 2023).

İşletmelerde ıspanağın yanı sıra başka bitkisel ürünler de üretilmektedir. Buna göre görüşülen üreticilerin %58.46'sı diğer sebzeleri de ürettiğini belirtmiştir. Üretilen diğer ürünler arasında önde gelenler pamuk (%35.38) ve hububat (%32.31). Ayrıca bazı üreticiler zeytin, yem bitkisi, ayçiçeği, üzüm, erik, kayısı, kavun ve karpuz üretimi de gerçekleştirmektedir.

Bazı ıspanak üreticilerinin aynı zamanda hayvancılık faaliyetini de yürüttükleri ve 8 üreticinin hayvancılık yaptığı saptanmıştır. Hem küçükbaş hem de büyükbaş hayvancılığı birlikte yapan üreticilerin de bulunduğu grupta küçükbaş hayvancılık yapan üretici sayısı 6 iken, büyükbaş hayvancılık yapanların sayısı 4'tür.

Üreticiler ıspanak üretimi konusunda temel bilgi kaynağının kendi deneyimleri (3.92) olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca önde gelen bilgi kaynakları sırasıyla

ilaç bayileri/firmaları (3.38), İl/İlçe Tarım Müdürlüğü (3.34) ve arkadaşları veya komşu üreticilerdir (3.26). İllere göre üreticilerin ıspanak üretimi konusunda bilgi kaynakları istatistiksel olarak test edilmiştir. Buna göre İl/İlçe Tarım Müdürlüğü ($\chi^2 = 7.654$, $p = 0.022$), tarım danışmanı ($\chi^2 = 8.557$, $p = 0.014$), alıcılar ($\chi^2 = 6.101$, $p = 0.047$) ve denetleyiciler ($\chi^2 = 4.890$, $p = 0.087$) açısından iller arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, İzmir ilindeki üreticiler için İl/İlçe Tarım Müdürlüğü ve tarım danışmanları diğer illerdeki üreticilere göre daha sık başvurulmuş kaynaklar iken, Manisa ilindeki üreticiler için alıcılar ve denetleyiciler diğer illerdeki üreticilere göre daha sık başvurulmuş kaynaklar arasında yer almaktadır (Çizelge 4). İzmir ilinde üreticilerin yabancı otlarla mücadelesinde de İl/İlçe Tarım Müdürlüğü çalışanları önde gelen bilgi kaynağı konumundadır. Bu durum İzmir ilinde İl/İlçe Tarım Müdürlüğü'ne duyulan güvenin yüksek olmasıyla veya bu ildeki kurumun daha aktif olmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 4. Üreticilerin ıspanak üretimi konusunda bilgi kaynakları

Table 4. Producers' sources of information on spinach production

Bilgi Kaynakları	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Deneyimi	3.91	0.27	1	5	3.71	0.37	1	5	4.19	0.40	1	5	3.92	0.19	1	5
İlaç bayi veya ilaç firmaları	3.25	0.23	1	5	3.47	0.29	1	5	3.56	0.38	1	5	3.38	0.16	1	5
İl/İlçe Tarım Müdürlüğü**	3.72*	0.19	1	5	3.12 ^{ab}	0.34	1	5	2.81 ^b	0.25	1	4	3.34	0.15	1	5
Arkadaş/komşu	3.34	0.20	1	5	3.18	0.33	1	5	3.19	0.25	1	4	3.26	0.14	1	5
Tarım danışmanı**	3.25*	0.16	1	5	2.41 ^b	0.21	1	3	3.06 ^a	0.23	1	5	2.98	0.12	1	5
Kooperatif/Ziraat Odası vb.	2.81	0.21	1	5	3.06	0.29	1	5	2.75	0.27	1	5	2.86	0.14	1	5
Alıcılar**	2.78*	0.19	1	5	2.41 ^a	0.26	1	5	3.31 ^b	0.31	1	5	2.82	0.14	1	5
Denetleyiciler*	2.19 ^{ab}	0.16	1	5	1.94 ^b	0.23	1	5	2.44*	0.22	1	4	2.18	0.11	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$ düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

Üreticilerin zirai ilaç kullanımına yönelik tutumları değerlendirildiğinde üreticilerin en fazla önem verdikleri kriterlerin ruhsatlı ilaç kullanımı (4.05) ve ilaçların ruhsatlı olduğu dozda kullanımı olduğu (3.71) tespit edilmiştir. Üreticilerin uygun ilaçlama aleti kullanımına (2.63) verdikleri önem ise orta düzeydedir (Çizelge 5). Aydın (2015) tarafından Konya ilinde fasulye üreticilerine yönelik yapılan çalışmada da üreticilerin zirai ilaç tercihinde en çok ilacın ruhsatlı olmasına önem verdikleri saptanmıştır. Ayrıca doğal düşmanları koruyacak şekilde ilaçlama yapma durumu iller arasında istatistiksel olarak farklılık ($\chi^2 = 6.429$, $p = 0.040$) göstermekte olup, İzmir ve Manisa illerindeki üreticilerin bu konuda daha duyarlı oldukları saptanmıştır.

Çizelge 5. Üreticilerin zirai ilaç kullanımına yönelik tutumları**Table 5.** Producers' attitudes regarding agricultural pesticide usage

İfadeler	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Ruhsatlı ilaçları kullanıyorum	3.94	0.27	1	5	4.12	0.34	1	5	4.19	0.40	1	5	4.05	0.18	1	5
İlaçları ruhsatlı olduğu dozda kullanıyorum	3.69	0.22	1	5	3.53	0.29	1	5	3.94	0.38	1	5	3.71	0.16	1	5
Kalıntı problemi olmayan ilaçları kullanıyorum	3.00	0.22	1	5	3.41	0.34	1	5	3.25	0.41	1	5	3.17	0.17	1	5
Doğal düşmanları koruyacak şekilde ilaçlama yapıyorum**	3.37 ^a	0.21	1	5	2.47 ^b	0.27	1	5	3.31 ^a	0.24	2	5	3.12	0.14	1	5
İlaçlama ile hasat tarihi arasında bekleme süresini dikkate alıyorum	2.91	0.26	1	5	2.53	0.35	1	5	3.13	0.41	1	5	2.86	0.18	1	5
İlaçlamayı sabah erken veya akşam saatlerinde yapıyorum	3.09	0.23	1	5	2.35	0.37	1	5	2.88	0.35	1	5	2.85	0.17	1	5
Uygun ilaçlama aleti kullanıyorum	2.59	0.27	1	5	2.41	0.37	1	5	2.94	0.37	1	5	2.63	0.19	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark **p<0.05 düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

Zirai ilaç kullanımında üreticiler açısından öncelikli sorun zirai ilaç fiyatlarının yüksek olmasıdır (4.38). Diğer sorunların önem düzeyi ise sırasıyla etki süresinin yetersiz olması (3.42), kullanım bilgisinin yetersiz olması (2.82) ve temin etmede problem yaşanmasıdır (2.75) (Çizelge 6). Elde edilen sonuç Koç ve ark. (2001) tarafından ilgili bölgelerdeki başlıca bitkisel ürünlere yönelik yapılan ve Çukurova, Akdeniz, İç Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgelerini kapsayan çalışmayla benzerlik göstermektedir. Nitekim Koç ve ark. (2001) da ilaç fiyatlarını ve fiyat artışlarının yüksek olmasını kimyasal ilaçlarla ilgili en önemli sorun olarak saptamışlardır. Nitekim Aydın Eryılmaz ve ark. (2021) tarafından Zonguldak ilinde meyvecilik yapan işletmecilere yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada da kimyasal ilaç satın alma tercihinde fiyatın en etkili faktör olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Güvenir ve ark. (2023) tarafından İzmir ilinde mandalina üretimine yönelik yapılan çalışmada da fiyatların yüksek olması, kimyasal ilaç kullanımında en önemli sorun olarak saptanmıştır.

Çizelge 6. Üreticilerin zirai ilaç kullanımıyla ilgili sorunları**Table 6.** Issues related to producers' agricultural pesticide usage

İfadeler	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Fiyatlar yüksek	4.25	0.24	1	5	4.41	0.26	1	5	4.63	0.27	1	5	4.38	0.15	1	5
Etki süresi yetersiz	3.53	0.15	2	5	3.47	0.31	1	5	3.12	0.31	1	5	3.42	0.13	1	5
Kullanım bilgisi yetersiz***	3.19 ^a	0.18	1	5	2.94 ^a	0.23	2	5	1.94 ^b	0.30	1	4	2.82	0.14	1	5
Temin etmede problem*	3.06	0.24	1	5	2.76	0.25	1	5	2.12	0.31	1	5	2.75	0.16	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark ***p<0.01; *p<0.1 düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

Araştırmada iller arasında zirai ilaç kullanımıyla ilgili sorunlar açısından farklılık olup olmadığı incelenmiş ve İzmir ve Aydın illeri ile Manisa ili arasında zirai ilaç kullanım bilgisinin yetersizliği konusunda istatistiksel olarak farklılık ($\chi^2 = 11.413$, $p = 0.003$) olduğu saptanmıştır. Buna göre İzmir ve Aydın illerindeki üreticiler kullanım bilgisinin yetersizliğinin sorun olma durumu konusunda kararsız iken, Manisa ilindeki üreticiler bu ifadeye katılmadıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca zirai ilaçların temin edilmesinde problem yaşama durumu açısından da istatistiksel olarak farklılık ($\chi^2 = 4.961$, $p = 0.084$) tespit edilmiş olup, Manisa ilindeki üreticilerin bu problemin yaşandığına ilişkin ifadeye katılma düzeyi diğer illere göre düşüktür (Çizelge 6). Zirai ilaçların temin edilmesinde problem yaşama konusunda üreticilerin kararsız olması (2.75) COVID-19 pandemi koşulları nedeniyle tedarik sürecinde yaşanan sıkıntılar ve artan girdi fiyatlarıyla açıklanabilir (TÜİK, 2024). Nitekim kriz dönemlerinde tarımsal faaliyette bulunan üreticiler açısından ekonomik kırılganlık artmaktadır (Demirkol, 2022).

Üreticilerin ıspanak üretiminde karşılaştıkları en önemli sorunların ekonomik (3.86) ve zirai mücadele sorunları (3.80) olduğu saptanmıştır. Yetiştiricilik sorunlarının üreticiler açısından orta düzeyde öneme sahip olduğu belirlenmiştir. İller arasında ıspanak üretiminde karşılaşılan ekonomik sorunlar açısından istatistiksel olarak farklılık ($\chi^2 = 8.696$, $p = 0.013$) olduğu ve özellikle Manisa'daki üreticilerin ıspanak üretiminde ekonomik sorunlar olduğu düşüncesine daha fazla katıldıkları (4.63) saptanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Ispanak üretiminde karşılaşılan sorunlar**Table 7.** Issues encountered in spinach production

Sorunlar	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Ekonomik sorunlar**	3.56 ^a	0.30	1	5	3.71 ^a	0.34	1	5	4.63 ^b	0.26	1	5	3.86	0.19	1	5
Zirai mücadele sorunları	3.63	0.25	1	5	4.06	0.38	1	5	3.88	0.13	3	5	3.80	0.16	1	5
Yetiştiricilik sorunları	3.25	0.15	1	5	2.94	0.26	1	5	2.75	0.23	1	4	3.05	0.12	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark **p<0.05 düzeyinde anlamlıdır

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

Yabancı otla mücadelenin (3.88) üreticilerin ıspanak üretimindeki en önemli zirai mücadele sorunu olduğu tespit edilmiştir. Kruskal Wallis H testine göre zirai mücadele sorunları açısından iller arasında farklılık bulunmamaktadır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Ispanak üretiminde zirai mücadele sorunları**Table 8.** Agricultural control issues in spinach production

Sorunlar	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Yabancı ot	3.75	0.17	1	5	4.06	0.18	3	5	3.94	0.34	1	5	3.88	0.13	1	5
Hastalık	3.56	0.28	1	5	3.53	0.39	1	5	3.69	0.18	3	5	3.58	0.18	1	5
Böcek	2.94	0.19	1	5	2.76	0.16	1	4	3.19	0.19	2	4	2.95	0.11	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Zehirli yabancı otları bilme durumu incelendiğinde üreticilerin %58.46'sının bu otları bilmediği belirlenmiştir. Üreticilere ıspanak üretim alanlarındaki yabancı ot yoğunluğu üçlü likert ölçeğine (1:az, 2:orta, 3:çok) göre sorulmuş olup, alınan cevaplara göre yabancı ot yoğunluğunun orta düzeyde (1.77) olduğu saptanmıştır.

Üreticilerin yabancı otlarla mücadele yöntemleri arasında kimyasal mücadele (%92.31) ilk sırada yer almaktadır. Toprak işleme (%35.38) ve elle çapalama (%21.54) ise diğer önde gelen mücadele yöntemleridir (Çizelge 9). Ayrıca görüşülen üreticilerden 7'si herhangi bir yabancı otla mücadele yöntemi kullanmadığını belirtmiştir. Gözener ve ark. (2017) tarafından Tokat ilinde domates üretimine yönelik yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş olup, üreticilerin %91.67'sinin tarımsal mücadelede kimyasal mücadele yöntemini tercih ettikleri tespit edilmiştir. Aydın (2015) tarafından yapılan çalışmada da bitki koruma sorunlarının çözümünde kimyasal mücadele yönteminin ilk sırada geldiği saptanmıştır.

Çizelge 9. Üreticilerin yabancı otlarla mücadele yöntemi**Table 9.** Producers' weed control methods

Yabancı Otlarla Mücadele Yöntemi	Üretici Sayısı*	%
Kimyasal Mücadele	60	92.31
Toprak İşleme	23	35.38
Elle Çapalama	14	21.54
Makine ile Çapalama	7	10.77
Ot Alma	7	10.77

*Birden fazla yanıt alınmıştır.

Yabancı otlarla mücadele için kimyasal mücadele yöntemini tercih eden üreticilerden %58.33'ü (35 üretici) kimyasalların ismini bildiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca bu üreticilerin %38.33'ü (23 üretici) kimyasal mücadelede sırt pülverizatörü kullanırken, %71.67'si (43 üretici) tarla tip pülverizatörü kullanmaktadır. Her iki pülverizatörü kullanan üretici sayısı ise 6'dır.

Üreticilerin deneyimi (3.86) yabancı otlarla mücadelede önde gelen bilgi kaynağıdır. Bu konudaki diğer bilgi kaynakları ise sırasıyla ilaç bayileri/firmaları (3.71), İl/İlçe Tarım Müdürlüğü (3.31), tarım danışmanı (3.02) ve arkadaşları veya komşu üreticilerdir (2.98) (Çizelge 10). Elde edilen sonuçlar Koç ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmayla benzerlik göstermekte olup, ilgili çalışmada da zirai mücadelede üreticinin kendi bilgi ve tecrübesi ön plana çıkmaktadır. Ayrıca Özkan ve ark. (2003) tarafından Antalya ilinde turunçgil üretimine yönelik yapılan, Demircan ve Aktaş (2004) tarafından Isparta ilinde kiraz üretimine yönelik yapılan, Demircan ve Yılmaz (2005) tarafından Isparta ilinde elma üretimine yönelik yapılan, Peker (2012) tarafından Konya ilinde domates üretimine yönelik yapılan, Aydın Eryılmaz ve ark. (2021) tarafından Zonguldak ilinde meyvecilik yapan işletmecilere yönelik yapılan ve Güvenir ve ark. (2023) tarafından İzmir ilinde mandalina üretimine yönelik yapılan çalışmalarda da üreticilerin bilgi ve deneyimi zirai mücadelede ilk sırada yer alan bilgi kaynağıdır. Bununla birlikte Kızılaslan ve Somak (2013) tarafından Tokat ilinde bağcılık işletmelerine yönelik yapılan çalışmada ve Erbek ve ark. (2018) tarafından Bursa ilinde meyve üreticilerine yönelik yapılan çalışmada ilaç bayileri; Çelik ve Karakaya (2017) tarafından Bingöl ilinde elma üreticilerine yönelik yapılan çalışmada ise Tarım İl/İlçe Müdürlüğü teknik elemanları tarım ilacı seçiminde başvurulacak bilgi kaynakları arasında ilk sırada yer almaktadır.

Çizelge 10. Üreticilerin yabancı otlarla mücadelede bilgi kaynakları**Table 10.** Producers' sources of information on weed control

Bilgi Kaynakları	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
Deneyimi*	3.91 ^{ab}	0.25	1	5	3.24*	0.38	1	5	4.47*	0.13	4	5	3.86	0.17	1	5
İlaç bayi veya ilaç firmaları	3.50	0.28	1	5	3.65	0.34	1	5	4.19	0.38	1	5	3.71	0.19	1	5
İl/İlçe Tarım Müdürlüğü*	3.59*	0.21	1	5	2.82*	0.32	1	5	3.25 ^{ab}	0.21	2	5	3.31	0.15	1	5
Tarım danışmanı**	3.03*	0.22	1	5	2.47*	0.24	1	4	3.56*	0.24	1	5	3.02	0.15	1	5
Arkadaş/komşu	2.81	0.16	1	5	3.12	0.33	1	5	3.19	0.28	1	5	2.98	0.13	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark **p<0.05; *p<0.1 düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

Üreticilerin yabancı otlarla mücadelede bilgi kaynakları açısından iller arasında farklılık olduğu saptanmıştır. Buna göre Manisa ilinde kendi deneyiminden ($\chi^2 = 5.167$, $p = 0.076$) ve tarım danışmanının bilgisinden ($\chi^2 = 9.095$, $p = 0.011$) yararlananlar fazla iken, İzmir ilinde İl/İlçe Tarım Müdürlüğü çalışanlarının bilgisinden ($\chi^2 = 4.890$, $p = 0.087$) yararlananlar daha fazladır (Çizelge 10).

Üreticilerin en yaygın zirai ilaç uygulama zamanı ekimden önce toprak işleme sonrası yabancı otlar çıkmadan öncedir (%58.46). Ürün bitkileri ve yabancı otlar çıktıktan sonra kimyasal ilaç uygulayan üreticilerin oranı ise %20'dir (Çizelge 11).

Çizelge 11. Üreticilerin zirai ilaç uygulama zamanı**Table 11.** Application time for agricultural pesticide by producers

Zirai İlaç Uygulama Zamanı	Üretici Sayısı*	%
Ekimden önce toprak işleme sonrası yabancı otlar çıkmadan önce	38	58.46
Ekimden sonra ürün bitkileri ve yabancı otlar çıkmadan önce	27	41.54
Ürün bitkileri ve yabancı otlar çıktıktan sonra	13	20.00

*Birden fazla yanıt alınmıştır.

Üreticilerin bilgi sahibi olmak istedikleri konuların başında ilaçlama (3.34), gübreleme (3.29) ve kayıt tutma (2.94) gelmektedir. Ispanak üreticilerinin %38.46'sı (25 üretici) işletmenin gelir-giderleri hakkında kayıt tuttuğunu belirtmiştir. Sertifikalı üretim (1.98) ve organik üretim (1.97) konusunda bilgi sahibi olma isteği ise düşüktür. Bilgi sahibi olmak istenen konular açısından iller arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmiş olup, Aydın ilindeki üreticilerin özellikle ilaçlama ($\chi^2 = 10.750$, $p = 0.005$) ve gübreleme ($\chi^2 = 7.931$, $p = 0.019$) konularında bilgi sahibi olma isteğinin diğer illerdeki üreticilerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. İzmir ilinde ise toprak işleme ($\chi^2 = 12.621$, $p = 0.002$) ve bakım ($\chi^2 = 10.095$, $p = 0.006$) konularında bilgi sahibi olma isteği daha fazladır (Çizelge 12).

Çizelge 12. Üreticilerin bilgi sahibi olmak istedikleri konular**Table 12.** The topics that producers want to be informed about

Konular	İzmir (32)				Aydın (17)				Manisa (16)				Genel (65)			
	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks	Ort	Std Hata	Min	Maks
İlaçlama***	3.06 ^a	0.26	1	5	4.29 ^b	0.17	3	5	2.88 ^a	0.38	1	5	3.34	0.18	1	5
Gübreleme**	3.25 ^a	0.17	1	5	3.88 ^b	0.28	2	5	2.75 ^a	0.28	1	5	3.29	0.14	1	5
Kayıt tutma	3.13	0.17	1	5	2.82	0.18	1	4	2.69	0.18	1	3	2.94	0.11	1	5
Toprak işleme***	3.22 ^a	0.12	1	5	2.65 ^b	0.19	1	4	2.44 ^b	0.22	1	3	2.88	0.10	1	5
Bakım***	3.16 ^a	0.15	1	5	2.53 ^b	0.23	1	5	2.38 ^b	0.29	1	5	2.80	0.12	1	5
Sertifikalı üretim	2.13	0.17	1	5	1.94	0.22	1	5	1.75	0.14	1	3	1.98	0.11	1	5
Organik üretim	2.06	0.11	1	5	1.82	0.10	1	2	1.94	0.19	1	4	1.97	0.08	1	5

1. Kesinlikle katılmıyorum, 2. Katılmıyorum, 3. Kararsızım, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum.

Kruskal Wallis H testine göre gruplar arasındaki fark ***p<0.01; **p<0.05 düzeyinde anlamlıdır.

^{a, b}: Aynı harfe sahip iller arasında fark yoktur.

SONUÇ

İncelenen işletmelerde 30 yaş ve altındaki üreticilerin toplam üreticilere oranının %10.77 olması, ıspanak üretiminde genç üretici sayısının oldukça az olduğunu göstergesidir. Ispanak üretiminde kooperatif üyesi olan üreticilerin %81.82'sinin Tarım Kredi Kooperatif'i'ne üye olması ise örgütlenme alışkanlığının daha çok finansal ihtiyaçlara dayalı olduğunu göstermektedir. Nitekim üreticilerin önemli bir kısmı (%66.15) ıspanağı tüccara satmaktadırlar. Bu durum üreticiler açısından pazarlama sorunları arasında fiyatı belirleyememenin önde gelen sorunlardan biri olarak görülmesini açıklamaktadır.

İncelenen işletmelerde ıspanak üretim alanının ortalama 103 dekar olması ıspanak üretiminin büyük ölçekli işletmelerde yapıldığını göstermektedir. Bu durumun işletmeler açısından ölçek ekonomisi avantajı sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ıspanağın yanı sıra sebze, pamuk ve hububat üretimi yapılması üreticilerin riski paylaştırabilmesi açısından önem arz etmektedir.

Ayrıca üreticilerin yabancı otlarla mücadele yöntemleri arasında kimyasal mücadele (%92.31) ilk sırada yer almaktadır. Özellikle çevresel sürdürülebilirlik açısından üreticilerin bu tutumunun sakıncalı bir durum olduğu söylenebilir. Bununla birlikte üreticilerin ruhsatlı ilaç kullanımına ve ilaçları ruhsatlı olduğu dozda kullanmaya önem vermeleri olumlu tutumlardır.

Üreticiler özellikle ilaçlama ve gübreleme konularında bilgi sahibi olmak istediklerini belirtmişlerdir. Bu konulara yönelik eğitim ve yayım faaliyetleri yaygınlaştırılmalıdır. Günümüzde organik ürünlere yönelik tüketici talebinin arttığı düşünüldüğünde üreticilerin bilgi sahibi olma konusunda en az istekli oldukları konunun organik üretim olması ıspanak üretimi açısından olumsuz bir durum olarak değerlendirilebilir.

Teşekkür

Çalışmaya katkılarından dolayı Meriç Utku SOKAT ve Selin GÜLER'e, destekleri için Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): DG(%30), YS(%30), MÖ(%10), YÖ(%10), DE(%10), NÖ(%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): YS(%20), MÖ(%20), YÖ(%20), DE(%20), NÖ(%20)

Veri Analizi (Data Analysis): DG(%80), YS(%20)

Makalenin Yazımı (Writing Up): DG(%80), YS(%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): DG(%80), YS(%20)

KAYNAKLAR

- Aydın Eryılmaz, G., Kılıç, O., Çakır, S., 2021. Meyvecilik Yapan İşletmelerde Kimyasal Gübre ve Tarım İlacı Kullanım Tercihleri ve Bilgi Kaynakları: Zonguldak İli Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2): 420-426. doi: 10.30910/turkjans.824649
- Aydın, S., 2015. Konya ili fasulye üreticilerinin bitki koruma uygulamalarına yaklaşımlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Konya.
- Chen, R., Huang, J., Qiao, F., 2013. Farmers' knowledge on pest management and pesticide use in Bt cotton production in China. *China Economic Review*, 27, 15-24. doi: 10.1016/j.chieco.2013.07.004
- Çalışkan, A., 2022. Meram (Konya) ve Beypazarı (Ankara) ilçelerindeki havuç üreticilerinin pestisit kullanımına yönelik tutum ve davranışlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Bursa.
- Çelik, A., Karakaya, E., 2017. Bingöl ili Adaklı ilçesi elma üreticilerinin tarımsal ilaç kullanımında bilgi tutum ve davranışlarının değerlendirilmesi ve ekonomik analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2):119-129. doi: 10.30910/turkjans.307405
- Damalas, C.A., Georgiou, E.B., Theodorou, M.G., 2006. Pesticide use and safety practices among Greek tobacco farmers: A survey. *International Journal of Environmental Health Research*, 16(5):339-348. doi: 10.1080/09603120600869190
- Demircan, V., Aktaş, A.R., 2004. Isparta İli Kiraz Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanım Düzeyi ve Üretici Eğilimlerinin Belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 9(1-2): 51 - 65.

- Demircan, V., Yılmaz, H., 2005. Isparta İli Elma Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanımının Çevresel Duyarlılık ve Ekonomik Açılardan Analizi. *Ekoloji*, 15(57):38-48.
- Demirkol, E.C., 2022. Kirlilik, iklim ve pandemi sarmalında tarım. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(57): 119-130.
- Engin, M., Özdemir, G., 2022. Kooperatiflerde çok yönlü politikaların, ortak memnuniyetleri ve kooperatifçilik bilinci üzerindeki etkisi: Tarım Kredi Kooperatifleri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(1): 28-38.
- Erbek, E., Özyörük, A., Arslan, Ü., 2018. Bursa İli Gürsu ve Kestel İlçelerindeki Meyve Üreticilerinin Pestisit Kullanımına Yönelik Tutum ve Davranışlarının Belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2):69-76.
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization, FAOSTAT, <https://www.fao.org/faostat> (Erişim Tarihi: 22 Ağustos 2023).
- Gedikli, O., Uzundumlu, A.S., Tozlu, G., 2015. Çeltik, mısır ve buğday üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık yönünden incelenmesi: Samsun ili örneği. *TÜBAV Bilim*, 8(2): 19-26.
- Gözener, B., Sayılı, M., Çağlar, A., 2017. Tokat İli Kazova Bölgesinde Domates Yetiştiriciliğinde İlaç Kullanımı. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(5):451-458. doi: 10.24925/turjaf.v5i5.451-458.742
- Güvenir, F., Güler, D., Karahan Uysal, Ö., 2023. İzmir İli Seferihisar İlçesinde Mandalina Üreticilerinin Kimyasal İlaç Kullanımına Yönelik Tutum ve Davranışlarının Analizi. (Ed. Küçüker, E., Özrenk, K.), *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Teori, Araştırma ve Derlemeler*, Ankara.
- Ibitayo, O.O., 2006. Egyptian farmers' attitudes and behaviors regarding agricultural pesticides: Implications for pesticide risk communication. *Risk Analysis*, 26(4): 989-995. doi: 10.1111/j.1539-6924.2006.00794.x
- İnce, N.B., 2022. Bursa İli Gemlik ve Orhangazi İlçelerindeki zeytin üreticilerinin pestisit kullanımına yönelik tutum ve davranışlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Bursa.
- Kaplan, M., Ayaz, T., 2023. Mardin ili kiraz üreticilerinin bitki koruma uygulamalarında bilinç düzeylerinin belirlenmesi. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 7(1): 150-157. doi: 10.46460/ijiea.1184545
- Kılıç, B., Uzundumlu, A.S., Tozlu, G., 2018. Fındık üretiminde kimyasal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık yönünden incelenmesi: Giresun ili örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 396-405. doi: 10.30910/turkjans.471171
- Kızılaslan, N., Somak, E., 2013. Tokat İli Erbaa ilçesinde bağcılık işletmelerinde tarımsal ilaç kullanımında üreticilerin bilinç düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 4:79-93.
- Koç, A., Tanrıvermiş, H., Budak, F., Gündoğmuş, E., İnan, İ.H., Kubaş, A., Özkan, B., 2001. Türkiye Tarımında Kimyasal ilaç Kullanımı: Etkinsizlik, Sorunlar ve Alternatif Düzenlemelerin Etkileri. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, Yayın No: 63, Ankara.
- Levent, C., Aydın, F.F., 2021. Kadın işgücünün görünümü: TRB2 bölgesinde teorik bir araştırma. *Journal of Yasar University*, 2021, 16(62): 770-786.
- Newbold, P., 1995. *Statistics for Business and Economics*. Prentice-Hall International, New Jersey, 867 p.
- Ngowi, A.V.F., 2003. A study of farmers' knowledge, attitude and experience in the use of pesticides in coffee farming. *Afr Newslett on Occup Health and Safety*, 13: 62-64.
- Obopile, M., Munthali, D.C., Matilo, B., 2008. Farmers' knowledge, perceptions and management of vegetable pests and diseases in Botswana. *Crop Protection*, 27(8): 1220-1224. doi: 10.1016/j.cropro.2008.03.003
- Özalp, B., Güldal, H.T., 2017. Tohum, kimyasal gübre ve ilaç kullanımı açısından mısır üreticilerinin çevre ve insan sağlığı üzerine duyarlılığı: Adana ili örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 23 (1): 13-24. doi: 10.24181/tarekoder.315313
- Özkan, B., Vuruş Akçaöz, H., Karadeniz, C.F., 2003. Antalya ilinde turuncgöl üretiminde tarımsal ilaç kullanımına yönelik üretici tutum ve davranışları. *ANADOLU, J. of AARI*, 13(2):103-116.
- Parveen, S., Nakagoshi, N., Kimura, A., 2003. Perceptions and pesticides use practices of rice farmers in Hiroshima Prefecture, Japan. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(4): 5-30. doi: 10.1300/J064v22n04_03
- Peker, A.E., 2012. Konya İli Domates Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanımına Yönelik Çevresel Duyarlılık Analizi. *İğdir Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 2(1): 47-54.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 22 Ağustos 2023).
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Girdi Fiyat Endeksi, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 3 Ocak 2024).



Comparative Analysis of Genetic and Greedy Algorithm for Optimal Drone Flight Route Planning in Agriculture

Tarımda Optimal Drone Uçuş Rotası Planlaması
için Genetik ve Açgözlü Algoritmanın
Karşılaştırmalı Analizi

Eray ÖNLER¹

¹Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Tekirdağ
· erayonler@nku.edu.tr · ORCID > 0000-0001-7700-3742

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 22 Kasım/November 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 28 Aralık/December 2023

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 129-141

Atıf/Cite as: Önlér, E. "Comparative Analysis of Genetic and Greedy Algorithm for Optimal Drone Flight Route Planning in Agriculture" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 129-141.

COMPARATIVE ANALYSIS OF GENETIC AND GREEDY ALGORITHM FOR OPTIMAL DRONE FLIGHT ROUTE PLANNING IN AGRICULTURE

ABSTRACT

In this study, the performance of the Genetic Algorithm (GA) in optimizing the agricultural drone flight route was compared with the Greedy Algorithm, revealing that GA produce routes that are, on average, 17.44 % more efficient. This efficiency, measured over 500 generations in a static field model, suggests substantial potential for saving resources and time in agricultural operations. Despite the effectiveness of the GA, its computational intensity limits real-time field applications, but offers advantages in offline route planning for pre-mapped areas. A t-test between flight lengths which are created by the algorithms highlighted a significant difference, with a p-value of approximately 7.18×10^{-9} , indicating the GA's superior performance. Future research should aim to bridge the gap between the simplified binary field model used in simulations and the complexities of real-world agricultural landscapes to improve the practical deployment of GAs in drone route optimization.

Keywords: Agricultural Drone, Drone Route Optimization, Offline Route Planning.



TARIMDA OPTİMAL DRONE UÇUŞ ROTASI PLANLAMASI İÇİN GENETİK VE AÇGÖZLÜ ALGORİTMANIN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

ÖZ

Bu çalışmada Genetik Algoritmanın (GA) tarımsal dronların uçuş rotasını optimize etmedeki performansı Açgözlü Algoritma ile karşılaştırılmıştır. GA'nın ortalama %17,44 daha kısa rotalar ürettiği görülmüştür. Statik olarak simüle edilen bir saha modelinde, genetik algorithmada 500 nesil üzerinden ölçülen bu verimlilik, tarımsal faaliyetlerde kaynak ve zaman tasarrufu açısından önemli bir potansiyele işaret etmektedir. GA'nın etkinliğine rağmen hesaplama yoğunluğu, gerçek zamanlı saha uygulamalarını sınırlandırmaktadır, ancak önceden uygulama haritası hazırlanmış alanlar için çevrimdışı rota planlamada avantajlar sunmaktadır. Algoritmaların rastgele olarak üretilen uçuş simülasyonlarında üretmiş oldukları rota uzunlukları arasında t-testi kullanılarak yapılan karşılaştırmada GA tarafından üretilen rotaların istatistiksel olarak anlamlı seviyede kısa olduğu görülmüştür ($p=7.18 \times 10^{-9}$). Gelecekteki araştırmalarda, GA'ların dron rota optimizasyonun-

da pratik kullanımını geliştirmek için simülasyonda kullanılan basitleştirilmiş model ile gerek dünya uygulamalarındaki karmaşıklık arasında bulunan farkları gidermek amalanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dron Rota Optimizasyonu, evrimdiři Rota Planlama, Tarımsal Dron.



1. INTRODUCTION

For agricultural purposes, optimizing the shortest flight route for drone flight is essential because it directly influences the efficiency and effectiveness of crop management and monitoring. Precision agriculture relies on drones to perform tasks such as spraying pesticides, fertilizing, seeding, and surveying crops (Banpurkar et al., 2021; Chen et al., 2021; Marzuki et al., 2021; Rachmawati et al., 2021; Hafeez, et al., 2022). By ensuring the shortest and most efficient routes, drones can cover more acreage with less battery usage and time, reducing operational costs and environmental impacts (Agrawal et al., 2021; Vazquez-Carmona et al., 2022). This optimization leads to more targeted application of agricultural inputs, minimizing waste, and maximizing crop yields. Essentially, the shortest flight route maximizes the benefits of drone technology in precision agriculture, leading to smarter and more sustainable farming practices (Srivastava et al., 2020).

