



CİLT / VOLUME : 30

SAYI / ISSUE : 1

e-ISSN: 2667-7733 (online)

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

MUSTAFA KEMAL UNIVERSITY

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

Uluslararası Hakemli Bilimsel Dergi / An International Peer Reviewed Scientific Journal



Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi
Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences
e-ISSN:2667-7733

Sahibi/Publisher

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi adına
Prof.Dr. Mehmet MERT, Dekan

On behalf of the Faculty of Agriculture, Hatay Mustafa Kemal University
Prof.Dr. Mehmet MERT, Dean

Yazışma Adresi / Corresponding Address

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
31034 Antakya-Hatay/TURKIYE
Tel: (+90).326.2455845
Fax: (+90).326.2455832
e-mail: zfdergi@mku.edu.tr

Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, uluslararası hakemli statüsünde yılda üç sayı olarak yayınlanmaktadır.

Dergi "CLARIVATE (Web of Science Master Journal List), ULAKBİM TR DİZİN, Biological Abstracts | BIOSIS Previews | Zoological Record, CABI (CAB Abstracts and Global Health), EBSCO Discovery, Scientific Indexing Services (SIS), Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Crossref, Advanced Sciences Index (ASI), Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR), International Institute of Organized Research (I2OR), Index Copernicus, EuroPub, Index Medicine, OJOP ve Google Scholar" **uluslararası indeksler/veritabanları tarafından dizinlenmektedir**. Her makale 2 hakem tarafından incelenmektedir.

Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences is published three times per year and abstracted/indexed in "CLARIVATE (Web of Science Master Journal List), ULAKBİM TR DİZİN, Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Zoological Record, CABI (CAB Abstracts and Global Health), EBSCO Discovery, Scientific Indexing Services (SIS), Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Crossref, Advanced Sciences Index (ASI), Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR), International Institute of Organized Research (I2OR), Index Copernicus, EuroPub, Index Medicine, OJOP and Google Scholar" databases. Each manuscript is evaluated by two referees.

Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi

Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences

e-ISSN:2667-7733

Cilt/Volume: 30, Sayı/Number: 1, 2025

Baş Editör / Editor in Chief

Prof. Dr. Soner SOYLU, Hatay Mustafa Kemal University, Türkiye

Yayın Kurulu / Associate Editorial Board of Section

- Prof. Dr. Ali KAYGISIZ, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Cengiz KARACA, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Erdal DAĞISTAN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Fatih ŞEN, Ege Üni., Türkiye
- Prof. Dr. İzzet AKÇA, Ondokuz Mayıs Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Kazım MAVİ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Şerafettin KAYA, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Zehra GÜLER, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Cahit ERDOĞAN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye

Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

- Prof. Dr. Ahmet Esen ÇELEN, Ege Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN, Ahi Evran Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Aziz GÜL, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Dilşat BOZDOĞAN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Erdal SERTKAYA, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Fatih EVRENDİLEK, Bolu İzzet Baysal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Gülsün Akdemir EVRENDİLEK, Bolu İzzet Baysal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. İbrahim ATIŞ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. K. Mesut ÇİMRİN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Mehmet Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe Üni., Türkiye

Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board (Devam/Continued)

- Prof. Dr. Mahmut KESKİN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Mevlüt GÜL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Murat KAÇIRA, The University of Arizona, USA
- Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT, Atatürk Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Nesrin YILDIZ, Atatürk Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Ömür BAYSAL, Muğla Sıtkı Koçman Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Paula Reis CORREIA, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
- Prof. Dr. Safder BEYAZIT, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. Sema KARANLIK, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Prof. Dr. W. Young PARK, Fort Valley State Üni., USA
- Doç. Dr. Bekir DEMİRTAŞ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Gürkan Alp Kaan GÜRDİL, Ondokuzmayıs Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK, Yozgat Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Nuran TAPKI, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Zafer ERBAY, Adana Alpaslan Türkeş Bil. Tek. Üni., Türkiye
- Assist. Prof. Dr. In-Young CHOI, Jeonbuk National University South Korea
- Assoc. Prof. Dr. Young-Joon CHOI, Kunsan National Üni., South Korea
- Dr. Öğr. Üyesi Ahsen Eren ÖZDEN, Iğdır University, Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Yunus Emre ŞEKERLİ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Carlos A. UTHURRY WEINBERGER, Universidad Nacional de Río Negro, Argentina
- Dr. Volkan ÇEVİK, University of Bath, U.K.

Mizanpaj Editörler Kurulu / Layout Editorial Board

- Doç. Dr. Merve OĞUZ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Pelin BAHADIRLI, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Aybüke KAYA, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Başak ULAŞLI, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Cem Tufan AKÇALI, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Cenk Burak ŞAHİN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Fulya UZUNOĞLU, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇARPAR, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe SARIOĞLU, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye

Mizanpaj Editörler Kurulu / Layout Editorial Board (Devam/Continued)

- Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DURSUN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Derya KAZGÖZ CANDEMİR, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Derya KILIÇ, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZBULDU, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Özge DEMİRKESER, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Arş. Gör. Dilek TÜRKMEN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Arş. Gör. İlknur KÜLAHLIOĞLU ÇEĞİL, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Arş. Gör. Mücahide KÖKSAL, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Arş. Gör. Dr. Sercan DEDE, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Arş. Gör. Yusuf Ziya AYGÜN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye

Yabancı Dil Editörü / Language Editors

- Prof. Dr. Muharrem KESKİN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet Duran ÇELİK, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Doç. Dr. İbrahim ERTEKİN, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye
- Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emin YILDIRIM, Hatay Mustafa Kemal Üni., Türkiye

Grafik Tasarımcısı / Graphics Designer

Uğur CAN

Araştırma Makalesi / Research Article

- Determination of water footprint of major agricultural crops (wheat, potato, pumpkin, dry bean, grape) grown in Nevşehir province**
Nevşehir ilinde yetiştirilen başlıca tarımsal ürünlerin (buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasülye, üzüm) su ayak izinin belirlenmesi 1-12
Mualla KETEN GÖKKUŞ
- The effect of top dressing fertilizer forms applied at different periods on yield and some yield components in durum wheat varieties**
Makarnalık buğday çeşitlerinde farklı dönemlerde uygulanan üst gübre formlarının verim ve bazı verim öğelerine etkisi 13-34
Uğur BİLGE, Kerim Mesut ÇİMRİN
- Effects of inorganic and organic fertilizer applications on yield and quality in İzmir oregano (*Origanum onites* L.)**
İzmir kekiği (*Origanum onites* L.)'inde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri 35-47
Gülcan ÇELİK, Elif FERAHOĞLU, Saliha KIRICI
- Determination of the effects of heterosis and heterobeltiosis for key yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.)**
Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) önemli tane verimi özellikleri için heterosis ve heterobeltiosis etkisinin belirlenmesi 48-59
Pakize Özlem KURT
- The effect of different coloured mulches on weed density and strawberry yield in strawberry**
Farklı renkteki malçların çilekte yabancı ot yoğunluğu ve çilek verimi üzerine etkisi 60-71
Nazife TEMEL, Mehmet Ali SARIDAŞ, Hilmi TORUN
- The effect of silicon applications on seedling growth stress parameters in lettuce (*Lactuca sativa* L.) under salt stress conditions**
Tuz stresi koşullarında marulda (*Lactuca sativa* L.) silikon uygulamalarının fide büyüme stresi parametrelerine etkisi 72-82
Yusuf ÇELİK
- Bioactive profiles and antibacterial activities of extracts Marjoram (*Origanum majorana*) and Aleppo Seven Spices**
Mercanköşk (*Origanum majorana*) ve Halep Yedi Baharatı (Aleppo Seven Spices) ekstraktlarının biyoaktif profilleri ve antibakteriyel aktiviteleri 83-98
Filiz UÇAN TÜRKMEN, Fatma Esen SARIGÜLLÜ ÖNALAN, Ümit Haydar EROL
- A research on the study of egg poultry farms in the free-range system; Hatay province example**
Serbest gezinmeli sistemde yumurta tavukçuluğu işletmelerinin incelenmesi üzerine bir araştırma; Hatay ili örneği 99-107
Mehmet Hanifi YALÇIN, Gülşen ÇOPUR AKPINAR

Araştırma Makalesi / Research Article**Effects of different irrigation levels on development, yield and quality of walnut (*Juglans regia* L.)**

Farklı sulama düzeylerinin cevizin (*Juglans regia* L.) gelişimi, verimi ve kalitesine etkileri 108-124

Şakir TUNÇ, Ahmet ÖZTÜRK

Development of vegan cookies using composite flour and determination of their principal quality characteristics

Kompozit un kullanılarak vegan bisküvilerin geliştirilmesi ve bunların temel kalite özelliklerinin belirlenmesi 125-140

Emir Ayşe ÖZER, Neslihan ÖZBULDU, Nasra ÇOBAN

Determination of grain yield and yield characteristics of different some dent corn (*Zea mays indentata* Sturt.) cultivars in Mardin province second crop condition

Mardin ili ikinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı atdışi mısır (*Zea mays indentata* Sturt.) çeşitlerinin tane verimi ve verim özelliklerinin belirlenmesi 141-153

Mehmet Emin TURAN, Celal YÜCEL

The effects of different harvest times and storage on lavender (*Lavandula × intermedia* var. super A.) post-harvest quality

Lavanta (*Lavandula × intermedia* var. super A.)'da farklı hasat zamanları ve muhafazanın hasat sonrası kalite üzerine etkileri 154-166

Adem DAL, Ömür DÜNDAR, Hatice DEMİRCİOĞLU

A study on the possibility of applicability of One Sample Wilcoxon Signed Rank Test in science: Small ruminant breeding example

Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin Fen Bilimleri alanında uygulanabilme olanağı üzerine bir araştırma: Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği örneği 167-178

Murat ÇİMEN

Factors affecting agricultural insurance in wheat production in Şanlıurfa Province

Şanlıurfa ilinde buğday üretiminde kuraklık sigortasını etkileyen faktörler 179-186

Alanur ADIN, Remziye ÖZEL

Determination of antifungal effects of boron products against fungal disease agents causing rots in carrots

Havuçlarda çürümelere sebep olan bazı fungal hastalık etmenlerine karşı bor ürünlerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi 187-201

Murat KARACA, Emine Mine SOYLU

Türkiye's peach and nectarine exports: An empirical analysis with normalized revealed comparative advantage (NRCA) indexes

Türkiye'nin şeftali ve nektarin ihracatı: Normalleştirilmiş açıklanmış karşılaştırılmalı üstünlük (NRCA) endeksleri ile ampirik bir analiz 202-215

Muhammed Fatih AYDEMİR

Araştırma Makalesi / Research Article**Inter-and intrageneration associations for agronomic traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.)**

Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) tarımsal özellikler için generasyonlar arası ve generasyon içi ilişkiler 216-225

Taner TOPUZ, Volkan Mehmet ÇINAR, Aydın ÜNAY

Analysis of net farm income and constraints faced by okra farmers, North West, Nigeria