Currently, various algorithms and technologies are employed to determine the optimal flight routes for tasks such as drone flight in agriculture. These include classical approaches such as Dijkstra's and A* for static environments and more sophisticated methods such as genetic algorithms, ant colony optimization, and particle swarm optimization, which can handle dynamic and complex scenarios (Abdulsahab and Kadhim, 2023; Sundarraj et al., 2023; Wu et al., 2023). Machine learning models, particularly reinforcement learning, are increasingly used to adapt to changing conditions and to learn from the environment (Qu et al., 2020; Yan et al., 2020). Additionally, real-time data processing with geographic information system (GIS) and global positioning system (GPS) integration allows for the adjustment of flight paths based on immediate environmental feedback, such as weather changes or crop growth patterns (Manfreda and Eyal, 2023). These methods are complemented by advances in sensor technology and data analytics, enabling more precise mapping and monitoring, which in turn leads to more efficient flight-route planning and resource use (Pepe et al., 2018; Yu and Zhang, 2015).

Genetic algorithms (GAs) offer a robust and flexible approach for searching for optimal routes, particularly in complex and multi-dimensional spaces where traditional algorithms might falter (Li et al., 2020; Zhai and Feng, 2022; Zou et al.,

2023). Their evolutionary nature allows them to explore a vast search space and avoid being trapped in local optima, making them highly effective for problems such as route optimization, where the landscape of possible solutions is rugged and full of potential pitfalls. GAs can simultaneously evaluate many different routes, learning, and improving over successive generations, which enables them to converge on a highly efficient solution, even in the face of constraints and varying conditions. This adaptability, coupled with their ability to incorporate real-world variables and heuristics into their fitness functions, makes genetic algorithms a powerful tool for finding optimal routes in dynamic environments, such as drone navigation in agriculture, where terrain, obstacles, and areas of interest can change over time.

The purpose of this study is to create an algorithmic solution that can find an efficient flight route for spraying a field with certain areas that require treatment. The field was represented as a grid, with some cells needing spraying (black) and others not (white). The algorithmic solution aims to determine the shortest possible route that covers all areas that need spraying, which is analogous to the Traveling Salesman Problem (TSP) (Cheikhrouhou and Khoufi, 2021).

In this study, we used two algorithms to solve this optimization problem. The Genetic Algorithm (GA) uses evolutionary strategies to refine solutions across generations, aiming to minimize flight routes and find the most efficient route in terms of length. Conversely, the Greedy Algorithm selects the closest next point at each step to build a solution, ensuring that all required points are visited.

The program compares these two approaches by plotting the flight routes and calculating the total distance length of each route. This comparison can help to understand the strengths and weaknesses of each algorithm.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Simulation Grid Design and Probabilistic Data Generation

The study area was a simulated grid that reflected the variability of an actual field. The study was conducted over a 10x10 grid for simplicity to represent an agricultural field. Every grid has 1m by 1m side lengths. Data on areas requiring spraying were generated using a random binary distribution with a 70 % probability for non-spray zones and 30 % probability for spray zones (Hussain et al., 2020; Leshkenov, 2023), simulating patches of crops requiring treatment.

2.2. Algorithm Implementation

Two algorithms were implemented for route optimization: A Genetic Algorithm (GA) and a Greedy Algorithm. The GA was developed using Distributed Evolutionary Algorithms in Python (DEAP) library (Fortin et al., 2012), which facilitated the creation of a population of potential routes, the definition of a fitness function based on the total route length and a penalty for inefficient moves, and the application of evolutionary operators such as crossover, mutation, and selection. The Greedy Algorithm is custom-coded to iteratively select the nearest unvisited point. The GA's implementation through the DEAP library showcases the use of evolutionary concepts to optimize the route, whereas the Greedy Algorithm provides a baseline for comparison with GA.

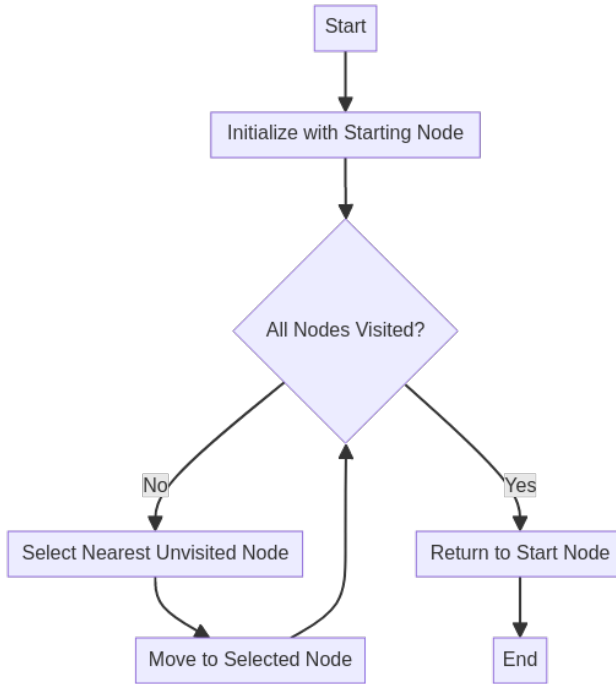


Figure 1. Greedy Algorithm

Figures 1 and 2 provide the visual workflows for the Greedy and Genetic algorithms, respectively, applied to route optimization. Figure 1 outlines a straightforward Greedy Algorithm that selects the nearest unvisited node until all nodes are covered, and returns to the start upon completion. In contrast, Figure 2 presents a Genetic process, which begins by initializing a population of solutions and

iteratively evolves this population through a series of generations using genetic operations until the maximum number of generations is reached; subsequently, the best solution is selected.

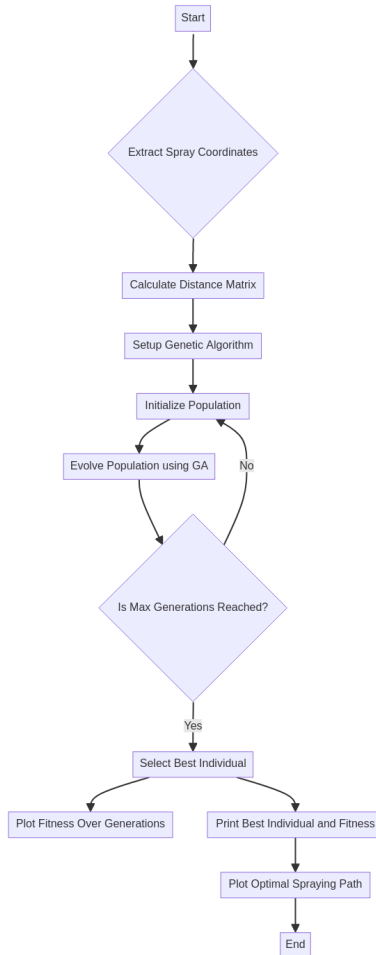


Figure 2. Genetic Algorithm

2.3. Route Optimization Process

For the GA, a population of 10000 routes was evolved over 500 generations with a crossover probability of 0.8 and a mutation probability of 0.1. The Greedy Algorithm starts at a fixed point and sequentially adds the nearest unvisited point to the route. Both algorithms aimed to minimize the total distance traveled while

ensuring that all required points were visited. We conducted an objective evaluation of both methods, focusing on the total flight length, which is a critical factor for operational efficiency.

2.4. Evaluation Metrics

The performance of the algorithms was assessed based on the total flight length of the final route. The GA fitness over generations was plotted to visualize the optimization process. The route length difference between the greedy algorithm and the GA was calculated using the following formula:

$$\text{Flight Route Length Difference}(\%) = \left(\frac{V_g - V_{ge}}{V_{ge}} \right) \times 100 \quad (1)$$

V_g : Flight route length of greedy algorithm

V_{ge} : Flight route length of genetic algorithm

2.5. Visualization

The routes generated by both algorithms were visualized using Matplotlib (Hunter, 2007) to compare their efficiency and coverage. The visualization includes the sequence of points visited and the total distance covered by each algorithm. Visualization plays a key role in interpreting the results, offering an intuitive understanding of the performance of each algorithm.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In the context of a Genetic Algorithm (GA) applied to optimize flight route planning, a population of 10000 possible routes was subjected to an evolutionary process spanning 500 generations. GA employs a fitness function designed to evaluate and minimize the total length of each flight route. Through iterative refinement across generations, the algorithm seeks to progressively reduce the cumulative travel length, thereby enhancing route efficiency. Figure 3-4(a) illustrates the progression of the fitness function over these generations, visually depicting the improvement in the route optimization. Subsequently, Figures 3-4(b) and 3-4(c) provide comparative visualizations of the flight routes as determined by the Genetic Algorithm and the greedy algorithm, respectively. These figures show the outcomes of both algorithms in terms of route efficiency, with the Genetic Algorithm typically outperforming the Greedy Algorithm by producing shorter and more efficient routes.

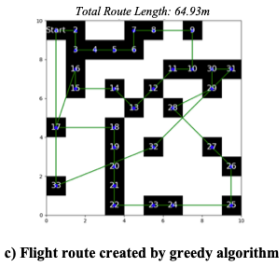
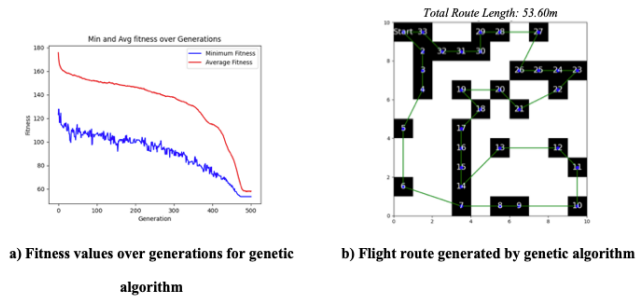


Figure 3. Sample flight route generated by genetic and greedy algorithms

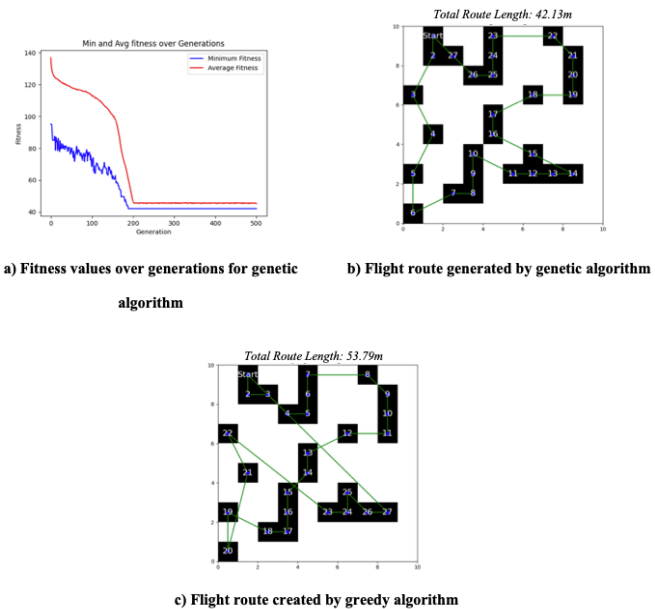


Figure 4. Sample flight route generated by genetic and greedy algorithms

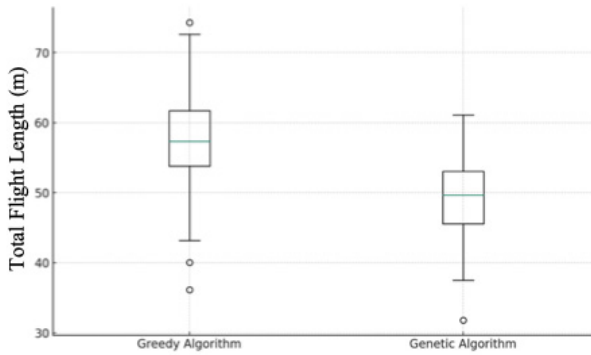


Figure 5. Comparison of total flight route length for greedy and genetic algorithms

The boxplot provides a visual comparison of the total flight route lengths calculated using greedy and genetic algorithms (Figure 5). The central line in each box represents the median of the data, which provides a sense of the central tendency for the flight length of each algorithm. The boxes themselves span from the first quartile (Q1) to the third quartile (Q3), representing the middle 50% of the data, providing insight into the distribution and spread. The “whiskers” extend from the boxes to show the range of the data, excluding outliers that are plotted as individual points beyond the whiskers. From this plot, we can discern that the Greedy Algorithm tends to have longer flights than the Genetic Algorithm, as indicated by the position of the median and the spread of the data. The outliers in each algorithm suggest the presence of cases in which the total flight length is significantly different from typical ranges. We believe that this was due to the stochastic nature of the random simulation environment in each trial.

Upon a deeper analysis of the boxplot data, we found that the Greedy Algorithm had a higher average total flight length at approximately 57.91 m compared to the Genetic Algorithm’s average of approximately 49.37 m. This indicates that on average, the Greedy Algorithm tends to produce longer flight routes.

The median value was slightly lower than the average for the Greedy Algorithm at approximately 57.35 m, suggesting a slightly skewed distribution of data. In contrast, the median flight length for the Genetic Algorithm was almost equal to its average at approximately 49.65 m, which implies a more symmetric distribution of data points around the center.

The Greedy Algorithm also showed greater variability in its results, with a standard deviation of approximately 7.66 m, as opposed to the Genetic Algorithm’s

standard deviation of approximately 5.86 m. This greater spread is reflected in the broader interquartile range (IQR), which goes from approximately 53.81 m to 61.71 m for the Greedy Algorithm, compared to the Genetic Algorithm's IQR from approximately 45.58 m to 53.08 m. The minimum and maximum values indicate the range of the data, with the Greedy Algorithm ranging from 36.15 m to 74.3 m and the Genetic Algorithm ranging from 31.79 m to 61.11 m.

In summary, the Greedy Algorithm not only averaged higher total flight route lengths but also had a wider range of outcomes, suggesting less consistency in the flight route lengths it produced compared to the Genetic Algorithm.

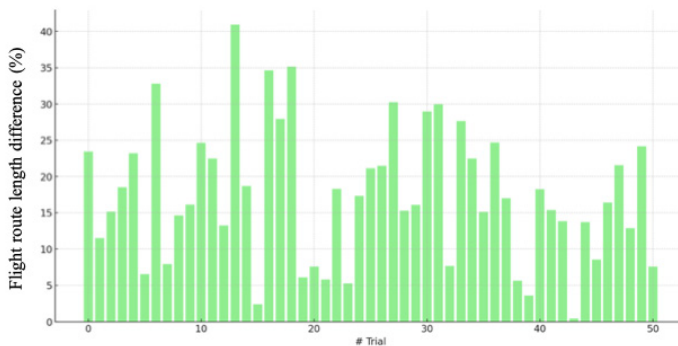


Figure 6. Flight route length difference of greedy algorithm compared to genetic algorithm

The bar plot shows the percentage difference in flight route lengths between the Greedy and Genetic algorithms across a series of trials (Figure 6). Each bar corresponds to a single trial, and the height represents the percentage by which the flight length of the greedy algorithm is greater or less than that of the genetic algorithm for that trial. The average percentage difference across all trials was approximately 17.44 %, indicating that, on average, the flight distance of the greedy algorithm was approximately 17.44 % longer than that of the Genetic algorithm.

Overall, these statistics suggest that, although the Genetic Algorithm generally outperforms the Greedy Algorithm in finding shorter flight routes in every trial, the extent of this advantage can vary. In some cases, the Greedy Algorithm approached the efficiency of the Genetic Algorithm, there were instances where the greedy algorithm was much less efficient. This was because of the stochastic nature of the simulation environment.

After conducting a statistical analysis comparing the flight route lengths of the Greedy and Genetic algorithms, we first assessed the normality of the data. The

Shapiro-Wilk test returned p-values of 3.03×10^{-1} for the Greedy Algorithm and 5.02×10^{-1} for the Genetic Algorithm, both well above the 0.05 threshold, suggesting that the data for both algorithms are normally distributed. Next, we evaluated the homogeneity of variances using Levene's test, which yielded a p-value of 1.61×10^{-1} , indicating no significant difference in variances between the two groups. Because the dataset satisfied the criteria of normal distribution and homogeneity of variance, we applied the t-test to check if there was a statistical difference between the flight routes created by both algorithms. An independent samples t-test was performed, resulting in a p-value of approximately 7.18×10^{-9} and a t-statistic of 6.325, indicating a statistically significant difference in the flight distances generated by the two algorithms. The analysis implies that the Greedy Algorithm consistently produces longer flight distances than Genetic Algorithm, with a high degree of statistical significance. This improvement in path efficiency can translate into substantial cost savings and operational efficiency in a real-world agricultural context.

The GA's ability to explore a diverse set of potential solutions and its use of evolutionary operators allows it to avoid local optima and discover more efficient routes (Niu et al., 2020). Over the course of 500 generations, the GA demonstrated a clear convergence towards optimal solutions, as evidenced by the decreasing trend in the fitness values of the population.

The Greedy Algorithm, while faster in producing a solution, does not have mechanisms to escape local optima, leading to suboptimal paths (Li et al., 2022). The heuristic of choosing the nearest next point did not account for the overall route efficiency, which resulted in a longer total length when all points were visited.

The results underscore the effectiveness of GAs in solving complex optimization problems, such as route planning for drones in precision agriculture (Mukhammediev et al., 2023; Zou et al., 2023). The 17.44 % reduction in route length by GA can lead to reduced fuel or battery consumption, lower labor costs, and a decrease in the time required to complete the spraying operations (Basiri et al., 2022). These factors are critical in large-scale farming operations where efficiency gains can lead to significant economic and environmental benefits (Edwards, 2020; Delay et al., 2022).

However, it is important to note that the GA requires a more substantial computational effort than the Greedy Algorithm. The trade-off between the solution quality and computational resources is a key consideration in the practical application of these algorithms. For time-sensitive applications, a hybrid approach can be considered, where the Greedy Algorithm provides a quick initial solution that the GA can further refine in more time. Alternatively, the method can be employed for offline route planning for agricultural drones, as demonstrated in scenarios in which a pre-existing application map is available.

The study also opens up avenues for future research, such as the integration of real-time data to dynamically adapt the flight route to changing field conditions or the application of other metaheuristic algorithms that could offer a better balance between solution quality and computational time.

In conclusion, while the GA provided a more efficient solution in terms of route length, the choice of algorithm should be guided by the specific requirements of the agricultural operation, including the size of the field, urgency of the task, and available computational resources.

4. CONCLUSION

This study demonstrated the utility of Genetic Algorithms (GA) in optimizing drone flight routes for agricultural spraying, achieving a 17.44 % reduction in the average route length compared with the Greedy Algorithm. The robustness of the GA in finding near-optimal solutions highlights its potential for enhancing operational efficiency in precision agriculture, leading to reduced resource consumption and time savings.

Despite these promising results, this study has some limitations. The primary constraint lies in the computational demands of GA, which may limit its real-time application in the field. The simulation was conducted on a static field model, which does not account for dynamic environmental factors, such as changing weather conditions, variable crop growth stages, or unexpected obstacles that could affect the drone's flight route.

However, the computational intensity of genetic algorithms (GA) is less of a hindrance when applied to offline route planning for agricultural drones. With pre-mapped application fields, GA can be executed on powerful computers without the urgency of real-time decision-making, allowing for detailed and extensive optimization processes. This offline planning enabled the algorithm to incorporate complex field data, historical patterns, and predictive models to devise highly efficient flight paths. Consequently, drones can be deployed with pre-optimized routes that maximize coverage and efficiency, significantly benefiting resource management while mitigating the risks associated with dynamic in-field variables. Another limitation is the reliance of the study on a binary representation of spray areas, which may oversimplify the complexity of actual agricultural landscapes.

Furthermore, this study did not consider the energy consumption of the drone during flight, which could be a significant factor in the practical implementation of flight paths. Future research could incorporate a more detailed energy model and test the algorithms in a dynamic and realistic setting.

In conclusion, while the GA shows significant promise for improving the efficiency of agricultural drone operations, its practical application requires addressing computational challenges and considering the complexities of real-world agricultural environments. Future studies should aim to refine the algorithms to handle dynamic and complex conditions better, potentially through the integration of real-time data and adaptive path planning capabilities.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

REFERENCES

- Abdulsahab, J.A., Kadhim, D.J., 2023. Classical and heuristic approaches for mobile robot path planning: A survey. *Robotics*, 12(4), 93. doi: 10.3390/robotics12040093.
- Banpurkar, R., Raut, A.K., Ramteke, P.P., Prajapati, A.S., Sevakkal, A., Gautam, G.A.D., Bambole, A.S., 2021. Fertilizer Spraying UAV-A Review on Agriculture Drone.
- Basiri, A., Mariani, V., Silano, G., Aatif, M., Iannelli, L., Glielmo, L., 2022. A survey on the application of path-planning algorithms for multi-rotor UAVs in precision agriculture. *The Journal of Navigation*, 75(2), 364-383. doi: 10.1017/S0373463321000825.
- Cheikhrouhou, O., Khoufi, I., 2021. A comprehensive survey on the Multiple Traveling Salesman Problem: Applications, approaches and taxonomy. *Computer Science Review*, 40, 100369. doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100369.
- Chen, C.J., Huang, Y.Y., Li, Y.S., Chen, Y.C., Chang, C.Y., Huang, Y.M., 2021. Identification of fruit tree pests with deep learning on embedded drone to achieve accurate pesticide spraying. *IEEE Access*, 9, 21986-21997. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3056082.
- Delay, N.D., Thompson, N.M., Mintert, J.R., 2022. Precision agriculture technology adoption and technical efficiency. *Journal of Agricultural Economics*, 73(1), 195-219. doi: 10.1111/1477-9552.12440.
- Edwards, C.A., 2020. The importance of integration in sustainable agricultural systems. In *Sustainable agricultural systems* (pp. 249-264). CRC Press
- Fortin, F.A., De Rainville, F.M., Gardner, M.A.G., Parizeau, M., Gagné, C., 2012. DEAP: Evolutionary algorithms made easy. *The Journal of Machine Learning Research*, 13(1), 2171-2175.
- Hafeez, A., Husain, M.A., Singh, S.P., Chauhan, A., Khan, M.T., Kumar, N., Chauhan, A., Soni, S.K., 2022. Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information processing in Agriculture*. doi: 10.1016/j.inpa.2022.02.002.
- Hunter, J.D., 2007. Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in science & engineering*, 9(03), 90-95.
- Hussain, N., Farooque, A. A., Schumann, A. W., McKenzie-Gopsill, A., Esau, T., Abbas, F., Acharya, B. & Zaman, Q. (2020). Design and development of a smart variable rate sprayer using deep learning. *Remote Sensing*, 12(24), 4091.
- Leshkenov, A., & Shuganov, V. (2023). Resource-Saving Spraying Method Using the "Agroprotector-Robot". In *International Conference on Agriculture Digitalization and Organic Production* (pp. 349-360). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Li, L., Gu, Q., Liu, L., 2020. Research on path planning algorithm for multi-UAV maritime targets search based on genetic algorithm. In *2020 IEEE International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)* (Vol. 1, pp. 840-843). IEEE.
- Li, W., Xia, L., Huang, Y., Mahmoodi, S., 2022. An ant colony optimization algorithm with adaptive greedy strategy to optimize path problems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-15.
- Manfreda, S., Eyal, B.D., 2023. Unmanned Aerial Systems for Monitoring Soil, Vegetation, and Riverine Environments. doi: 10.1016/C2020-0-02177-8.
- Marzuki, O.F., Teo, E.Y.L., Rafie, A.S.M., 2021. The mechanism of drone seeding technology: a review. *Malays. For*, 84, 349-358.

- Md, A.Q., Agrawal, D., Mehta, M., Sivaraman, A.K., Tee, K.F., 2021. Time optimization of unmanned aerial vehicles using an augmented path. *Future Internet*, 13(12), 308. doi: 10.3390/fi13120308.
- Mukhamediev, R.I., Yakunin, K., Aubakirov, M., Assanov, I., Kuchin, Y., Symagulov, A., Levashenko, V., Zaitseva, E., Sokolov, D., Amirgaliyev, Y., 2023. Coverage path planning optimization of heterogeneous UAVs group for precision agriculture. *IEEE Access*, 11, 5789-5803. Doi: 10.1109/ACCESS.2023.3235207.
- Niu, H., Ji, Z., Savvaris, A., Tsourdos, A., 2020. Energy efficient path planning for unmanned surface vehicle in spatially-temporally variant environment. *Ocean Engineering*, 196, 106766. doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106766.
- Qu, C., Gai, W., Zhong, M., Zhang, J., 2020. A novel reinforcement learning based grey wolf optimizer algorithm for unmanned aerial vehicles (UAVs) path planning. *Applied soft computing*, 89, 106099. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106099.
- Pepe, M., Fregonese, L., & Scaioni, M. (2018). Planning airborne photogrammetry and remote-sensing missions with modern platforms and sensors. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 412-436.
- Rachmawati, S., Putra, A.S., Priyatama, A., Parulian, D., Katarina, D., Habibie, M.T., Siahaan, M., Ningrum, E. P., Medikano, A., Valentino, V.H., 2021. Application of drone technology for mapping and monitoring of corn agricultural land. In *2021 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)* (pp. 1-5). IEEE. doi: 10.1109/ICISS53185.2021.9533231
- Srivastava, K., Pandey, P.C., Sharma, J.K., 2020. An approach for route optimization in applications of precision agriculture using UAVs. *Drones*, 4(3), 58. doi: 10.3390/drones4030058.
- Sundarraaj, S., Reddy, R.V.K., Babu, B.M., Lokesh, G.H., Flammini, F., Natarajan, R., 2023. Route Planning for an Autonomous Robotic Vehicle Employing a Weight-Controlled Particle Swarm-Optimized Dijkstra Algorithm. *IEEE Access*. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3302698.
- Vazquez-Carmona, E.V., Vasquez-Gomez, J.I., Herrera-Lozada, J.C., Antonio-Cruz, M., 2022. Coverage path planning for spraying drones. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108125. doi: 10.48550/arXiv.2105.08743.
- Wu, L., Huang, X., Cui, J., Liu, C., Xiao, W., 2023. Modified adaptive ant colony optimization algorithm and its application for solving path planning of mobile robot. *Expert Systems with Applications*, 215, 119410. doi: 10.1016/j.eswa.2022.119410.
- Yan, C., Xiang, X., Wang, C., 2020. Towards real-time path planning through deep reinforcement learning for a UAV in dynamic environments. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 98, 297-30
- Yu, X., & Zhang, Y. (2015). Sense and avoid technologies with applications to unmanned aircraft systems: Review and prospects. *Progress in Aerospace Sciences*, 74, 152-166.
- Zhai, L., Feng, S., 2022. A novel evacuation path planning method based on improved genetic algorithm. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 42(3), 1813-1823. doi: 10.3233/JIFS-211214.
- Zou, K., Wang, H., Zhang, F., Zhang, C., Kai, D., 2023. Precision route planning method based on UAV remote sensing and genetic algorithm for weeding machine. *Applied Intelligence*, 53(9), 11203-11213.



Investigation of the Phenological and Climate Indices of Some Table and Wine Grapes and Their Growing Status in the Samsun-Bafra Plain (Türkiye)

Bazı Sofralık Ve Şaraplık Üzümlerin Fenolojik ve İklim Endeksleri ile Samsun-Bafra Ovasında Yetiştirilme Durumunun İncelenmesi

Şinasi KARABEKTAŞOĞLU¹, Bülent KÖSE², Andrej SVYANTEK³

¹Ministry of Agriculture and Forestry, Forest Management Directorate, Samsun
• sinasi_55@hotmail.com • ORCID > 0000-0001-8922-4315

²Ondokuz Mayıs University, Agric.Faculty, Dept. of Horticulture, Samsun
• bulentk@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-7025-5696

³Western Agricultural Research Center, Montana State University, Corvallis, MT 59828, USA
• andrej.svyantek@montana.edu • ORCID > 0000-0001-9444-1250

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 23 Kasım/November 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 1 | Sayfa/Pages: 143-162

Atrf/Cite as: Karabektaşoğlu, Ş., Köse, B., Svyantek, A. "Investigation of the Phenological and Climate Indices of Some Table and Wine Grapes and Their Growing Status in the Samsun-Bafra Plain (Türkiye)" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 143-162.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bülent KÖSE

INVESTIGATION OF THE PHENOLOGICAL AND CLIMATE INDICES OF SOME TABLE AND WINE GRAPES AND THEIR GROWING STATUS IN THE SAMSUN-BAFRA PLAIN (TÜRKİYE)

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the viticultural potential of Bafra plain based on viticulture climate indices. Bafra district was classified as warm-temperate according to Winkler and Huglin indices. The Winkler index (WI) 1969.0, Huglin index (HI) 2184.4 °C units, Branas Heliothermic Index (BHI) 4.5, and Branas Hydrothermal Index (HYI) 3423.6 were obtained for the Bafra region. Annual sunshine duration was calculated as 2295.5 hours, while sunshine duration during the growing period was 1715.0 hours. Considering the HYI value being somewhat high, this combined with the high air humidity in the summer months shows an increased risk of fungal diseases. The bud burst occurred in the second week of April and flowering occurred in the first week of June in all cultivars. The earliest veraison initiated with early ripening 'Early Sweet' and 'Trakya İlkeren' cultivars and the latest veraison was in 'Ugni Blanc' and 'Red Globe'. The earliest ripening was determined in 'Early Sweet' with 937.7 GDD, and the latest ripening was determined in the 'Ugni Blanc' cultivar as 1729.2 GDD. The period from bud burst to maturity was 110 days in 'Early Sweet' and 170 days in the 'Ugni Blanc'. Sites selected with high altitude, areas that slope slightly to the south sides, low humidity, and far from sea areas are suitable for early and mid-season ripening grape cultivars. The high humidity in the summer and heavy rain in the fall season increase fungal disease risks in the Bafra region.

Keywords: Grapevine, Phenology, Climatic Indices, Ripening, Adaptation.



BAZI SOFRALIK VE ŞARAPLIK ÜZÜMLERİN FENOLOJİK VE İKLİM ENDEKSLERİ İLE SAMSUN-BAFRA OVASINDA YETİŞTİRİLME DURUMUNUN İNCELENMESİ

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, bazı iklim indekslerine dayanarak Bafra ovasının bağcılık potansiyelini belirlemektir. Bafra ilçesi Winkler ve Huglin İndekslerine göre sıcak-ılıman bölge olarak sınıflandırılmıştır. Bafra bölgesi için Winkler İndeksi (WI) 1969.0 gün.derece; Huglin İndeksi (HI) 2184.4 derece.birim; Branas Heliotermik İndeksi (BHI) 4.5 ve Branas Hidrotermik İndeksi (HYI) 3423.6 olarak elde edilmiştir. Yıllık güneşlenme süresi 2295.5 saat, yetiştirme dönemindeki güneşlenme

süresi ise 1715.0 saat olarak hesaplanmıştır. HYI değerinin biraz yüksek olduğu göz önüne alındığında, bu durum yaz aylarında havadaki yüksek nem oranıyla birleştiğinde mantar hastalıkları riskinin arttığını göstermektedir. Tüm çeşitlerde gözlerin uyanması Nisan ayının ikinci haftasında, çiçeklenme ise Haziran ayının ilk haftasında gerçekleşmiştir. En erken ben düşme erken olgunlaşan 'Early Sweet' ve 'Trakya İlkeren' çeşitlerinde başlamış, en geç ise 'Ugni Blanc' ve 'Red Globe' çeşitlerinde gerçekleşmiştir. En erken olgunlaşma 937.7 gün.derece ile 'Early Sweet' çeşidinde, en geç olgunlaşma ise 1729.2 gün.derece ile 'Ugni Blanc' çeşidinde belirlendi. Gözlerin uyanmasından olgunluğa kadar geçen süre 'Early Sweet' çeşidinde 110 gün, 'Ugni Blanc' çeşidinde 170 gün olarak hesaplanmıştır. Bafra ilçesinde; yüksek rakımlı, güneye hafif eğimli, nem oranı düşük, denizden uzak seçilen alanlar erken ve orta sezonda olgunlaşan üzüm çeşitlerine uygun olarak değerlendirilmiştir. Yazın nem oranının yüksek olması, sonbaharda ise yoğun yağışlar Bafra bölgesinde mantari hastalık riskini artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Asma, Fenoloji, İklim İndisleri, Olgunlaşma, Adaptasyon.



1. INTRODUCTION

The economic viability of viticulture is closely related to climatic conditions (Bahar et al., 2018). For viticulture in new regions or for the adaptation of new grape cultivars, it is necessary to determine whether the cultivars will reach the optimum maturity based on climatic indices. Especially in regions where ecological conditions limit viticulture, the determination of variety choice is extremely important (Kılıç et al., 2018). Ecological factors have a direct impact on the growth and development of the vine. Light and temperature are the leading climatic factors that affect the growth and development of the vine. Temperature is one of the main parameters that determine whether or not viticulture is viable in a specific region (Cangi and Demir, 2019). The intensity of sunlight and the duration of sunshine affect many properties of the vines such as photosynthesis, sugar, acidity, color, aroma, and ripening (Köse, 2014).

The phenological development of vines is under the influence of many environmental factors, especially climate. Climate indices are indicative of potential for viticulture for different cultivars in different growing regions (Çelik, 2007). The Black Sea Region is an area with limited viticulture industry in Türkiye. Across the coastal areas of the region; grape cultivation is not common except for the slip-skinned, foxy grapes that are derived from *Vitis labrusca* L. parentage. The rain and high humidity of the region makes it difficult to control fungal diseases. The desirability of traditional *V. labrusca* grapes as table grapes is generally very low, and grapes of this type are typically most suitable for grape juice production (Cangi, 1999; Çelik, 2004).

Samsun province is an important agricultural city with Bafra and Çarşamba plains. Samsun city is a highly populated location on the Black Sea coastline, and it is the largest city in the Black Sea region. The climate of Samsun province shows great differences in terms of climate characteristics between the coastal regions and inner parts. Towards the inner and western parts, precipitation and humidity decrease, temperature increases and continental climate features begin to emerge. By evaluating suitable locations in these areas for grape cultivation, the production range can be effectively increased, providing local producers the knowledge and opportunity to produce alternative viticultural products (Köse et al., 2011). Moreover, taking into account all these conditions and the effects of climate change, new grape cultivars continue to be developed through ongoing breeding studies in Türkiye (Atak, 2022; Atak et al., 2022).

This study aims to make a significant contribution to increasing the viticulture capacity in Samsun province, specifically within the Bafra district, by detailing the climatic indices and assessing the potential of important grape cultivars. Determining the viticulture potential of the region is important in this area where tobacco production has been abandoned, and yet the land may still bring new income-generating products through adapted viticultural production.

2. MATERIAL AND METHOD

In the study, 4-year-old grapevines of eight different table grape cultivars, ‘Cardinal’, ‘Early Sweet’, ‘Red Globe’, ‘Trakya İlkeren’, ‘Alphonse Lavellee’, ‘Royal’, ‘Michelle Palieri’, ‘Victoria’, ‘Ugni Blanc’ and ‘Merzifon Karası’ were evaluated during 2018-2019 vegetation period. Grapevines were grafted onto 1103 Paulsen (*Berlandieri* × *Rupestris*) rootstock and they were trained with double-cordon trellis systems. Grapevines were planted at a spacing of 3m between rows and 1.5 m in-row. Vineyard irrigated with drip irrigation as needed. In the vineyard, fungicide application was carried out six times a year with a spraying machine mounted behind the tractor. Weed control was achieved by applying soil cultivator at regular intervals in the vineyard. The research region is usually characterized by a temperate climate and the long term weather data of the research region were obtained from Samsun Meteorology Weather Station. During this research period, vineyard temperature values were recorded by Hobo Data Logger (Onset Computer Corp., Bourne, MA). In the study; bud burst (EL 4), full bloom (EL 23), veraison (EL35), and maturity (EL 38) dates were determined according to Coombe and Dry (2004) separately for each cultivar.

2.1. Geographical Features of Bafra District

The climate of Samsun province differs between the coastline and inland areas. The coastal line is under the influence of the temperate Black Sea climate, and the

inner parts of the Akdağ and Canik Mountains are under the influence of the continental climate. Since the temperature average in Samsun city center is generally higher than in the inner parts, the crop phenology is typically earlier than in the inner parts (Köse, 2014). In the Bafra district, the weather is warm, humid, and partly cloudy during the summer season. In the Bafra plain, the temperate climate characteristics observed in the Central Black Sea Region are dominant (Arpacı and Yüksel, 1996). Bafra Plain, which is one of the most important delta plains of Türkiye, has importance not only to Samsun but also to the whole of Türkiye, especially the Black Sea Region, in terms of plant production (Figure 1). The total area of the plain is 145.700 hectares. 41% of this land is used as agricultural land (604.287 da); it covers the Kızılırmak delta, which is surrounded by mountains in the south. The city has a surface area of 9.579 km² between the deltas formed by the Yeşilırmak and Kızılırmak rivers. In the deltas of Yeşilırmak and Kızılırmak rivers, there are Bafra and Çarşamba Plains with high agricultural potential (Dengiz and Sarıoğlu, 2011). The Nebiyan, the highest mountain among these mountains, is 1.224 meters. The longest river in Türkiye, Kızılırmak, crosses these mountains with a deep valley and reaches the plain. The Bafra plain is completely formed by the Kızılırmak River. Many lakes were formed in the parts of the river close to the sea (MBSDA, 2019).

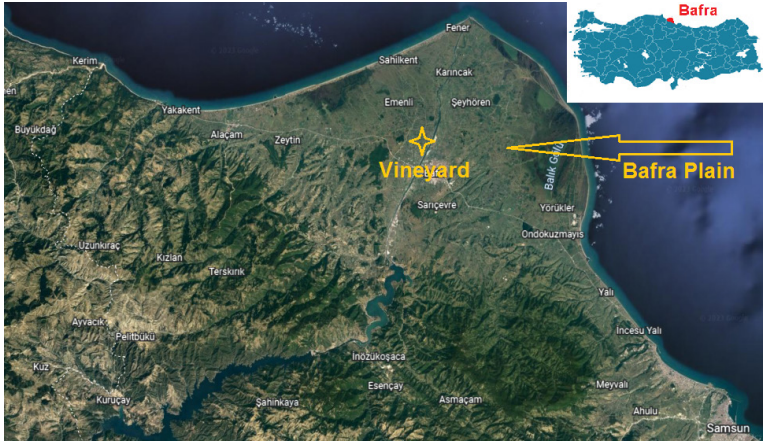


Figure 1. Map of the sampling locations in Bafra Plain.

2.2. Soil Properties of the Research Area

The study area is located in the center of Bafra, between latitude 41° 33' 42" N and longitude 35° 52' 06" E, within the Kızılırmak delta. The soil structure of the land is clayey, silty, and slightly calcareous, and the soil pH is 8.03 slightly alkaline. Soil properties of the trial area are given in Table 1.

Table 1. Soil characteristics of the experimental vineyard.

Criterion	Value	Criterion	Value
Silt	57.00	Organic matter	1.23
Clay	33.73	N	0.15
Sand	10.92	P (ppm)	6.50
pH	7.58	K (mek/100 g)	0.34
EC (ds/m)	0.021	Ca (mek/100 g)	21.00
Lime	11.70	Mg (mek/100 g)	6.80
		Na (mek/100 g)	1.12

2.3. Grape Cluster Characteristics

In the study, berry weight (g), berry width (mm), berry length (mm), total soluble solid content (TSS as ° Brix), Titratable Acidity (%), and pH were determined. Grape berries were randomly removed from cluster samples to determine quality parameters. Berry firmness (N) measured with digital penetrometer (FHT-802) except for two wine grape that was the namely ‘Ugni Blanc’ and ‘Merzifon Karası’ in the research. Because of not need berry firmness in wine grapes, we tested only table grapes in terms of berry firmness. TSS was determined using a digital refractometer (Atago Pocket PAL-1, Japan). Titratable acidity as tartaric acid (TA) was determined by titration with 0.1N NaOH to an endpoint of pH 8.2 (Model PHSJ-4A pH meter). Grape cluster characteristics were determined by taking the average of three clusters of over 10 vines in each cultivar during the maturity period. The following characteristics were examined in the grape bunches examined. Berry characterizations were calculated by taking an average of a total of 100 berries consisting of 10 berries taken from the middle, top, and sides of 10 clusters of each genotype.

2.4. Climatic Parameters

Multiple climatic indices were used to evaluate the viticultural potential of the Bafra District. In the study, Branas Heliothermic Index (BHI), Average growing season temperature (GST, °C), Branas Hydrothermic Index (HYI), Winkler Index (WI-GDD), Huglin Index (HI °C units) indices were used with descriptions in Table 2.

Table 2. Climate parameters used in determining the viticulture potential.

Climatic Indices	Equations	Sources
Branas Heliothermic Index (BHI) Not suitable under 2.5	$\Sigma(T_{avg}-10^{\circ}C) * \Sigma I_e * 10^{-6}$ <i>Tavg</i>: Average temperature values between 01 April and 30 September, <i>I_e</i> : Annual effective sunshine duration (average sunshine duration * vegetation period)	(Branas, 1974)
Average growing season temperature (GST, °C) Too cool < 13 °C Cool 13-15 °C Intermediate 15-17 °C Warm 17-19 °C Hot 19-21 °C Very hot 21-24 °C Too hot > 24 °C	$\Sigma \frac{(T_{max} + T_{min})/2}{n}$ 01 April to 31 Oct ("n" is the number of days in the period)	(Jones, 2006)
Branas Hydrothermal Index (HYI) Hydrothermal Index (HYI) No risk: < 2 500 Moderate risk: 2 500 High risk > 5 100	$\Sigma (T_{avg} * P_{gs})$ <i>Tavg</i> : Average temperature calculated for 01 April to 30 Aug; <i>Pgs</i>: precipitation (mm) for 01 April to 30 Aug	(Branas et al., 1946)
Winkler Index (WI-GDD) Region I (cold) < 1 390 Region II (moderately cold) 1 391 to 1 670 Region III (warm) 1 671 to 1 940 Region IV (moderately w	$\Sigma((T_{max}+T_{min})/2)-10^{\circ}C)$ <i>Tmax</i>: maximum temperature calculated for 01 April to 31 Oct; <i>Tmin</i>: minimum temperature calculated for 01 April to 31 Oct	(Amerine and Winkler, 1944)
Huglin Index (HI °C units) Huglin Index (HI) Very cool (HI-3) < 1 500 Cool (HI-2) 1 500 to 1 800 Temperate (HI-1) 1 800 to 2 100 Temperate warm (HI+1) 2 100 to 2 400 Warm (HI+2) 2 400 to 2 700 Very warm (HI+3) > 2 700	$\Sigma ((T_{avg} - 10^{\circ}C) + (T_{max} - 10^{\circ}C))/2) * d$ <i>Tavg</i>: Average temperature between 01 April-30 September, <i>Tmax</i> Maximum temperature between 01 April-30 September, <i>d</i> : Length of day coefficient (40°-50°) calculated as d=1.03;	(Huglin, 1978)

2.5. Statistical Analysis

The study was conducted according to the randomized block trial design. Eight grape cultivars phenological observations and cluster characteristics were examined in 3 replications and 5 vines in each cultivar. The statistical analysis of the results was performed using Duncan’s Multiple Tests, using the SPSS, version 16 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). Cluster characteristics were evaluated according to

$P < 0.05$. Correlations among grape cluster and quality characteristics were analyzed using the corrplot package in R version 4.2.2 (Wei and Simko, 2021). Genotypic variance, phenotypic variance, and heritability of traits were analyzed with metan package (Olivoto and Lúcio, 2020).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Climate Features of the Experimental Area

In the research, climatic records of the Bafra district obtained from the Samsun Meteorological Institute for both the long term perspective (1929–2018) and the growing season 2019 (Table 3 and 4). According to long-term climate data, the annual average temperature is 13.8°C. The minimum average temperature occurs in January, while the highest occurs in July and August. Minimum monthly rainfall calculated in July was 27.6 mm, while the highest rainfall occurred in December as 93.7 mm (Table 3).

Table 3. The long term climatic features of Bafra district (1929 - 2018)

Climatic Parameters	Months												Year
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Avg Temp. (°C)	7.0	7.0	7.9	11.2	15.6	20.3	23.3	23.6	20.1	16.2	12.5	9.3	14.5
Avg Min Temp (°C)	4.0	3.9	4.6	7.8	12.1	16.1	19.1	19.6	16.5	12.9	9.3	6.3	11.0
Avg Max Temp (°C)	10.7	11	12.1	15.3	19.1	23.6	26.5	27.1	23.9	20.3	16.7	13.0	18.3
Relative Humidity (%)	71.6	58.7	66.4	57	48.3	45.2	34.4	37.3	54.0	78.7	83.5	82.0	59.8
Sunshine Duration (h)	2.7	3.2	3.6	4.7	6.2	8.3	8.8	8.2	6.3	4.6	3.7	2.7	5.3
Rainfall (mm)	78.2	56.2	56.5	52.3	42.8	41.6	27.6	41.1	54.2	87.8	85.5	93.7	717.5

On the other hand, in the 2019 year the study was conducted, the annual average temperature was 15.1°C. The lowest average monthly temperature was 7.2°C in February. The average maximum temperature was in August (27.1 °C). The lowest monthly rainfall occurred in June (11.6 mm), while the highest monthly rainfall was in December (77.2 mm) (Table 4). Typically, to be able to grow grapes economically, the annual average temperature should not be below 9°C, the monthly average temperature in the growing period should not be below 18°C, the average temperature in the summer months should not be below 20°C, and the average temperature in the coldest month should not be below 0°C (Çelik et al., 1998).

Table 4. The climatic characteristics of Bafra district for 2019.

Climatic Parameters	Months												Year
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Avg Temp.(°C)	7.3	7.2	7.7	11.1	16.9	22.8	22.2	23.2	20.4	17.7	14.6	10.3	15.1
Avg Min Temp.(°C)	4.9	4.6	4.2	8.0	13.0	19.3	18.3	19.8	17.0	14.6	11.1	7.7	11.9
Avg Max Temp.(°C)	10.7	10.7	12.1	15.5	21.6	26.9	26.6	27.1	24.5	21.7	19.4	13.6	19.2
Relative Humidity (%)	70.7	83.8	75.6	82.6	85.0	81.5	74.0	74.4	73.4	80.7	65.2	65.4	76.0
Rainfall (mm)	63.8	35.2	32.8	48.4	41.0	11.6	43.0	42.0	33.2	57.0	35.8	77.2	521.0
Sunshine Duration (h)	2.9	3.7	5.5	5.5	6.2	9.5	10.8	8.8	7.3	5.4	6.5	3.3	6.3

The average summer temperatures (June to August) in the Bafra district is 22.4°C (Table 3) and over 22.7°C in 2019 (Table 4). Average relative humidity varied between 65% and 90% in the research year (Figure 2). Average annual total precipitation was calculated as 717.5 mm. On the other hand, in 2019, annual total precipitation was 521.0 mm, below the average (Table 3 and 4). Annual relative humidity was 76% in 2019 year. During the vegetative period, relative humidity was calculated between 63.6% and 92.6% in June and July, while average temperature was measured between 19.0°C and 25.2°C in the same term (Figure 2).

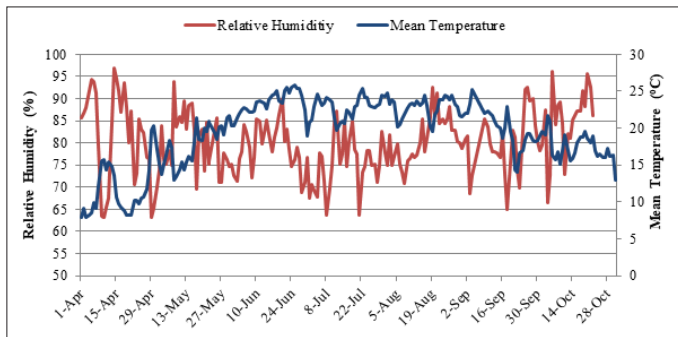


Figure 2. Average temperature (°C) and Relative humidity (%) of Bafra Plain between April 15 to October 21, 2019.

In 2019 the monthly rainfall was decreased in summer days compared to historical averages. In June, monthly rainfall was at its lowest level (11.6 mm) despite the historical average of 41.6 mm (Figure 3).

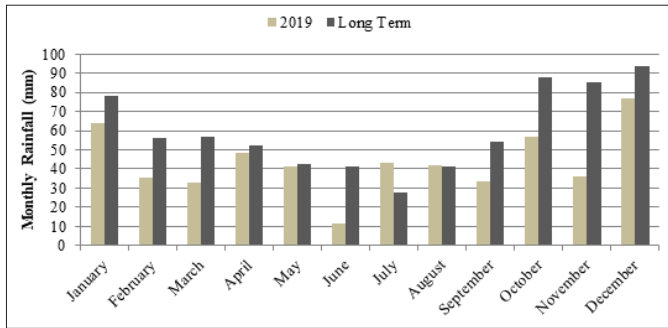


Figure 3. Average monthly rainfall of Bafra District belong to 2019 and long term (1963-2016).

3.2. Phenological Observations

The key stages of bud burst (EL 4), full bloom (EL 23), veraison (EL 35), and maturity (EL 38) dates were given separately for each genotype in Table 5. Bud-burst dates of grape cultivars were between 10 to 15 April. Early bud-burst dates were observed for ‘Early Sweet’ and ‘Trakya İlkeren’ grapes, which are early ripening cultivars; the latest bud-burst dates were obtained on ‘Ugni Blanc’, ‘Alphonse Lavellee’ and ‘Victoria’ cultivars. Blooming dates occurred within the first week of June in all cultivars. Although the blooming dates were close for all cultivars, it was started first at ‘Early Sweet’ and ‘Trakya İlkeren’ cultivars. The earliest veraison started in ‘Early Sweet’ and ‘Trakya İlkeren’ grapes whereas the latest veraison initiated for in ‘Merzifon Karası’ and ‘Ugni Blanc’ grapes. The maturity period started with ‘Early Sweet’ and ‘Trakya İlkeren’. The final maturity was ‘Ugni Blanc’ grapevines.

Table 5. The phenological calendar of grown grape cultivars in the Bafra District.

Cultivars	Bud-Burst	Blooming	Veraison	Maturity
‘Early Sweet’	10.04.2019	01.06.2019	02.07.2019	29.07.2019
‘Trakya İlkeren’	10.04.2019	03.06.2019	09.07.2019	31.07.2019
‘Victoria’	15.04.2019	04.06.2019	20.07.2019	15.08.2019
‘Cardinal’	13.04.2019	05.06.2019	25.07.2019	25.08.2019
‘Alphonse Lavellee’	15.04.2019	07.06.2019	07.08.2019	13.09.2019
‘Royal’	13.04.2019	07.06.2019	08.08.2019	17.09.2019
‘Red Globe’	12.04.2019	06.06.2019	09.08.2019	17.09.2019
‘Michele Palieri’	12.04.2019	06.06.2019	27.07.2019	23.09.2019
‘Merzifon Karası’	14.04.2019	07.06.2019	29.07.2019	26.09.2019
‘Ugni Blanc’	15.04.2019	06.06.2019	09.08.2019	12.10.2019

The number of days from the bud burst to the blooming ranged from 48 days to 55 days, and varied by cultivar (Figure 4). While the number of days between flowering and veraison was lowest in 'Early Sweet' (31 days) and 'Trakya İlkeren' (36 days) cultivars, and longest (64 days) for 'Ugni Blanc'. The number of days between veraison and maturity was 22 days in 'Trakya İlkeren' and 27 days in 'Early Sweet' grapes. This phenological stage was determined as 58, 58, and 64 days in 'Michele Palieri', 'Merzifon Karası', and 'Ugni Blanc' cultivars, respectively.

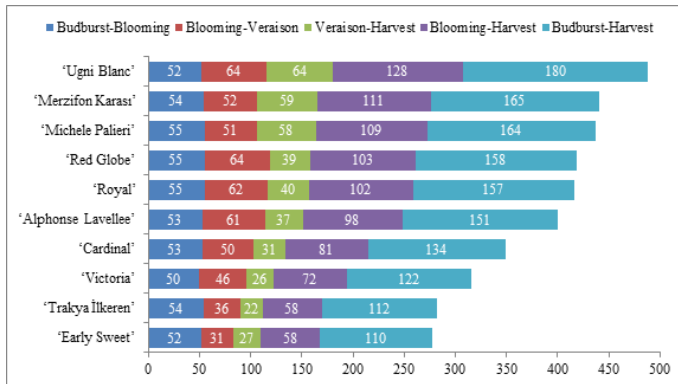


Figure 4. Number of days in each phenological stage for grape genotypes in the Bafra Plain.

When the number of days between blooming and maturity is examined, this period is 58 days in 'Trakya İlkeren' and 'Early Sweet' cultivars, while it is 109, 111, and 128 days in 'Michele Palieri', 'Merzifon Karası' and 'Ugni Blanc' cultivars. The number of days from the bud burst to the maturity date was determined as 110 and 112 days in the earliest maturing cultivars, 'Trakya İlkeren' and 'Early Sweet'. In the study, it was determined that the early cultivars such as 'Trakya İlkeren' and 'Early Sweet', and the mid-early season cultivars namely 'Victoria' and 'Cardinal' cultivars have potential to ripen early without being exposed to September rainfall. On the other hand, 'Alphonse Lavellee', 'Royal', 'Red Globe', 'Michele Palieri', 'Merzifon Karası' and 'Ugni Blanc' were identified as a higher risk cultivars that could be affected by heavy fall rains.

3.3. Evaluating of the Climatic Indices

In the study, some climatic parameters were calculated to establish a perspective of long term averages and to examine the 2019 research year (Table 6). The long term and 2019 values were calculated as follows: Hydrothermic Index (HYI) 4043.8 and 3423.6; Winkler Index (WI- GDD) 1847.7 and 1969.1; Huglin Index (HI °C units) 1982.9 and 2141.6. The Branas Heliothermic Index (BHI) was calcu-

lated as 3.5 (long term) and 4.5 (2019 value) compared to an acceptable lower limit reported as 2.5. The Bafra district aligns with many specifications calculated for Bordeaux. Ribereau-Gayon et al. (2006) stated that the Branas Heliothermic Index for Bordeaux is 4.0 and the Huglin Index is 2100 °C units.

Table 6. Climatic parameters calculated for the Bafra district, Samsun for long term (1929-2018) and the 2019 study year.

Climatic Parameters	Calculations	
	2019	(1929-2018)
Hydrothermic Index (HYI)	3423.6	4043.8
Winkler Index (WI GDD)	1969.1	1847.7
Huglin Index (HI °C units)	2141.6	1982.9
Branas Heliothermic Index (BHI)	4.5	3.5
Annual Insolation (AI-hr)	2295.5	1916.3
Growing Season Insolation (GSI-hr)	1636.9	1439.9
Annual Average Temperature (AVT °C)	15.1	14.5
Average Growing Season Temperature (GST °C)	19.6	18.6
Min. Growing Season Temperature (GST _{Min} °C)	15.7	14.9
Max. Growing Season Temperature (GST _{Max} °C)	22.9	22.3
Annual Precipitation (mm)	521.0	699.8
Growing Season Precipitation (mm)	276.2	364.5
Average Relative Humidity (%)	76.0	59.8
Growing Season Relative Humidity (%)	77.7	50.7

To place the values of Bafra plain in context, the coldest wine-growing region of Brazil, São Joaquim, is the highest-altitude vineyards and has an annual mean temperature of 13°C, annual mean precipitation of 1680 mm, and an annual mean solar radiation of 1832 hours. This is lower than the Annual Insolation for Bafra. During the growing season (September to April), the mean amount of solar radiation is 1264 hours (compared to the long term average of 1439.9 hours for Bafra), and this value allows the grapes to fully ripen (Santos et al., 2018). According to Sentelhas (1998), although it varies according to the variety, a sunshine period between 1200 and 1400 hours/year in a vegetation period is suitable for viticulture. Brandt et al. (2019) stated that the monthly sunshine hours varied between 1232 and 1309 hours during the vegetation period for 2016 and 2017 for adequate maturation in the Riesling grapes cultivar grown in the trial area in Rüdesheim (Rheingau), Germany.

Branas Hydrothermic Index (HYI) measures moisture excess or deficiency (Blanco-Ward et al., 2007). The HYI index covers the period between April and August. This index aims to identify the risk of mildew diseases in these months. Malheiro et al. (2010) noted that the risk of mildew development is low for HYI values below 2500 and high for values over 5100 (Lorenzo et al., 2016). According to the average values obtained for the Galician region in the north of Spain, the Winkler Index was 1382 GDD, the Huglin Index was 2049 °C units, the Branas Heliothermic Index was 3.5, and the Hydrothermic Index was 4439 (Blanco-Ward et al., 2007). The long-term HYI Index for Bafra was calculated as 3653.37. However, the HYI value for 2019, when the study was conducted, was found to be 3464.42. Since these calculated values are above 2500, there is a risk of fungal disease. Although the HYI calculation covers the months of April-August, it is seen that the precipitation in the region increases considerably in September and October. The risk of grape gray mold (*Botrytis cinerea*) may increase for grape cultivars that mature in October. For this reason, choosing cultivars that mature in the first week of September will minimize the risk of *Botrytis* and grape rot. Humidity and precipitation both effect fungal disease risks. Kandilli et al. (2022) implicated that fungal infection from powdery mildew (*Uncinula necator*) and downy mildew (*Plasmopara viticola*) was increased risk in Yalova growing conditions because the average precipitation during the growing season was 221.8 mm, relative humidity 75-80%, and temperature 22-25°C. Identifying fungal disease risks and pressure points can lead to a significant reduction in the number of sprays required annually, thus reducing production costs and the risk of environmental pollution (Cortiñas Rodríguez et al., 2020; González-Fernández et al., 2019).

According to Malheiro et al. (2010) the risk of gray mold contamination was low for BHI values below 2500 and high for values exceeding 5100 (Lorenzo et al., 2016). Similarly; Dina et al. (2020) pointed out that Murfatlar vineyard settled in the Romania has high risk with 4583.7°C mm in 2018-2019 years. Malheiro et al. (2010) noted the HYI shows areas with a Mediterranean-type climate maintain low risks of contamination; on the other hand, high and mid-latitude Europe growing conditions present moderate to high risks, with a typically increased risk of fungal disease pressure in Central and Eastern Europe. The climatic data of Yalova (Turkey) has very similar climatic conditions when compared with the Bafra and production may adopt and utilize similar cultivars and management practices. Kandilli et al. (2022) calculated some climatic indices belonging to Yalova finding an average HYI of 4476, BHI of 836, Huglin Index of 2246 °C units, and Winkler Index of 2133 GDD. They noted that powdery mildew has a more devastating effect than downy mildew in the Yalova conditions.

3.4. Winkler Index (GDD-Growing degree-day)

The heat summation values calculated for different phenological periods according to the Winkler Index are given in Figure 5. The lowest heat summation required to proceed from bud burst to blooming was found in 'Early Sweet' and 'Trakya İlkeren' cultivars. On the other hand, the greatest heat summation requirement was for 'Alphonse Lavallee' and 'Royal' cultivars. In the study, the heat summation requirement from blooming to maturity and from bud burst to maturity were lowest in early cultivars as 'Trakya İlkeren' and 'Early Sweet', and highest in late ripen cultivars as 'Michele Palieri', 'Merzifon Karası' and 'Ugni Blanc'. From bud burst to maturity the heat summation demands of 'Early Sweet' and 'Trakya İlkeren' cultivars were calculated as 986.5 and 998.1 GDD, respectively. Contrastingly, 'Ugni Blanc' required 1806.2 GDD to achieve maturity.

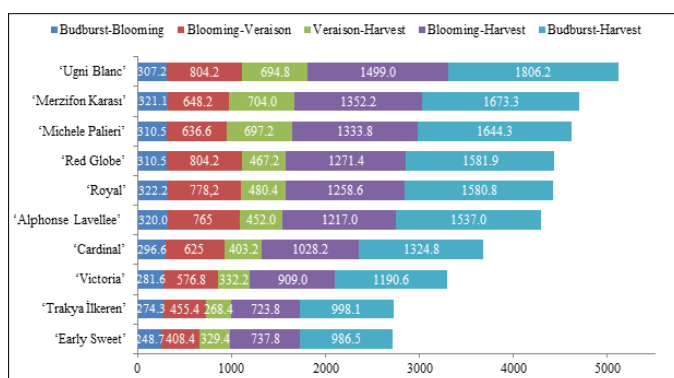


Figure 5. Heat summation values of grape cultivars calculated as Winkler Index (GDD).

In the year the study was conducted, the cumulative heat summation calculated according to the Winkler Index for the Bafra district was determined as 1969.0 GDD; as such, Bafra was identified as Region III (warm). This heat summation value shows that all cultivars, including the latest ripening 'Ugni Blanc' cultivar, can obtain their heat summation requirements in the Bafra region.

To be suitable for viticulture, the heat summation value typically must be above 900 GDD. Cultivars and regions are classified as cold (900-1400 GDD), cool (1401-1700 GDD), temperate (1701-1950 GDD), warm-temperate (1951-2250 GDD), and hot (2251 GDD and above) according to the values obtained (Çelik et al., 1998; Çelik, 2004). According to Uzun (1996) heat summation values of 1088 GDD were required for 'Trakya İlkeren' and 1397 GDD for 'Cardinal' grapes. In Kalecik (Türkiye) experimental conditions, heat summation values were determined as

1073 GDD in the 'Trakya İlkeren' cultivar and 1313 GDD in the 'Cardinal' cultivar (Çelik et al., 2005). Kamiloglu et al. (2014) reported that the heat summation values required for maturation of the 'Trakya İlkeren' grape cultivar in Hatay/Amik plain conditions in Türkiye were 1134 GDD and 1272 GDD from 2011 to 2012. The effective GDD needs for multiple cultivars were determined in Tekirdağ, Türkiye conditions, including for 'Trakya İlkeren' 1050 GDD, 'Cardinal' 1293 GDD, 'Royal' 1695 GDD, and 'Michele Palieri' 1715 GDD (Sağlam et al., 2009). Kılıç et al. (2018) noted the heat summation requirements of some grape cultivars in 2014 and 2015, calculated as 1189 GDD and 1052 GDD for 'Trakya İlkeren', 1685 GDD and 1572 GDD for 'Alphonse Lavallee', 1247 GDD and 1221 GDD for 'Cardinal', 1250 GDD and 1273 GDD for 'Victoria', 1682 GDD and 1572 GDD for 'Royal', and 1709 GDD and 1582 GDD for 'Michele Palieri'. Özdemir and Tangolar (2005) determined the heat summation requirements for 'Alphonse Lavallée' as 1468 GDD in Adana, Türkiye conditions. Altun (2015) determined the heat summation values of 'Michele Palieri', 'Red Globe', and 'Alphonse Lavallée' grape cultivars as 1491, 1522, and 1519 GDD, respectively in Sakarya, Türkiye conditions.

Another classification has been made based on the average growing season temperature (GST). These groupings start at an average GST of 13°C and end at 24°C. The four major maturity groups within this range are: (1) the cool climate maturity group ranging from 13°C to 15°C; (2) the intermediate climate maturity group ranging from 15°C to 17°C; (3) the warm climate maturity group ranging from 17°C to 19°C; and (4) the hot climate maturity group ranging from 19°C to 24°C (Jones, 2007; Jones et al., 2010; Yau, 2011). The average growing season temperature (GST °C) was calculated as 19.6°C in the study. These obtained temperature values are at a level that can obtain the heat summation requirements of many table and wine cultivars. The control of mildew, downy mildew, and grey rot diseases becomes difficult due to the high relative humidity in the region. Although the Bafra district heat summation values and average growing and annual temperature values meet the growing demand for grapes, due to high humidity and rising precipitation in September there is an increase in fungal disease risks, as such identifying varieties with early ripening may increase industry sustainability and fruit quality.

3.5. Bunch Characteristics of the Cultivars

The cluster characteristics of the examined cultivars are depicted in Table 7. Among the examined cultivars, the highest average cluster weight was obtained in the 'Red Globe' cultivar (441.6 g). This was followed by 'Michele Palieri' (346.7 g), 'Alphonse Lavallee' (330.3 g), and 'Trakya İlkeren' (329.0 g). The cultivar with the lowest bunch weight was 'Merzifon Karası' (165.6 g). The greatest bunch width was with 'Trakya İlkeren' (22.3 cm), the greatest bunch length was for 'Red Globe' (23.0 cm), the largest berry weight and width was 'Michele Palieri' (7.9 g and 22.5 mm), and the longest berry length was for 'Victoria' (26.3 mm).

Table 7. The bunch and berry characteristics of the grape cultivars

Cultivars	Bunch Weight (g)	Bunch Width (cm)	Bunch Length (cm)	Berry Weight (g)	Berry Width (mm)	Berry Length (mm)
'Early Sweet'	280.3bcd	10.1b	17.6cd	4.0d	17.4e	20.1e
'Trakya İlkeren'	329.0b	22.3a	20.9ab	3.9d	18.2d	17.5f
'Victoria'	292.5c	11.0b	17.8bcd	5.3bc	18.4d	26.3a
'Cardinal'	213.2de	8.6b	18.5bc	5.1c	20.4c	23.1bcd
'Alphonse Lavallee'	330.3b	14.3ab	19.6bc	5.8bc	21.2b	24.6ab
'Royal'	234.7cde	11.6b	17.8bcd	6.0b	20.4c	22.5cde
'Red Globe'	441.6a	16.3ab	23.0a	5.3bc	21.0b	21.9de
'Michele Palieri'	346.7b	13.3b	20.3abc	7.9a	22.5a	25.5ab
'Merzifon Karası'	165.6e	8.8b	15.0d	2.1e	15.1f	15.5fg
'Ugni Blanc'	301.2c	10.2b	19.2bc	1.9e	14.2g	14.0g
*SEM	7.754	0.907	0.32	0.080	0.054	0.263
<i>P</i> <0.05	**	*	**	**	**	**

*SEM: Standard error of the mean.

The TSS value of grape cultivars varied between 16.7% and 20.9% (Table 8). While 'Trakya İlkeren' (16.7%) and 'Victoria' (17.2%) cultivars had the lowest TSS values, 'Ugni Blanc' and 'Merzifon Karası' had the highest TSS as 20.9% and 20.7%, respectively. The TA ranges from 3.5 to 6.8 g/L. TA was highest in 'Ugni Blanc' and 'Merzifon Karası' (both 6.8 g/L); the lowest was 'Michele Palieri' (3.5 g/L). The juice pH of the cultivars varied from 3.0 to 4.2. The highest pH was in 'Red Globe' and the lowest was in 'Trakya İlkeren' grapes. Vintage and maturity decision making influences final fruit chemistry as indicated by Cangi et al. (2011) stating that shifts in pH values were observed to varied between 3.27 and 4.20 in wine grapes based on maturity, cultivar, and year effects.

Berry flesh firmness values showed significant differences among grape cultivars (Table 8). The cultivars with the hardest fruits in terms of berry firmness were found on 'Early Sweet' and 'Trakya İlkeren' grapes. On the other hand, 'Victoria' and 'Cardinal' are medium hard; 'Alphonse Lavellee', 'Royal', 'Red Globe' and 'Michele Palieri' grapes were evaluated with soft berries. Cantürk and Kunter (2021) determined as 3.96 N; Kök (2021) 5.26 N; the berry firmness in the 'Trakya İlkeren' grape cultivar. Giuseppe-Ferrara et al. (2017) found fruit firmness in the 'Victoria' grape cultivar to be between 4.8-5.9 N; Alenazi et al. (2019) fruit firmness in 'Red Globe' was between 11.6–12.9 N. In our research, it is thought that the differences in fruit flesh firmness values are due to the ecology of the vineyard.

Table 8. TSS, TA, pH and berry firmness of the cultivars

Cultivars	TSS (%)	TA (g/L)	pH	Berry Firmness (N)
‘Early Sweet’	17.8cd	4.7d	3.3efg	6.61a
‘Trakya İlkeren’	16.7e	5.6c	3.0h	6.03b
‘Victoria’	17.2de	5.2cd	3.3f	4.03c
‘Cardinal’	17.5cd	4.8d	3.2g	4.06c
‘Alphonse Lavallee’	19.1b	5.8bc	3.2fg	3.27e
‘Royal’	18.1c	6.2b	3.3ef	2.98e
‘Red Globe’	18.9b	5.0d	4.2a	3.33de
‘Michele Palieri’	17.8cd	3.5e	3.5d	3.41d
‘Merzifon Karası’	20.7a	6.8a	4.0b	----
‘Ugni Blanc’	20.9a	6.8a	3.9c	----
*SEM	0.070	0.043	0.010	0.085
<i>P<0.05</i>	**	**	**	**

*SEM: Standard error of the mean.