Kuzey Batı, Nijerya'daki bamya çiftçilerinin karşılaştığı net çiftlik geliri ve kısıtlamaların analizi 226-236

Olugbenga Omotayo ALABI, Ibrahim MAHARAZU, Adam Abubakar MOHAMMED, Akeem Olusola AJIBOLA, Ademu OCHENI

Insecticidal efficiency of green-synthesized zinc oxide nanoparticles on bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)

Yeşil sentez ile üretilen çinko oksit nanopartiküllerinin fasulye tohum böceği, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) üzerindeki insektisidal etkinliği 237-250

Abdurrahman Sami KOCA, Abdurrahim YILMAZ

Effects of mechanical leaf injury on berry characteristics: A case study of cv. Cabernet Sauvignon and cv. Merlot

Mekanik yaprak yaralamasının tane özellikleri üzerine etkileri; Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşidi örneği 251-266

İlknur KORKUTAL, Elman BAHAR, Serkan CANDAR, Ecem Kübra DEMİRKAPI

Nevşehir ilinde yetiştirilen başlıca tarımsal ürünlerin (buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye, üzüm) su ayak izinin belirlenmesi

Determination of water footprint of major agricultural crops (wheat, potato, pumpkin, dry bean, grape) grown in Nevşehir province

Mualla KETEN GÖKKUŞ¹ 

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 13.08.2024 Accepted / Kabul: 24.10.2024 Anahtar Kelimeler: Evapotranspirasyon Sulama Sanal su muhtevası Yeşil su ayak izi Mavi su ayak izi Keywords: Evapotranspiration Irrigation Virtual water content Green water footprint Blue water footprint ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Mualla KETEN GÖKKUŞ mketen@nevsehir.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Su ayak izi bir ürünün üretiminde kullanılan toplam su hacmidir. Su ayak izi üretim şekline göre yeşil su ayak izi, mavi su ayak izi ve gri su ayak izi olarak üç bileşene sahiptir. Mavi su ayak izi (msa), ürün ve hizmetlerin tedariki boyunca tüketilen yeraltı ve yerüstü tatlı su hacmini; yeşil su ayak izi (ysa) toprak nemi olarak depolanan yağış hacmini; gri su ayak izi ise bir ürünün üretim zinciriyle ilişkili kirleticileri azaltmak için gerekli su hacmini ifade eder. Bu çalışmanın amacı Nevşehirde üretimi en fazla yapılan başlıca tarımsal ürünlerden buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün yeşil ve mavi su ayak izinin hesaplanmasıdır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, Nevşehirde 1 ton buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümü üretebilmek için gereken su miktarı 2643, 169, 6343, 1963, 797 m³ t⁻¹ olarak bulunmuştur. Sonuçta buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün toplam su ayak izi sırasıyla 585 685, 47 455, 126 962, 55 593 ve 80 490 m³ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bitki su tüketimi düşük olan bitkilerin daha düşük su ayak izine sahip olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sonucunda bölgenin iklim özellikleri ve su kaynakları göz önüne alındığında, Nevşehirde bitki su tüketimi daha düşük bitkilerin yetiştiriciliğinin yapılması önerilmiştir. ABSTRACT Water footprint is the total volume of water used at each stage of production of a product. The water footprint has three components depending on the mode of production: green water footprint, blue water footprint and grey water footprint. Blue water footprint (bwf) refers to the volume of groundwater and surface freshwater consumed throughout the supply of products and services; green water footprint (gwp) refers to the volume of precipitation stored as soil moisture; grey water footprint refers to the volume of water required to reduce pollutants associated with a product's production chain. The aim of this study is to calculate the green and blue water footprints of wheat, potato, pumpkin, dried beans and grapes, which are among the main agricultural products produced in Nevşehir. According to the findings obtained from the study, the amount of water required to produce 1 tonne of wheat, potato, pumpkin, dried beans and grapes in Nevşehir was found to be 2643, 169, 6343, 1963, 797 m³ t⁻¹. As a result, the total water footprints of wheat, potato, pumpkin, dry beans and grapes were calculated as 585 685, 47 455, 126 962, 55 593 and 80 490 m³, respectively. According to the results, it was understood that plants with low plant water consumption have a lower water footprint. As a result of the study, considering the climatic characteristics and water resources of the region, it is recommended that plants with lower plant water consumption should be cultivated in Nevşehir.
Cite/Atıf	Keten Gökkuş, M. (2025). Nevşehir ilinde yetiştirilen başlıca tarımsal ürünlerin (buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye, üzüm) su ayak izinin belirlenmesi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 1-12. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1532720

GİRİŞ

Su; tarım, gıda, sanayi, teknoloji, enerji üretimi, ekolojik denge ve sosyo-kültürel açıdan bakıldığında, yaşamın kaynağıdır. Birçok sektör ve bireysel kullanımlar büyük ya da küçük ölçekte suyu harcamaktadır. Su kullanımının sektörlere göre oranı incelendiğinde en fazla kullanımın %77 oranında tarımda tüketildiği ortaya çıkmaktadır (Şahin, 2016). Dolayısıyla tarımda su kullanımında belli oranlarda yapılacak tasarrufun bazı sektörlerin yıllık su ihtiyacına yetecek düzeyde olabileceği anlaşılmaktadır. Türkiye'nin mevcut kullanılabilir su kaynakları 112 milyar metreküptür (Atabey ve Yokuş, 2016). Kullanılabilir su kaynaklarının da yaklaşık 44 milyar metreküpü tarım sektöründe, 13 milyar metreküpü içme suyu ve sanayide kullanılmaktadır. Yani tarımda kullanılan suyun %22.75'i tasarruf edildiğinde içme suyu ihtiyacı ve sanayi sektörünün su ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Bu anlamda su kaynaklarının verimli kullanılması ve israf edilmemesi büyük önem taşımaktadır. Muratoğlu (2019)'un belirttiği gibi Dünya nüfusunun önemli bir kısmı ciddi su kıtlığı sorunları yaşamaktadır. Su kaynaklarının bilinçsiz ve aşırı kullanımı nedeniyle gıda güvenliği, insan sağlığı ve doğal ekosistem üzerindeki su kıtlığına bağlı tehditlerin gelecekte daha da artacağı tahmin edilmektedir. Bu sebepler su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini gerekli kılmaktadır. Bu anlamda Hoekstra (2003) su ayak izi kavramını ortaya koymuştur. Su ayak izi bir bireyin, topluluğun veya işletmenin tükettikleri veya ürettikleri mal ve hizmetler için kullandıkları toplam tatlı su hacmi olarak tanımlanır (Hoekstra ve ark., 2009). Geleneksel yaklaşımlar ve istatistikler, su yönetimi çalışmaları için sınırlı bilgi sağlamakta ve su kullanımını büyük ölçüde göz ardı etmektedir. Su ayak izi, insanların su kullanımı derecesini ve türünü ayrı ayrı ölçen, bunları bir birim su hacminde birleştiren ve yakın zamanda geliştirilen kapsamlı bir göstergedir (Muratoğlu, 2022). Su ayak izinin belirlenmesi için temelde yeşil su ayak izi, mavi su ayak izi ve gri su ayak izi olmak üzere üç kavram bulunur. Yeşil su, toprağa sızan veya bitkiler tarafından tutulan ve evapotranspirasyon (ET) ile tüketilen yağmur suyudur (Sood ve ark., 2014). Bu suyun tüketimi yeşil su ayak izine yol açar. Mavi su, tatlı yüzey ve yeraltı sularıdır ve bu suyun tüketimi mavi su ayak izini ifade eder (Hoekstra, 2003; Hoekstra and Chapagain, 2007; Hoekstra ve ark., 2011; Batan, 2021). Mavi ve yeşil su kaynakları farklı özelliklere sahiptir ve bu nedenle verimliliklerini optimize etmek için farklı yönetim stratejilerine ihtiyaç duyarlar (Khan ve ark., 2021). Tarımsal ürünlerin bitki su ihtiyacı, büyüme mevsimi boyunca evapotranspirasyonun ölçülmesiyle belirlenir. Bu nedenle, bitkilerin su ayak izi büyük ölçüde evapotranspirasyona bağlıdır. Yağış ve sulama, ürünlerin evapotranspirasyon gereksinimlerinin karşılandığı iki temel girdidir. Buna göre, üretim süreci boyunca kullanılan toplam yağış miktarı yeşil su olarak bilinir. Başka bir deyişle, yeşil su, yeraltı sularını yenilemek için akışa geçmeyen veya süzülmeyen tüm yağış miktarı olarak tanımlanır (Hoekstra ve ark., 2011; Xu ve Wu, 2018; Muratoglu ve ark., 2023). Öte yandan, sulama olarak uygulanan toplam yüzey ve yeraltı suyu kaynakları mavi su olarak kategorize edilmektedir. Hem mavi hem de yeşil su ayak izi tüketim amaçlı su ayak izi bileşenleri olarak sınıflandırılır. Su ayak izinde kullanılan suyu türlerine göre ayırmanın bazı yararları olmaktadır. Örneğin, genelde kurak ve yarı kurak alanlarda yüzey ve yeraltı suyunu temsil eden mavi su ayak izinin yüksek olması o bölgede su stresi yaşanacağı anlamına gelir (Veettil and Mishra, 2018). Bir bölgede yağmur suyunu temsil eden yeşil su ayak izinin yüksek olması, o bölgenin ekolojik açıdan daha sürdürülebilir bir bölge olduğu anlamına gelir (Hoekstra ve ark., 2011; Novoa ve ark., 2019; Batan, 2021). Bulut ve Canbaz (2022) Sivas koşullarında yetiştirilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğinin su ayak izini incelemişlerdir. Toplam su ayak izini ayçiçeğinde $30\ 165\ m^3\ ton^{-1}$, buğdayda $1619\ m^3\ ton^{-1}$, arpada $1292\ m^3\ ton^{-1}$ ve şeker pancarında $108\ m^3\ ton^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Toplam su ayak izi içerisinde buğday ve arpanın yeşil su ayak izinin, şeker pancarı ve ayçiçeğinde ise mavi su ayak izinin daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebini buğday ve arpanın yetiştirme döneminin yağışlı, şeker pancarı ve ayçiçeğinin yetiştirme döneminin kurak zamanlara denk gelmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Sivas ve Nevşehir her ne kadar aynı bölgede yer alıyor olsa da iklim özellikleri ve yetiştirilen başlıca tarımsal ürünler anlamında birbirinden ayrılmaktadır. Bu yüzden Nevşehir ilinde öncelikle yetiştiriciliği yapılan bitkisel ürünlerin su ayak izinin bilinmesi önemlidir. Çakmak ve Torun (2023) Konya havzasının yeşil net sulama suyu ihtiyacını $13059\text{-}1280\ m^3\ da^{-1}$ aralığında, mavi net sulama suyu ihtiyacını $166025\text{-}30950\ m^3\ da^{-1}$ aralığında bulmuştur. Yeşil su ayak izini $605130\text{-}59048617\ m^3$, mavi