For table grapes, broad-sense heritability (the proportion of phenotypic variance explained by genotypic variance) of berry and bunch characteristics ranged from 0.35 (bunch length) to 0.91 (berry width) (Figure 6). Berry traits (length, width, mass, and firmness) all exceeded a heritability of 0.60. Heritability of bunch characteristics were also high, with only bunch length below a heritability of 0.50. Among bunch characteristics, the greatest heritability was observed for bunch width (0.70) followed by bunch mass (0.60). The heritability of acid traits TA and pH were greater than TSS. Broad-sense heritability of pH was 0.88 and TA was 0.80, while TSS was 0.54.

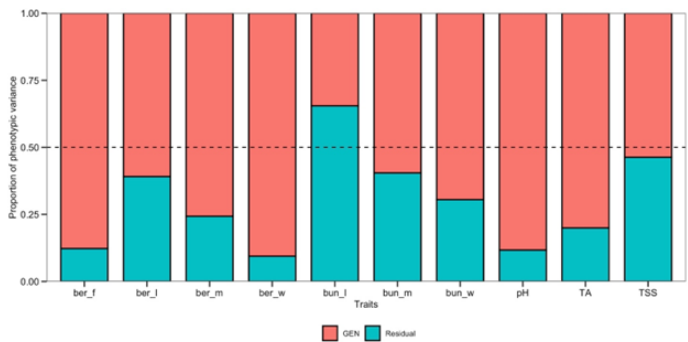


Figure 6. Proportion of phenotypic variance attributed to genotype (GEN) and residual for four berry traits (ber_f= berry firmness, ber_l= berry length; ber_m= berry mass; ber_w= berry width), three bunch traits (bun_l= bunch length; bun_

m= bunch mass; bun_w= bunch width), and three fruit chemistry traits (pH, TA= titratable acidity; TSS= total soluble solids) across eight table grape cultivars ('Alphonse Lavellee', 'Cardinal', 'Early Sweet', 'Michele Palieri', 'Red Globe', 'Royal', 'Trakya İlkeren', and 'Victoria') grown in the Bafra district.

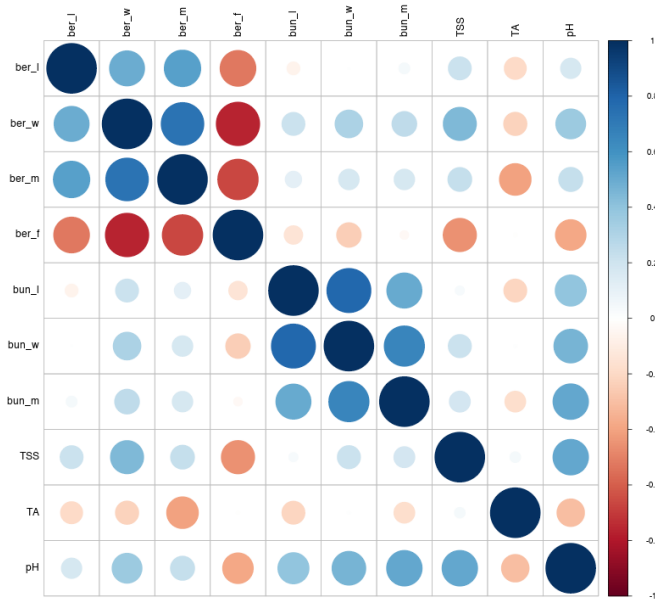


Figure 7. Phenotypic correlations among four berry traits (ber_f= berry firmness, ber_l= berry length; ber_m= berry mass; ber_w= berry width), three bunch traits (bun_l= bunch length; bun_m= bunch mass; bun_w= bunch width), and three fruit chemistry traits (pH, TA= titratable acidity; TSS= total soluble solids) across eight table grape cultivars ('Alphonse Lavellee', 'Cardinal', 'Early Sweet', 'Michele Palieri', 'Red Globe', 'Royal', 'Trakya İlkeren', and 'Victoria') grown in the Bafra district.

Correlations among berry traits were positive for berry size metrics (berry length, width, and mass); contrastingly, larger berries were correlated with a reduction in berry firmness (berry length: $r = -0.521$; $p = 0.001$; berry width: $r = -0.763$; $p < .001$; berry mass: $r = -0.655$; $p < .001$). Bunch metrics were all significant positively correlated (Figure 7). The fruit composition metric TSS was positively correlated with berry width ($r = 0.447$; $p = 0.010$) and negatively correlated with berry firmness ($r = -0.450$, $p = 0.010$). TSS was not significantly correlated with TA; however, TSS was positively correlated with pH ($r = 0.513$, $p = 0.003$).

4. CONCLUSION

It was determined that the early cultivars 'Early Sweet' and 'Trakya İlkeren' and mid-season cultivars 'Red Globe', 'Michele Palieri' and 'Victoria' have potential in the Bafra district. 'Early Sweet' and 'Trakya İlkeren' cultivars were the earliest ripening which contrasts with 'Ugni Blanc', the last cultivar to ripen. In light of the climatic parameters examined, the risk of fungal disease was determined to be high due to the high relative humidity and the precipitation that initiates after August in Bafra. As a result, 'Early Sweet', 'Trakya İlkeren', 'Cardinal', and 'Victoria' and other cultivars that mature before the precipitation in September may be advantageous for the Bafra plain. Simultaneously, site selection remains important, as such work must continue to identify arable land where humidity is relatively lower and altitude is relatively high within the Bafra plain to improve sustainability of grape cultivation.

Acknowledgements

This research was a part of Şinasi KARABEKTAŞOĞLU MSc. Thesis (YOK Thesis No: 653967/Date: 05.10.2020). We also would like to thank the Ondokuz Mayıs University for the support to establish research vineyard in Bafra.

Conflict of Interest

The author declared that there is no conflict of interest.

Ethical Consideration

Ethics committee approval was not required for this study because of there was no study on live animals or humans

Author Contribution Rates

Design of the Study: ŞK(30%), BK(70%)

Data Acquisition: ŞK(100%)

Data Analysis: ŞK(30%), BK(50%), AS(20%)

Writing of the Article: ŞK(20%), BK(60%), AS(20%)

Submission and Revision: ŞK(10), BK(70%), AS(20%)

REFERENCES

- Alenazi, M.M., Shafiq, M., Alobeed, R.S., Alsdon, A.A., Abbasi, N.A., Ali, I., Javed, I., 2019. Application of abscisic acid at veraison improves red pigmentation and accumulation of dietary antioxidants in red table grapes cv. Red Globe at harvest. *Scientia Horticulturae*. 257, 108672. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108672>
- Altun, M.A., 2015. Adaptation of some important table grape varieties to Sakarya/Traklı ecology (Master's Thesis). Gazi Osmanpaşa University. Nature Applied Sci Inst, 48p (in Turkish).
- Amerine, M.A., Winkler A.J. 1944. Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*. 15:493-675.
- Arpacı, K., Yuksel, M., 1996. Classification of left coasts' soils in Bafra plain. *J Agric Sci*. 2(02), 87-93 (in Turkish). https://doi.org/10.1501/Tarimbil_00000000676
- Atak, A. 2022. "New perspectives in grapevine breeding," in *Plant breeding - new perspectives*. Ed. Wang, H. (Rijeka, Croatia: IntechOpen). <https://doi.org/10.5772/intechopen.105194>
- Atak, A., Ergönül, O., Dilli, Y., Kesgin, M., Altındışli, A., 2022. Grapevine breeding studies in Turkey. In XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on the Vitivinicultural Sector: Which Tools to 1370 (pp. 145-152).
- Bahar, E., Korkutal, I., Öner, H. 2018. Terroir elements in viticulture. *Bahçe*. 47(2), 57-70.
- Blanco-Ward, D., Queijeiro, J.G., Jones, G.V., 2007. Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain. *Vitis*. 46:63-70. <https://doi.org/10.3354/cr00918>.
- Branas, J., Bernon, G., Levadoux, L., 1946. Éléments de viticulture générale. Imp. Déhan, Bordeaux.
- Brandt, M., Scheidweiler, M., Rauhut, D., Patz, C. D., Will, F., Zorn, H., Stoll, M., 2019. The influence of temperature and solar radiation on phenols in berry skin and maturity parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling: 21th GIESCO International Meeting, June 23-28 2019, Thessaloniki, Greece. *Oeno One*. 53(2). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.2.2424>
- Cangı, R., 1999. Research to determine the ampelographic characteristics of grape varieties grown in Ordu. In: 3rd National Horticultural Congress. Ankara, Turkey, 14-17 September (in Turkish).
- Cangı, R., Demir, E., 2019. Determination of phenological characters and effective heat summation values for some grape cultivars in Mecitözü/Çorum ecological condition. *Fruit Sci*. 6(2), 29-35 (in Turkish)
- Cangı, R., Saracoglu, O., Uluocak, E., Kilic, D., Sen, A., 2011. The chemical changes of some wine grape varieties during ripening period in Kazova (Tokat) ecology. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech*. 1(3), 9-14 (in Turkish).
- Cantürk, S., Kunter, B., 2021. Effects of Kaolin Treatment on Table Grape Characteristics of cv. Trakya İlkeren (*V. vinifera* L.). *KSÜ J. Agric Nat*. 24(3): 522-528. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.745100>.
- Coombe, B., Dry, P., 2004. Viticulture. Volume 1-Resources 2nd edition. Winetitles Pty Ltd.
- Cortiñas Rodríguez, J.A., González-Fernández, E., Fernández-González, M., Vázquez-Ruiz, R.A., Aira, M.J., 2020. Fungal diseases in two north-west Spain vineyards: Relationship with meteorological conditions and predictive aerobiological model. *Agronomy*. 10(2), 219. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020219>
- Çelik, H., 2004. Grape growing. Pazar Ofset, Rize (in Turkish).
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., 1998. General viticulture. Sun Fidan Publication, Turkey, Ankara (in Turkish).
- Çelik, H., Çetiner, H., Söylemezoğlu, G., Kunter, B., Çakır, A., 2005. Determination of phenological properties and heat summation requirements of some grape varieties in Kalecik conditions. 6th Turkey Viticulture Symposium Proceedings 2:390-397 (in Turkish).
- Çelik, S., 2007. Grapevine (Ampelology-I). Anadolu Press Volume I; 2nd Edition. Tekirdag. 423s (in Turkish).
- Dengiz, O., Sarioğlu, F.E., 2011. GIS analysis for topographic properties with some land properties and land use in Samsun province. *J. Agric. Faculty Ege Univ*. 48(1), 55-60 (in Turkish).
- Dina, I., Ranca, A., Tănase, A., Ene, S.A., 2020. Behavior of some grapevine cultivars from Murfatlar vineyard in the special climatic conditions of the wine year 2019-2020. *Romanian J Hortic*. 1, 133-140. <https://doi.org/10.51258/RJH.2020.18>.
- Faostat, 2021. Crop statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Accessed: 25 January 2020).
- González Fernández, E., Piña Rey, A., Fernández González, M., Rodríguez Rajo, F.J., 2019. Effect of environmental conditions and phenology in the dispersal of secondary *Erysiphe necator* conidia in a vineyard. *Vitis* 58 (Special Issue). 49-58. <https://doi.org/10.5073/vitis.2019.58.special-issue.49-58>
- Ferrara, G., Gallotta, A., Pacucci, C., Matarrese, A. M. S., Mazzeo, A., Giancaspro, A., Colelli, G., 2017. The table grape 'Victoria' with a long shaped berry: A potential mutation with attractive characteristics for consumers. *J. Sci. Food Agric*. 97(15), 5398-5405. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8429>
- Huglin, P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In: Proceedings of the Symposium International sur l'ecologie de la Vigne. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Contanca, pp 89-98.

- Jones, G.V., 2006. Climate and terroir: Impacts of climate variability and change on wine. In *Fine Wine and Terroir: The Geoscience Perspective*. Geoscience Canada. R.W. Macqueen and L.D. Meinert (eds.), (Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland), pp. 1-14.
- Jones, G.V., 2007. Climate change: observations, projections and general implications for viticulture and wine production. *Climate and Viticultural Congress*, 10-14 April 2007, Zaragoza. OIV, Paris, p 55-66
- Jones, G.V., Duff, A.A., Hall, A., Myers, J.W., 2010. Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. *Amer J Enol Vitic*. 61(3), 313-326. <https://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.3.313>.
- Kamiloğlu, Ö., Atak, A., Kiraz, M.E., 2014. Performance of some grape cultivars and hybrid cultivar candidates in Hatay/Amik Plain conditions. *Turkish J. Agric. Natur. Sci.*, 3(1); 413 – 420 (in Turkish).
- Kandilli, G., Atak, A., Doyğacı, Y., Candar, S., Söylemezoğlu, G., Yılmaz, E., 2022. Disease resistance and fruit quality characteristics of 12 *Vitis* spp. grown in a humid-like climate region. *Int. J. Agric. Environ. Food Sci.* 6(3), 457-470. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.3.16>
- Kılıç, D., Kaya, Y., Başaran, B., Topal, H., Mutlu, N., Yağcı, A., Cangı, R., 2018. Adaptation of some table grape varieties in Tokat central ecological conditions. *Bahçe 47* (Special Issue 1): Turkey 9th Viticulture Technologies Symposium: 187-194 (in Turkish).
- Kök, D., 2021. Berry Growth and Biochemical Characteristics of cv. Trakya Ilkeren (*V. vinifera* L.) as Influenced by Various Doses of Pre-Harvest Hydrogen Peroxide and Phenylalanine Applications. *Erwerbs-Obstbau*. 60(1), 47-53. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0390-x>
- Köse, B., Odaş, F., Çelik, H., 2011. New approaches to declining tobacco fields in Samsun. *Samsun Symposium*, 13-16 October 2011, Samsun (in Turkish).
- Köse, B., 2014. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L. varieties in the maritime climate of Samsun in Turkey's Black Sea Region. *S. Afr. J. Enol. Vitic*. 35(1), 90-102. <https://doi.org/10.21548/35-1-988>.
- Lorenzo, M.N., Ramos, A.M., Brands, S., 2016. Present and future climate conditions for winegrowing in Spain. *Regional Environmental Change*. 16, 617-627. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0883-1>
- Malheiro, A.C., Santos, J.A., Fraga, H., Pinto, J.G., 2010. Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Climate Res.* 43(3), 163. <https://doi.org/10.3354/cr00918>
- MBSDA, 2019. Middle Black Sea Development Agency. Evaluation of Bafra District in terms of Agricultural Product Potential. (<https://www.oka.org.tr/assets/upload/dosyalar/bafra-ilcesi-tarim-sektoru-raporu.pdf>. Access date: 19.01.2023)
- Oliveto, T., Lúcio, A.D., 2020. Metan: An R package for multi environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*. 11(6): 783-789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>.
- Özdemir, G., Tangolar, S., 2005. Determination of phenological stages and effective heat summation values and some quality characteristics of some table grape varieties in Diyarbakır and Adana conditions. 6th Turkey Viticulture Symposium Proceedings (2):446-453 (in Turkish).
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D., 2006. *Handbook of Enology (Volume 2). The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Sağlam, M., Boz, Y., Kiracı, M.A., Aydın, S., 2009. Adaptation of table grape varieties to different ecological conditions in the Thrace region. 7th Turkey Viticulture and Technologies Symposium, Volume 2, 129-137 Manisa, 05-09 October, Manisa (in Turkish).
- Santos, J.A., Fraga, H., Moutinho-Pereira, J., Malheiro, A.C., 2018. Impacts on the vitiviniculture geography in the world and in Portugal. El sector vitivinícola frente al desafío del cambio climático, Parte I. Enfoque territorial e institucional. 21-43.
- Sentelhas, P.C., 1998. Aspectos climáticos para a viticultura tropical: Informe Agropecuario. 194, 9-14.
- Uzun, H.I., 1996. Heat summation requirements of crape cultivars. *Proceedings of the 5. International Symposium on Temperate Zone Fruits in Tropics and Subtropics*, Acta Hort. No: 441 p 383-386, 29 May- 1 June, Adana.
- Wei, T., Simko, V., 2021. R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix. (Version 0.92) <https://github.com/taiyun/corrplot>.
- Yau, I.H., 2011. Developing a grape site selection GIS for the inland pacific Northwest. MSc thesis, Washington State University, Department of Crop and Soil Sciences. Available at https://www.int-res.com/articles/cr_oa/c076p203.pdf.



Determining Consumers' Willingness to Pay in View of Extrinsic Attributes of Erzurum Stuffed-Kadayıf with Protected Geographical Indication

Coğrafi işaretli Erzurum Kadayıf Dolmasının Dışsal
Ürün Nitelikleri Bakımından Tüketicilerin Ödeme
İstekliliklerinin Belirlenmesi

Yavuz TOPCU¹, Tuba GÜLER²

¹Department of Agricultural Economics, Agriculture Faculty, Atatürk University, Erzurum
· yavuztopcu@atauni.edu.tr · ORCID > 0000-0002-2260-3465

²Erzurum-Aziziye Agriculture Chamber Presidency, Erzurum
· zirtuba@hotmail.com · ORCID > 0009-0007-4421-6929

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 08 Aralık/December 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 08 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 163-182

Atıf/Cite as: Topcu, Y., Güler, T. "Determining Consumers' Willingness to Pay in View of Extrinsic Attributes of Erzurum Stuffed-Kadayıf with Protected Geographical Indication" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 163-182.

Yazar Notu/ Author Note: "The manuscript derived from M.S. thesis conducted at Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ataturk University."

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yavuz TOPCU

DETERMINING CONSUMERS' WILLINGNESS TO PAY IN VIEW OF EXTRINSIC ATTRIBUTES OF ERZURUM STUFFED-KADAYIF WITH PROTECTED GEOGRAPHICAL INDICATION

ABSTRACT

The aim of the study is to determine consumers' willingness to pay (WTP) in view of the brand types and food retailers simulations from the product profiles based on the intrinsic and extrinsic attributes of Erzurum Stuffed-kadayif profiles with Protected Geographical Indication, and then to create the marketing strategies for each consumer segment. In order to reach to these goals, the main material composed of the primary data obtained from consumers consuming Erzurum Stuffed-kadayif in Erzurum Province. Based on the data, k-means cluster analysis was firstly used to segment heterogeneous consumer masses according to their consumption frequencies, and choice-based CA model was secondly applied to calculate the total utilities for each consumer segment and then to measure consumers' WTP for Erzurum Stuffed-kadayif profile simulations. The results of the study highlighted that the light and heavy users' WTPs with higher premium prices for the local brands and manufacturer outlets calculated as 48.0% and 28.2%, and 40.8% and 26.5% respectively, but the medium users' WTPs with high premium prices for each product attribute found as 14.5%. Focused on such consumer-oriented attitudes, the market actors should position Erzurum Stuffed-kadayif with local retailer brands sold from the higher premium prices at the manufacturer stores for the light and heavy users, but it should be implemented the product differentiation strategies under the intrinsic and extrinsic food attributes for the medium users.

Keywords: Conjoint Analysis, Erzurum Stuffed-Kadayif, Local Brand, Retailer, WTP.



COĞRAFI İŞARETLİ ERZURUM KADAYIF DOLMASININ DIŞSAL ÜRÜN NİTELİKLERİ BAKIMINDAN TÜKETİCİLERİN ÖDEME İSTEKLİLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZ

Çalışmanın amacı, coğrafi işaretli Erzurum Kadayıf Dolmasının içsel ve dışsal mamul niteliklerini temel alan ürün profillerinden mamul marka tipleri ve gıda perakendecileri bakış açısından tüketicilerin ödeme istekliliklerini (WTP) belirlemek ve daha sonra her bir tüketici grupları için pazarlama stratejilerini oluşturmaktır. Bu amaçlara ulaşmak için Erzurum ilinde Erzurum Kadayıf Dolması

tüketen tüketicilerden elde edilen birincil veriler, araştırmanın ama materyalini oluşturmuştur. İlk olarak bu verileri temel alan k-ortalamalar kümeleme analizi, tüketicilerin tüketim frekanslarını dikkate alarak heterojen tüketici gruplarını kümelemek için kullanılmış ve daha sonra seçim tabanlı Conjoint Analiz (CA) modeli, her bir grubun toplam faydasını hesaplamak ve Erzurum Kadayıf Dolmasının profil simülasyonları için tüketicilerin WTP ölçmek için kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları; düşük ve yoğun bir şekilde kadayıf dolmasını tüketen kullanıcıların yerel ve mağaza markaları için yüksek fiyatlı WTP sırasıyla %48.0 ve %28.2 ile %40.8 ve %26.5 olarak hesaplandığına, fakat ılımlı düzeyde kullanıcıların ise her iki marka için yüksek fiyatlı WTP %14.5 olarak bulunduğuna işaret etmiştir. Tüketici odaklı davranışlar üzerine odaklanan piyasa aktörleri, düşük ve yoğun bir şekilde kadayıf dolmasını tüketen kullanıcılar için imalatçı mağazalarında yüksek fiyatlardan satın alınan yerel markalı Erzurum Kadayıf Dolmalarını konumlandırmalıdır, fakat ılımlı düzeyde kullanıcılar için içsel ve dışsal gıda niteliklerini dikkate alan mamul farklılaştırma stratejileri uygulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Conjoint Analiz, Erzurum Kadayıf Dolması, Yerel Marka, Perakendeci, WTP.



1. INTRODUCTION

In recent years, there has considerably maintained a change on consumers' food consumption preferences and purchase decisions under the negative effects of global climate change due to lower yield and quality attributes suffered in plant and livestock products, biodiversity losses, possible risk factors on food safety and security at food life cycle from the farms to the retailer shelves, negative consumer perceptions about emotional food quality attributes, as well as negative impacts on human health and the environment (Rojas-Downing *et al.*, 2017; Godde *et al.*, 2021; Bernabeu *et al.*, 2023; Bouranta *et al.*, 2023).

Under the impact of the Covid-19 pandemic and the Ukraine and Russia war along with the negative effects of climate change, the production of wheat being the main raw material of stuffed-kadayıf has considerably decreased for the last few years in the world and Turkey. As considered global wheat supply and demand trends, while global wheat production and stocks decreased from 764 and 284 million tons in 2019 to 769 and 271 million tons in 2022, wheat consumption increased from 741 million tons to 782 million tons (TEPGE, 2022). In response to the decreases in both global wheat production and current stocks, a significant increase in global wheat consumption was also observed in view of the trend figures. Consequently, this situation has indicated the existence of a serious

problem in meeting consumer demands of wheat supply worldwide and a large supply gap in the future if the necessary preventive and adaptation studies are not carried out to an adequate extent.

Wheat production in Turkey was 19.00, 17.65 and 19.80 million tons in 2019, 2021 and 2022 respectively, whereas domestic wheat consumption was given as 20.00, 19.01 and 19.00 million tons (TEPGE, 2022). In particular, it was abnormally caused the product prices to increase with the effects of the panic buying by narrowing the supplies of wheat and bakery products under the negative impacts of ongoing climate change and the Covid-19 pandemic hitting 2019 (Arafat et al., 2021). Indeed, while the average annual wheat price was $\text{₺}1.5 \text{ kg}^{-1}$ in 2018, it increased to about $\text{₺}5.5 \text{ kg}^{-1}$ in 2022 (PTB, 2022). The dramatic increases in wheat price at commodity markets caused wheat flour prices trading from $\text{₺}1.76 \text{ kg}^{-1}$ in 2018 to increase by $\text{₺}7.7 \text{ kg}^{-1}$ in 2022 (PTB, 2022a). Manufacturing cost increase resulting from excessive rises in the prices of Stuffed-kadayif ingredients such as sugar, walnuts, pistachios and hazelnuts, along with the price of the flour being the main input of Erzurum Stuffed-kadayif, therefore, caused the price per kg to rise from $\text{₺}15$ (\$) in 2019 to $\text{₺}140$ (\$) in 2023.

On the other hand, besides the natural risk factors being of a negative impact on agriculture and agricultural food industry, when the macroeconomic data taken into consideration for 2022-2023 years in Turkey, the consumer price index (YI-CPI) and food price increases (food inflation) were annually realized as 50.51 and 67.89% (TSI, 2023). The annual increases in the producer price index (YI-PPI) and food input prices were calculated as 62.45% and 88.38%, respectively (TSI, 2023a). The pressures of these inflationary and natural risk factors caused the food prices to increase dramatically with the contraction in the economy by increasing the production costs, and then the formation of social welfare losses created by the contraction in demand resulting from the real decline in consumer incomes. This situation caused an excessive increase in the share of consumer incomes allocated to mandatory food needs in the expenditure budget and their WTP categorically changed significantly depending on the marketing mix. Consumers trying to meet their food needs under the effects of climate change have rationally tried to shape their food choices and purchasing patterns at retailer selling points by taking into account both the extrinsic food attributes and the negative developments in Turkish economy in the last years.

It was reported in the previous researches that it was attempted to determine consumers' WTP against the foods, and to maximize their total benefits by having been taken into account the external product characteristics (brand, labelling, package weight and size, price, geographical indications, retail selling points) on the product profiles impacting their purchasing models at retail levels (Campbell *et al.*, 2023; Cardona *et al.*, 2023; Carvalho and Spence, 2023; Edenbrandt and Nor-

dström, 2023; Fakhreddine and Sanchez, 2023; Gonzalez *et al.*, 2023; Lin *et al.*, 2023; Milkovic *et al.*, 2023; Petrontino *et al.*, 2023; Yeh and Hirsch, 2023; Zanchini *et al.*, 2023; Zeng *et al.*, 2023).

In these studies based on consumers' food purchasing decisions, it was pointed out that the product prices were the major determinant of their willingness to buy and also provided vital information about their socioeconomic attributes reflecting their purchasing powers. It was also reported that there is a very close relationship between the prices of consumers' WTPs for food products and product brand types, the region of origin labeling and points of purchase, and the relative importance of these motivational factor levels maximizing the total utilities was also calculated higher than the others. It was also pointed out that there was a much stronger relationships among consumers' WTPs for the foods and their prices, brand types, the region of origin labels and retail selling points, and thus the relative importance (RI) of these motivational factor levels such as the local, private and national brands, mountainous and lowland region labels, organic, ecologic and conventional labels, ecofriendly packaging, local selling store and markets etc. maximizing total utility were also calculated higher than the others.

Especially when making food purchasing decisions based on consumers' experiences with hedonic or external product quality perceptions, it was emphasized that they make purchasing decisions to a large extent by taking into account the product mix such as the region of origin and prices (Topcu and Çavdar, 2022; Bernabeu *et al.*, 2023; Chaffee and Ross, 2023; Noor *et al.*, 2023; Ong *et al.*, 2023; Onozaka *et al.*, 2023), brands and labels (McLean *et al.*, 2017; Schiano *et al.*, 2020; Baptista *et al.*, 2022; Racette and Drake, 2022; Bernabeu *et al.*, 2023), package weight and size (Best *et al.*, 2023; Campbell *et al.*, 2023; Chaffee and Ross, 2023) and retail outlets (Bytyqi *et al.*, 2023; Curutchet *et al.*, 2023; Seo and Kim, 2023), and thus their willingness to pay was also much higher for the food products providing higher extrinsic quality satisfaction.

Within the scope of the current research, extrinsic food attributes such as the region of origin and labeling, brand, price, retail selling points and packaging standard and sizes as well as protected geographical indication, which impact on their consumption preferences and purchase decisions towards Erzurum Stuffed-kadayif shaped under three different manufacturing processes could consider to be the main determinants of their WTPs. Measuring consumers' WTPs for the food profiles designed according to the extrinsic food attributes affecting consumers' Erzurum Stuffed-kadayif preference and purchasing decisions, therefore, could allow not only food differentiation and sustainability along the supply chain but also a positive consumption motivation on their WTPs to possible. In this context, the aim of the study is to determine the willingness to pay according to brand type and retail sales point simulations from food profiles based on intrinsic and extrinsic

food attributes for homogeneous consumer groups residing in Erzurum province and consuming Erzurum Stuffed-kadayif with protected geographical indication, and then to create consumer-oriented marketing strategies.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

The main material of the study consisted of primary data obtained from face-to-face questionnaires conducted with the households in Erzurum covering Yakutiye, Aziziye and Palandöken Central Districts, consuming Erzurum Stuffed-kadayif with Protected Geographical Indication (PGI). In addition to primary data, secondary data were obtained from the data of various statistical institutions and organizations (TSI, FAO, Erzurum Chamber of Commerce, Commodity Exchanges), as well as domestic and foreign scientific research project reports and article findings and results.

2.2. Methods

2.2.1. Method Used to Determine the Sample Size

In order to ensure the homogenous participation of the households consuming Erzurum Stuffed-kadayif in Erzurum, the city were divided into three central districts; Yakutiye (44.325 households), Aziziye (14.818 households) and Palandöken (38.674 households), and then the sample size in Equation 1 was calculated with the Simple Random Sampling Method (Malhotra, 1993; Churchill, 1995; Topcu, 2012)

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{c^2} = 385 \quad (1)$$

In Equation 1,

n: Sample size

Z: Standardized Z value (1.96 at 95% confidence interval)

p: Erzurum Stuffed-kadayif consumption probability (0.50)

c: Error term (± 0.05)

The survey numbers under the proportional techniques were calculated as 175 in Yakutiye, 58 in Aziziye and 152 in Palandöken, and totally 385 in Erzurum by taking into account the sample size and the number of households in each district.

2.2.2. Method Used for Preparation of Questionnaire Forms

Factors related to the intrinsic and extrinsic food attributes that determine consumers' purchase decision and attitudes consuming Erzurum Stuffed-kadayif at the research region and their socioeconomic and demographic characteristics were obtained by adapting the variables used in domestic and foreign research to the regions and related product.

Table 1. Factor and factor levels used in Conjoint Analysis for Erzurum Stuffed-kadayif

Factors		Factor Levels	
Manufacturing Technique	Homemade Type	Manufacture Type	-
Product Content	Walnut	Hazelnut	Pistachio
Brand Type	Local Brand	Manufacturer Brand	Generic Brand
Retail Selling Point	Restaurant	Patisserie	Manufacturer Shop
Package Weight and Size	Large Size	Medium Size	Small Size
Price*	Low Price (\$5.0 kg ⁻¹)	Medium Price (\$6.25 kg ⁻¹)	High Price (\$7.5 kg ⁻¹)

*Exchange rate is ₺ \$-120 on 29 May, 2023.

Table 2. Erzurum Stuffed-kadayif profiles derived by Orthogonal Design

# Card	Price	Product Content	Manufacturing	Brand Type	Size	Retailers
1	\$6.25	Pistachio	Manufacturer Type	Local Brand	Medium Size	Manufacturer
2	\$5.00	Hazelnut	Manufacturer Type	Local Brand	Medium Size	Patisserie
3	\$7.50	Walnut	Manufacturer Type	Local Brand	Small Size	Manufacturer
4	\$7.50	Walnut	Manufacturer Type	Local Brand	Large Size	Patisserie
5	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Generic Brand	Small Size	Patisserie
6	\$5.00	Pistachio	Manufacturer Type	Generic Brand	Small Size	Patisserie
7	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Manufacturer Brand	Medium Size	Manufacturer
8	\$6.25	Walnut	Manufacturer Type	Generic Brand	Medium Size	Restaurant
9	\$5.00	Pistachio	Manufacturer Type	Generic Brand	Large Size	Manufacturer
10	\$7.50	Hazelnut	Homemade Type	Generic Brand	Large Size	Manufacturer
11	\$6.25	Hazelnut	Manufacturer Type	Manufacturer Brand	Large Size	Patisserie
12	\$6.25	Pistachio	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Restaurant
13	\$7.50	Pistachio	Manufacturer Type	Manufacturer Brand	Small Size	Restaurant
14	\$7.50	Hazelnut	Manufacturer Type	Generic Brand	Medium Size	Restaurant
15	\$5.00	Walnut	Manufacturer Type	Manufacturer Brand	Large Size	Restaurant
16	\$7.50	Pistachio	Homemade Type	Manufacturer Brand	Medium Size	Patisserie
17 ^a	\$5.00	Hazelnut	Homemade Type	Local Brand	Small Size	Restaurant
18 ^a	\$6.25	Hazelnut	Manufacturer Type	Manufacturer Brand	Small Size	Manufacturer

^a Holdout

The intrinsic and extrinsic food attributes including in 6 factors and their 17 levels impacting on consumers' Erzurum Stuffed-kadayif purchase patterns were given in Table 1, and then 18 food profiles designed by Orthogonal Design under choice-based Conjoint Analysis model were presented in Table 2. The profiles were transferred to the questionnaire forms, and then the 18 profiles identified with the card numbers were asked to be evaluated by each consumer on the ordinal scale (the profiles providing the highest and lowest satisfaction were ranked from 1st preference to 18th one, respectively).

2.2.3. Method Used in Statistical Analyses of Data

2.2.3.1. Conjoint Analysis

Conjoint Analysis (CA) is one of the market research tools used to measure WTPs and market shares under various simulations of effective product profiles developed by being applied the statistical techniques allowing consumers to choose the product profiles designed by the market researchers (Green and Krieger, 1991; SPSS Conjoint 20.0, 2020). The data needed to conduct the CA obtains from the alternative product profiles evaluated by consumers. There was needed to four stages to run the CA model firstly determining each factor and their levels, secondly accepting fractional factorial design and then prefer scale types, and finally specifying the expected relationship between the factors and the ranking (Topcu, 2019).

The first and second steps in the CA are to determine the suitable product attributes and their levels. It was considered the six factors and their 17 levels related to Erzurum Stuffed-kadayif in the current research (Table 1). Based on Erzurum Stuffed-kadayif attribute levels, 486 product profiles under the potential hypothetical scenarios were calculated by multiplying the numbers of each factor level so that consumers could rank their ordinal preferences with full-profile approach, and since this situation will lead to an unmanageable number of potential product profile, it is needed to generate a representative orthogonal array. To solve this problem, therefore, the Generate Orthogonal Design procedure under the full-profile approach is used to generate an orthogonal array, and the procedure creates a fractional factorial design presenting a suitable fraction of all possible combination of the attribute levels (Topcu, 2019a). In the study, the 486 possible Erzurum Stuffed-kadayif profiles were diminished to the 18 profiles as a suitable fraction (Table 2).

In the third step, the respondents were rationally asked to assign a rank to each product profile ranging from 1 (most preferred) to 18 (least preferred) in the questionnaire interview conducted on the participant preferences for the 18 Erzurum Stuffed-kadayif profiles. Finally, the RIs of the factors and the part-worths of each factor level, resulted from the conjoint procedure are calculated through

the factors subcommands allowing it to specify the model describing the expected relationships between the factors and the rankings (SPSS Conjoint 20.0, 2020). The most commonly used model for these goals is linear additive approach identified by the sum of the part-worths of the factor levels. In the current study, the additive conjoint model was used and also given in Equation 2.

$$TU_{ij} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} D_{1i} + \sum_{j=1}^m \beta_{2j} D_{2j} \dots \dots \dots + \sum_{k=1}^y \beta_{xk} D_{xk} \quad (2)$$

In Equation 2,

TU_{ij} refers to i ($i = 1, \dots, n$) and j ($j = 1, \dots, m$) total utilities for each product profile,

$\beta_{1i}, \beta_{2j}, \beta_{xk}$ indicate the part-worth related to the factor levels i ($i = 1, \dots, n$); j ($j = 1, \dots, m$), k ($k = 1, \dots, y$)

of the factor 1, 2 and x ,

D_{1i}, D_{2j} , and D_{xk} identify dummy variables taking a value of 1 if a ranking level for the factor levels is in the

profiles, and a value of 0 in the others,

β_0 symbolizes a constant representing the average preference level for each product profile.

In additive conjoint models, the model specifications for each factor could be specified by four models including in discrete, linear, ideal and anti-ideal models (SPSS Conjoint 20.0, 2020). In the study, the discrete model indicating the factors levels being categorical and making no assumption about the relations between the factors and the ranks was used for manufacturing and brand types, product contents, package size, retail selling points. Linear model identifying with an expected less direction of linear relationship between the factor and the ranks was also applied for the product price in compliance with Demand Law.

2.2.3.2. Willingness to Pay (WTP)

The real power of CA come from the ability to predict the preferences for the product profiles that were not rated by the participants, by referring to the simulation cases functioned as a part of the plan along with the profiles from the orthogonal designs. Simulation results, therefore, give the predicted probabilities of choosing each of the simulation cases with the most preferred one under different probability-of-choice models. The maximum utility model determines the probability as the number of consumers predicted to choose the profile divided by the total number of them. For each participant, the predicted choice or the probability is only the profile with the largest total utility. In summary, the probability as the rate of a profile's utility to that for all simulation profiles, averaged across all respondents is determined by the BTL (Bradley-Terry-Luce) model, and then

the logit model being similar to the BTL model is used to explain the probability, considering the natural logarithm of the utilities instead of the utilities (Green and Krieger, 1991; Murphy *et al.*, 2004; SPSS Conjoint 20.0, 2020).

Table 3. WTP simulation profiles according to the brand types of Erzurum Stuffed-kadayif

# Card	Price	Product Content	Manufacturing	Brand Type	Size	Retailers
19 ^a	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Manufacturer Brand	Large Size	Manufacturer
20 ^a	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Manufacturer Brand	Large Size	Manufacturer
21 ^a	\$7.50	Walnut	Homemade Type	Manufacturer Brand	Large Size	Manufacturer
22 ^a	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Manufacturer
23 ^a	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Manufacturer
24 ^a	\$7.50	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Manufacturer
25 ^a	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Generic Brand	Large Size	Manufacturer
26 ^a	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Generic Brand	Large Size	Manufacturer
27 ^a	\$7.50	Walnut	Homemade Type	Generic Brand	Large Size	Manufacturer

^a Simulation cases

Out of the 17 Erzurum Stuffed-kadayif attributes in the study, two different nine simulation profiles for both three brand types in Table 3 and three retail selling points in Table 4 were designed to measure the participants' WTPs at three different price levels covering \$7.50 and \$6.25 with 50% and 25%-increased from \$5.0 baseline reference level.

Table 4. WTP simulation profiles according to retail selling points of Erzurum Stuffed-kadayif

# Card	Price	Product Content	Manufacturing	Brand Type	Size	Retailers
19 ^b	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Restaurant
20 ^b	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Restaurant
21 ^b	\$7.50	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Restaurant
22 ^b	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Patisserie
23 ^b	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Patisserie
24 ^b	\$7.50	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Patisserie
25 ^b	\$5.00	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Manufacturer
26 ^b	\$6.25	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Manufacturer
27 ^b	\$7.50	Walnut	Homemade Type	Local Brand	Large Size	Manufacturer

^b Simulation cases

2.2.3.3. Cluster Analysis

In order to construct the different homogenous clusters of consumers consuming Erzurum Stuffed-kadayif, k-means cluster analysis was used, and then they were segmented to three groups to be heavy (3-4 times consumption at week), medium (1-2 times consumption at week) and light (3-4 times on month) users with 117, 156 and 112 households, respectively.

2.2.3.4 . Comparison Statistics

It was used Pearson Chi-square (χ^2) statistics to test the comparisons between Erzurum stuffed-kadayif consumption frequencies and demographic factors (sex, education and occupation), and One-way ANOVA (F statistics) to compare the relations between their consumption frequencies and the socioeconomic factors (age and family size groups, income and expenditure groups).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Consumers' Demographic and Socioeconomic Profiles

Participants' gender, age and life cycle, education and occupation status, monthly income and expenditure groups at each cluster were presented in Table 5. The results of the study indicated that 59% of the target consumer mass consisted of men, and the consumers with college graduate and white collars concentrated generally at each consumption segment of Erzurum Stuffed-kadayif. On the other hand, the results also highlighted that the average age of overall consumers was 43.38 years, and the family size consisted of 4.22 individuals, and the middle age group and large families showed intensity at each consumption segment. Similarly, the average income and expenditure levels for all consumption groups were \$1406.30 and \$875.69, and these economic indicators also were of the highest shares at each consumer segment.

Table 5. Consumers' various demographic and socioeconomic attributes

Consumers' attributes		Consumption segments of Erzurum Stuffed-kadayif						Overall consumers	
		Light users		Medium users		Heavy users			
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%		
Gender	Male	77	66	85	55	65	58	227	59
	Female	40	44	71	45	47	42	158	41
<i>(Pearson Chi – kare) = $\chi^2_{(2603,2)} = 24.746$ $p=0.001$</i>									
Education	Literate	4	4	9	6	3	3	16	4
	First school	20	17	39	25	31	28	90	23
	High school	45	39	39	25	35	31	119	30
	College	48	41	69	44	43	38	160	42
<i>(Pearson Chi – kare) = $\chi^2_{(2606,4)} = 77.378$ $p=0.001$</i>									
Occupation	Businessman	11	9	27	17	13	12	51	13
	White-collar	50	43	49	31	42	38	141	37
	Blue-collar	18	15	12	8	17	15	47	12
	Retailers	27	23	40	36	26	24	93	24
	Pensioners	9	8	15	10	12	11	36	9
	Farmers	1	1	7	5	1	1	9	2
	Housewife	1	1	6	4	1	1	8	2
	Total	117	100	156	100	112	100	385	100
		$\bar{x}$	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>n</i>
Age group	+ < 30 years (young)	30.76	37	30.43	30	30.56	16	30.60	83
	30-50 years (mature)	42.23	69	43.33	84	42.59	64	42.76	217
	+ > 50 years (more mat.)	56.64	11	58.05	42	56.94	32	57.45	85
	Group means	39.96	117	44.81	156	44.97	112	43.38	385
<i>$F_{(382,2)} = 10.559$ $p=0.001$</i>									
Income*	+ < \$400 (low-income)	321.43	14	360.00	24	365.00	12	350.40	50
	\$400-1000 (middle-income)	416.04	91	751.56	109	750.91	88	740.14	288
	+ > \$1000 (high-income)	1398.33	12	1421.74	23	1384.67	12	1406.30	47
	Group means	738.80	117	790.13	156	777.46	112	770.85	385
<i>$F_{(382,2)} = 0.903$ $p=0.406$</i>									
Expenditure	+<\$400 (low-expenditure)	320.00	21	318.60	43	310.00	19	316.99	83
	\$400-700 (middle-expend)	591.94	62	582.90	69	596.56	61	590.16	192
	+>\$700 (high-expenditure)	848.82	34	885.36	44	890.94	32	875.69	110
	Group means	617.78	117	595.36	156	632.05	112	612.85	385
<i>$F_{(382,2)} = 0.903$ $p=0.404$</i>									
Family size	+ < 4 person (core family)	2.55	56	2.63	40	2.68	25	2.60	121
	4-6 person (small family)	4.18	57	4.64	108	4.67	75	4.54	240
	+ > 6 person (large family)	11.00	4	8.50	8	9.17	12	9.25	24
	Group means	3.63	117	4.32	156	4.71	112	4.22	385
<i>$F_{(382,2)} = 10.084$ $p=0.001$</i>									

$\bar{x}$: arithmetic means *n*: sample size %: relative rate *exchange rate is ₺ \$-15.75 on September 15, 2019

3.2. The Results of the CA

The RI of Erzurum Stuffed-kadayif attributes and the part-worths of their levels which impact on consumers' consumption preferences and purchase decisions along with goodness-of-fit test statistics were given in Table 6. Pearson's R and Kendall's tau values measuring the correlations between observed and expected

values under the full-profile approach, revealed a strong relationship for both overall consumers and each consumer segment

(Pearson's $R = 0.960 - 0.986$; $p < 0.001$) and (Kendall's $\tau = 0.843 - 0.961$; $p < 0.001$).

The results of the research emphasized that while the manufacturing type, product content and size reflecting the intrinsic food attributes of Erzurum Stuffed-kadayif were of the RI with 34%, 19% and 14% on overall consumers' purchase decisions, the RIs for its brand type, price and retail selling points representing the extrinsic product attributes on their purchase patterns calculated as 12%, 11% and 10%, respectively. On the other hand, the RI of price for light users, that of brand type and retailers for medium users and that of package weight-size for heavy users were found the highest rates on Erzurum Stuffed-kadayif consumption satisfaction.

In previous studies conducted on the satisfaction, utility and pleasure feelings provided by extrinsic and intrinsic food attributes playing a major role on consumers' preferences and purchase patterns, it was reported that production and processing techniques of food products (Bernabeu *et al.*, 2023; Bytyqi *et al.*, 2023; Curutchet *et al.*, 2023), product content and components (Baptista *et al.*, 2022; Best *et al.*, 2023; Chaffee and Ross, 2023;) and package weight-size (Best *et al.*, 2023; Campbell *et al.*, 2023) factors were of higher RI on their purchase decision, and thus also were of a strong correlation between them and willingness to pay a premium. In addition, Realini *et al.* (2013) and Grunert *et al.* (2015) reported that consumers on red meat consumption preference in European Union countries had moderate and high RIs varying from 45% to 88% for the region of origin, from 18% to 62% for manufacturing type, from 25% to 75% for product content.

On the other hand, in choice-based CA researches conducted by Bernabeu *et al.* (2023), Campbell *et al.* (2023), Chaffee and Ross (2023), Curutchet *et al.* (2023), Noor *et al.* (2023), Ong *et al.* (2023) and Seo and Kim (2023), it was highlighted that the RIs of the extrinsic food qualities, especially price, brand, promotion, packaging and retailers were major determinant factors on the decision to purchase from online and food retailers, but the sensory quality attributes focused on core benefits of the product, especially under the effects of climate change experienced in the last years, addressed among more effective decision factors.

Table 6. Relative importance of Erzurum Stuffed-kadayif preference factors and their part-worth based on the CA

Product attributes and their levels		Consumption segments of Erzurum Stuffed-kadayif						Overall consumers	
		Light users		Medium users		Heavy users			
		Utility	S.E	Utility	S.E	Utility	S.E	Utility	S.E
Product content	Walnut	1.487	0.507	1.332	0.286	1.750	0.249	1.501	0.338
	Pistachio	-0.077	0.500	-0.382	0.284	-0.705	0.248	-0.384	0.330
	Hazelnut	-1.409	0.501	-0.950	0.280	-1.045	0.200	-1.117	0.328
	<i>RI</i>	%17.55		%18.56		%21.47		%19.10	
Manufacturing types	Manufacturer type	-2.467	0.380	-2.220	0.214	-2.298	0.186	-2.317	0.253
	Homemade type	2.467	0.381	2.220	0.210	2.298	0.180	2.317	0.235
	<i>RI</i>	%29.89		%36.11		%35.31		%33.98	
Brand types	Manufac. brand	0.105	0.507	0.048	0.286	0.030	0.249	0.060	0.338
	Local brand	0.753	0.500	0.858	0.283	0.690	0.247	0.777	0.330
	Generic brand	-0.858	0.501	-0.906	0.280	-0.720	0.220	-0.837	0.328
	<i>RI</i>	%9.76		%14.35		%10.84		%11.93	
Package weight-size	Large size	1.358	0.507	0.710	0.286	0.991	0.249	0.989	0.338
	Medium size	-0.238	0.500	0.114	0.281	0.140	0.275	0.015	0.330
	Small size	-1.120	0.490	-0.825	0.278	-1.131	0.250	-1.004	0.328
	<i>RI</i>	%15.02		%12.49		%16.30		%14.37	
Retail selling points	Restaurant	-0.644	0.507	-0.800	0.286	-0.573	0.249	-0.687	0.338
	Patisserie	0.148	0.500	-0.029	0.275	-0.006	0.230	0.031	0.318
	Manufac. store	0.497	0.501	0.829	0.280	0.579	0.245	0.655	0.348
	<i>RI</i>	%6.91		%13.25		%8.85		%10.05	
Product price (\$ kg ⁻¹)	\$5.00	1.722	0.439	-0.323	0.247	0.471	0.215	0.530	0.292
	\$6.25	3.444	0.878	-0.645	0.495	0.942	0.431	1.059	0.585
	\$7.50	5.167	1.318	-0.968	0.742	1.413	0.646	1.589	0.877
	<i>RI</i>	%20.87		%5.25		%7.24		%10.57	
Constant coefficient		6.873	0.957	10.884	0.539	9.327	0.469	9.212	0.637
<i>The relationships between observed and expected values</i>									
Statistical measures		Value	p	Value	p	Value	p	Value	p
Pearson's R		0.960***	0.001	0.979***	0.001	0.986***	0.001	0.975***	0.001
Kendall's tau		0.843***	0.001	0.895***	0.001	0.961***	0.001	0.908***	0.001

*** $p < 0.001$

S.E: Standard error

Utility: Part-worth

*Bold and bold italic values refer to maximum utility for the factor levels and to maximum RI scores.

In addition to the RIs of experiential satisfaction on consumers' purchase decisions; it is of great importance to calculate the part-worth determining the total benefit. For this purpose, when considered the factor levels affecting the target consumer masses' purchase decision towards Erzurum Stuffed-kadayif, homemade type, high price level, walnuts use as product content, product with large size, local brand type and manufacturer selling points provided the highest part-worth. The light users provided maximum total utility from the part-worth of homemade Erzurum Stuffed-kadayif with higher price prepared by walnut, whereas the medium and heavy users also reached to maximum total utilities from only homemade product with walnut. Under the maximum part-worth at all consumption clusters (except for medium users), therefore, the consumers approved the WTPs to accept

a differentiated variation of homemade Erzurum Stuffed-kadayif manufactured with walnuts at the higher prices on their purchase decision motivations.

In the various studies, it was also highlighted that the part-worths of the manufacturing types, product contents, brand types, prices, product size standards and retail outlets maximizing consumers' total utilities for the food products were the major indicator clues, and the interactive relationships among these factors on their consumption satisfaction were of a bigger impact on their WTPs for the foods. (Topcu, 2019; Yeh and Hirsch, 2022; Cardona *et al.*, 2023; Edenbrandt and Nordström, 2023; Gonzalez *et al.*, 2023; Gorton *et al.*, 2023; Lin *et al.*, 2023; Milko-vic *et al.*, 2023; Petrontino *et al.*, 2023; Zanchini *et al.*, 2023). In more detail, it was pointed out that consumers were of a higher willingness to pay for local-branded foods guaranteed by the intrinsic product attributes based on homemade manufacturing and natural or organic production techniques under the region and origin creating a positive impact on their food purchase models maximizing the total utilities, and that they were making a great attempt to reach to the retailers of these foods. It was also emphasized that food prices impacting on consumers' food purchase decisions could directly affect their willingness to pay and part-worths, which enable the maximization of their total utilities.

3.3.3. The Results of the WTP for the Brands

Consumers' WTP for product profiles simulated according to the brand types (local, generic and manufacturer brands) being of an impact on their purchase decisions towards Erzurum Stuffed-kadayif was given in Table 7. The results of the WTP indicated that 24-numbered profile of Erzurum Stuffed-kadayif, home-made large-sized product with walnut sold at manufacturer outlets under local brand with the highest price (\$7.5 kg⁻¹) and the baseline price (\$5 kg⁻¹) provided the utility maximization with 17.04 TU and 15.98 TU to 30.2% and 13.3% of overall consumers. Similarly, the WTP of the light and heavy users along with overall consumers for the local brand at the highest price level (\$7.5 kg⁻¹) calculated by 50% premiums to the threshold price (\$5 kg⁻¹) found as 48%, 28.2% and 30.2% at the product profiles maximizing TU, respectively. Differentiated from the other consumer groups, however, the WTP of the medium users for the local brand at the baseline price level (\$5 kg⁻¹) determined to be 27.5% at the maximum TU level. In the food profiles maximizing TU of consumers for the local brands, therefore, while there was a negative correlation among the medium users' WTP tends and its price, it was seen a positive relation for other consumer groups. On the other hand, it was not reached to Erzurum Stuffed-kadayif profiles maximizing TU of overall and each consumer segments for the manufacturer and generic brands, and thus the consumers' WTPs were not assessed for these brands.

Table 7. Consumers' WTP according to brand types of Erzurum Stuffed-kadayif profile

Brand types	Price	# card	Consumption segments of Erzurum Stuffed-kadayif						Overall consumers	
			Light users		Medium users		Heavy users			
			TU	Logit (%)	TU	Logit (%)	TU	Logit (%)	TU	Logit (%)
Manufacturer brand	\$5.00	19	14.508	0.8	15.701	12.2	15.446	5.7	15.264	6.2
	\$6.25	20	16.230	4.5	15.378	8.9	15.917	9.1	15.794	7.5
	\$7.50	21	17.953	25.1	15.056	6.4	16.388	14.6	16.323	15.4
Local brand	\$5.00	22	15.156	1.5	16.511'	27.5	16.106	11.0	15.981"	13.3
	\$6.25	23	16.878	8.6	16.188	19.9	16.577	17.6	16.511	15.4
	\$7.50	24	18.601'	48.0	15.865	14.5	17.048'	28.2	17.041'	30.2
Generic brand	\$5.00	25	13.545	0.3	14.747	4.7	14.696	2.7	14.367	2.6
	\$6.25	26	15.267	1.7	14.424	3.4	15.167	4.3	14.896	3.1
	\$7.50	27	16.990	9.6	14.101	2.5	15.638	6.9	15.426	6.3
	%100 TU		%100 TU		%100 TU		%66.7 and %33.3 TU			

Out of previous studies conducted on WTPs considering choice-based CA approach, Nguyen and Truong (2021) and Zanchini *et al.* (2023) reported that the organic and local-oriented food consumption was an important motivation tool due to human health and environmental concerns, and thus consumers for these foods accepted higher premium prices. Topcu (2019) brought out that consumers' WTPs with a higher premium for drinking milk with Marmara Region of origin maximizing their total utilities was 26% against to that with other region of origins. Lin *et al.* (2023) emphasized that Chinese college students' milk tea preferences were largely impacted from tea brands and its production origin, and their WTPs with a higher premium for famous tea manufacturer brands varied from 5% to 95%.

Similarly, Noor *et al.* (2023) highlighted that quality-oriented and safety-conscious consumers preferred the organic certified vegetable labels, and their WTPs for these vegetables costed higher premium prices on Indonesian consumers' product preferences certified. According to Godden *et al.* (2023), Kleih *et al.* (2023) and Nawi *et al.* (2023) there was a strong positive correlation among the familiar brands, front-of-pack labels, traceability and their prices on consumers' buying intentions, and thus it was pointed that these factors increased considerably their WTP, but decreased the negative impacts of a higher price compared with other attributes. This research focused on the brands of Erzurum Stuffed-kadayif, indeed, highlighted that consumers' willingness to pay the highest premium for recognized and credible local brands varied from 15% to 48%, and thus the results also approved by the results of previous studies.

3.3.4. The Results of the WTP for the Retailers

Consumers' WTPs for product profiles simulated according to the retailer outlets (manufacturer store, patisserie, restaurant) affecting their purchase decisions towards Erzurum Stuffed-kadayif was indicated in Table 8. The results of the study showed that 27-numbered profile of Erzurum Stuffed-kadayif, homemade large-sized product with walnut sold at manufacturer outlets under local brand with the highest price (\$7.5 kg⁻¹) and the baseline price (\$5 kg⁻¹) provided the utility maximization with 17.04 TU and 15.98 TU to 27.2% and 13.0% of overall consumers. Similarly, the WTPs of the light and heavy users as well as overall consumers for the manufacturer stores at the highest price level (\$7.5 kg⁻¹) calculated by 50% premiums to the threshold price (\$5 kg⁻¹) found as 40.8%, 26.5% and 27.2% at the product profiles maximizing TU, respectively.

Table 8. Consumers' WTP according to retail selling points of Erzurum Stuffed-kadayif profile

Retailers	Price	# Card	Consumption segments of Erzurum Stuffed-kadayif						Overall consumers	
			Light users		Medium users		Heavy users		TU	Logit (%)
			TU	Logit (%)	TU	Logit (%)	TU	Logit (%)		
Restaurant	\$5.00	19	14.015	0.4	14.881	5.4	14.955	3.3	14.639	3.0
	\$6.25	20	15.737	2.3	14.559	3.9	15.426	5.2	15.169	3.8
	\$7.50	21	17.460	13.0	14.236	2.8	15.897	8.4	15.699	8.1
Patisserie	\$5.00	22	14.807	0.9	15.653	11.6	15.522	5.8	15.358	6.1
	\$6.25	23	16.529	5.1	15.330	8.4	15.993	9.2	15.887	7.6
	\$7.50	24	18.252	28.8	15.007	6.1	16.464	14.8	16.417	16.5
Manufacturer	\$5.00	25	15.156	1.3	16.511 [*]	27.4	16.106	10.3	15.981 ^{***}	13.0
	\$6.25	26	16.878	7.3	16.188	19.9	16.577	16.5	16.511	14.6
	\$7.50	27	18.601 [*]	40.8	15.865	14.5	17.048 [*]	26.5	17.041 [*]	27.2
			%100 TU		%100 TU		%100 TU		%66.7 and %33.3 TU	

Differentiated from the other consumer segments, however, the WTPs of the medium users for the manufacturer outlets at the baseline price level (\$5 kg⁻¹) determined to be 27.4% at the maximum TU level. In the food profiles maximizing TU of consumers for the manufacturer selling points, therefore, while there was a negative correlation among the medium users' WTP tends and its price, it was seen a positive relation for other consumer groups. Unlike the manufacturer outlets, it was not reached to Erzurum Stuffed-kadayif profiles maximizing TU of overall and each consumer segments for the patisserie and restaurant, and thus the consumers' WTPs were not assessed in view of these retail selling points.

Food retailer outlets along food supply distribution channels have generally performed a vital function on consumers' purchase decision and satisfactions in the last decades (Lin and Januardi, 2022). Especially, it was also stated that retailers

offering a hygienic indoor environment and shopping comfort and convenience, and positioning the food products with high quality and differentiated varieties and freshness under the wide and deep shelf placement were largely preferred with consumers' WTPs with higher premium prices (Best *et al.*, 2023; Cambell *et al.*, 2023; Hsu *et al.*, 2023; Nawi *et al.*, 2023; Pascoe *et al.*, 2023; Perrea *et al.*, 2023).

It was reported by Topcu (2019), Alsubhi *et al.* (2022) and Pascoe *et al.* (2023) moreover, that consumers' WTP ranged from 3.7% to 91.5% higher prices for the food retailers selling and serving at the manufacturer stores manufacturing local foods under own famous private brands. Similar to the previous researches, it was also analyzed in this study that consumers' willingness to pay for Erzurum Stuffed-kadayif with local private labels selling at manufacturer stores calculated at range from 14% to %41 premium prices.

4. CONCLUSIONS

According to the RIs and the part-worths of Erzurum Stuffed-kadayif profiles estimated by choice-based CA model under ordinal utility approach, it was calculated the consumers' WTPs and total utilities for each consumer segment by being taken into consideration the brand types and retailers of the product. The results of the study indicated that when considered Erzurum Stuffed-kadayif profile simulations maximizing the total utility on overall consumers' purchase satisfaction, their WTPs with the highest premium and baseline prices for the retailer brands with local private-labeled and the manufacturer stores was 30.2% and 13.3%, and 27.2% and 13.0%, respectively.

Having presented similar consumption attitude to overall consumers, the light and heavy users' WTP the highest premium price for local brands and manufacturer outlets calculated as 48.0% and 28.2%, and 40.8% and 26.5% respectively, but the medium users' WTPs with high premium for every two product attribute found as 14.5%, and that baseline price for the each attribute observed as 27.5% and 27.4%. The light and heavy users with the local retailer brand and manufacturer store-oriented, indeed, satisfied from their WTPs with higher premium prices under lower demand elasticity, whereas the medium users with product price-originated acted with the product price-conscious rather than the brand and retailer perceptions under higher price demand elasticity.

Based on such consumer-oriented attitude and behaviors, the market actors along food supply chain should position Erzurum Stuffed-kadayif with local retailer brands under private-labelled sold from high premium prices at the manufacturer stores for the light and heavy users. Unlike the light and heavy users, it should be implemented the marketing strategies focused on Erzurum Stuffed-kadayif differentiated according to the intrinsic (production and manufacturing types, pro-

duct content) and extrinsic (brand type, retailer, package size, price) food attributes, considering the lower premium prices at the patisserie and restaurants for the medium users. With these marketing strategies, not only the market actors at food supply chain could penetrate further into each consumer segment through product differentiations, and then proved higher total revenue, but consumers could also provide higher consumption satisfactions by maximizing their total utilities.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study was conducted by providing Ataturk University Ethics Committee Approval with 2021/14 decision number.

Author Contribution Rates

Design of Study: YT(%80), TG(%20)

Data Acquisition: YT(%10), TG(%90)

Data Analysis: YT(%90), TG(%10)

Writing Up: YT(%95), TG(%5)

Submission and Revision: YT(%98), TG(%2)

REFERENCES

- Arafat, S.M.Y., Kar, S.K., Kabir, R., 2021. Possible controlling measures of panic buying during COVID-19. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 19: 2289-2291.
- Alsubhi, M., Blake, M., Nguyen, T., Majmudar, I., Moodie, M., Ananthapavan, J., 2022. Consumer willingness to pay for healthier food products: A systematic review. *Obesity Reviews*, 24: e13525.
- Baptista, I., Spence, C., Shimizu, R., Ferreira, E., 2022. Color is to flavor as shape is to texture: A choice-based conjoint study of visual cues on chocolate packaging. *Journal of Sensory Studies*, 38: e12793.
- Bernabeu, R., Brugarolas, M., Martínez-Carrasco, L., Nieto-Villegas, R., Rabadán, A., 2023. The price of organic foods as a limiting factor of the European green deal: the case of tomatoes in Spain. *Sustainability*, 15: 3238.
- Best, A.R., Racette, C.M., Drake, M.A., 2023. Consumer perception of restaurant and ready-to-eat cheese dips. *Journal of Food Science*, 88: 1672-1683.
- Bouranta, N., Psomas, E., Casolani, N., Carmen, J., Liberatore, L., 2022. Consumers' food safety perceptions in Three Mediterranean Countries. *New Medit*, 21(4): 71-84. doi:10.30682/nm2204f.
- Bytyqi, N., Bai, A., Peter, B., Mehaj, E., Sertolli, A., 2023. Analysis of consumers' preferences for local cheese in Kosovo applying Conjoint Choice Analysis. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, UDC 658.89:637.3(497.115): 203-210.
- Campbell, D., Totuka, M., Upadhyay, C.K., 2023. Attributes influencing consumer perception towards online food ordering in Rajasthan, India. *AEBMR*, 242: 42-51.
- Cardona, M., Hernandez, M., Fuentes, A., Barat, J.M., Segovia, I., 2023. Assessment of the attributes that most affect the choice of minced meat and hamburgers. *Meat Science*, 198: 109089.

- Carvalho, F.M., Spence, C., 2023. Methods for Studying Multisensory Perception in Consumer Research. In: Gómez-Corona, C., Rodrigues, H. (Eds) *Consumer Research Methods in Food Science. Methods and Protocols in Food Science*. Humana, New York, NY.
- Chaffee, O., Ross, C.F., 2023. Older adults' acceptance of ready-to-eat meals in relation to food choice and sensory ability. *Journal of Food Science*, 5: 1-18.
- Churchill, G.A., 1995. *Marketing research: methodological foundations*. The Dryden Press Series in Marketing, 1(6): 251-252.
- Curutchet, A., Tarrega, A., Arcia, P., 2023. Changes in consumers interest on cheeses with health benefits and different manufacture types over the last decade. *CyTA-Journal of Food*, 21(1): 72-81.
- Edenbrandt, A.K., Nordström, J., 2023. The future of carbon labeling – Factors to consider. *Agric. Res. Econ. Rev.* 52: 151-167.
- Fakhreddin, L.B., Sanchez, M., 2023. The interplay between health claims and sensory attributes in determining consumers' purchase intentions for extra virgin olive oil. *Food Quality and Preference*, 106: 1048119.
- Godde, C.M., Croz, D.M., Mayberry, D.E., Thornton, P.K., Herrero, M., 2021. Impacts of climate change on the livestock food supply chain; A review of the evidence. *Global Food Security*, 28: 100488.
- Godden, E., Thornton, L., Avramova, Y., Dens, N., 2023. High hopes for front-of-pack (FOP) nutrition labels? A conjoint analysis on the trade-offs between a FOP label, nutrition claims, brand and price for different consumer segments. *Appetite*, 180: 106356. doi:10.1016/j.appet.2022.106356
- Gonzalez, P.A., Parada, A.D., Miguens, M.J., 2023. What do consumers care about when purchasing experiential packaging? *British Food Journal*, 0007: 070X doi:10.1108/BFJ-07-2022-0579.
- Gorton, M., Yeh, C., Chatzopoulou, E., White, J., Tocco, B., Hubbard, C., Hallam, F., 2023. Consumers' willingness to pay for an animal welfare food label. *Ecological Economics*, 209: 107852.
- Green, P.E., Krieger, A.M., 1991. Segmenting markets with conjoint analysis. *Journal of Marketing*, 55(4): 20-31.
- Grunert, K.G., Achmann, K., 2016. Consumer reactions to the use of EU quality labels on food products: A review of the literature. *Food Control*, 59: 178-187.
- Hsu, J.L., Sung, C.C., Tseng, J., 2023. Willingness-to-pay for ready-to-eat clean label food products at convenient stores. *Future Foods*, 7(23): 100237. doi:10.1016/j.fufo.2023.100237.
- Kleih, A., Lahberge, M., Sparke, K., 2023. Preference for branded fresh produce and consumers' need for uniqueness: A mixed-methods investigation of consumer choice and thought process. *Appetite*, 180: 106232.
- Lin, X., Yang, J., Chen, Q., 2023. College students' preferences for milk tea: Results from a choice experiment. *Foods*, 12: 1491. doi:10.3390/foods12071491
- Malhotra, N.K., 1993. *Marketing Management Bases for International Market Segmentation: An Alternate Look at the Standardization Debate*. Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.
- McLean, K.G., Hanson, D. J., Jervis, S.M. and Drake, M.A. (2017). Consumer perception of retail pork bacon attributes using adaptive choice-based conjoint analysis and maximum differential scaling. *Journal of Food Science*, 82(11): 2659-2668.
- Milkovic, S.J., Loncaric, R., Kralik, J., Crncan, A., Kusec, I.D., Canavari, M., 2023. Consumers' preference for the consumption of the fresh black Slavonian pig's meat. *Foods*, 12: 1255.
- Murphy, M., Cowan, C., Mehaan, H., 2004. A Conjoint analysis of Irish consumer preferences for farmhouse cheese. *The National Food Centre*, 106(4): 288-300.
- Nawi, N.M., Basri, H.N., Kamarulzaman, N.H., Shamsudin, M.N., 2023. Consumers' preferences and willingness-to-pay for traceability systems in purchasing meat and meat products. *Food Research*, 7(1): 1-10.
- Nguyen, D.T., Truong, D.C., 2021. The impact of psychological and environmental factors on consumers' purchase intention toward organic food: Evidence from Vietnam. *J. Asian Finance Econ. Bus.*, 8(1): 915-925.
- Noor, A.Y.M., Toiba, H., Stiawan, A.W.M. and Nutjannah, N. (2023). Indonesian consumers' preferences and willingness to pay for certified vegetables: A Choice-Based Conjoint Approach. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*. doi: 10.1080/08974438.2023.2187916
- Ong, A.K.S., Prasetyo, Y.T., Esteller, A.J.D., Bruno, J.E., Lagorza, K.C.O., Oli, L.E.T., Chuenyindee, K.T., Persade, S.F., Nadlifatin, R., 2023. Consumer preference analysis on the attributes of Samgyeopsal Korean cuisine and its market segmentation: Integrating conjoint analysis and K-means clustering. *PLoS ONE*, 18(2): e0281948. doi:10.1371/journal.pone.0281948
- Onozaka, Y., Honkanen, P., Altintzoglou, T., 2023. Sustainability, perceived quality and country of origin of farmed salmon: Impact on consumer choices in the USA, France and Japan. *Food Policy*, 117: 102452.
- Pascoe, S., Paredes, S., Coglán, L., 2023. Do local markets offer new opportunities to Australian seafood producers? *Fisheries Research*, 263: 106691.
- Perrea, T., Chrysoschou, P., Krystallis, A., 2023. Customer value toward innovative food products: Empirical evidence from two international markets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 84: 103293.
- Petronitino, A., Frem, M., Fucilli, V., Labbete, A., Tria, E., Bozzo, F., 2023. The influence of nutritional ingredients and labelling claims in Italian consumers' choice and WTP. *Nutrients*, 15: 1799. doi:10.3390/nu15071799

- PTB, 2022. Wheat price indexes from Polatlı Commodity Exchange. Available from URL: <https://www.polatliborsa.org.tr/fiyat-endeksleri/bugday/bugday-fiyat-endeksi> (Access date: 15 May 2023).
- PTB, (2022a). Flour prices index from Polatlı Commodity Exchange. Available from URL: <https://www.polatliborsa.org.tr/fiyat-endeksleri/un/un-fiyat-endeksi> (Access date: 15 May 2023).
- Racette, C.M., Drake, M.A., 2022. Consumer perception of natural hot-pepper cheeses. *Journal of Dairy Science*, 105(3): 2166–2179.
- Realini, C.E., Fonti Furnols, M., Sanudo, C., Montossi, F., Oliver, M.A., Guerrero, L., 2013. Spanish, French and British consumers' acceptability of Uruguayan beef, and consumers' beef choice associated with country of origin, finishing diet and meat price. *Meat Science*, 95: 14–21.
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., Woznicki, S.A., 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16: 145–163.
- Schiano, A.N., Harwood, W.S., Gerard, P.D., Drake, M.A., 2020. Consumer perception of the sustainability of dairy products and plant-based dairy alternatives. *Journal of Dairy Science*, 103(12): 11228–11243.
- Seo, S., Kim, M.K., 2023. Consumers' neophobic and variety-seeking tendency in food choices according to their fashion involvement status: An exploratory study of Korean consumers. *Foods*, 12: 1278.
- SPSS Conjoint 20.0, 2020. SPSS Conjoint User's Guide, London: Chicago: IL.
- TEPGE, 2022. Current situation and forecast of Wheat. TEPGE Yayın No: 362, ISBN: 978-625-8451-57-3. Available from URL: <http://arastirma.tarimorman.gov.te/tepge> (Access date: 25 May 2023).
- Topcu, Y., 2012. The integrated marketing approach as a rural development tool. In: R.S. Adisa (Ed.), *Rural development-contemporary issue and practices* (pp. 257–282). Croatia: InTech-Open Access Publisher, ISBN: 978-953-307-942-4.
- Topcu, Y., 2019. Determining product profiles based on consumers' consumption satisfaction towards drinking milk with the region of origin: Case of Iğdır province. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3): 268–278.
- Topcu, Y., 2019a. Consumers' WTP and market shares for drinking milk with PDO: Case of Iğdır Province. *TURJAF* 7(7): 981–988.
- Topcu, Y., Çavdar, M., 2022. Consumers' consumption preferences towards Gümüşhane mulberry products with PGI: Case of Gümüşhane. *Harran Agric. Food Sci. J.*, 26(2): 214–227.
- TSI, 2023. Consumer Price Index (CPI). Available from URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tuketici-Fiyat-Endeksi-Nisan-2023-49653> (Access date: 30 May 2023).
- TSI, 2023a. Producer Price Index (PPI). Available from URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yurt-Ici-Uretici-Fiyat-Endeksi-Nisan-2023-49396> (Access date: 30 May 2023).
- Yeh, C.H., Hirsch, S., 2023. A meta-regression analysis on the willingness-to-pay for country-of-origin labelling. *Journal of Agricultural Economics*, 00: 1–25.
- Zanchini, R., Vita, G., Panzone, L., Brun, F., 2023. What is the value of a "mountain product" claim? A ranking conjoint experiment on goat's milk yoghurt. *Foods*, 12: 2059. doi:10.3390/foods12102059
- Zeng, M., Yan, W.Y., Zeng, Z.J., 2023. Analysis of consumers' willingness to pay for honey in China. *Sustainability*, 15: 1500. doi:10.3390/su15021500.