su ayak izini ise 6492626- 492393320 m³ olarak hesaplamışlardır. Yapılan çalışma havza bazında değerlendirildiği için direkt olarak hangi bitkinin su ayak izinin ne miktarda olduğu belirtilmemiştir. Muratoğlu (2020) Diyarbakırda arpa, buğday, mercimek, mısır, pamuk ve üzümün su ayak izini incelemiştir. Arpa, buğday, mercimek, mısır, pamuk ve üzümün su ayak izini sırasıyla 1261 m³ton⁻¹, 1269 m³ton⁻¹, 1854 m³ton⁻¹, 990 m³ton⁻¹, 2303 m³ ton⁻¹ ve 1773 m³ton⁻¹ olarak bulmuştur. Yapılan çalışmanın Diyarbakır iklim koşullarında gerçekleşmesi ve Nevşehir'in başlıca ürünlerinin hepsini kapsamaması sebebiyle Nevşehirdeki bitkilerin ayrıca su ayak izinin belirlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Nevşehir'in tarımsal ölçekteki geçim kaynağı büyük ölçüde patates, çerezlik kabak, kuru fasulye, üzüm ve buğdaya dayanmaktadır. Üreticilerin çoğunluğu üzüm ve buğdayda sulama yapmazken kuru fasulye ve patatesten sulama yapmaktadır. Çerezlik kabak bölgede hem sulu hem de susuz yetiştiriciliğe olanak sağlamaktadır. Nevşehirde yağışların ve su kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı sulu tarım her bölgede yaygın bir şekilde yapılamamaktadır. Bu yüzden şehirde iyi programlanmış bir bitkisel üretim planına ihtiyaç vardır. Bitkisel üretim planı düzenlenirken bitkilerin mutlaka su ayak izi de belirlenmelidir ki bölgenin su kaynakları potansiyeline göre verimli üretimler gerçekleştirilebilsin. Nevşehirde en fazla yetiştirilebilen bitkiler buğday, arpa, çerezlik kabak, üzüm, nohut, kuru fasulye, patates, şeker pancarıdır. Bu bitkiler üreticiler tarafından sıklıkla ve eskiden beri üretilmesine rağmen bitkisel üretim çeşitliliği için azdır. Bu yüzden bölgede su ayak izi daha düşük başka bitkilerin yetiştirilme olanakları da planlanmalıdır. Bu çalışmanın amacı bölgede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün su ayak izinin belirlenmesidir. Bu amaç kapsamında Nevşehir iklim özelliklerinden yola çıkılarak yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Etkili yağış verileri ile kıyaslanarak yeşil bitki su tüketimi ve mavi bitki su tüketimi belirlenmiştir. Ardından tüm bitkilerin su ayak izi belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı

Çalışma Nevşehir iklim ve toprak koşullarına göre değerlendirilmiştir. Nevşehirde karasal iklim tipi görülmektedir. Kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlarda sıcak ve kuraktır. 1100 ile 1350 m rakıma sahiptir. Yıllık ortalama düşen yağış miktarı 400 mm civarındadır. Nisbi nem yaz aylarında düşük kış aylarında ise yüksektir (Şıkoğlu ve Arslan, 2019). Toplam 5 386 300 dekar arazi miktarı bulunan Nevşehirde 3 522 178 dekar tarım arazisi bulunmaktadır. Şehirde %83 oranında kuru tarım yapılırken geri kalan sadece %17'lik bir alanda sulu tarım yapılabilmektedir. Kuru tarım alanlarında genellikle buğday, arpa, nohut çavdar yetiştiriciliği yapılırken sulu alanlarda genellikle çerezlik kabak, patates, kuru fasulye ve şeker pancarı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2021).

Çalışılan bitkilere ait özellikler

Çalışmada bölgede yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzüm kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkilerin 2020 yılına ait ekim alanı ve verimine ait değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada yer alan bitkilerin 2020 yılı üretim miktarları ve verimleri Nevşehir Tarım İl Müdürlüğünden alınmıştır.

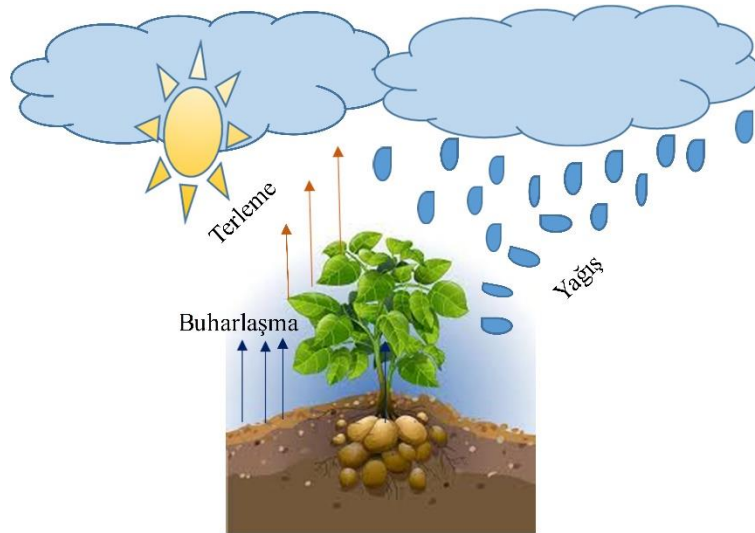
Çizelge 1. Nevşehirde yetişen yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, fasulye ve üzümün 2020 yılı ekiliş alanı ve verim değerleri

Table 1. Planted area and yield values of wheat, potatoes, pumpkin, beans and grapes grown in Nevşehir in 2020

Bitki çeşidi	Ekim alanı (hektar)	Ürün miktarı (ton)	Verim (ton ha ⁻¹)
Buğday	92 70	222	2.39
Patates	6 98	290	41.52
Çerezlik kabak	21 75	20	0.92
Fasulye	9 22	28	3.04
Üzüm	18 97	101	5.32

Bitki su tüketiminin belirlenmesi ve su ayak izi ile ilişkisi

Yeşil su ayak izi hesabı için gerekli olan etkili yağış ve evapotranspirasyon değerleri FAO tarafından geliştirilen Cropwat 8.0 (penman monteith) yazılımından elde edilmiştir. Cropwat yazılımında kullanılan girdiler sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı, güneşli saatler, bağıl nem, ekim ve hasat tarihi, bitki katsayısı, kök uzunluğu ve bitki faktörü, toprak tekstürü, mevcut toprak suyu, infiltrasyon oranı ve ekim tarihindeki toprak nem miktarıdır. Bu girdiler sonucunda Cropwat yazılımı referans evapotranspirasyonu (referans bitki su tüketimi, ET_0) ve evapotranspirasyonu (bitki su tüketimini, ET_c) belirler. Yeşil su ayak izi, doğrudan evapotranspirasyonla ilgilidir. Çünkü yeşil su, evapotranspirasyon yoluyla atmosfere geri döner. Toprakta bulunan ve bitkiler tarafından kullanılan yeşil su, bitkiler tarafından transpirasyon yoluyla ve topraktan evaporasyon yoluyla atmosfere geri buharlaşır. Bu nedenle, bir bölgedeki yeşil su ayak izi, o bölgedeki evapotranspirasyon oranları ile doğrudan ilişkilidir. Şekil 1’de yeşil su ayak izinin evapotranspirasyonla ilişkisini daha iyi anlamayı sağlayan evapotranspirasyon bileşenleri verilmiştir (Şekil yazarlar tarafından oluşturulmuştur). Çalışmaya konu olan bitkilerin dönemlere göre gelişme süreleri ve bitki su tüketimi katsayıları Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (2017) tarafından oluşturulan rapordan elde edilmiştir.

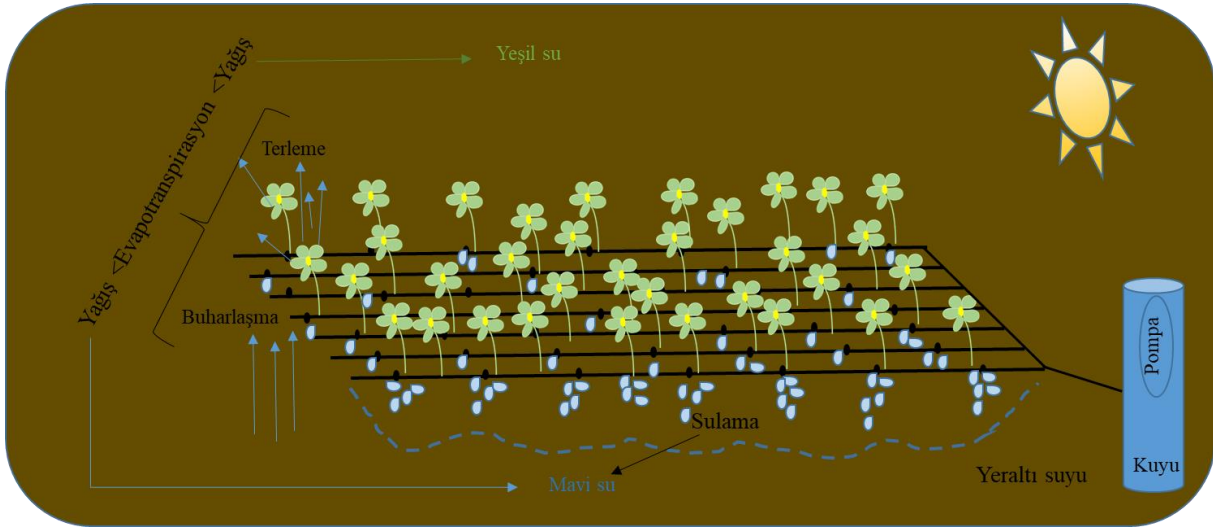


Şekil 1. Su ayak izini belirlemek için gerekli evapotranspirasyon bileşenleri

Figure 1. Evapotranspiration components required to determine water footprint

Mavi su ayak izi belirlenirken de evapotranspirasyonun bilinmesi gerekmektedir. Bitkisel üretimde mavi su ayak izi yağışların yetersiz kaldığı durumlarda bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun yeraltı veya yer üstü su kaynaklarından sağlanması sonucunda elde edilir. Bu da genellikle sulama ile karşılanır. Sulama mavi su ayak izinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden bir tanesidir. Özellikle bitki su ihtiyacı fazla olan bitkilerin üretiminde

sulamaya daha fazla ihtiyaç vardır. Sulama ihtiyacı fazla olan bitkilerin mavi su ayak izinin de fazla olacağı tahmin edilebilir. Verimli sulama teknikleri (basınçlı sulama sistemleri) yukarıda bahsedilen bitkilerin su kullanımını azaltacağından mavi su ayak izini de azaltmış olur. Şekil 2’de yeşil ve mavi su ayak izinin belirlenmesinde dikkate alınacak hususlara yer verilmiştir ((Şekil yazarlar tarafından oluşturulmuştur). Yağış miktarının bitki su tüketiminden fazla olduğu durumlarda bitkiler ayrıca sulanmaya ihtiyaç duymazlar. Bu bitkilerin yetiştiriciliğinde herhangi bir yeraltı ve yer üstü su kullanılmadığından yeşil su ayak izi ifadesi kullanılır. Ancak her bitki için yağışlar yeterli gelmez. Bu durumda evapotranspirasyon yağışlardan yüksektir. Bunun sonucundan bitkilerin sulanması gerekir. Sulama işlemi bir yeraltı veya yerüstü su kaynağından yararlanılarak gerçekleştirildiğinden mavi su ayak izi ifadesi kullanılır.