The Effects of the Combination of Mycorrhizae, Vermicompost and Humic Acid Applications on Ornamental Sunflower Growth Parameters

Mikoriza, Vermikompost ve Hümik Asit
Uygulamalarının Kombinasyonunun Süs Ayçiçeği
Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

Mehmet TÜTÜNCÜ¹

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
· mtutuncu.tr01@gmail.com · ORCID > 0000-0003-4354-6620

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 07 Ocak/January 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 05 Şubat/February 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:**183-194

Atıf/Cite as: Tütüncü, M. "The Effects of the Combination of Mycorrhizae, Vermicompost and Humic Acid Applications on Ornamental Sunflower Growth Parameters" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 183-194.

THE EFFECTS OF THE COMBINATION OF MYCORRHIZAE, VERMICOMPOST AND HUMIC ACID APPLICATIONS ON ORNAMENTAL SUNFLOWER GROWTH PARAMETERS

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of the combination of mycorrhizal fungi, vermicompost, and humic acid application on ornamental sunflower growth. The study employed ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. 'Sunsantion') as the plant material. Seedlings, acquired from a local ornamental production company at the four-true-leaf stage, were planted in plastic pots (2 L) containing peat perlite medium (1:1 v/v). The research incorporated three distinct doses of humic acid (10, 20, and 30 ml/L) and vermicompost (10, 20, and 30 ml/L). Humic acid (HA) and vermicompost (VC) were applied by soil drenching with 200 ml solution per pot. After one week, the seedlings were transferred into the pots. In all Mycorrhizae applications, 2 g/pot mycorrhizae inoculated during seedling transferred into the pots. Additionally, 20 ml of humic acid (HA20/M2) and vermicompost (VC20/M2) were combined with mycorrhiza application and applied to the plants. No application was made to the control group. Relative growth rate (RGR) was calculated from harvested samples of individuals from the same application group at 15 and 30 days after plants were transferred into the pots. The highest RGR obtained from HA20/M2 and vermicompost VC20/M2 treatments was 3.55 and 3.48%, respectively. Additionally, the highest values of flower diameter (11.71 cm), stem length (41.13 cm), stem diameter (8.46 cm), and flower longevity (10.4 days) were observed in VC20/M2 treatment.

Keywords: *Helianthus Annuus*, Organic, Pot Flower, Fertilizer.



MİKORİZA, VERMİKOMPOST VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ KOMBİNASYONUNUN SÜS AYÇİÇEĞİ BÜYÜME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada mikoriza, vermikompost ve hümik asit uygulamasının süs ayçiçeği büyümesine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada bitki materyali olarak süs ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. 'Sunsantion') kullanıldı. Dört gerçek yapraklı aşamada ticari firmadan alınan fideler, torf:perlit ortamı (1:1 v/v) içeren plastik saksılara (2 L) dikildi. Araştırmada üç farklı dozda hümik asit (10, 20 ve 30 ml/L) ve vermikompost (10, 20 ve 30 ml/L) kullanıldı. Saksı başına 200 ml hümik

asit (HA) ve vermikompost (VC) uygulamaları topraktan fidelerin saksıya aktarılmasından bir hafta sonra yapıldı. Mikoriza uygulamalarında 2 g/saksı mikoriza fidelerin saksılara şaşırtılması sırasında aşılandı. Ayrıca mikoriza uygulamasıyla birlikte 20 ml'lik dozlarda hümit asit (HA20/M2) ve vermikompost (VC20/M2) birleştirilerek bitkilere uygulandı. Kontrol grubuna ise herhangi bir uygulama yapılmadı. Nispi büyüme oranı (RGR), bitkilerin saksılara aktarılmasından 15 gün ve 30 gün sonra aynı uygulama grubundaki bireylerin hasat edilen örneklerinden hesaplanmıştır. En yüksek RGR, HA20/M2 ve vermikompost VC20/M2 uygulamalarından sırasıyla %3,55 ve 3,48 olarak elde edilmiştir. Ayrıca çiçek çapı (11,71 cm), gövde uzunluğu (41,13 cm), gövde çapı (8,46 cm) ve çiçek ömrü (10,4 gün) değerlerinde en yüksek değerler VC20/M2 uygulamasında gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Helianthus Annuus*, Organik, Saksılı Süs Bitkisi, Gübre.



1. INTRODUCTION

The sunflower (*Helianthus annuus*) is a member of the Asteraceae family. Historically, it has been utilized as an oil-producing plant, and over the past decade, its appeal for ornamental cultivation has experienced a noteworthy rise (Vital-Vilchis et al., 2020). The sunflower holds a prominent position as a primary choice for cut flowers and garden plants. Its potential as a lucrative potted flowering plant is notable, thanks to short crop time, ease of propagation, and the allure of its attractive flowers (Pallez et al., 2002).

Since the inception of the green revolution, there has been widespread utilization of chemical fertilizers (such as soluble acidic NPK fertilizers), pesticides, and herbicides to boost food productivity in response to the increasing demand for food crops due to population growth. Applying chemical fertilizers contributes to higher crop yields as plants directly or indirectly absorb essential nutrients from these inorganic fertilizers. However, the persistent and extensive use of these chemical fertilizers results in detrimental effects on the agricultural ecosystem, including soil degradation, depletion of crop genetic and microbial diversity, contamination of groundwater, and pollution of the atmosphere (Chaudhry et al., 2009). Furthermore, chemical fertilizers have become indispensable for growers. On the other hand, using organic fertilizer has been proven to contribute to environmental sustainability and agricultural production. Moreover, enhancing soil organic matter through the application of organic fertilization has been identified by researchers to improve the physical and chemical attributes of the soil, and various organic fertilizers could potentially lower input costs (Mete et al., 2023; Şa et al., 2023). Organic fertilization also augments microbial biomass, leading to heightened nitrogen fixation events, ultimately resulting in improved plant yield and qu-

ality (Özer and Uzun, 2013; Özdemir and Özer, 2016; Yıldız et al., 2023). Applying farm manure, compost, vermicompost, and beneficial bacteria or fungi to the soil boosts microbial activities, enhancing crop growth. Humic acid plays a pivotal role in soil fertility and plant nutrition, as highlighted by Atiyeh et al. (2002). Soils rich in humic substances support robust plant growth, rendering them more resilient to stress, healthier, and capable of yielding higher quantities of crops with superior nutritional quality (Pettit, 2004).

In ornamental plant production, the beneficial effects of organic substance treatments have been reported in various species. For instance, applying humic acid alone or in combination with other substances increases plant growth in gerbera (Nikbakht et al., 2018), *Tulipa gesneriana* (Ali et al., 2014), *Gladiolus grandiflorus* (Bashir, 2016) and *Antirrhinum majus* (Memon and Khetran, 2014). Additionally, positive effects of humic acid applications on vase life were also reported in cut flowers such as chrysanthemum (Fan et al., 2015), rose (Dastyaran and Farahi, 2015) and gerbera (Ansari et al., 2011). Vermicompost is a natural eco-fertilizer produced by degrading organic matter through the interaction between microorganisms and worms. There is ample scientific evidence that using vermicompost significantly affects plants' growth and productivity. (Durukan et al., 2019). The effects of vermicompost use are well demonstrated in many ornamental plants such as chrysanthemum (Padamanabhan, 2021), gladiolus (Amit et al., 2013), cymbidiums (Hatamzadeh, 2011) and marigold (Tyagi and Kumar, 2006). One of the other effective treatments is mycorrhizal fungi, which are essential soil microorganisms for terrestrial ecosystems and form beneficial symbioses with the root systems of most agricultural plants (Popescu and Popescu, 2022). Xue et al. (2019) reported that mycorrhizae applications improved root surface area and volume and expanded the nutrient absorption area of the root system. Therefore, Kınık and Çelikel (2020) used mycorrhizae to enhance the rooting efficiency of hardwood cuttings in *Rosa canina*. Additionally, Gaur et al. (2000) reported that mycorrhizae treatments promote early flowering, increase flower number, and prologs flowering time in *Petunia hybrida*, *Callistephus chinensis*, and *Impatiens balsamina*.

While ornamental plants aren't intended for consumption, the cultivation process involves widespread use of chemical inputs like pesticides and fertilizers, like other agricultural products. These synthetic substances have adverse effects on both human health and the environment. Organic farming techniques provide viable solutions for cultivating ornamental plants, preserving nature and human well-being, and maintaining market value, just as they do for other agricultural products (Tütüncü, 2022). Therefore, this study aimed to evaluate the effects of vermicompost, mycorrhizae, humic acid, and combining mycorrhizae with humic acid and vermicompost on potted sunflower growth.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Plant Material

The research was conducted during the summer of 2022 at a polyethylene greenhouse located in the application area of the Agriculture Faculty at Ondokuz Mayıs University, Samsun, Türkiye. Throughout the growing season, hourly measurements of minimum, maximum, and average temperatures were recorded using a data logger within the greenhouse (Figure 1). The study employed ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. 'Sunsantion') as the plant material. Seedlings, acquired from a local ornamental production company at the four-true-leaf stage, were planted in plastic pots (2 L) containing peat perlite medium (1:1 v/v). Irrigation was performed twice weekly with approximately 200 mL of tap water per pot. Notably, no fertilizers or chemicals for pest and disease control were utilized in the study.

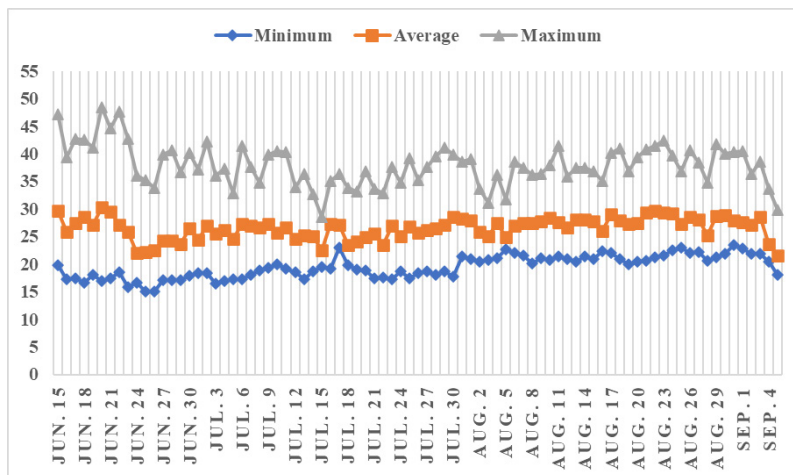


Figure 1. Maximum, minimum, and average temperature (°C) during cultivation in the greenhouse.

2.2. Method

A procedure was followed to acquire the humic acid (HA) utilized. Initially, 310 liters of water were heated to around 80°C. Subsequently, 13 kg of potassium hydroxide was introduced to the heated water. The resulting mixture was then supplemented with 80 kg of leonardite, along with additions of salicylic acid (250 ppm) and IBA (500 ppm), ultimately reaching a total volume of 400 liters (Yıldız et al., 2023). Bacteria-enriched liquid vermicompost (VC) (Orpex Ltd. Türkiye) and 'Endo Roots Soluble Mycorrhiza' (Bioglobal, 2014), consisting of *Gigaspora*

margarita and eight species of *Glomus* genus mycorrhizal fungi were used as other organic substances. Humic acids and vermicompost treatments were applied to the seedlings once, one week after being transferred to pots. The research incorporated three distinct doses of humic acid (10, 20, and 30 ml/L) and vermicompost (10, 20, and 30 ml/L). HA and VC were applied by soil drenching with a 200 ml solution. For the mycorrhiza application solution, 2 g of mycorrhiza was incorporated into 125 ml of water and applied to the seedlings by soil drenching. Additionally, the concentrations of 20 ml/L of humic acid (HA20/M2) and vermicompost (VC20/M2) were combined with mycorrhiza application. Mycorrhizae are inoculated during seedling transfer into the pots in all mycorrhizae applications. No application was made to the control group (Table 1).

Table 1. Treatments applied in the study.

Applications	Concentrations
Control	Water
Humic acids (HA)	10, 20 and 30 ml/L
Vermicompost (VC)	10, 20 and 30 ml/L
Mycorrhizae	2 g/ 125 ml water
Humic acid + Mycorrhizae (HA20/M2)	20 ml/L + 2 g/ 125 ml water
Vermicompost + Mycorrhizae (VC20/M2)	20 ml/L + 2 g/ 125 ml water

2.3. Evaluated Growth Parameters

The relative growth rate (RGR) was calculated from harvested samples of individuals from the same application group at 15 and 30 days after plants were transferred into the pots. Five plants from each treatment were harvested at first (t_1) and second harvest time (t_2), and samples were dried in an oven at 70 °C for 48 h. Then, the dry weights of the samples at first (W1) and second harvest time (W2) were measured with an analytical balance. RGR was calculated according to Eq. (1) by Hofmann and Poorter (2002) by modifying the formula as a percentage. $\ln(W)$ is the mean of $\ln$ -transformed plants dry weight at time (t).

$$RGR = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t_2 - t_1} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

To more clearly reveal the relative growth rates of the applications compared to the control group, the relative growth change (%) was calculated according to Eq. (2). RGC is the mean of relative growth change on the basis of the control group. $RGR(A_i)$ is the relative growth rate of application “i,” and $RGR(A_0)$ is the relative growth rate of the control application.

$$RGC\ (\%) = \frac{RGR(Ai) - RGR\ (A0)}{RGR(A0)} \times 100$$
Eq. (2)

Flower longevity of the plants was estimated by observing the flowers from the blooming stage to wilting. At the full bloom stage, stem diameter (cm), stem length (cm), and flower diameter (cm) were determined.

2.4. Experimental Design and Statistical Analysis

The study was arranged following a completely randomized design, featuring ten replications, each involving a single plant. Variance analysis was conducted using JMP statistical software version 8.1, and differences between treatments were assessed using the LSD multiple comparison test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The relative growth rates (RGR) for different treatments were investigated to assess their impact on the overall growth performance of the potted sunflower (Figure 2). According to the results, the control group exhibited a baseline RGR of 2.88%, providing a reference point for evaluating the various treatments.

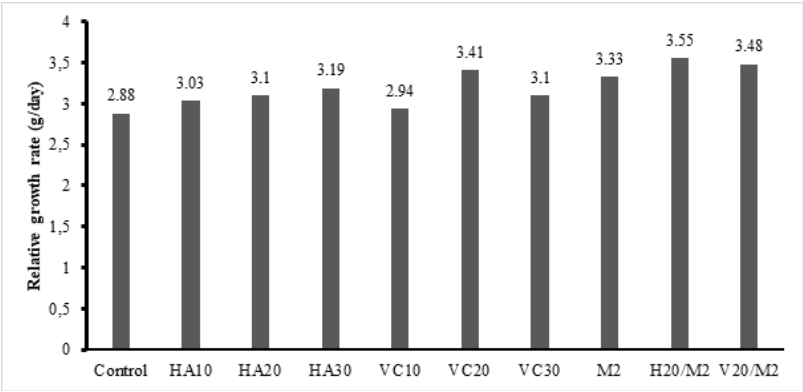


Figure 2. Effects of treatments on relative growth rate.

Among the treatments, the H20 treatment demonstrated a notable increase in RGR, reaching 3.1%, and showcasing a positive effect on the growth rate compared to the control group. Similarly, the H30 treatment exhibited a further enhancement, with a relative growth rate of 3.19%, suggesting a dose-dependent response. The VC10 treatment showed a modest increase in RGR (2.94%), while the VC20 treatment displayed a more substantial improvement, reaching 3.41%. The M2 treatment demonstrated a relatively high RGR of 3.33%, indicating its efficacy in pro-

moting growth. Additionally, the H20/M2 treatment was calculated to be 3.55%, reflecting a synergistic effect when the H20 treatment was combined with the M2 treatment. Similarly, the V20/M2 treatment was estimated to be 3.48, suggesting a positive interaction between the V20 and M2 treatments (Figure 2). When the control application is taken as a reference point for other treatments, H20/M2 and V20/M2 treatments increased relative growth change by 23.2% and 20.8%, respectively (Figure 3). The lowest enhancement in plant growth change was observed in VC10 by 2% and 5.2% in HA10 treatments.

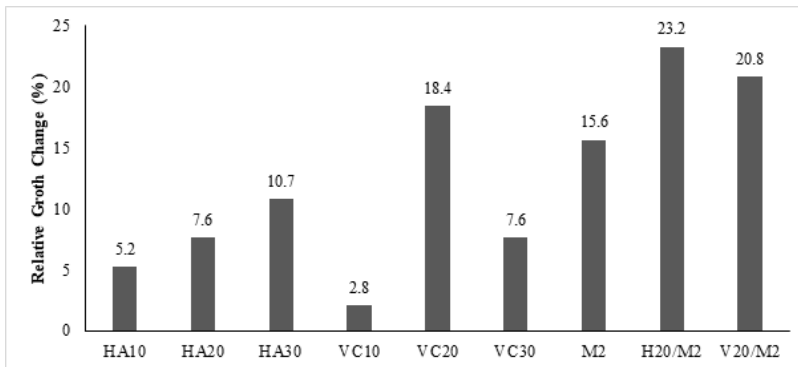


Figure 3. Percentage of relative growth change in the basis of control treatments

Humic acid treatments (HA) at different concentrations affected flower diameters differently. The control group exhibited an average flower diameter of 9.64 cm, the reference point for comparing other treatments. The HA10 treatment resulted in a flower diameter of 9.47 cm, while HA20 slightly increased to 9.68 cm. The highest dose, HA30, significantly enhanced flower diameter to 10.28 cm, indicating a dose-dependent response. Vermicompost treatments (VC) at different concentrations greatly impacted flower diameter. The VC10 treatment resulted in a flower diameter of 10.72 cm, and VC20 maintained a similar level at 10.7 cm. The highest dose, VC30, showed a substantial increase in flower diameter to 11.5 cm, signifying a significant improvement compared to other treatments. The mycorrhizae treatment (M2) displayed a flower diameter of 10.37 cm, indicating a positive effect on growth. When combinations of treatments were considered, the H20/M2 treatment resulted in a flower diameter of 10.72 cm, and the V20/M2 treatment displayed a flower diameter of 11.71 cm (Table 2). These results suggest potential synergistic effects between specific treatments. According to the results, the statistical analysis revealed significant differences between treatments. The highest flower diameter was observed in the VC30 treatment, while the combinations H20/M2 and V20/M2 demonstrated notable effects on flower diameter (Figure 4).

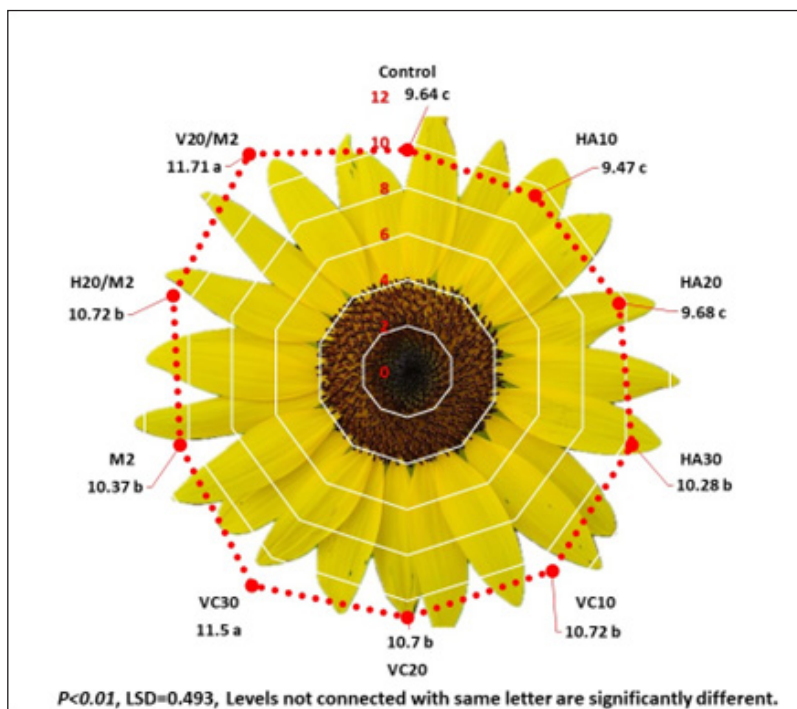


Figure 4. Effects of applications on flower diameter (cm).

Humic acid treatments (HA) at different concentrations displayed a range of stem lengths. The HA20 treatment and control group showed a minimum value of 38.16 cm, while HA30 had a maximum of 40.72 cm among humic acid treatments, indicating a dose-dependent response. Vermicompost treatments (VC) at different concentrations also demonstrated a range of stem lengths. The VC10 treatment had a minimum value of 38.62 cm, while the VC30 treatment exhibited a significant enhancement with a 40.39 cm stem length. The mycorrhizae treatment (M2) resulted in a stem length of 39.74 cm, indicating a positive effect on growth. When combinations of treatments were considered, the V20/M2 treatment exhibited the highest increase in stem length (41.13 cm) among treatments (Table 2).

Table 2. Effects of different organic substances on stem growth and flower longevity.

Treatments (ml/L)	Stem Length (SL) (cm)*	Stem Diameter (SD) (cm)**	Flower Longevity (FL) (days)***
Control	38.16 c	7.83 c	8.6 e
HA10	39.27 abc	8.17 abc	8.93 cde
HA20	38.16 c	8.31 ab	9.4 b-e
HA30	40.72 a	8.20 abc	9.4 b-e
VC10	38.62 bc	7.98 bc	9.86 abc
VC20	39.76 abc	8.07 abc	9.60 a-d
VC30	40.39 ab	7.91 c	9.93 ab
M2	39.74 abc	7.89 c	8.86 de
H20/M2	39.83 abc	7.99 bc	9.86 abc
V20/M2	41.13 a	8.46 a	10.4 a

* $p < 0.05$, $LSD_{SL} = 1.99$ ** $p < 0.05$, $LSD_{SD} = 0.392$; *** $p < 0.01$, $LSD_{FL} = 0.982$

The investigation into stem diameter across diverse treatments has provided valuable insights into the potential effects of various amendments on plant growth. The control group exhibited a baseline stem diameter of 7.83 cm, serving as a reference for comparative analysis. HA treatments at different concentrations demonstrated a dose-dependent response, with HA20 yielding the highest diameter of 8.31 cm. Conversely, VC treatments exhibited a more comprehensive pattern with VC20, resulting in a maximum diameter of 8.07 cm. M2 demonstrated a moderate effect with a stem diameter of 7.89 cm. Intriguingly, the combinations of treatments revealed notable synergies, as evidenced by H20/M2 and V20/M2, where V20/M2 produced the highest observed diameter at 8.46 cm (Table 2).

Exploring potted sunflowers' flower longevity under diverse treatments has yielded significant insights. Flower longevity was recorded as the lowest value, with 8.6 days in the control group. Humic Acid (HA) treatments demonstrated a progressive trend with increasing concentrations; HA10, HA20, and HA30 exhibited flower longevity of 8.93 days, 9.4 days, and 9.4 days, respectively. A parallel pattern was observed in Vermicompost (VC) treatments, where VC10, VC20, and VC30 resulted in flower longevity of 9.86 days, 9.60 days, and 9.93 days, respectively. Mycorrhizal treatment (M2) displayed a moderate effect on the flowering period, lasting for 8.86 days. The H20/M2 treatment yielded flower longevity equivalent to VC10, standing at 9.86 days, while V20/M2 showcased the lengthiest duration at 10.4 days (Table 2).

According to the results, humic acid, vermicompost, and mycorrhizae treatments positively affect evaluated parameters in accordance with previous studies.

Mourad et al. (2020) reported that applying humic acid enhances sunflowers' growth, yield, and certain chemical contents cultivated in saline soil conditions. Baldotto and Baldotto (2015) investigated the influence of seed treatment with humic acids on the growth and yield of field-grown ornamental sunflowers (*Helianthus annuus* L.). Multiple variables related to flower stems were assessed during harvest, including height, diameter, weight, leaf count, leaf fresh weight, leaf dry matter, flower stalk count, and floral receptacle diameter, and data revealed consistent increases in most variables, except for the number of leaves per stem, which remained unchanged. Nagarajan and Mahadevan (2002) reported that sunflower plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) showed significant increases in plant growth parameters such as plant height and shoot and root dry weight. Moreover, Gül et al. (2021) found that liquid and solid applications of vermicompost are beneficial to obtaining higher grain and oil yield in oil sunflower. However, it is obvious that combining mycorrhizae with humic acid and vermicompost treatments resulted in better results, which may emphasize potential synergies between specific treatments, while others had varying effects. Additionally, it is well known that humic acid and vermicompost contain nutrients and improve soil nutrient contents. Therefore, the results may suggest that soil enriched with nutrients increases the affinity and activity of mycorrhizae. Hussain et al. (2018) indicated that mycorrhizae application and vermicompost enhanced growth and yield performance in *Triticum aestivum*. Pezeshkpour et al. (2014) reported similar results in chickpea production in another study. Habashy et al. (2008) established a positive correlation between organic waste and compost and the presence of arbuscular mycorrhizal fungi, resulting in significantly higher root infection intensity compared to the control treatment. Previous studies, such as those by Carrenho et al. (2002) and Jan et al. (2014), have also reported increased percentages of root mycorrhizal infection when mycorrhizal inoculums are combined with compost. The elevated infection percentage observed in soil treated with vermicompost likely contributed to enhanced plant nutrition uptake and significantly improved growth and yield parameters.

4. CONCLUSION

In summary, the experimental results suggest that H20M2 and V20M2 treatments positively influence the relative growth rate, stem length, stem diameter, flower diameter, and flower longevity. Additionally, the study may reveal potential synergistic effects between mycorrhizal fungi and vermicompost or humic acid applications. These findings provide valuable insights into the potential applications of these treatments in promoting plant growth and could have implications for various fields, such as agriculture or ecological restoration. However, a more detailed study may be necessary to fully reveal this synergistic effect.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

REFERENCES

- Ali, A., Rehman, S.U., Raza, S., Allah, S.U., 2014. Combined effect of humic acid and NPK on growth and flower development of Tulipa Gesneriana in Faisalabad, Pakistan. *Journal of Ornamental Plants*, 4(4): 39-48. doi: 20.1001.1.28210093.1393.4.4.4.4.
- Amit, P., Singh, A.K., Anjana, S., 2013. Effect of vermicompost and bio-control agents on growth and flowering of gladiolus cv. JV GOLD. *Asian Journal of Horticulture*, 8(1): 46-49.
- Ansari, S., Hadavi, E., Salehi, M., Moradi, P., 2011. Application of microorganisms compared with nanoparticles of silver, humic acid and gibberellic acid on vase life of cut gerbera goodtiming. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 1(1): 27-33.
- Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource technology*, 84(1): 7-14. doi: 10.1016/S0960-8524(02)00017-2.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., 2015. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. *Ciência Rural*, 45: 1000-1005. doi: 10.1590/0103-8478cr20140050.
- Bashir, M., 2016. Humic acid application improves the growth, floret and bulb indices of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.). *Pakistan Journal of Science*, 68(2):1-7. doi:10.57041/pjs.v68i2.298.
- Carrenho, R., Trufem, S.F., Bononi, V.L., 2002. Effects of using different host plants on the detected biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi from an agroecosystem. *Brazilian Journal of Botany*, 25:93-101. doi:10.1590/S0100-84042002000100012.
- Chaudhry, A.N., Jilani, G., Khan, M.A., Iqbal, T., 2009. Improved processing of poultry litter reduces nitrate leaching and enhances its fertilizer quality. *Asian journal of Chemistry*, 21(7): 4997-5003.
- Dastyaran, M., Farahi, M.H., 2015. Effects of humic acid and putrescine on vegetative properties and vase life of rose in soilless culture system. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 5(4): 241-250.
- Durukan, H., Demirbağ, A., Tutar, U., 2019. The effects of solid and liquid vermicompost application on yield and nutrient uptake of tomato plant. *Turk. J. Agric. Food Sci. Technol*, 7:1069-1074. doi:10.24925/turjaf.v7i7.1069-1074.2579.
- Fan, H.M., Li, T., Sun, X., Sun, X.Z., Zheng, C.S., 2015. Effects of humic acid derived from sediments on the postharvest vase life extension in cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 101, 82-87. doi:10.1016/j.postharvbio.2014.09.019.
- Gaur, A., Gaur, A., Adholeya, A., 2000. Growth and flowering in *Petunia hybrida*, *Callistephus chinensis* and *Impatiens balsamina* inoculated with mixed AM inocula or chemical fertilizers in a soil of low P fertility. *Scientia Horticulturae*, 84(1-2): 151-162. doi:10.1016/S0304-4238(99)00105-3.
- Gül, V., Çoban, F., Öztürk, E., 2021. Effect of liquid and solid vermicompost applications on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(1): 55-60.
- Habashy, N.R., El-Khair, A.W.A., Zaki, R.N., 2008. Effect of organic and biofertilizers on phosphorus and some micronutrients availability in a calcareous soil. *Res. J. Agric. & Biol. Sci*, 4(5): 454-552.
- Hatamzadeh, A. 2011. The influence of vermicompost on the growth and productivity of cymbidiums. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 9(2): 125-132.
- Hoffmann, W.A., Poorter, H., 2002. Avoiding bias in calculations of relative growth rate. *Annals of botany*, 90(1), 37-42. doi:10.1093/aob/mcf140.
- Hussain, S., Sharif, M., Ahmad, W., Khan, F., Nihar, H., 2018. Soil and plants nutrient status and wheat growth after mycorrhiza inoculation with and without vermicompost. *Journal of plant nutrition*, 41(12): 1534-1546. doi: 10.1080/01904167.2018.1459687.
- Jan, B., Ali, A., Wahid, F., Shah, S.N.M., Khan, A., Khan, F., 2014. Effect of arbuscular mycorrhiza fungal inoculation with compost on yield and phosphorous uptake of berseem in alkaline calcareous soil. *American Journal of Plant Sciences*, 5(09):1359. doi:10.4236/ajps.2014.59150.