Şekil 2. Evapotranspirasyon, yağış ve su ayak izi arasındaki ilişkiler

Figure 2. Relationships between evapotranspiration, precipitation and water footprint

Yeşil ve mavi su ayak izinin belirlenmesi

Buğday, patates, çerezlik kabak, fasülye ve üzümün yeşil ve mavi su ayak izi Chapagain ve Hoekstra (2004) tarafından geliştirilen yöntemlerle belirlenmiştir. Buna göre yeşil ve mavi bitki su tüketimi Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)’ye göre belirlenmektedir.

$$ET_{yeşil} = \min(ET_c, Pe) \quad \text{Eşitlik (1)}$$

$$ET_{mavi} = \max(0, (ET_c - Pe)) \quad \text{Eşitlik (2)}$$

Eşitlik 1’de yer alan $ET_{yeşil}$ (mm) yeşil evapotranspirasyonu; ET_{mavi} (mm) mavi evapotranspirasyonu; ET_c (mm) bitki su tüketimini, Pe (mm) ise etkili yağışı ifade etmektedir. Eşitlik (3) ve Eşitlik (4)’te bitki su tüketimi formülleri verilmiştir.

$$BST_{yeşil} = ET_{yeşil} \times 10 \quad \text{Eşitlik (3)}$$

$$BST_{mavi} = ET_{mavi} \times 10 \quad \text{Eşitlik (4)}$$

Burada $BST_{yeşil}$ ($m^3 \text{ ha}^{-1}$) bitkinin yeşil su tüketimini, BST_{mavi} ($m^3 \text{ ha}^{-1}$) ise bitkinin mavi su tüketimini ifade etmektedir. Eşitlik (5) ve Eşitlik (6)’da su ayak izi hesabına ilişkin formüller verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan sonra yeşil sanal su muhtevası, mavi sanal su muhtevası ve toplam sanal su muhtevası Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) ve Eşitlik (7)’ye göre hesaplanır.

$$SSM_{yeşil} = \frac{BST_{yeşil}}{v} \quad \text{Eşitlik (5)}$$

$$SSM_{mavi} = \frac{BST_{mavi}}{v} \quad \text{Eşitlik (6)}$$

$$SSM_{toplam} = SSM_{yeşil} + SSM_{mavi} \quad \text{Eşitlik (7)}$$

Burada yer alan V (ton ha⁻¹) verimi ifade etmektedir. Her bitkiye ait toplam su ayak izinin (SA) formülü ise Eşitlik (8)'de verilmiştir.

$$SA_{toplam} = \sum SSM_i \times P_i \quad \text{Eşitlik (8)}$$

Eşitlikte yer alan P (ton) üretim miktarını ifade etmektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yeşil ve mavi su ayak izinin belirlenmesinde öncelikli olarak yetiştiriciliği yapılan bitkilerin evapotranspirasyon değeri ve aylara ait etkili yağış miktarı belirlenir. Bunun sonucunda E_Tyeşil ve E_Tmavi elde edilir. Buğdayda aylara göre E_Tc, P_e, E_Tyeşil ve E_Tmavi Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Buğdayın yeşil ve mavi evapotransyon miktarı

Table 2. Green and blue evapotration amount of wheat

Aylar	E _T c	P _e	E _T yeşil	E _T mavi
Ocak	19.9	41.8	19.9	0
Şubat	29.5	36.6	29.5	0
Mart	62.1	42.6	42.6	19.5
Nisan	104.5	48.5	48.5	56
Mayıs	142.3	51.8	51.8	90.5
Haziran	175.7	31.3	31.3	144.4
Temmuz	40.6	10.8	10.8	29.8
Ekim	20.1	21.2	20.1	0
Kasım	19.9	33.1	19.9	0
Aralık	17.2	46.8	17.2	0
Toplam	631.8	364.5	291.6	340.2

Nevşehirde buğday yetiştiriciliği Ekim-Temmuz aylarını kapsayan dönemlerde yapılır. Bununla beraber buğdayın suya ihtiyacının en fazla olduğu dönemlerde yeteri kadar yağış düşmez. Buğdayın toplam E_Tyeşil değeri toplam E_Tmavi’den düşük çıkmıştır. Buğday her ne kadar ekim tarihi itibarıyla kış yağışları olarak bitki su ihtiyacının bir kısmını yağışlarla giderse de, suya en çok ihtiyaç duyan dönemlerinde yağışlar yeterli olmaz. Bu yüzden de verimli bir buğday üretimi için sulama gerekli olur. Bu yüzden de buğdayda E_Tmavi E_Tyeşilden daha yüksek çıkmıştır. Bulut ve Canbaz (2022) Sivas koşullarında yetiştirdikleri buğdayda yeşil bitki su tüketimini mavi bitki su tüketiminden daha yüksek bulmuşlardır. Bunun gerçekleşmesinin sebebini de buğdayın suya ihtiyaç duyduğu dönemlerde yağış almasından kaynaklandığını vurgulamışlardır. Çizelge 3’te patatese ait etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Patatesin yeşil ve mavi evapotranspirasyon miktarı

Table 3. Green and blue evapotranspiration amount of potato

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Nisan	33.4	32.9	32.9	0.5
Mayıs	71.3	51.7	51.7	19.6
Haziran	143.7	31.2	31.2	112.5
Temmuz	207.7	10.9	10.9	196.8
Ağustos	185.7	6	6	179.7
Eylül	37.6	2.9	2.9	34.7
Toplam	679.4	135.6	135.6	543.8

Patatesin ETmavi değeri ETyeşilden yaklaşık 4 kat daha fazladır. Patates bitkisi Nevşehirde Nisan ayında ekilir. Nisanda bitki su tüketimi (ETc) bitkinin çimlenme ve çıkış zamanı olmasından dolayı diğer aylara göre daha düşüktür. Bitkinin ilerleyen dönemlerinde yağışın az bitkisi su ihtiyacının daha fazla olması patatesten sulamayı gerektirir. 4 katlık bir farkın oluşması sulamanın patates gelişimi için önemli bir yer tutmasından kaynaklanmıştır. Cabello ve ark. (2016) Kübanın Montanzos bölgesinde patatesin yeşil bitki su tüketimini 150 mm, mavi su tüketimini ise 241 mm olarak bulmuşlardır. Elde edilen bulgular birbiri ile benzerlik göstermektedir. Ancak Nevşehirde yeşil ve mavi su tüketimi arasındaki fark Küba’da elde edilen sonuçlardan daha fazladır. Bunun sebebinin bölgelerin iklim farkından, özellikle de düşen yağış miktarı farklılığından kaynaklandığını düşündürmüştür. Çizelge 4’te çerezlik kabağa ait etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 4. Çerezlik kabağın yeşil ve mavi evapotransyasyon miktarı

Table 4. Green and blue evapotration amount of pumpkin

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Mayıs	57.7	51.8	51.8	5.9
Haziran	138.5	31.3	31.3	107.2
Temmuz	192.1	10.8	10.8	181.3
Ağustos	164.3	5.9	5.9	158.4
Eylül	31	11.8	11.8	19.2
Toplam	583.6	111.6	111.6	472

Çerezlik kabak Nevşehirde hem sulu hem de susuz koşullarda yetiştirilmektedir. Sulu koşullarda yetiştirilen çerezlik kabak susuz koşullara göre verimde neredeyse 2 katına yakın bir farka sebep olur. Ancak bölgenin iklim koşulları susuz koşullarda da çerezlik kabak yetiştiriciliğini mümkün kılar. Bu durum mısır, şeker pancarı gibi bitkiler için geçerli değildir. çerezlik kabakta ETmavi ET yeşilden 4.5 kata yakın daha yüksek çıkmıştır. Bu durum çerezlik kabak yetiştiriciliğinin yapıldığı dönemlerde yağışın bitki su ihtiyacını karşılamada yetersiz kaldığını bu yüzden sulama suyuna ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Çizelge 5’te etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5. Kuru fasulyenin yeşil ve mavi evapotransiyon miktarı

Table 5. Green and blue evapotranspiration amount of dry beans

Aylar	ET _c	Pe	ET _{yeşil}	ET _{mavi}
Mayıs	34.9	34.1	34.1	0.8
Haziran	116.9	31.2	31.2	85.7
Temmuz	210.3	10.8	10.8	199.5
Ağustos	189.5	5.9	5.9	183.6
Eylül	51.1	3.2	3.2	47.9
Toplam	602.7	85.2	85.2	517.5

Kuru fasulye vejetatif ve generative dönemlerinde bitki su ihtiyacı fazla, buna karşılık yağış miktarı oldukça düşük kalmıştır. Bu da sulamayı gerekli kıldığı için ET_{mavi} ile ET_{yeşil} arasında yaklaşık 6 katlık bir fark oluşmuştur. Kuru fasulyenin mavi su ihtiyacı buğday ve çerezlik kabaktan yüksek çıkmıştır. Kuru fasulye yetiştiriciliğinin yapıldığı dönemlerde yağış Nevşehir’de yetersizdir. Aslında çerezlik kabak ve kuru fasulyenin yetiştiği dönemler aynı olsa da kuru fasulyenin su ihtiyacı çerezlik kabaktan yüksek olduğu için mavi su ihtiyacı da çerezlik kabağa göre daha yüksek çıkmıştır. Bu yüzden kuru fasulyeden verim alabilmek için sulama gereklidir. Çizelge 6’da üzüm bitkisine ait etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 6. Üzümün yeşil ve mavi evapotransiyon miktarı

Table 6. Green and blue evapotranspiration amount of grapes

Aylar	ET _c	Pe	ET _{yeşil}	ET _{mavi}
Nisan	29	48.5	29	0
Mayıs	62.3	51.7	51.7	10.6
Haziran	104.1	31.2	31.2	72.9
Temmuz	127	10.9	10.9	116.1
Ağustos	101.7	5.9	5.9	95.8
Toplam	424.1	148.2	128.7	295.4

Nevşehirin iklim koşulları üzümün susuz olarak yetiştiriciliğine olanak sağlasa da sulu koşullarda yetiştirilen üzümün meyve verimi ve kalitesi daha yüksektir. Su kaynakları ve sulama imkanları göz önüne alındığında Nevşehirli üzüm yetiştiricileri genellikle susuz üretim gerçekleştirir. Buna olanak sağlayan en önemli etmen üzümün bitki su tüketiminin Nevşehirde yetiştirilen diğer bitkilere göre nispeten daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim ET_{mavi} ve ET_{yeşil} arasındaki 2.5 kat farktan da bu durum anlaşılabilir. Üzümün mavi bitki su tüketimi buğday, patates, çerezlik kabak ve kuru fasulyeninkinden daha düşük çıkmıştır. Bu da Nevşehir’de üzüm yetiştiriciliğinde sulama gereksiniminin diğer bitkilerden daha az olabileceğini göstermiştir.