- Kınık, E.D., Çelikel, F.G., 2020. Cutting propagation of *Rosa canina* by mycorrhiza and auxin. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 6(1), 1-7. doi:10.24180/ijaws.623490.
- Memon, S.A., Khetran, K., 2014. Effect of humic acid and calcium chloride on the growth and flower production of Snapdragon (*Antirrhinum majus*). J Agric, 10(6): 1557-1569.
- Mete, K., Tütüncü, A.Ç., Ay, A., Özer, H., 2023. The effects of organic fertilization on the quality of eggplant seedlings. Black Sea Journal of Agriculture, 6(6): 706-709. doi:10.47115/bsagriculture.1339405.
- Mourad, K. A. E. G. D., El-Shafey, A. I., El Mantawy, R. F., 2020. Effect of Humic Acid Application on Growth and Productivity of Sunflower Under Saline Soil Conditions. Journal of Plant Production, 11(12), 1193-1200.
- Nagarajan, G., Mahadevan, A., 2002. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of sunflower. Frontiers in Microbial Biotechnology and Plant Pathology, 231-237.
- Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A., Etemadi, N. A. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. Journal of Plant Nutrition, 31(12): 2155-2167. doi:10.1080/01904160802462819.
- Özdemir, A., Özer, H., 2016. Effect of different doses of fertilizer on yield and quality of organically grown tomato, Journal of The Faculty of Agriculture, 111:17- 26.
- Özer, H., Uzun, S., 2013. The effect of different organic fertilizers on some yield and quality traits in open field organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) managers. V. Organic Agriculture Symposium, 25-27 September 2013, Samsun/Turkey, s:8.
- Padamanabhan, V., 2021. Effect of vermicompost on growth and flowering of Chrysanthemum. Annals of the Romanian Society for Cell Biology, 5068-5077.
- Pallez, L.C., Dole, J.M., Whipker, B.E. 2002. Production and postproduction studies with potted sunflowers. HortTechnology, 12(2):206-210. doi:10.21273/HORTTECH.12.2.206.
- Pettit, R.E., 2004. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. CTI Research, 10: 1-7.
- Pezeshkpour, P., Ardakani, M.R., Vazan, S., 2014. Effects of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and biophosphate solubilizing bacteria on some characteristics related to chickpea root growth under autumn in the dryland condition. Bulletin of Environment. Journal of Pharmacology and Life Sciences, 3(2):19-25.
- Popescu, G.C., Popescu, M., 2022. Role of combined inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi, as a sustainable tool, for stimulating the growth, physiological processes, and flowering performance of lavender. Sustainability, 14(2), 951. doi:10.3390/su14020951.
- Şa, Z., Tütüncü, A.Ç., Demirkaya, S., Özer, H., 2023. Organik ve konvansiyonel fide yetiştiriciliğinin domates fidelerinin kalitesi üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3): 555-564. doi:10.7161/omuanajas.1337133.
- Tütüncü, M. 2022. Organik Süs Bitkileri Yetiştiriciliği. In: Pakyürek, M., Özdemir, G. (Eds.). Organik Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliği. İksad. pp.183-206.
- Tyagi, A.K., Kumar, V., 2006. Effect of gibberellic acid and vermicompost on vegetative growth and flowering in African marigold (*Tagetes erecta* Linn.). Journal of Ornamental Horticulture, 9(2), 150-151.
- Vital-Vilchis, I., Quiñones-Aguilar, E.E., Hernández-Cuevas, L.V., Rincón-Enríquez, G., 2020. Growth of ornamental sunflower in pot at field level by effect of arbuscular mycorrhizal fungi. Terra Latinoamericana, 38(3), 679-692. doi:10.28940/terrav38i3.715.
- Xue, Y.L., Li, C.Y., Wang, C.R., Wang, Y., Liu, R.J., Chang, S. Miao, Y., Dang, T., 2019. Mechanisms of phosphorus uptake from soils by arbuscular mycorrhizal fungi. Journal of Soil and Water Conservation, 6: 10-20. doi: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.06.002.
- Yildiz, B., Tütüncü, A.Ç., Demirkaya, S., Özer, H., Uğur, A., 2023. The effects of different growing media and humic acid applications on the growth of tomato plants. Horticultural Studies, 40(2):43-48. doi: 10.16882/hortis.1279147.



***Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma hamatum* ve Diatom Toprağının *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)'a Karşı Yalnız ve Kombinasyon Halinde Etkinliğinin Belirlenmesi**

Determination of the Effectiveness of *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma hamatum*, and Diatomaceous Earth, Applied Alone and in Combination against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)

Mehmet YILDIRIM¹, Celal TUNCER², İsmail Oğuz ÖZDEMİR³

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun
· yildirimmt55@gmail.com · ORCID > 0000-0002-4521-5959

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

³Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sakarya
· oguzozdemir@subu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-9095-2109

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 13 Ocak/January 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 29 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 1 | Sayfa/Pages: 195-205

Atıf/Cite as: Yıldırım, M., Tuncer, C., Özdemir, İ.O. "Metarhizium anisopliae, Trichoderma hamatum ve Diatom Toprağının *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)'a Karşı Yalnız ve Kombinasyon Halinde Etkinliğinin Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 195-205.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet YILDIRIM

***Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma hamatum* VE
DİATOM TOPRAĞININ *Callosobruchus maculatus* F.
(COLEOPTERA: BRUCHIDAE)'A KARŞI YALNIZ VE
KOMBİNASYON HALİNDE ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

ÖZ

Bu çalışmada, diatom toprağı (DT) ile *Metarhizium anisopliae* (Ma) ve *Trichoderma hamatum* (Th) izolatlarının bireysel olarak ve kombinasyonlar halinde *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) erginlerine karşı laboratuvar koşullarında etkinlikleri araştırılmıştır. Ma ve Th izolatlarının bireysel olarak üç konsantrasyonu (1×10^4 , 1×10^6 ve 1×10^8 spor/mL) kullanılırken, kombinasyonlarda da DT'nin üç farklı dozu (200, 400 ve 800 mg/kg) ile her bir fungusu ait en yüksek doz (1×10^8 spor/mL) kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Denemeler 25°C, %70 nispi nem ve 16: 8 aydınlık-karanlık periyodunda yürütülmüştür. Bireysel uygulamalarda Ma ve Th'nin en yüksek dozu (1×10^8 spor/mL) için uygulamadan sonra 8. günde sırasıyla %87.5 ve %52.5 oranında ölüm meydana gelirken, DT'nin en yüksek dozunda (800 mg/kg) uygulamadan 7 gün sonra %100 ölüm ortaya çıkmıştır. Dahası zamanın ve dozun artışına bağlı olarak ölüm oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Kombinasyon denemelerinde ise en yüksek etkinlik 5. günün sonunda %100 ölüm oranı ile DT (800 mg/kg) + Ma (1×10^8 spor/mL) uygulamasında gözlemlenmesinin yanı sıra bireysel uygulamada düşük bir etkinlik gösteren Th en yüksek dozda (1×10^8) DT (800 mg/kg) ile kombinasyonu sonucunda 6. günde %100 ölüme sebep olmuştur. DT'nin entomopatojenlerle çalışmadaki düşük dozlarda bile önemli bir etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, azalan uygulama oranlarına rağmen zararlıya karşı umut verici potansiyele sahip bu etmenler, ikili kombinasyonlarda kabul edilebilir sonuçlar ortaya koymuştur. Bu çalışma DT'nin uygulama oranlarının azaltılmasına yardımcı olabilecek bu umut verici bir yaklaşımı ortaya koymakla birlikte uzun süreli depolama koşullarında *C. maculatus*'a karşı pratik olarak kullanılabilen bir yöntem için daha fazla araştırma yapılmasını teşvik edebilir.

Anahtar Kelimeler: Depo Zararlısı, Börülce Tohum Böceğı, Entomopatojen Funguslar, Doğal İnsektisit, Biyolojik Etkinlik, Ölüm Oranı.



DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma hamatum*, AND DIATOMOCEAUS EARTH, APPLIED ALONE AND IN COMBINATION AGAINST *Callosobruchus maculatus* F. (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)

ABSTRACT

In this study, the efficiency of diatomaceous earth (DT), *Metarhizium anisopliae* (Ma), and *Trichoderma hamatum* (Th) isolates against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) adults was investigated under laboratory conditions. While Ma and Th isolates were used at three different concentrations (1×10^4 , 1×10^6 and 1×10^8 spores/mL), the highest doses of each fungus (1×10^8 spores/mL) were used in combination with three different doses of DT (200, 400, and 800 mg/kg). The trials were conducted at 25°C, 70% relative humidity, and 16:8 h light-to-dark periods. Individual applications exhibited 87.5% and 52.5% mortality on the eighth day after application for the highest doses of Ma and Th (1×10^8 spores/mL), respectively, and 100% mortality on the seventh day after application for the highest dose of DT (800 mg/kg). Also, it was observed that mortality rates increase depending on time and dose. In combination trials, the most effective combination was DT (800 mg/kg) + Ma (1×10^8 spores/mL) with a 100% mortality rate at the end of the fifth day. Th, which was lower efficacy in separate applications, caused 100% mortality on the sixth day when combined with DT (800 mg/kg) at the maximum dose (1×10^8 spores/mL). It has been determined that DT is effective in combination with entomopathogens, even at low concentrations. As a result, despite lowering application rates, these agents, which have promising potential against the insect, have shown acceptable results in binary combinations. The study shows a potential strategy that may assist lower DT application rates and encourage additional research into a method that may be applied practically against *C. maculatus* under long-term storage conditions.

Keywords: Stored Product Insect, Cowpea Weevil, Entomopathogen Fungi, Natural Insecticide, Bioassay, Mortality Rate.



1. GİRİŞ

Dünya ve ülkemiz için önemli baklagillerden olan nohut, fasulye, mercimek, bezelye, bakla ve börülce, yüksek karbonhidrat ve protein içeriği ile insan beslenmesinde ve toprak verimliliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli role sahiptir. *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchi-

nae) baklagillerde önemli bir zarara sebep olan Türkiye'nin pek çok bölgesinde ve Dünya çapında tropik ve subtropik iklimlerde bulunan en önemli zararlılardan birisidir (Ozdemir ve ark., 2020; Gad ve ark., 2021). Bu böcek depolarda ve tarlada baklagillere saldırarak ağırlık ve kalite kaybına, dolayısıyla ürünün piyasa değerinin düşmesine (Elhag, 2000), tohumların çimlenme kabiliyetinin (Baier ve Webster, 1992) ve protein değerinin azalmasına sebep olmaktadır (Mofunanya ve Namgbe, 2016). Zararlıya karşı fosfin ve piretroidler gibi kimyasal insektisitler kullanılmasına rağmen bunlara karşı zararlının uzun vadede dayanıklılık kazanması, insan sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkileri nedeniyle endişelerin artmasına sebep olmaktadır (Daglish, 2008). Bu nedenle, zararlıya karşı insan ve çevreye dost, sürdürülebilir alternatif mücadele yöntemleri kapsamında fiziksel uygulamalar, doğal ürünler [diatom toprağı (DT) gibi], mikrobiyal/biyokontrol etmenleri değerlendirilmiştir (Abdelgaleil ve ark., 2021).

Diatom toprağı yaygın bir şekilde tahıl koruyucu olarak kullanılmakta olup, depolanan ürünlerde zararlıların mücadelesi için tahıllarla karıştırılabilen toksik olmayan bileşenlere sahiptir. Diatom toprağı formülasyonları bozulmaz/parçalanmaz ve bu nedenle depolanan üründeki böceklerin uzun vadeli kontrolünü sağlar ve insanlara/memelilere zarar vermemekle birlikte (Athanassiou ve ark., 2014), elenerek ve yıkanarak tohumlardan kolayca uzaklaştırılabilmektedir (Korunic ve ark., 1996). Böceklerin kütikulasının çizilmesi ve hasar görmesiyle vücudun su kaybetmesi sonucu fiziksel olarak ölüm meydana gelmektedir (Korunic, 1998). Ancak DT yüksek uygulama oranlarında (1000-3500 mg/kg) kullanılmakta olup, bu da tane yığın yoğunluğunu, tane akışkanlığını etkilemekte ve işlenmiş ürünlerde görünür kalıntılara sebep olmaktadır (Permual ve Le Patourel, 1992; Korunic ve ark., 1996). Bu problemlerin aşılması için DT'nin örneğin entomopatojen funguslar gibi tohum koruyucularla kombinasyonu ile dozların azaltılabileceği ve depolanan üründe tatmin edici bir koruma sağlayabileceği vurgulanmıştır (Ziaee ve ark., 2019). Diatom toprağının *Beauveria bassiana* (Balsamo) (Hypocreales: Clavicipitaceae) ve *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma asperellum* Samuels (Hypocreales: Hypocreaceae) gibi çeşitli entomopatojen funguslarla (EPF) ikili kombinasyonunun etkinliğini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Gad ve ark., 2021; Abdelgaleil ve ark., 2021; Ozdemir, 2023). Diatom toprağının ve EPF gibi farklı etki mekanizmalarına sahip doğal etmenlerin kombinasyonları, ürünlerin kalıntı riskini, uygulama dozlarını düşürerek ve bu etmenlerin etkinliğini artırarak depo zararlıların kontrolü üzerine önemli bir potansiyel taşımaktadır (Gad ve ark., 2021).

Entomopatojen funguslar, hedef olmayan organizmalara zarar vermemesi, ürünlerde toksik kalıntı bırakmaması ve insanlar için güvenli olması gibi depolanmış ürün zararlılarına karşı kullanmak için onları mükemmel aday haline getiren çeşitli özelliklere sahip olmaları nedeniyle depo alanlarındaki bu böceklerle-

rin kontrolü için olası seçeneklerden birisidir (Moore ve ark., 2000; Athanassiou ve ark., 2008). *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin çeşitli zararlı böceklerle karşı yaygın olarak kullanılan bir fungus iken (Zimmerman, 1993), *Trichoderma* türleri çeşitli bitki patojenlerine karşı kullanılan yaygın olarak kabul gören bir biyokontrol etmenidir. Bu funguslar insektisitlere göre daha güvenli görünmektedir. Ancak önemli bir depo zararlısı olan ve depo şartlarında çok döl veren *C. maculatus*'a karşı insektisidal aktivitesi üzerine çok az çalışma rapor edilmiştir (Mahdneshe ve ark., 2011; Ozdemir ve ark., 2020; Gad ve ark., 2021; Abdelgaleil ve ark., 2021; Ozdemir, 2023).

Depo zararlılarına karşı önemli bir potansiyel taşıyan DT'nin EPF'lar ile kombinasyon halinde kullanılması ile yüksek muamele oranlarının en aza indirilebilmesi sağlanabilir. Düşük oranlarda kullanılan DT ile EPF'lerin kombinasyonu *C. maculatus*'a karşı artan bir etkinlik göstermiştir (Abdelgaleil ve ark., 2021; Ozdemir, 2023). Yukarıda da bahsedildiği üzere bu yaklaşımın zararlının mücadelesinde kullanılması üzerine kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışma EPF'lerin [*M. anisopliae* (Ma) ve *Trichoderma hamatum* Samuels (Th)] bireysel olarak ve DT ile kombinasyon halinde *C. maculatus*'a karşı etkinliğini belirlemeyi amaçlamaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Böcek Kültürü

Callosobruchus maculatus, Samsun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Entomoloji Laboratuvarına ait kültürlerden elde edilmiştir. Denemelere başlamadan önce nohutlar diğer zararlıların yok edilmesi amacıyla 1 hafta süreyle -18°C 'de tutulmuştur. Zararlıların erginleri, içinde 200 g sterilize edilmiş nohut (*Cicer arietinum* L. var. Koçbasi) bulunan cam kavanozlara (500 ml) yerleştirilmiş ve hava girişini sağlayacak şekilde üzeri bir tülle kapatılmıştır. Cam kavanozlar $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ve 65 ± 5 bağıl nem koşullarında ve 16:8 saatlik ışık-karanlık periyodunda yumurtlama için inkübe edilmiştir. Denemelerde kullanılacak ergin erkek ve dişileri elde etmek için kültür her gün kontrol edilmiştir (Ozdemir ve ark., 2020).

2.2. DT Formülasyonu

Denemelerde kullanılan K14 kodlu DT, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nin üç farklı ilinden elde edilen yerli DT'nin belirli oranlarda kombinasyonu ile oluşturulmuş olup, Bayram (2018) tarafından K14'ün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

2.3. Entomopatojen Fungus Kültürleri

Bu çalışmada kullanılan entomopatojen funguslardan ilki Ma (TR-55-019) , önemli bir fındık zararlısı olan *Anisandrus dispar* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) erginlerinden izole edilmiştir ve bu izolat moleküler olarak karakterize edilmiştir (GenBank erişim no: MN588143) (Kushiyev ve ark., 2022). Diğeri ise Th (F4), Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nden toplanan toprak örneklerinden elde edilmiş ve moleküler olarak karakterize edilmiştir (GenBank erişim no: MT341773) (Kushiyev ve ark., 2021). Her iki fungus izolatu Samsun'da Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Entomoloji Laboratuvarı koleksiyonunda muhafaza edilmiştir. Bu funguslar kültüre alınarak geliştirilmiş ve spor süspansiyonu Abdelgaleil ve ark. (2021)'nin metoduna göre hazırlanmıştır. Sporlar, Olympus CX31 ışık mikroskobu (Olympus America Inc., Lake Success, NY) altında Neubauer hemositometresi kullanılarak 1×10^4 , 1×10^6 ve 1×10^8 spor/mL dozlarında ayarlanarak biyolojik etkinlik testlerinde kullanılmıştır.

2.4. Biyolojik Etkinlik Testleri

Ma ve Th'nin 3 dozu [1×10^4 , 1×10^6 ve 1×10^8 spor/mL] ve DT'nin 3 dozu (200, 400 ve 800 mg/kg) *C. maculatus*'a karşı ayrı ayrı ve kombinasyon halinde uygulanmıştır. DT için bu oranlar, yüksek oranlı uygulamaların (1000–3500 mg/kg) zararlı etkileri dikkate alınarak seçilmiştir. Abdelgaleil ark., (2021) tarafından uygulanan bir tohum karıştırma tekniği ikili kombinasyonlar için kullanılmıştır. Bu amaçla temiz ve steril 50 g nohut tohumu (var. Koçbaşı) 200 ml'lik cam kavanozlara yerleştirilmiştir. 50 g nohut içeren her bir cam kavanoza Ma ve Th'nin uygulama dozunu içeren şekilde 50 µl spor süspansiyonu olarak uygulanmıştır. Uygulama yapılan kavanozdaki nohutlarda fungus sporlarının eşit bir şekilde dağılmasını sağlamak için 2 dakika boyunca elle çalkalanmıştır. Bu kavanozlar, *C. maculatus*'un erginleri salınmadan veya kombinasyon halinde DT ile işleme tabi tutulmadan önce 30 dakika bekletilmiştir. Benzer şekilde, DT için 50 g nohut cam kavanozlara konulmuş ve ardından 200, 400 ve 800 mg/kg konsantrasyonlarda DT uygulanmıştır. Daha sonra bu kavanozlara ergin böcekleri salmadan önce DT'nin kavanozdaki nohutlar içerisinde eşit şekilde dağıldığından emin olmak için 5 dakika boyunca elle çalkalanmıştır. Toplam 15 muamele (9 bireysel ve 6 kombinasyon muamelesi) Tablo 1'de gösterildiği gibi uygulanmıştır. Kontrol kavanozlarındaki nohutlar ise 50 µl distile su ile muameleye tabi tutulmuştur (Abdelgaleil ve ark., 2021). Bu kavanozdaki nohutlara her bir muameleden sonra, ≤ 24 saatlik yaştaki 10 *C. maculatus* ergini (5 ♂ + 5 ♀) her bir cam kavanoza ayrı ayrı konulmuştur. Tüm kavanozlar, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ve 70 ± 5 bağıl nemde ve 16:8 saat aydınlık/karanlık şartlara sahip inkübatöre (KBWF 240) yerleştirilmiştir. Denemeler her bir muamele için 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemelerde her bir günün gözlemlerinin birbirinden bağımsız olmasını sağlamak için ölümler birbirini takip eden 8 gün boyunca kay-

dedilmiştir (Ozdemir ve ark., 2020). Denemelerdeki tüm muamelelerde her gün için aynı sayıda farklı bireyler ($n = 40$ böcek/gün/izolat/oran) kullanılarak denemeler kurulmuş olup, her sayım gününde ilgili gündeki böceklerin ölümleri değerlendirildikten sonra o güne ait kavanozlar denemeden çıkarılmıştır (Robertson ve ark., 2007). Kontrol grupları için de aynı yöntem izlenmiştir.

Table 1. Çalışmada kullanılan DT, Ma ve Th'n bireysel olarak ve ikili kombinasyonlar halinde uygulanan dozları

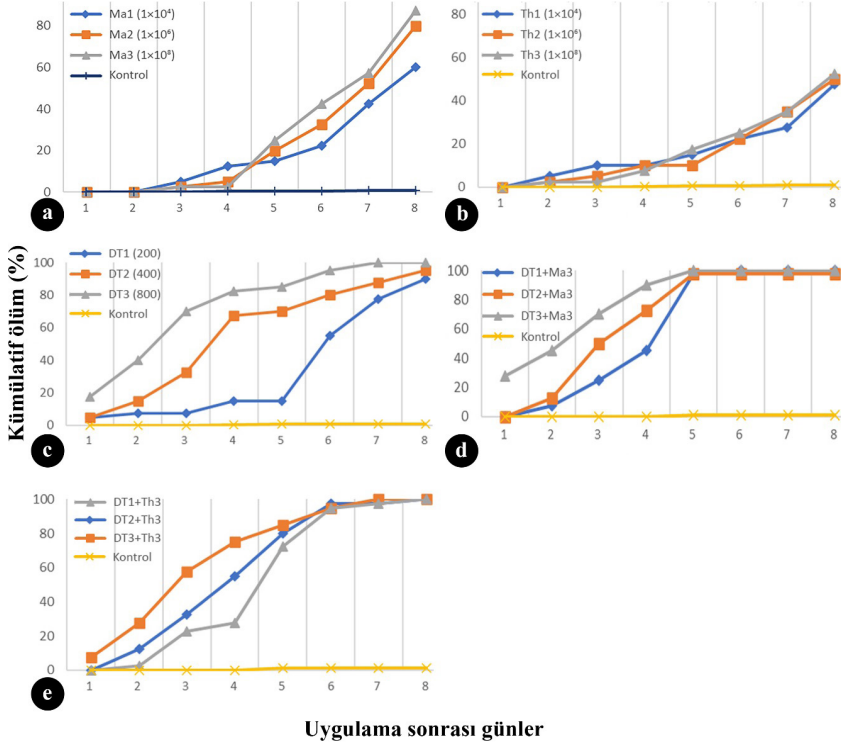
Diatom toprağı (mg/kg)	<i>M. anisopliae</i> (spor/mL)	<i>T. hamatum</i> (spor/mL)	Diatom toprağı (mg/kg) + <i>T. hamatum</i> (spor/mL)	Diatom toprağı (mg/kg) + <i>M. anisopliae</i> (spor/mL)
200 (DT1)	1×10^4 (Ma1)	1×10^4 (Th1)	$200 + 1 \times 10^8$ (DT1+ Ma3)	$200 + 1 \times 10^8$ (DT1+Th3)
400 (DT2)	1×10^6 (Ma2)	1×10^6 (Th2)	$400 + 1 \times 10^8$ (DT2+ Ma3)	$400 + 1 \times 10^8$ (DT2+Th3)
800 (DT3)	1×10^8 (Ma3)	1×10^8 (Th3)	$800 + 1 \times 10^8$ (DT3+ Ma3)	$800 + 1 \times 10^8$ (DT3+Th3)

2.4. İstatistiksel Analizler

Her bir muameleye ait günlük ölüm oranları, ölü böceklerin muameledeki toplam böcek sayısına bölünmesi ve ortalamalarının alınmasıyla bulunmuştur.

3. BULGULAR

Bu çalışmada bireysel olarak kullanılan Ma ve Th izolatlarının 1×10^4 , 1×10^6 , 1×10^8 spor/mL konsantrasyonlarında *C. maculatus*'a karşı uygulanması sonucunda, ölüm oranlarının %47,5 ile %87,5 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ma izolatında en düşük ölüm %60 ile 1×10^4 konsantrasyonunda olurken en yüksek ölüm ise %87,5 ile 1×10^8 konsantrasyonunda elde edilmiştir. Th izolatında ise, en düşük ölüm %47,5 ile 1×10^4 konsantrasyonunda gözlemlenirken en yüksek ölüm ise %52,5 ile 1×10^8 konsantrasyonunda elde edilmiştir (Şekil 1a, b). Tek başına denenen DT'nin ise 200, 400 ve 800 mg/kg dozu *C. maculatus* erginlerinde 8 günün sonunda sırasıyla %90, %95 ve %100 oranında ölüme sebep olmuştur (Şekil 1c). Bireysel uygulamaların tümünde (DT, Ma ve Th) uygulama dozlarının artmasına paralel olarak ölüm oranında artış gözlemlenmiştir.



Şekil 1. a) DT 200, 400, 800 mg/kg; **b)** Ma 1×10^4 , 1×10^6 , 1×10^8 spor/mL; **c)** Th 1×10^4 , 1×10^6 , 1×10^8 spor/mL; **d)** 200, 400, 800 mg/kg DT ile kombinasyon halinde 1×10^8 spor/mL Ma; **e)** 200, 400, 800 mg/kg DT ile kombinasyon halinde 1×10^8 spor/mL Th ile uygulama yapılan nohut tohumlarında *C. maculatus*'un ölüm oranları

Ma'nın 1×10^8 spor/mL dozu ile DT'nin 200, 400, 800 mg/kg dozdaki kombinasyonlarının *C. maculatus* erginlerine uygulanması sonucunda, DT (800 mg/kg) + Ma (1×10^8 spor/mL) ilk günden itibaren 5. günün sonuna kadar en yüksek etkinliği (%100) gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 1d). Th'nin 1×10^8 spor/kg dozu ile DT'nin 200, 400, 800 mg/kg dozdaki kombinasyonlarında da, benzer şekilde ilk günden itibaren zararlının popülasyonunda ölüm meydana getiren DT (800 mg/kg) + Th (1×10^8 spor/mL) kombinasyonu 6. günün sonunda %100 ölüme sebep olmuştur (Şekil 1e).

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Entomopatojen fungus Ma ve Th izolatları bireysel olarak ve DT ile kombinasyon halinde *C. maculatus* erginlerine karşı nohutlara laboratuvar şartlarında uygulanmış ve kombinasyon halindeki uygulamaların bireysel uygulamalara göre daha yüksek bir etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Pek çok depo zararlısına karşı bazı entomopatojen fungusların DT ile kombinasyon halinde değerlendirilmesine rağmen (Kavallieratos ve ark., 2006; Athanassiou ve Steenberg, 2007; Riasat ve ark., 2011), *C. maculatus* ilişkili bu tip çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır (Abdelgaleil ark., 2021; Gad ve ark., 2021; Ozdemir, 2023). Abdelgaleil ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, bireysel olarak en yüksek dozda uygulanan DT (1000 mg/kg) ve *T. harzianum* (1×10^7 spor/kg)'un *C. maculatus* ve *C. chinensis* (L.)'e karşı 7. günün sonunda %90'nın altında bir etkinlik gösterirken, aynı böceklere DT (1000) + *T. harzianum* (1×10^7) ve kaolin (KA) (1000 mg/kg) + *T. harzianum* (1×10^7)'un en yüksek dozdaki ikili kombinasyonlarının %100 ölüme neden olduğunu ve 7 gün içinde en yüksek etkinliği gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Gad ve ark. (2021) benzer bir çalışmada, DT, spinosad (SP), *T. harzianum*'un *C. maculatus* ve *C. chinensis*'e karşı bireysel olarak kullanımına göre ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde uygulanmasının daha yüksek bir etkinlik gösterdiğini belirtmiştir. DE (500 mg/kg) + *T. harzianum* (1×10^6 spor/kg)'un ikili kombinasyonu her iki böcekte de %83,1 ve %85,7 oranında bir ölüme meydana getirirken, üçlü kombinasyonun en yüksek uygulama oranında [DE (500 mg/kg) + SP (0,5 mg/kg) + Th (1×10^6 spor/kg)] her iki böcekte de %100 ölümle sonuçlanmıştır. Benzer amaçla, Ozdemir (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, DT, *T. asperellum*, ve *B. bassiana* bireysel olarak ve kombinasyon halinde *C. maculatus* karşı nohutlara uygulanmış, DT (800 mg/kg) + BB (1×10^8 spor/kg) ve DT (800 mg/kg) + *T. asperellum* (1×10^8 mg/kg)'nın ikili kombinasyonları en yüksek etkinliği göstererek uygulamadan sonra sırasıyla 6. günde ve 7. günde %100 ölüme sebep olmuştur. Daha önce yürütülen tüm çalışmalar göz önünde bulundurularak, DT içeren iki ve üçlü kombinasyonlar bireysel uygulamalara göre daha yüksek bir etkinlik gösterdiği belirlenmiş olup, bizim çalışmalarımızın sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir.

Bizim çalışmamızdaki Th ve Ma'nın 1×10^8 spor/mL dozda bireysel uygulamalarından elde edilen bulgulara göre, bu izolatların 8. günün sonunda sırasıyla %52,5 ve %87,5 oranında bir ölüme sebep olduğu bulunmuştur. Özellikle *Trichoderma* türlerinin virülensliğinin bireysel olarak düşük olduğu literatürde görülmekte olup (Abdelgaleil ark., 2021; Gad ve ark., 2021; Ozdemir, 2023), bizim çalışmamızla uyum göstermektedir. Fakat bu kapsamda *C. maculatus*'a karşı farklı Ma izolatlarıyla ilgili birkaç çalışma önemli bir virülenslik bildirmiştir. Ma'ya ait farklı izolatlar farklı konsantrasyonlarda (1.9×10^7 , 9.8×10^6 , 2.4×10^7 , 2.6×10^8 ve 1.2×10^8 konidi/mL), Mahdeshin ve ark. (2011) tarafından *C. maculatus* erginlerinde 11. gün sonunda yaklaşık olarak % 20-80 arasında ölüm meydana getirdiği

saptanmıştır. Benzer şekilde, Ozdemir ve ark. (2020) *C. maculatus* erginleri üzerine püskürtülerek uygulanan Ma izolatının 1×10^8 spor/mL dozunda 26 °C de 7. gün sonunda %100 ölüme neden olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ve en etkili olduğu belirlenen Ma izolatı, bahsedilen önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında önemli bir etkinlik gösterse de, zararlının erginleri üzerindeki virülensliği dozlara bağlı olarak uygulamadan sonra her geçen gün arttığı, ancak genelde tatmin edici bir ölüm oranının geç ve ergin böceğin ömrünün sonlarına doğru ortaya çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla, bu izolatın DT ile en yüksek dozdaki ikili kombinasyonu [DT (800) + Ma (1×10^8)] uygulamadan 5. gün sonra %100 ölüm meydana getirmiş ve dolayısıyla DT ile Ma izolatının kabul edilebilir bir sinerjist etki gösterdiği gözlenmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada Ma, Th ve DT'nin bireysel ve ikili kombinasyonları test edilmiştir. Ma veya Th'nin DT ile birlikte kullanıldığı uygulamalar, *C. maculatus*'a karşı artan insektisidal etkinlikle sonuçlanmıştır. Azalan uygulama oranlarına rağmen zararlıya karşı umut verici potansiyele sahip etmenler, ikili kombinasyonlarda kabul edilebilir sonuçlar ortaya koymuştur. Bu çalışma DT'nin uygulama oranlarının azaltılmasına yardımcı olabilecek bu umut verici bir yaklaşımı ortaya koymakla birlikte uzun süreli depolama koşullarında *C. maculatus*'a karşı pratik olarak kullanılacak bir yöntem için daha fazla araştırma yapılmasını teşvik edebilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): MY(%10), CT(%60), İÖÖ(%30)

Veri Toplanması (Data Acquisition): MY(%60), CT(%20), İÖÖ(%20)

Veri Analizi (Data Analysis): MY(%40), CT(%30), İÖÖ(%30)

Makalenin Yazımı (Writing Up): MY(%50), CT(%25), İÖÖ(%25)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): MY(%40), CT(%30), İÖÖ(%30)

KAYNAKLAR

- Abdelgaleil, S.A., Gad, H.A., Hamza, A.F., Al-Anany, M.S., 2021. Insecticidal efficacy of two inert dusts and *Trichoderma harzianum*, applied alone or in combination, against *Callosobruchus maculatus* and *Callosobruchus chinensis* on stored cowpea seeds. Crop Protection, 146, 105656. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105656>
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Lazzari, F.A., 2014. Insecticidal effect of Keepdry® for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat under laboratory conditions. Journal of Stored Products Research, 59, 133-139. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.06.011>
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Vayias, B.J., Tsakiri, J.B., Mikeli, N.H., Meletsis, C.M., Tomanović, Ž., 2008. Persistence and efficacy of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) and diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat and maize. Crop Protection, 27, 1303-1311. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.03.004>
- Athanassiou, C.G., Steenberg, T., 2007. Insecticidal effect of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) in combination with three diatomaceous earth formulations against *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Biological control, 40, 411-416. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.12.001>
- Baier, A.H., Webster, B.D., 1992. Control of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) in *Phaseolus vulgaris* L. seed stored on small farms—I. Evaluation of damage. Journal of Stored Products Research, 28, 289-293. Doi: [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(92\)90011-E](https://doi.org/10.1016/0022-474X(92)90011-E)
- Bayram, A., 2018. Determination of repellent effects of local diatomaceous earths against some stored grain insects. Dissertation, Kahramanmaraş Sütçü İmam University.
- Daglish, G.J., 2008. Impact of resistance on the efficacy of binary combinations of spinosad, chlorpyrifos-methyl and s-methoprene against five stored-grain beetles. Journal of Stored Products Research, 44, 71-76. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.06.003>
- Elhag, E.A., 2000. Deterrent effects of some botanical products on oviposition of the cowpea bruchid *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). International Journal of Pest Management, 46, 109-113. Doi: <https://doi.org/10.1080/096708700227462>
- Gad, H.A., Al-Anany, M.S., Atta, A.A., Abdelgaleil, S. A., 2021. Efficacy of low-dose combinations of diatomaceous earth, spinosad and *Trichoderma harzianum* for the control of *Callosobruchus maculatus* and *Callosobruchus chinensis* on stored cowpea seeds. Journal of Stored Products Research, 91, 101778. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101778>
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Michalaki, M.P., Batta, Y.A., Rigatos, H.A., Pashalidou, F.G., Balotis G.N., Tomanović Ž., Vayias, B.J., 2006. Effect of the combined use of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and diatomaceous earth for the control of three stored-product beetle species. Crop Protection, 25, 1087-1094. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.02.009>
- Korunic, Z., 1998. Review Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research, 34, 87-97. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00039-8)
- Korunic, Z., Fields, P.G., Kovacs, M.I.P., Noll, J. S., Lukow, O. M., Demianyk, C. J., Shibley, K. J., 1996. The effect of diatomaceous earth on grain quality. Postharvest Biology and Technology, 9, 373-387. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00038-5)
- Kushiye, R., Tuncer, C., Erper, I., Özer, G., 2021. The utility of *Trichoderma* spp. isolates to control of *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Journal of Plant Diseases and Protection, 128, 153-160. Doi: <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00375-1>
- Kushiye, R., Tunçer, C., Özdemir, I. O., Erper, I., Kalendar, R., Alkan, M., Özer, G., 2022. Molecular characterization of native entomopathogenic fungi from ambrosia beetles in hazelnut orchards of Turkey and evaluation of their in vitro efficacy. Insects, 13, 824. Doi: <https://doi.org/10.3390/insects13090824>
- Mahdneshtin, Z., Vojoudi, S., Ghosta, Y., Safaralizadeh, M.H., Saber, M., 2011. Laboratory evaluation of the entomopathogenic fungi, Iranian isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin against the control of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). African Journal of Microbiology Research, 5, 5215-5220. Doi: 10.5897/AJMR11.876
- Mofunanya, A.A.J., Namgbe, E.E. 2016. Assessment of damage due to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) infestation on germination and nutrient quality of *Vigna unguiculata* L. (Walp). Journal of Agriculture and Veterinary Science, 9(12), 96-101.
- Moore, D., Lord, J.C., Smith, S.M., 2000. Pathogens. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (eds) Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Springer, Boston, MA, pp. 193-227. Doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4353-4_8

- Ozdemir, I.O., 2023. Efficacy of diatomaceous earth, and entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, and *Trichoderma asperellum* in combination and separately, against *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Chrysomelidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 33, 48. Doi: <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00699-8>
- Ozdemir, I.O., Tuncer, C., Erper, I., Kushiye, R., 2020. Efficacy of the entomopathogenic fungi; *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F.(Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 30, 1-5. Doi: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00219-y>
- Permul, D., Le Patourel, G., 1992. Small bin trials to determine the effectiveness of acid-activated kaolin against four species of beetles infesting paddy under tropical storage conditions. Journal of Stored Products Research, 28, 193-199. Doi: [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(92\)90041-N](https://doi.org/10.1016/0022-474X(92)90041-N)
- Riasat, T., Wakil, W., Ashfaq, M., Sahi, S.T., 2011. Effect of *Beauveria bassiana* mixed with diatomaceous earth on mortality, mycosis and sporulation of *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. Phytoparasitica, 39, 325-331. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12600-011-0164-6>
- Robertson J.L., Russell R.M., Preisler H.K., Savin E., 2007. Bioassays with Arthropods. CRC Press, Boca Raton, FL, U.S.A. 2nd edition, xxii + 199 pp. Doi: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2008\)91\[510:BWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2008)91[510:BWA]2.0.CO;2)
- Ziaee, M., Ebadollahi, A., Wakil, W., 2019. Integrating inert dusts with other technologies in stored products protection. Toxin reviews, 40, 404-409. Doi: <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1633673>
- Zimmermann, G., 1993. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. Pesticide Science, 37, 375-379. Doi: <https://doi.org/10.1002/ps.2780370410>



Development of Leaf Area Model in Chokeberry Plant Grown in Different Irrigation Water Quality

Farklı Sulama Suyu Kalitesinde Yetişen Aronya
Bitkisinde Yaprak Alan Modelinin Geliştirilmesi

Ayşe AKYÜZ¹, Bilal CEMEK²

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Samsun
· ayseakyol86@gmail.com · ORCID > 0009-0002-0612-4787

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Samsun,
· bcecmek@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0503-6497

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 15 Ocak/January 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 26 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 207-219

Atrf/Cite as: Akyüz, A., Cemek, B. "Development of Leaf Area Model in Chokeberry Plant Grown in Different Irrigation Water Quality" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(1), Şubat 2024: 207-219.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşe AKYÜZ

DEVELOPMENT OF LEAF AREA MODEL IN CHOKEBERRY PLANT GROWN IN DIFFERENT IRRIGATION WATER QUALITY

ABSTRACT

Chokeberry is a berry fruit species that has grown in the world in a few decades, and it is used in many fields, especially in the pharmaceutical industry. There needs to be a study examining the relationship between leaf area and irrigation water quality in this species, whose cultivation has started to increase. In this study, which was carried out between 2021 and 2022, the effects of irrigation water quality on leaf area in 1-year-old chokeberry plants of the 'Viking' variety grown in peat and soil media were determined. Irrigation water with 0.65 dS m⁻¹ (Control), 2dS m⁻¹, 4dS m⁻¹, 8dS m⁻¹, and 10dS m⁻¹ electrical conductivity were used in the study. A model was developed in this study to estimate leaf area (LA) using leaf width (W) and leaf length (L) values to determine leaf area. The proposed prediction model was determined as ($R^2 = 0.99$). Three-dimensional graphs of the developed models were drawn, and the changes in leaf width, length, and leaf area values against irrigation water salinity were determined. As a result, it was determined that there was a negative relationship between the electrical conductivity of irrigation water and leaf width, length, and area values.

Keywords: *Aronia Melanocarpa*, Leaf Area, Modeling.



FARKLI SULAMA SUYU KALİTESİNDE YETİŞEN ARONYA BİTKİSİNDE YAPRAK ALAN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Aronya, başta ilaç sanayi olmak üzere birçok alan da kullanılmasıyla birlikte dünyada son yüzyılda yetiştirilmeye başlanmış üzüm sü bir meyve türüdür. Yetiştiriciliği artmaya başlayan bu türde yaprak alanı ile sulama suyu kalitesi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır. 2021-2022 yılları arasında yürütülen bu çalışmada, torf ve toprak ortamlarında yetiştirilen 1 yaşlı 'Viking' çeşidine ait aronya bitkilerinde sulama suyu kalitesinin yaprak alanı üzerine etkileri belirlenmiştir. Çalışmada kontrol (0.65 dS m⁻¹), 2dS m⁻¹, 4dS m⁻¹, 8dS m⁻¹ ve 10dS m⁻¹ elektriksel iletkenliğe sahip sulama suları kullanılmıştır. Kalite parametrelerinden biri olan yaprak alanını belirlemek amacıyla bu çalışmada yaprak en (W) ve yaprak boy (L) değerlerini kullanarak yaprak alanını (LA) tahmin etmek için bir model geliştirilmiştir. Önerilen tahmin modeli ($R^2 = 0.99$) olarak belirlenmiştir. Geliştirilen modellerin üç boyutlu grafikleri çizilerek yaprak en, boy, yaprak alan

değerlerinin sulama suyu tuzluluğu karşısındaki değişimleri belirlenmiştir. Sonuç olarak sulama suyunun elektriksel iletkenliği ile yaprak en, boy ve alan değerleri arasında negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Aronia Melanocarpa*, Modelleme, Yaprak Alanı.



1. INTRODUCTION

Chokeberry is an essential fruit with its rich nutrient content. It is a newly introduced species in Türkiye, and its popularity is increasing. Its high vitamin, mineral, antioxidant, anthocyanin, and phenolic compounds allow chokeberry to treat some metabolic diseases (Engin et al., 2018). Thanks to its bioactive compounds, chokeberry is used in the pharmaceutical industry as fresh or processed.

Leaf area is an important physiological input that plays a role in the plant's physiological events, such as photosynthesis, transpiration, and evapotranspiration, and affects the yield and quality parameters of the plant (Smith and Kliewer, 1984; Cemek et al., 2011). Leaf area can be measured directly in the field or determined more effortlessly using estimation models (Robbins and Pharr, 1987). Building a multiple linear regression model (MLR) using easy-to-measure leaf width and length parameters is the most valuable and common approach to determining leaf area (Rouphael et al., 2010). This approach allows us to obtain results effortlessly and without destroying the plant, using fewer inputs and saving time. Accordingly, different leaf area estimation models have been developed for various crops, including pickling cucumber (Robbins and Pharr, 1987), blueberry (NeSmith, 2006; Odabas et al., 2022), banana (Potdar and Pawar, 1991), white mulberry (Satpathy et al., 1992), pecan (Sparks, 1996), avocado, lotus plum, persimmon, kiwi, eggplant, pepper, grape, blackcurrant, pumpkin, raspberry and blackberry (Uzun and Çelik, 1999), sweet cherry (Demirsoy and Demirsoy, 2003), peach (Demirsoy et al., 2004), strawberry (Demirsoy et al., 2005), chestnut (Serdar and Demirsoy, 2006), faba bean (Odabas and Gülümser, 2005; Peksen, 2007), kiwifruit (Mendoza-de Gyves et al., 2007), hazelnut (Cristofori et al., 2007), medlar (Mendoza-de-Gyves et al., 2008), persimmon (Cristofori et al., 2008), coffee (Antunes et al., 2008), corn (Sezer et al., 2009; Öner et al., 2011), grapevine (Miguel et al., 2011; Tsialtas et al., 2008), citrus (Mazzini et al., 2010), apple (Sala et al., 2015), walnut (Keramatlou et al., 2015), apricot (Cirillo et al., 2017), cacao (Salazar et al., 2018), loquat (Teobaldelli et al., 2019), pear (Öztürk et al., 2019), bell pepper (Cemek et al., 2020), paddy (Öner and Odabaş, 2023) and echinacea (Öner et al., 2023).

Plant-based modeling and coefficients are essential for the accuracy of the equation (Öztürk et al., 2019). The physiological responses of plants grown under different conditions differ from each other. Chokeberry plants grown under different irrigation water quality conditions have different leaf area values. Although leaf area estimation has been done in many plants, no model has been developed for the chokeberry plant. Therefore, the prediction model developed for the chokeberry plant is crucial to close this gap.

This study aims to close this gap by developing the leaf area model of the chokeberry plant, which develops in different irrigation water quality and growing medium.

2. MATERIAL AND METHOD

The study was conducted in a greenhouse of Samsun Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, between 2021 and 2022. Viking variety chokeberry plants were grown in 15 L capacity pots in two growing mediums (soil and peat) with five irrigation water qualities. The soil was analyzed at Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition (Table 1). The peat used is standard seedling peat with a pH of 6 and 1.5 g fertilizer per liter (Klasmann TS1[®]).

Table 1. Characteristics of the soil used in the experiment.

Saturation [*]	Structure	pH	EC ^{**}	CaCO ₃ [*]	OM [*]	N [*]	P ^{***}	Ca ^{****}	Mg ^{****}	K ^{****}	N ^{****}
51	Loamy	7.77	0.32	2.05	2.65	0.08	20.5	32.37	14.48	0.41	0.95

^{*}: %; ^{**}: (dS m⁻¹); ^{***}: ppm; ^{****}: Mek/100g

The effects of 5 different irrigation water qualities such as T-K (control subject, 0.65dS m⁻¹), T-2 (2dS m⁻¹), T-4 (4dS m⁻¹), T-8 (8dS m⁻¹) and T-10 (10dS m⁻¹) on chokeberry plants were investigated.

Irrigation water was prepared using three different salt mixtures. For this purpose, 99% pure MgSO₄, 99% pure CaCl₂, and 99.5% pure NaCl salts with high water solubility were used. The required electrical conductivity (EC) value for each treatment subject was determined in the QBASIC computer program with a Sodium Adsorption Ratio (SAR) <5 and Ca/Mg ratio 1/1. The amounts of salt used per 1L of water according to the application subjects are given in Table 2.

Table 2. Amounts of salts to prepare 1L of water solution.

EC	NaCl	MgSO ₄	CaCl ₂
2dS m ⁻¹	0.56	0.45	0.31
4dS m ⁻¹	0.87	1.75	0.75
8dS m ⁻¹	1.50	5.00	1.75
10dS m ⁻¹	2.00	6.12	2.50

After harvest, leaf samples were taken for each subject (3 replicates) to determine the effect of different irrigation water qualities. Leaves were fixed on A4 paper and scanned into a computer. The areas of the scanned leaves were determined according to Tunca et al. (2018). The widest part of the leaf base (W) and the part along the midrib from the tip to the petiole (L) were measured to create a model. For all treatments, 70% of the data were used for model analysis and 30% for model validation.

A model for multiple linear regressions (MLR) was constructed to estimate the leaf area of chokeberry for all irrigation water treatments. Microsoft Office 2015 Excel Package Program was used to create the MLR model. MLR analysis was performed using irrigation water salinity, leaf width, length, and leaf area values. Three-dimensional graphs of the estimated models were drawn with the Slide Write Version 2.0 package program, and the variables' interactions were determined.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics values of leaf width, length, and area values obtained for the leaf area estimation model of chokeberry plants grown in the soil medium are given in Table 3. Leaf width values varied between 1.2 (T-10) and 6.30 cm (T-2) in training data and between 1.60 (T-8) and 6.7 cm (T-K) in test data. Leaf length ranged from 2.40 to 9.40 cm in training data and 2.70 to 9.20 cm in test data. The highest leaf area value was obtained from the control plants, with 46.80 cm² in training data and 39.25 cm² in test data.

Table 3. Descriptive statistics of leaf width, length, and area data of chokeberry plants grown in soil.

Treatment	Training								
	Leaf width (W)(cm)			Leaf length (L)(cm)			Leaf area (LA)(cm ²)		
	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min
T-K	5.54±1.25	6.27	2.91	8.65±0.71	9.20	7.20	35.14±5.78	46.80	23.63
T-2	4.69±0.87	6.30	3.49	7.31±1.50	9.40	5.40	27.54±9.03	41.30	17.02
T-4	4.40±1.17	6.27	2.84	7.19±1.30	8.88	4.85	25.20±9.42	38.46	12.06
T-8	2.61±0.65	3.81	1.87	4.19±0.96	5.88	3.14	9.12±4.35	17.82	5.20
T-10	2.31±1.02	4.72	1.20	3.85±1.49	7.31	2.40	8.12±7.25	27.73	3.08

Treatments	Testing								
	Leaf width (W)(cm)			Leaf length (L)(cm)			Leaf area (LA)(cm ²)		
	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min
T-K	5.41±0.69	6.70	4.78	8.11±0.58	9.07	7.31	30.83±5.58	39.25	22.89
T-2	4.50±1.09	5.80	3.24	7.58±1.29	9.20	5.79	26.64±8.67	37.40	15.85
T-4	4.17±0.84	5.42	3.43	6.90±1.34	8.58	5.50	23.11±7.81	34.94	15.96
T-8	2.61±0.71	3.66	1.60	4.64±0.89	5.90	3.20	10.15±4.02	16.42	3.70
T-10	2.24±0.55	3.13	1.70	3.54±0.99	5.16	2.70	6.54±3.48	12.16	3.50

For the plants grown in the peat medium, the lowest leaf width value was obtained in T-10 treatment with 0.96 cm, and the highest leaf width value was obtained in T-K with 8.19 cm in the training data (Table 4). The leaf length value varied between 3.2 (T-10) and 12.46 cm (T-K). Leaf area ranged from 2.64 (T-10) to 73.06 cm (T-K).

Table 4. Descriptive statistics values of leaf width, length, and leaf area data of chokeberry plants grown in peat.

Training									
Treatments	Leaf width (W)(cm)			Leaf length (L)(cm)			Leaf area (LA)(cm ²)		
	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min
T-K	6.51±1.02	8.19	4.83	9.56±1.41	12.46	6.91	48.11±12.76	73.06	30.04
T-2	6.06±0.49	7.02	5.23	8.73±0.70	10.42	8.10	40.35±5.97	53.33	33.59
T-4	5.85±0.90	7.52	4.46	8.28±0.81	9.43	6.87	37.65±8.21	52.65	24.56
T-8	3.13±0.78	4.55	1.88	5.36±1.02	7.66	3.49	13.04±4.54	22.90	7.31
T-10	2.40±0.63	3.70	0.96	4.21±0.48	4.95	3.20	7.92±1.97	10.86	2.64

Testing									
Treatments	Leaf width (W)(cm)			Leaf length (L)(cm)			Leaf area (LA)(cm ²)		
	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min	Mean±SD	max	min
T-K	6.55±0.47	7.12	5.80	8.95±0.80	9.88	7.78	45.73±7.68	51.65	35.94
T-2	5.60±0.75	6.44	4.30	7.53±0.97	8.59	5.97	34.81±6.81	42.73	24.08
T-4	5.30±0.48	5.70	4.40	7.62±0.89	8.90	6.34	31.97±7.27	42.25	20.21
T-8	2.86±0.53	3.56	2.33	4.73±1.17	6.04	3.18	10.12±3.26	13.83	7.02
T-10	1.87±0.66	2.68	0.95	3.19±0.59	3.85	2.20	5.24±2.29	7.86	1.91

The relationships between leaf width, length, and area parameters were analyzed with three-dimensional graphs for plants grown in the soil (Figure 1) and peat mediums (Figure 2).

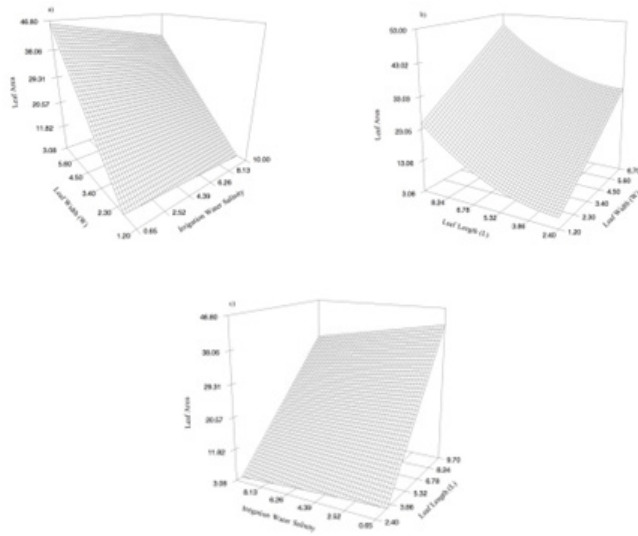


Figure 1. Relationships between leaf area and leaf width-irrigation water salinity (a), leaf area and leaf length-width (b), leaf area and irrigation water salinity- leaf length (c) in aronia plants grown in soil medium.

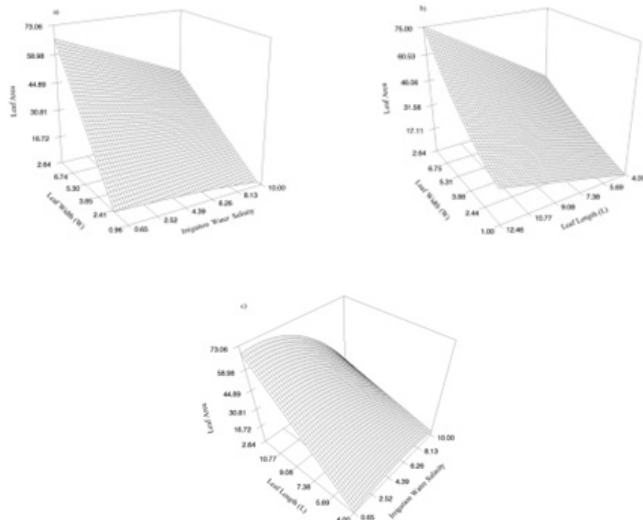


Figure 2. Relationships between leaf area and leaf width-irrigation water salinity (a), leaf area and leaf length-width (b), leaf area and irrigation water salinity- leaf length (c) in aronia plants grown in peat medium.

Effect of irrigation water salinity and leaf width on leaf area (Model 1 (Figure 1a, Figure 2a)): In this model, the effect of increasing irrigation water salinity and plant width on leaf area was determined. Increasing leaf width caused an increase in leaf area at all irrigation water salinity values in both soil (Figure 1a) and peat (Figure 2a). The highest leaf area value was obtained at low salinity and high leaf width values.

Effect of leaf width and leaf length on leaf area (Model 2 (Figure 1b, Figure 2b)): In this model, the effect of change in leaf width and leaf length on leaf area was examined. In Figure 1b, leaf area increased with increasing leaf width and leaf length values in the soil medium. In parallel, the highest leaf area value was obtained at higher leaf width and length values in peat medium (Figure 2b).

Effect of leaf length and irrigation water salinity on leaf area (Model 3 (Figure 1c, Figure 2c)): In this model, the effect of change in leaf em and irrigation water salinity on leaf area was determined. An increase in leaf length leads to an increase in leaf area at all irrigation water salinity values in both soil (Figure 1c) and peat (Figure 2c). The highest leaf area value was obtained at low salinity and high leaf length values.

The leaf area values modeled with MLR were compared with the calculated values. The prediction graph of the models for chokeberry plants grown in soil is given in Figure 3, and the predictions for chokeberry plants grown in peat are given in Figure 4.

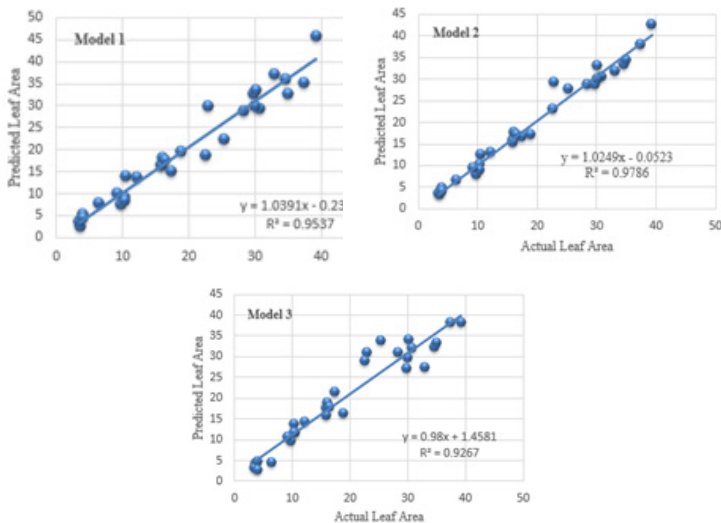


Figure 3. Comparison of leaf area of aronia plants grown in different irrigation water quality and soil with the values estimated from multiple linear regression analysis.

When the models created for leaf area estimation were examined, R^2 values ranged between 92 and 97% in the soil medium (Figure 3). In the peat medium (Figure 4), R^2 values ranging between 95 and 96% were obtained.

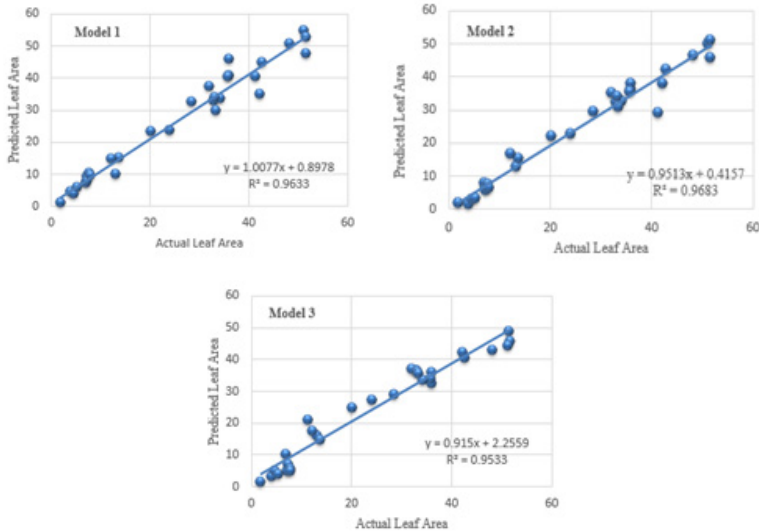


Figure 4. Comparison of leaf area of aronia plants grown in different irrigation water quality and peat with the values estimated from multiple linear regression analysis.

The relationships between irrigation water availability and leaf width, length, and area determined by MLR for chokeberry plants grown in soil and peat media are given in Table 5.

Table 5. Relationships between leaf width, length, irrigation water salinity, and leaf area determined by MLR of chokeberry plant grown in peat and soil medium.

Soil	Model 1	Relationship between irrigation water salinity and leaf width with leaf area	$LA = -14.201 + 0.596 \times EC - 0.207 \times EC \times W + 9.039 \times W$ $SE = (2.68) (0.31) (0.07) (0.51)$ $R^2 = 0.96$
	Model 2	Relationship between leaf width and leaf length with leaf area	$LA = 2.86 + 4.448 \times W + 0.33 \times L^2 - 1.496 \times L$ $SE = (1.26) (0.30) (0.03) (0.50)$ $R^2 = 0.99$
	Model 3	Relationship between leaf length and irrigation water salinity with leaf area	$LA = -19.225 + 6.376 \times L - 0.168 \times L \times EC + 0.919 \times EC$ $SE = (3.22) (0.39) (0.05) (0.37)$ $R^2 = 0.95$
	Model 1	Relationship between irrigation water salinity and leaf width with leaf area	$LA = -23.155 + 1.901 \times EC - 0.581 \times EC \times W + 11.166 \times W$ $SE = (4.25) (0.46) (0.09) (0.66)$ $R^2 = 0.96$
	Model 2	Relationship between leaf width and leaf length with leaf area	$LA = -9.635 + 2.73 \times W + 0.04 \times W^2 \times L + 2.326 \times L$ $SE = (1.46) (0.45) (0.004) (0.31)$ $R^2 = 0.98$
	Model 3	Relationship between leaf length and irrigation water salinity with leaf area	$LA = -28.945 + 2.488 \times EC - 0.052 \times EC^2 \times L + 7.727 \times L$ $SE = (6.77) (0.98) (0.01) (0.62)$ $R^2 = 0.94$

The performance of the models developed for LA estimation in chokeberry with L and W inputs is relatively high (Table 5). It is seen that there is no significant difference between the calculated and estimated LA values in all models. It is seen that the values obtained are also consistent with previous studies. In some horticultural crops, R^2 values were calculated as 0.9975 in peach (Demirsoy et al., 2004), 0.993 in strawberry (Demirsoy et al., 2005), 0.988 in chestnut (Serdar and Demirsoy, 2006), 0.987 in pear (Öztürk et al., 2019), 0.982 in hazelnut (Cristofori et al., 2007). Cemek et al. (2020) estimated the leaf area with an accuracy of 0.99-0.96 (R^2) in bell pepper under different irrigation regimes and stress conditions. Also, they reported that irrigation water salinity caused a decrease in leaf area (Cemek et al., 2020). In another study, Bozkurt and Mansuroğlu (2019) stated that water restriction applications reduced leaf area in their study. Our results from coincide with the previous studies that increase in irrigation water salinity caused a decrease in leaf area.

4. CONCLUSION

According to the results, the increase in the applied irrigation water salinity causes a decrease in leaf area. Leaf width, length, and area values of chokeberry showed changes concerning each other with the applied salt concentrations. Models with high accuracy levels were developed to estimate the chokeberry plant's leaf area by measuring leaf width and length values without damaging the plant. The relationship between leaf area, leaf width, and length values for peat and soil media (model 2) can be used reliably for chokeberry leaf estimation. In this model, leaf area can be estimated using the equation. This model allows leaf area determination without the need to measure leaf area in the field with expensive methods that require more time and effort.

Acknowledgments

The authors would like to thank Ondokuz Mayıs University for the financial support of the project (PYO.ZRT.1901.20.002).

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: AA(%50), BC(%50)

Data Acquisition: AA(%80), BC(%20)

Data Analysis: AA(%50), BC(%50)

Writing Up: AA(%50), BC(%50)

Submission and Revision: AA(%80), BC(%20)

REFERENCES

- Antunes, W.C., Pompelli, M.F., Carretero, D.M., DaMatta, F.M., 2008. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). *Annals of Applied Biology*, 153(1): 33-40.
- Bozkurt, S., Mansuroğlu, G., 2019. Biber bitkisinde doğrusal ölçümlerle yaprak alan modelinin oluşturulması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(2): 77-86.
- Cemek, B., Unlukara, A., Kurunç, A., 2011. Nondestructive leaf-area estimation and validation for green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different stress conditions. *Photosynthetica*, 49: 98-106.
- Cemek, B., Unlukara, A., Kurunç, A., Küçüktopcu, E., 2020. Leaf area modeling of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different stress conditions by soft computing approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174: 105514.
- Cirillo, C., Pannico, A., Basile, B., Rivera, C. M., Giaccone, M., Colla, G., De Pascale, S., Roupael, Y., 2017. A simple and accurate allometric model to predict single leaf area of twenty-one European apricot cultivars. *European Journal of Horticultural Science*, 82: 65-71.
- Cristofori, V., Fallovo, C., Mendoza-de Gyves, E., Rivera, C.M., Bignami, C., Roupael, Y., 2008. Non-destructive, analogue model for leaf area estimation in persimmon (*Diospyros kaki* L. f.) based on leaf length and width measurement. *European Journal of Horticultural Science*, 73(5): 216.
- Cristofori, V., Roupael, Y., Mendoza-de Gyves, E., Bignami, C., 2007. A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements. *Scientia Horticulturae*, 113(2): 221-225.
- Demirsoy, H., Demirsoy, L., Öztürk, A., 2005. Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area. *Fruits*, 60(1): 69-73.
- Demirsoy, H., Demirsoy, L., Uzun, S., Ersoy, B., 2004. Non-destructive leaf area estimation in peach. *European Journal of Horticultural Science*, 69(4): 144-146.
- Demirsoy, L., Demirsoy, H., 2003. Characteristics of some local and standard sweet cherry cultivars grown in Turkey. *Journal of The American Pomological Society*, 57(3): 128.
- Engin, S.P., Boz, Y., Mert, C., Fidancı, A., İkinçi, A., 2018. Growing aronia berry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot), International Gap Agriculture & Livestock Congress, Sanliurfa, pp. 25-27.
- Keramattlou, I., Sharifani, M., Sabouri, H., Alizadeh, M., Kamkar, B., 2015. A simple linear model for leaf area estimation in Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Scientia Horticulturae*, 184: 36-39.
- Mazzini, R.B., Ribeiro, R.V., Pio, R.M., 2010. A simple and non-destructive model for individual leaf area estimation in citrus. *Fruits*, 65(5): 269-275.
- Mendoza-de Gyves, E., Roupael, Y., Cristofori, V., Mira, F.R., 2007. A non-destructive, simple and accurate model for estimating the individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Fruits*, 62(3): 171-176.
- Mendoza-de Gyves, E., Cristofori, V., Bignami, C., Roupael, Y., Fallovo, C., 2008. Accurate and rapid technique for leaf area measurement in medlar (*Espilus germanica* L.). *Advantages in Horticultural Science*, (22): 223-227.
- Miguel, P.S., González, P.J., Fuente, M., del Río, L.J., Santiago, R.L., Trujillo, P.B., Lisarrague, J.R., 2011. Estimation of vineyard leaf area by linear regression. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(1): 202-212.
- NeSmith, D.S., 2006. Fruit development period of several rabbiteye blueberry cultivars. *Acta Horticulturae*, 715: 137-142.
- Odabas, M.S., Kayhan, G., Çelik, H., Okaş, R., 2022. Non-destructively determining blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) leaf area using dpi-based software. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(3): 195-199.
- Odabas, M.S., Gülümser, A., 2005. Developing a software for determining total leaf area on faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 2(3): 268-272.
- Öner, E.K., Arslanoğlu, Ş.F., İskender, R., 2023. Farklı azot ve fosfor uygulamalarının ekinezya'da (*Echinacea purpurea* L.) yaprak alanı üzerine etkilerinin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1): 53-59.
- Öner, F., Odabaş, M.S., 2023. Non-destructive leaf area measurement using mathematical modeling for paddy varieties. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(4): 339-342.
- Öner, F., Odabas, M.S., Sezer, I., Odabas, F., 2011. Leaf area prediction for corn (*Zea mays* L.) cultivars with multiregression analysis. *Photosynthetica*, 49: 637-640.
- Öztürk, A., Cemek, B., Demirsoy, H., Küçüktopcu, E., 2019. Modelling of the leaf area for various pear cultivars using neuro computing approaches. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(4): e0206-e0217.
- Peksen, E., 2007. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*, 113(4): 322-328.
- Potdar, M., Pawar, K., 1991. Non-destructive leaf area estimation in banana. *Scientia Horticulturae*, 45(3-4): 251-254.
- Robbins, N.S., Pharr, D.M., 1987. Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements. *HortScience*, 22(6): 1264-1266.
- Roupael, Y., Mouneimne, A.H., Ismail, A., Mendoza-De Gyves, E., Rivera, C.M., Colla, G., 2010. Modeling individual leaf area of rose (*Rosa hybrida* L.) based on leaf length and width measurement. *Photosynthetica*, 48: 9-15.

- Sala, F., Arsene, G.-G., Iordănescu, O., Boldea, M., 2015. Leaf area constant model in optimizing foliar area measurement in plants: A case study in apple tree. *Scientia Horticulturae*, 193: 218-224.
- Salazar, J.C.S., Melgarejo, L.M., Bautista, E.H.D., Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., 2018. Non-destructive estimation of the leaf weight and leaf area in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Scientia Horticulturae*, 229: 19-24.
- Satpathy, B., Shivnath, A., Rao, K., Ghosh, P., Nair, B., 1992. An easy and rapid method of leaf area estimation in white mulberry (*Morus alba*). *Indian J. Agric. Sci.*, 62: 489-491.
- Serdar, Ü., Demirsoy, H., 2006. Non-destructive leaf area estimation in chestnut. *Scientia Horticulturae*, 108(2): 227-230.
- Sezer, I., Oner, F., Mut, Z., 2009. Non-destructive leaf area measurement in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Environmental Biology*, 30(5): 785.
- Smith, R., Kliewer, W., 1984. Estimation of Thompson Seedless grapevine leaf area. *American Journal of Enology and Viticulture*, 35(1): 16-22.
- Sparks, D., 1996. A climatic model for pecan production under humid conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(5): 908-914.
- Teobaldelli, M., Rouphael, Y., Fascella, G., Cristofori, V., Rivera, C.M., Basile, B., 2019. Developing an accurate and fast non-destructive single leaf area model for loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl) cultivars. *Plants*, 8(7): 230.
- Tsialtas, J., Koundouras, S., Zioziou, E., 2008. Leaf area estimation by simple measurements and evaluation of leaf area prediction models in Cabernet-Sauvignon grapevine leaves. *Photosynthetica*, 46: 452-456.
- Tunca, E., Köksal, E.S., Çetin, S., Ekiz, N.M., Balde, H., 2018. Yield and leaf area index estimations for sunflower plants using unmanned aerial vehicle images. *Environmental monitoring and assessment*, 190: 1-12.
- Uzun, S., Çelik, H., 1999. Leaf area prediction models (Uzcelik-I) for different horticultural plants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(6): 645-650.