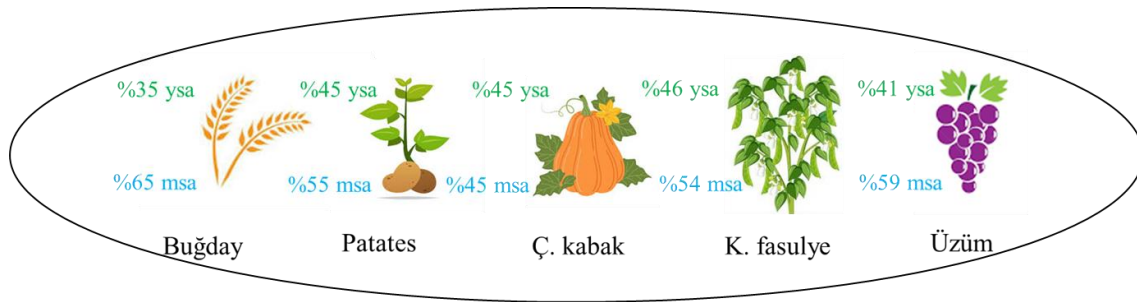
Nevşehir koşullarında yetiştirilen buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzüm arasında yeşil su ayak izi en düşük düşük olan buğday bitkisidir (Şekil 3). Bunun sebebi buğdayın kış yağışlarından yeteri kadar faydalanamamasıdır. Aslında buğdayın diğer bitkilere göre vejetasyon periyodunun uzun olması ve buna bağlı olarak yağışlardan daha fazla yararlanması beklenirken Nevşehir iklim koşullarından dolayı bu şekilde gerçekleşmemiştir. Nevşehir’e düşen yağışın büyük bir kısmı Mart-Temmuz arasında gerçekleşmiştir. Buğdayın bu dönemlerdeki bitki su tüketimi de arttığından yağışlar yeterli olmayıp sulamayı gerektirerek mavi su ayak izinin de yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Buğdayın yeşil su ayak izi İran, Rusya ve Amerikada sırasıyla 2 412, 2 359, 1 879 m³ ton⁻¹, mavi su ayak izi ise 988, 31, 92 m³ ton⁻¹’dur (Mekonnen ve ark., 2020; Ewaid ve ark., 2019). Patates, çerezlik kabak ve kuru fasulyenin yeşil ve mavi su ayak izleri birbine çok yakın çıkmıştır. Çerezlik kabak ve kuru fasulyenin yetişme döneminin Mayıs-

Eylül aylarını kapsamaması birbirine yakın su ayak izi değerlerine ulaşmalarını sağlamıştır. Patatesin Nisan-Ağustos aylarına yetişmesi kuru fasulye ve çerezlik kabağın mavi ve yeşil su ayak izinden çok farklı değerlerde olmasını sağlamamıştır. Bu durum patatesin evapotranspirasyon değerinin daha yüksek olmasından kaynaklandığını düşündürmüştür. Çizelge 7’de buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümüne ait yeşil ve mavi su tüketimi, yeşil ve mavi sanal su muhtevası ve toplam su ayak izi miktarları verimiştir.

Çizelge 7. Bitkilere ait su ayak izi değerleri

Table 7. Water footprint values of plants

Bitkiler	BSTyeşil (m ³ ha ⁻¹)	BSTmavi (m ³ ha ⁻¹)	SSMyeşil (m ³ ton ⁻¹)	SSMmavi (m ³ ton ⁻¹)	Toplam su ayak izi (m ³ ton ⁻¹)	Üretim miktarı (ton)	SA (m ³)
Buğday	2 916	3 402	1 218	1 421	2 638	222	585 685
Patates	1 356	5 438	33	131	164	290	47 455
Çerezlik kabak	1 116	4 720	1 214	5 134	6 348	20	126 962
Kuru fasulye	852	5 175	281	1 705	1 985	28	55 593
Üzüm	1 287	2 954	242	555	797	101	80 490



Şekil 3. Buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün yeşil ve mavi su ayak izi dağılımları

Figure 3. Green and blue water footprint distributions of wheat, potatoes, pumpkin, dry beans and grapes

En yüksek su ayak izi değeri buğday bitkisinde görülmüştür. Bu durum buğdayın vejetasyon süresinin diğerlerinden daha fazla olmasından kaynaklanmıştır. Diğer bitkiler yaklaşık olarak 150 günde yetiştirken buğdayın yaklaşık 270 günde yetişmesi toplam su ayak izini artırmıştır. Buğdayın toplam su ayak izi dünya ortalamasının (1 826 m³ ton⁻¹) üstünde gerçekleşmiştir. Buğdayın toplam su ayak izi İranda 3 400 m³ ton⁻¹ ile Nevşehirden daha yüksek çıkarken Irak ve Çinde sırasıyla 1 876 ve 1 286 m³ ton⁻¹ ile daha düşük çıkmıştır (Ewaid ve ark., 2019). Patatesin toplam su ayak izi diğer tüm bitkiler arasında en düşük olanıdır. Rodrigues ve ark. (2015), Arjantinde patatesin su ayak izi yaklaşık olarak 324 m³ ton⁻¹ olarak, Yerli ve ark. (2019) Vanda patatesin su toplam su ayak izi 172.6 m³ t⁻¹ olarak bulunmuştur. Cabello ve ark. (2016) Kübada Küba'da 2009-2012 dönemi için patatesin ortalama su ayak izi değerini 202 m³ ton⁻¹ olarak bulmuşlardır. Nevşehirde patatesin su ayak izi 164 m³ ton⁻¹’dur. Nevşehir koşullarında üretilen patatesin su ayak izi dünya ortalamasının da (287 m³ ton⁻¹) altındadır. Bunun sebebinin iklim, toprak ve sulama yönetiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek su ayak izi çerezlik kabakta görülmüştür. Bunun en önemli sebebi çerezlik kabaktan elde edilen verimin diğer bitkilere göre daha düşük olmasından kaynaklanmıştır. Örneğin kuru fasulye ile karşılaştırıldığında aslında bitki su tüketimi ve yağış değerleri birbirine çok yakın olmasına rağmen toplam su ayak izine bakıldığında çerezlik kabağın yaklaşık 3 kat daha fazladır. Nevşehirin kuru fasulye su ayak izi Türkiye (2 580 m³ ton⁻¹) ortalamasının altında çıkmıştır. Gebremariam ve ark. (2021) Etiyopya koşullarında maş fasulyenin yeşil, mavi ve toplam su ayak izini sırasıyla 468 m³ ton⁻¹, 6093 m³ ton⁻¹ ve 6561 m³ ton⁻¹ olarak bulmuşlardır. Gheewala ve ark. (2014) Tayland'daki maş fasulyesi su ayak izinin 1549-6445 m³ ton⁻¹ aralığında

olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlardan elde edilen değerler, mevcut çalışmadan elde edilen fasulye su ayak izi sonuçlarından farklıdır. Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki farklılıklar, mevsim (sulanan veya yağmurla beslenen), yetiştirilen fasulye çeşitleri, büyüme dönemi süresi, ekim tarihleri, toprak parametreleri ve iklimsel değişkenlikler gibi birçok faktöre bağlı olabilir. Üzümün toplam su ayak izi Türkiye ($988 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$) ortalamasının altında çıkmıştır. Avanoz (2020) üzümün mavi su kullanımı açısından kaydadeğer bir ürün olduğunu ve Malatyada $3429 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ ile en yüksek toplam sanal su muhtevasına sahip olduğunu bildirmiştir. Pahlow ve ark. (2015) Kuzey Afrikada yetiştirilen üzümün mavi su ayak izini $157 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Bu değer çalışmamızdan elde edilen mavi su ayak izinin oldukça altındadır. Bunun sebebinin yetiştirilen üzüm çeşidi ve iklim özelliğinin farklılığından kaynaklanabileceğini düşündürmüştür. Sigadla ve ark. (2022) Afrikanın Berg Nehri bölgesinde yetiştirilen üzümlerin su ayak izinin 500 ila $714 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu değer çalışmamızdan elde edilen sonuçlara yakındır. Yetiştirilen ürünlerin su ayak izlerinin farklı kıtalarda da olsa benzer sonuçlar vermesi, çalışılan bölgelerdeki bitkilerin verim, yağış, sulama gibi konularda birbirine yakın değerlerin olmasından kaynaklandığını düşündürmüştür.

Sonuç olarak; Nevşehirde yağışların ve su kaynaklarının sınırlı olması bölgede bitkisel üretim çeşitliliğine izin vermez. Temelde yetiştirilen bitkilerin başında buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzüm gelmektedir. Nevşehirin iklim ve toprak koşulları bu bitkilerin sulama yapılmadığı koşullarda da düşük verim oranıyla üretilmesini mümkün kılarsa da ekonomik bir üretimden bahsedilemez. Nevşehirin su kaynakları göz önüne alındığında bitkisel üretim anlamında suyu verimli kullanabilmek için ürün deseninin değiştirilmesi gerekebilir. Çünkü temel olarak yetiştirilen bitkilerin hepsinin yeşil su ayak izi mavi su ayak izinden daha düşük çıkmıştır. Yani bölgeye düşen yağışlar yetiştirilen bitkilerin su ihtiyacı için yetersiz kalmaktadır. Bu da bitkilerin yetiştiriciliği için sulamaya ihtiyacın olduğunu göstermektedir. Çalışmada su ayak izi en yüksek çıkan bitki çerezlik kabak, en düşük çıkan bitki ise üzüm olmuştur. Çerezlik kabakla ilgili daha önce yapılan bir su ayak izi çalışması olmadığı için karşılaştırma yapmak mümkün olamamıştır. Kabak çekirdeği, su ayak izi yüksek olmasına rağmen bölge için kritik öneme sahip bir bitkidir. Ancak bu bitkinin yetiştiriciliğinin su kaynakları açısından sürdürülebilir olması için, basınçlı sulama sistemleri gibi verimli su kullanımının uygulanması gerekmektedir. Benzer durum kuru fasulye için de geçerlidir. Nevşehir'in Derinkuyu ilçesinde yetiştirilen kuru fasulye çeşidi Coğrafi İşaretli bir tarım ürünüdür. Su ayak izi buğday, üzüm ve patatese göre yüksek olsa da bölge için stratejik öneme sahiptir. Bu yüzden kuru fasulyenin de yetiştiriciliğinde sulama ile ilgili alternatif yöntemlerin geliştirilmesi gerekir. Nevşehirde üzümün toplam su ayak izi Türkiye ortalamasının altındadır. Bu Nevşehirdeki üzüm yetiştiricileri ve bölgedeki su kaynakları için avantajlı bir durumdur. Ayrıca bölgede su tüketimi yüksek bitkiler yerine kuraklığa toleranslı bitkiler veya su tüketimi daha düşük olan bitkilerin seçimi suyun verimli kullanılması açısından önemli olacaktır. Bununla beraber literatürde kuraklığa dayanıklılığı ile bilinen kinoa, sorgum, lavanta ve kapari gibi bitkilerin yetiştirilmesi yeşil su ayak izini artırıp mavi su ayak izini azaltacaktır. Toplamda da bölgenin su ayak izi azalmış olacaktır. Bitki su tüketimi ve yağışlardan yola çıkarak su ayak izinin belirlenmesi o bölgede suyun takibi ve kontrolünü de kolaylaştıracaktır. Su kaynaklarının verimli kullanılabilmesi açısından da faydalı olacaktır. Su ayak izi ile ilgili çalışmalar hala çok yaygınlaşmış değildir. Değişen iklim koşulları sebebiyle de sürekli güncellenmesi gerekmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Anonim (2021). Nevşehir Tarım ve Orman İl Müdürlüğü. <https://nevsehir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/A%C4%9Fustos%202021%20BR%C4%B0F%C4%B0NG.pdf> (Erişim tarihi: 18 Mayıs 2024).
- Atabey, S., & Yokuş, İ. (2016). Küresel ısınmanın artış nedenlerinin su kaynakları ve turist sağlığı üzerindeki yansımaları. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, 54, 188-203.
- Avanoz, Z. (2020). Türkiye'de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 80 s, Batman.
- Batan, M. (2021). Planning the use of water in Şanlıurfa province, which struggles with drought: Water footprint analysis. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (4), 2135-2150. <https://doi.org/10.17341/gazibtd.849070>
- Bulut, A.P., & Canbaz, G.T. (2022). Sivas ilinde buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeği üretimi için su ayak izinin hesaplanması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 249-255.
- Cabello, J.J., Sagastume, A., López-Bastida, E., Vandecasteele, C., & Hens, L. (2016). Water footprint from growing potato crops in Cuba. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(1), 107-116.
- Çakmak, B., & Torun, E. (2023). Konya kapalı havzası sulama şebekelerinde tarımsal su ayak izinin değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 239-252.
- Ewaid, S.H., Abed, S.A., & Al-Ansari, N. (2019). Water footprint of wheat in Iraq. *Water*, 11 (3), 535. <https://doi.org/10.3390/w11030535>
- Gebremariam, F.T., Habtu, S., Yazew, E., & Teklu, B. (2021). The water footprint of irrigation-supplemented cotton and mung-bean crops in Northern Ethiopia. *Heliyon*, 7 (4).
- Gheewala, S.H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S.R., & Chaiyawannakarn, N. (2014). Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. *Water*, 6 (6), 1698-1718.
- Guan, D., & Hubacek, K. (2007). Assessment of regional trade and virtual water flows in China. *Ecological Economics*, 61 (1), 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.01.020>
- Hoekstra, A.Y., & Chapagain, A.K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Integrative Assessment of Water Resources and Global Change*, 21, 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.01.020>
- Hoekstra, A.Y., & Hung, P.Q. (2003). Virtual water trade. *Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade* (Vol. 12, pp. 1-244). UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., & Mekonnen, M.M. (2009). Water footprint manual. Water Footprint Network.
- Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water trade. *Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, 12, 1-244.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., & Mekonnen, M.M. (2011). *The water footprint assessment manual*. Earthscan.
- Khan, T., Nouri, H., Booij, M.J., Hoekstra, A.Y., Khan, H., & Ullah, I. (2021). Water footprint, blue water scarcity, and economic water productivity of irrigated crops in Peshawar Basin, Pakistan. *Water*, 13 (9), 1249. <https://doi.org/10.3390/w13091249>

- Liu, L., Hu, X., Zhan, Y., Sun, Z., & Zhang, Q. (2023). China's dietary changes would increase agricultural blue and green water footprint. *Science of the Total Environment*, 903, 165763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165763>
- Mekonnen, M.M., & Hoekstra, A.Y. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue, and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14 (7), 1259-1276. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1259-2010>
- Muratoglu, A. (2019). Water footprint assessment within a catchment: A case study for Upper Tigris River Basin. *Ecological Indicators*, 106, 105467. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105467>.
- Muratoğlu, A. (2020). Assessment of water footprint of production: A case study for Diyarbakır province. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (2), 845-858.
- Muratoglu, A. (2022). Applications and response formulations of water footprint methodology for conservation of water resources. In *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation* (pp. 360-370).
- Muratoglu, A., Bilgen, G.K., Angin, I., & Kodol, S. (2023). Performance analyses of effective rainfall estimation methods for accurate quantification of agricultural water footprint. *Water Research*, 238, 120011. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120011>
- Novoa, V., Ahumada-Rudolph, R., Rojas, O., Munizaga, J., Sáez, K., & Arumí, J.L. (2019). Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile. *Ecological Indicators*, 98, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.057>
- Pahlow, M., Snowball, J., & Fraser, G. (2015). Water footprint assessment to inform water management and policy making in South Africa. *Water Sa*, 41 (3), 300-313.
- Rodriguez, C.I., de Galarreta, V.R., & Kruse, E.E. (2015). Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. *Journal of Cleaner Production*, 90, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.040>
- Sigadla, A., Avenant, E., Fanadzo, M., Kanguuehi, G.N., & Avenant, J.H. (2022). Water footprint of table grape production systems: A review of South African and global studies. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 43 (2), 125-132.
- Sood, A., Prathapar, S.A., & Smakhtin, V. (2014). Green and blue water. In *Key Concepts in Water Resource Management* (pp. 91-102). Routledge.
- Şahin, B. (2016). Küresel bir sorun: Su kıtlığı ve sanal su ticareti. Master's thesis, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şikoğlu, E., & Arslan, Ö.Ü.H. (2019). Nevşehir şehir coğrafyası. Hiperlink Eğitim İletişim Yayıncılık Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
- Veettil, A.V., & Mishra, A.K. (2018). Potential influence of climate and anthropogenic variables on water security using blue and green water scarcity, Falkenmark index, and freshwater provision indicator. *Journal of Environmental Management*, 228, 346-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.082>
- Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F.M., Tüfenkçi, Ş., & Örs, S. (2019). Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 195-203. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.564665>

The effect of top dressing fertilizer forms applied at different periods on yield and some yield components in durum wheat varieties

Makarnalık buğday çeşitlerinde farklı dönemlerde uygulanan üst gübre formlarının verim ve bazı verim öğelerine etkisi

Uğur BİLGE¹ , Kerim Mesut ÇİMRİN² 

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, GAP International Agricultural Research and Training Center, Diyarbakır, Türkiye.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Antakya-Hatay, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 09.09.2024 Accepted / Kabul: 24.10.2024 Keywords: Durum wheat Fertilizer Nitrogen application time Yield Anahtar Kelimeler: Durum buğday Gübre Azot uygulama zamanı Verim ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Uğur BİLGE udrbilge@gmail.com Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	This research was conducted to determine the effects of nitrogen fertilizer forms and application times used in the top dressing of some durum wheat varieties on yield and some yield parameters in GAP International Agricultural Research and Training Center Directorate (GAPUATEM) test fields between 2019-2021. In the study, the effect of six different application times using three nitrogen fertilizer forms (Urea (U 46% N), ammonium sulfate (AS 21% N) and calcium ammonium nitrate (CAN 26% N)) in Burgos, Eyyubi and Hasanbey durum wheat cultivars were treated according to the split-split plots in randomized complete block design. As a result of the study; the effect of wheat varieties on grain yield was found to be important in the first year of the experiment and insignificant in the second year. Although the effect of fertilizer varieties on the characteristics examined in both production seasons is insignificant, it has been observed that the effect of urea fertilizer is better than other fertilizer forms in terms of grain yield. As a result, when considering the climate conditions, in cases where precipitation is sufficient between January and March at the fourth application period, it can be recommended to use slow-release fertilizers (Urea 46%). If the amount of precipitation is insufficient in the same periods, it can be recommended to prefer fast-acting fertilizers (ammonium nitrate) at the third application time. ÖZET Bu araştırma, 2019-2021 yılları arasında GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (GAPUATEM) deneme alanlarında bazı makarnalık buğday çeşitlerinin üst gübrenmesinde kullanılan azotlu gübre formları ile uygulama zamanlarının verim ve bazı verim parametreleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Çalışma, Burgos, Eyyubi ve Hasanbey makarnalık buğday çeşitlerinde üç azotlu gübre formu (üre (%46 N), amonyum sülfat (%21 N) ve kalsiyum amonyum nitrat (%26 N)) kullanılarak altı farklı uygulama zamanının etkisi tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışma sonucunda; buğday çeşitlerinin tane verimine etkisi denemenin birinci yılında önemli, ikinci yılında ise önemsiz bulunmuştur. Gübre çeşitlerinin her iki üretim sezonunda incelenen özelliklere etkisi önemsiz olmasına rağmen tane verimi açısından üre gübresinin diğer gübre formlarına göre etkisinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, tane verimi açısından iklimsel şartlar dikkate alındığında Ocak-Mart ayları arasında yağışın yeterli olduğu durumlarda dördüncü uygulama zamanında yavaş salımlı gübreler (Üre %46) kullanılması, aynı dönemler için yağış miktarının yetersiz olduğu durumlarda ise üçüncü uygulama zamanında hızlı etkili gübrelerin (amonyum nitrat) tercih edilmesi önerilebilir.
Cite/Atıf	Bilge, U., & Çimrin, K.M. (2025). The effect of top dressing fertilizer forms applied at different periods on yield and some yield components in durum wheat varieties. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 13-34. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1546080

INTRODUCTION

The origin of the wheat plant is accepted as Mesopotamia (Karacadag region), which covers the southern borders of Anatolia. Excavations made especially in recent years, in Göbeklitepe show that wheat was cultivated about twelve thousand years ago (Kaya, 2018). In addition to its used human nutrition since the dates of its cultivation, wheat has become more important compared to other agricultural products in terms of being the raw material of basic foods (bakery products, bread, bulgur, pasta, etc.). Cereals are the most produced product group in the world and in Türkiye in plant production. Wheat ranks first among cereals in terms of both cultivation area and production amount (TEPGE, 2022).

In the 2020-2021 production season, wheat production in the world increased by 1.4% to 774 million tons and the average yield was 3.45 tons/ha. In parallel with the increase in the population, wheat consumption increased by 20 million tons compared to the previous year and reached 766 million tons. Durum wheat production increased by 1.5% compared to the previous year and reached 33.9 million tons (TMO, 2023). As of 2020, the wheat cultivation areas of Türkiye constitute 3.2% of the world's wheat cultivation areas. The wheat cultivation area of our country ranks first among cereals areas with 69.2 million decares. Due to the increase in cultivation areas in Türkiye, in the 2020 production season an increase of 6.6% in yield was achieved and wheat production was 20.5 million tons. In the 2021 production season, there was a significant decrease in yield compared to the previous year due to unfavorable conditions such as drought, and wheat production decreased by 3.9% to 17.7 million tons (TAGEM, 2023a). Although wheat is grown in every region of Türkiye, it is widely produced in Central Anatolia and Southeastern Anatolia Region. Southeastern Anatolia Region ranks 3rd with a share of 18%. The Southeastern Anatolia Region ranks first in durum wheat production with a share of 43% (TurkStat, 2023). The Southeastern Anatolia Region takes an important place in Türkiye in terms of cool climate cereals. The importance of the region has increased even more with the GAP project and other dams and irrigation canals that are under construction in recent years. Durum wheat takes an important place in the region. For this reason, it is described as the most important durum group of Türkiye (Alagöz, 1991).

When we look at the amount of fertilizer consumption used in agriculture in Türkiye in recent years, it is estimated that 6.0 million tons of fertilizer was consumed in 2019 and approximately 7.1 million tons in 2020 (TAGEM, 2023b). There is an average of 95 kg fertilizer use per hectare in Turkey, while this rate is 116 kg per hectare in the world and over 200 kg in the European Union and other developed countries (ZMO, 2021). In order to increase yield and quality in agriculture, it is aimed to use appropriate cultivation techniques together with breeding studies. In Türkiye, 57% of the chemical fertilizers consumed for agricultural production are used in the production of cereals and 66% of this amount is used for wheat cultivation (Kacar & Katkat, 1999). Apart from the climatic conditions that restrict the yield in wheat, the most important issue is the sufficient and appropriate use of fertilizers at the right time. The previous studies on the wheat-nitrogen relationship reports that nitrogen (N) deficiency can have a significant decrease in yield and can cause serious damage in excess (Atar, 2017). In addition to dividing and applying N fertilizers for high yields in wheat, the form and application time of such fertilizers are also important in terms of yield (Halaç & Yürür, 1999).

One of the biggest problems of Türkiye's agriculture is the inappropriate use of fertilizers. The habits of the producer and the lack of geographical knowledge especially at the point of fertilizer selection and consumption, have a great effect in improper fertilization. Although Türkiye's annual fertilizer consumption has approached developed countries in recent years, the lack of a planned and conscious fertilization causes it to lag behind these countries in terms of yield (Şahin, 2016). In addition to the losses of nitrogen fertilizers in the form of ammonia (NH₃) gas in the soil, due to their high fertilizer solubility, their mobility increases especially in conditions of high precipitation, causing washing from the soil (Karaçal et al., 1988). In periods when the soil pH is greater than 7.3 and the temperature is high, the losses occurred in urea and ammonium nitrate fertilizers are higher (Atar, 2017). In studies

conducted with nitrogen fertilizer forms, it has been stated that there will be no significant differences in terms of yield as long as losses such as surface runoff and leaching do not occur in the soil due to reasons such as precipitation and temperature (Kaiser et al., 2013).

The Southeastern Anatolia Region has a semi-arid agricultural area. The fact that the soils of the region are generally poor in terms of organic matter increases the importance of nitrogen fertilization. Producers in the region tend to use the same amount of fertilizer every year and the type of fertilizer they can find. As a result, in some years is given a small amount of nutrient elements (fertilizer) in terms of effective substance, while in some years is used more N than necessary (Alagöz, 1991). In recent years, with the introduction of the use of new varieties with high yield power in the region, there has been an increase in the amount of N fertilizer consumed. In particular, it is seen that there are large differences between the N top dressing form used and the application times. Producers in the region generally apply nitrogen fertilization twice, half of which is applied in planting and the other half as top dressing in the spring. Urea (46% N), ammonium sulfate (21% N) and CAN (26% N) fertilizers are mostly used in top dressing and the application times vary. One of the most important factors limiting the yield of wheat cultivation in the Southeastern Anatolia Region is irregular and insufficient precipitation in recent years.

The aim of this study is to determine the effect of nitrogen fertilizer types (urea, ammonium sulfate and calcium ammonium nitrate) used in spring top dressing in durum wheat cultivation made in Diyarbakır conditions and the effect of application times on wheat yield and some yield elements.

MATERIALS and METHODS

The study was carried out under precipitation-based conditions for two years (two yield years) in the 2019-2020 and 2020-2021 growing seasons on the land of the Gap International Agricultural Research and Training Center Directorate (GAPUATEM) in Diyarbakır province of Türkiye.

Growing seasons and long-term climate data obtained from Diyarbakır Regional Directorate of Meteorology are given in Table 1. There were significant differences in the total amount of precipitation received in both experiment seasons compared to the averages of many years. In the first cultivation year (2019-2020), the amount of precipitation (741.7mm) was higher than the average of twenty years (1991-2021) (473.2mm) and the distribution of precipitation by months was quite irregular. In the second cultivation year (2020-2021), the total annual precipitation was 212.9 mm, which was well below the average precipitation for twenty years (Table 1).

Table 1. Monthly average temperature and total precipitation data for the experiment year and the average of many years (Regional Directorate of Meteorology, 2022)

Çizelge 1. Deneme yılı ve uzun yıllar ortalamasına ait aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri (Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2022)

Months	2019-2020 Average		2020-2021 Average		Average of Many Years (1991-2021)	
	Total Monthly Precipitation (mm)	Monthly Average Temperature (°C)	Total Monthly Precipitation (mm)	Monthly Average Temperature (°C)	Total Monthly Precipitation (mm)	Monthly Average Temperature (°C)
September	8.70	25.2	0.0	27.7	4.1	25.1
October	52.0	19.1	0.0	20.0	32.5	17.9
November	9.00	9.70	54.0	10.6	54.1	9.30
December	185.4	6.80	27.6	4.70	70.7	3.80
January	89.4	3.60	39.1	4.10	63.2	2.20
February	58.6	3.70	40.2	7.00	71.7	3.90

Table 1 (continued). Monthly average temperature and total precipitation data for the experiment year and the average of many years (Regional Directorate of Meteorology, 2022)

Çizelge 1 (devamı). Deneme yılı ve uzun yıllar ortalamasına ait aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri (Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2022)

March	164.8	10.6	43.6	8.40	68.7	8.70
April	110.0	13.5	5.60	15.9	61.0	13.6
May	63.2	19.3	2.80	23.8	38.9	19.1
June	0.60	26.2	0.00	27.9	8.3	26.4
Total	741.7	-	212.9	-	473.2	-

The routine soil properties of the experiment area for both years are given in Table 2, and macro and micro nutrient contents of these soils are given in Table 3. When the data of the experiment area soils for both years were examined, it was determined that they were clayey, slightly alkaline reaction, salt-free, moderately calcareous and poor in organic matter (Table 2.). It was determined that the total nitrogen (N) amounts were low, the amount of useful phosphorus (P) was very low, the amount of potassium (K) was sufficient and excessive, calcium (Ca) and magnesium (Mg) were high, copper (Cu) was sufficient, iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn) were low (Table 3.).

Table 2. Some physical and chemical analysis results of the soil of the experiment area in the 1st and 2nd years (1st year: 2019-2020; 2nd year: 2020-2021)

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının 1. ve 2. yıl bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (1.yıl:2019-2020; 2.yıl: 2020-2021)

	Clay	Silt	Sand	Texture	pH	Salt	Lime	O.M
Years	%	%	%	class	Sat.	%	CaCO ₃	%
1 st year	54.08	16.20	29.72	C	8.18	0.040	6.21	0.82
2 nd year	56.5	17.66	25.84	C	8.15	0.023	7.31	0.96

Table 3. Some macro and micro nutrient contents of the soils of the experiment area in the 1st and 2nd years (1st year: 2019-2020; 2nd year: 2020-2021)

Çizelge 3. Deneme alanı topraklarının 1. ve 2. yıl bazı bazı makro ve mikro besin elementi içerikleri (1.yıl:2019-2020; 2.yıl: 2020-2021)

Years	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
	%	mg kg ⁻¹							
1 st year	0.05	1.3	366.9	6293	768.2	0.559	1.933	0.075	4.483
2 nd year	0.06	5.1	390.7	6351	710.8	0.654	2.538	0.079	4.043

The routine soil properties of the experiment area for both years are given in Table 2, and macro and micro nutrient contents of these soils are given in Table 3. When the data of the experiment area soils for both years were examined, it was determined that they were clayey, slightly alkaline reaction, salt-free, moderately calcareous and poor in organic matter (Table 2.). It was determined that the total nitrogen (N) amounts were low, the amount of useful phosphorus (P) was very low, the amount of potassium (K) was sufficient and excessive, calcium (Ca) and magnesium (Mg) were high, copper (Cu) was sufficient, iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn) were low (Table 3.).

Table 2. Some physical and chemical analysis results of the soil of the experiment area in the 1st and 2nd years (1st year: 2019-2020; 2nd year: 2020-2021)

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının 1. ve 2. yıl bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (1.yıl:2019-2020; 2.yıl: 2020-2021)

Years	Clay %	Silt %	Sand %	Texture class	pH Sat.	Salt %	Lime CaCO ₃	O.M %
1 st year	54.08	16.20	29.72	C	8.18	0.040	6.21	0.82
2 nd year	56.5	17.66	25.84	C	8.15	0.023	7.31	0.96

Table 3. Some macro and micro nutrient contents of the soils of the experiment area in the 1st and 2nd years (1st year: 2019-2020; 2nd year: 2020-2021)

Çizelge 3. Deneme alanı topraklarının 1. ve 2. yıl bazı bazı makro ve mikro besin elementi içerikleri (1.yıl:2019-2020; 2.yıl: 2020-2021)

Years	N %	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
1 st year	0.05	1.3	366.9	6293	768.2	0.559	1.933	0.075	4.483
2 nd year	0.06	5.1	390.7	6351	710.8	0.654	2.538	0.079	4.043

The research was conducted in 3 repetitions in accordance with the Split Parcels Experiment plan divided into Random Blocks. The experiment consisted of 162 parcels (parcel size; 7 m x 1.3 m = 9.1 m²) (3 wheat varieties x 3 fertilizers x 6 application times x 3 repetitions = 162). Varieties were included in the main parcels, top dressing forms in the sub-parcels, and application time in the sub-sub-parcels. The experiment was carried out with 500 seeds per m² and planting was done in November. In order to prevent the passage of fertilizer between the experiment main parcels, a 2.0 m wide isolation distance was left between the parcels. In this study we used durum Hasanbey and Eyyubi varieties developed by the GAPUATEM and Burgos durum wheat variety registered by RTS Seed. In the experiment, 20.20.0 compound fertilizer was used as nitrogen form in planting, and urea (46% N), ammonium sulfate (21% N) and CAN (26%) fertilizers were used as nitrogen sources in spring top fertilization. 30 kg da⁻¹ 20.20.0 compound fertilizer was used as base fertilizer, all of the phosphorus was applied with 6 kg P₂O₅/da⁻¹ and 6 kg da⁻¹ of the total 12 kg da⁻¹ nitrogen was applied at planting, and the remaining 6 kg da⁻¹ nitrogen amount was applied using different top fertilizer forms Urea (46%), Ammonium Sulphate (21%) and CAN (26%) at once, as mostly applied by farmers in the region. Under normal conditions, starting 15 days after the completion of emergence, different top fertilizer forms were applied at 6 different times (15-30-45-60-75 and 90 days) at 15-day intervals for each period, and the development periods of the plant were determined according to Zadok's scale at the time of application (Table 4.). In the experiment, weed control was carried out during the tillering period.

Table 4. Nitrogen fertilizer application times according to the Zadok's scale

Çizelge 4. Zadoks skalasına göre azotlu gübre uygulama zamanları

Topdressing Timing	Growth Stages of Wheat (Zadok's Scale)
1 st Application Time	Seedling growth (Zadok's 10-12)
2 nd Application Time	Tillering (Zadok's 20)
3 rd Application Time	Main stem and 4-5 tillers (Zadok's 24-25)
4 th Application Time	Pseudostem (youngest leaf sheath erection) (Zadok's 30)
5 th Application Time	Second node detectable (Zadok's 32)
6 th Application Time	Booting stages (Zadok's 39-40)

Laboratory analyses

In soil samples, pH was determined according to Jackson (1958) in saturation sludge, lime was determined calcimally according to Hızalan and Ünal (1966) in Scheibler calcimeter, total salt was determined according to Richards, (1954), structure (Bouyoucos, 1951) and organic matter according to Walkley-Black (1947) method. In the soil samples taken, useful P was determined by sodium bicarbonate (pH=8.5) method (Olsen et al., 1954) and by ICP-AES device according to removable potassium (Jackson, 1958). Useful Zn, Fe, Mn and Cu were determined with DTPA in the ICP-OES device according to Lindsay and Norvell (1978).

Statistical analysis

The data obtained from the study was subjected to analysis of variance using the JUMP statistical package program, and significant effects on the average present application are grouped according to least significant difference (LSD) multiple range test.

RESULTS and DISCUSSIONS

The mean squares of error of wheat variety, fertilizer type and application times, which are among the sources of variation, were tested according to the Fmax test, and the data of both years were not found to be homogeneous. For this reason, each character was subjected to variance analyses carried out separately for each year.

The variance analysis results of both years regarding the effect of three different wheat varieties, three fertilizer sources and six different nitrogen fertilizer application times on the yield and yield parameters are given in Table 5.

Table 5. Results of variance analysis related to yield characteristics

Çizelge 5. İncelenen verim özellikleri ile ilgili varyans analizi sonuçları

Source of Variation	DF	Grain Yield		Thousand Grain Yield		Number of Grains per Spike		Grain Weight per Spike		Number of Spike		Plant Height	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Block	2												
Wheat Variety (W)	2	234.01*	0,08	53.58**	1,58	21.35**	2,83	0,94	0,88	0,8	1,93	109.23*	18.04*
Error1	4												
Type of N (N)	2	0,300	0,040	0,100	0,020	1,330	0,160	0,650	0,110	0,070	0,050	2,890	0,390
W*N	4	0,010	0,620	0,030	0,180	0,380	0,530	0,140	0,690	0,450	1,680	0,210	0,320
Error2	12												
Times (T)	5	1,860	0,630	0,230	0,900	0,300	1,340	0,910	1,790	0,410	2,030	0,890	0,500
W*T	10	0,600	1,260	1,330	0,760	0,400	1,910	0,710	1,220	0,830	1,140	0,740	0,810
N*T	10	1,670	1,790	0,360	1,600	0,750	1,090	1,110	1,740	1,210	1,930	0,790	1,270
W*N*T	20	0,840	1,060	1,340	0,560	1,030	1,670	0,660	0,980	0,990	1,190	0,680	1,000
G. Error	90	731077,5	554945,7	303,18	456,9	1531,08	2117,28	3,57	2,62	443247	335556	2013,89	2187,65
G. total	161	2024194,8	1467141,3	1238,82	1100,71	5373,98	6035,19	12,05	5,76	1032455	815013	10621,61	6734,65
CV(%)		9,2	17,5	4,24	8,16	9,93	12,75	11	14,9	12,4	14,7	4,34	6,5

F-values, denoted by *, **, are significant at the level of 5% and 1%, respectively.

Grain yield (kg da⁻¹)

While the effect of wheat varieties on grain yield was found to be significant at the level of 1% in the first year, the effect of wheat varieties was insignificant for the second year. In the experiment, the interaction of fertilizer type, wheat variety x fertilizer type, application time, wheat variety x application time, fertilizer type x application time

and wheat variety x fertilizer type x application time for both years was found to be statistically insignificant (Table 5).

The effect of three different wheat varieties, three fertilizer sources and six different nitrogen fertilizer application times on grain yield and the average grain yields for both years are given in Table 6. The average grain yields of Burgos, Eyyubi and Hasanbey wheat varieties in the first year were 923, 988 and 1036 kg da⁻¹, respectively, and the average grain yields of Burgos, Eyyubi and Hasanbey wheat varieties in the second year were 455, 449 and 442 kg da⁻¹, respectively (Table 6).

In the first year of the experiment, as can be seen from the average grain yield values of the varieties and least significant difference (LSD) grouping, the highest grain yield average was obtained from the Hasanbey variety, which constitutes a different group with 1036 kg da⁻¹. While the Eyyubi variety constituted the second group with 988 kg da⁻¹, the Burgos variety constituted another group with 923 kg da⁻¹ and the lowest grain yield was obtained. This differences among wheat varieties in the first year of the experiment is thought to be related to their genetic structure. Grain yield emerges as a result of the combined effects of environmental factors and genetic potential (Öngören, 2013). The findings are in harmony with previous studies (Halaç & Yürür, 1999; Öngören, 2013; Irmak, 2019) which state that there are significant differences among wheat varieties in terms of grain yield. When the varieties considered in the second year of the study are examined, there is no statistically difference in terms of yield (Table 6). Especially in the second year, it is thought that the lack of sufficient precipitation between January and March and the fact that the varieties are affected by drought eliminate the differences that may occur between wheat varieties in terms of grain yield. In some of the previous studies, it was found that the differences among varieties in terms of grain yield were insignificant (Avcı, 2007; Ruby, 2011).

Table 6. Differences between the average grain yield and averages of wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 (kg da⁻¹)

Çizelge 6. Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait ortalama tane verimi ve ortalamalar arasındaki farklar (kg da⁻¹)

Wheat Variety	Type of N	Year	Application Times						W*N
			1	2	3	4	5	6	
Burgos	A. Sulfate	2019	942	860	920	938	993	917	928
		2020	437	475	483	447	395	423	443
	CAN	2019	908	892	960	940	905	795	900
		2020	486	371	469	524	449	422	454
	Urea	2019	892	951	944	963	927	963	940
		2020	510	449	548	404	458	443	469
Eyyubi	A. Sulfate	2019	991	1074	983	1037	893	973	992
		2020	439	505	442	524	412	372	449
	CAN	2019	944	996	1063	992	968	890	975
		2020	406	430	487	404	431	429	431
Eyyubi	Urea	2019	1036	988	983	1023	955	989	996
		2020	392	560	442	489	432	494	468
Hasanbey	A. Sulfate	2019	1017	1051	1036	1069	957	1082	1035
		2020	412	415	488	518	444	382	443
	CAN	2019	1118	980	1087	1000	1066	872	1020
		2020	543	398	426	404	559	519	475
	Urea	2019	1072	1075	995	1105	1076	983	1051
		2020	413	432	418	396	377	415	408
Avg. Application Time		2019	991	985	997	1007	971	940	Ave.
		2020	449	448	467	457	440	433	

Table 6 (continued). Differences between the average grain yield and averages of wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 (kg da⁻¹)

Çizelge 6 (devamı). Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait ortalama tane verimi ve ortalamalar arasındaki farklar (kg da⁻¹)

Wheat Variety	Burgos	2019	914	901	942	947	942	892	923c
		2020	478	431	500	458	434	430	455
	Eyyubi	2019	990	1020	1010	1017	939	951	988b
		2020	412	498	457	472	425	432	449
	Hasanbey	2019	1069	1035	1039	1058	1033	979	1036a
		2020	456	415	444	439	460	438	442
Type of N	A.S	2019	984	995	980	1015	948	990	985
		2020	429	465	471	496	417	392	445
	CAN	2019	990	956	1037	977	980	852	965
		2020	479	400	461	444	480	456	453
	Urea	2019	1000	1005	974	1030	986	978	996
		2020	439	480	469	429	422	451	448

Due to the more favorable climatic conditions in the first year of the experiment and especially the drought that occurred in the second year, the grain yield of the first production season was higher compared to the second year. Kılıç et al. (2020) reported that the grain yield of bread wheat genotypes decreased under high temperature conditions in their study conducted under precipitation-based conditions.

The effect of nitrogen fertilizer forms on grain yield was found to be statistically insignificant in both experiment years. In terms of fertilizer types, the average grain yields of ammonium sulfate (AS; 21% N), calcium ammonium nitrate (CAN; 26% N) and urea (U; 46% N) fertilizers were 985 kg da⁻¹, 965 kg da⁻¹ and 996 kg da⁻¹ respectively in the first year, and the average grain yields were 445 kg da⁻¹, 453 kg da⁻¹ and 448 kg da⁻¹ in the second year, respectively (Table 7). It is stated that the losses in the form of ammonia (NH₃) in the urea form fertilizer given to the soil surface in wheat cultivation are higher compared to the ammonium nitrate fertilizer. In addition, among the types of fertilizers, ammonium nitrate fertilizers are more effective in terms of soil dissolution rate compared to urea fertilizer and ammonium sulfate fertilizer; however, it is stated that urea fertilizer is used more effectively by plants due to its slow release (Fowler & Brydon, 1989; Başar et al., 1998; Adjetey et al., 2001; Halitligil et al., 2001; Howard et al., 2002; Melaj et al., 2003).

The fact that the climatic (precipitation and temperature) conditions in the first year of the study were more favorable than in the second year increased the grain yield compared to other fertilizer forms by enabling the use of urea (U; 46% N) fertilizer more effectively by the plant due to its slow-release feature. In the second year of the study, due to the drought experienced, it can be said that the losses in the form of NH₃ in calcium ammonium nitrate (CAN; 26% N) fertilizer are less than other fertilizer forms and the higher dissolution rate makes it easier to be taken by the plant and increases the grain yield. Similar studies have reported that the effect of fertilizer forms on grain yield is generally statistically insignificant (Jhan & Khan, 2000; Savaşlı, 2005; Avci, 2007; Öngören, 2013; Schulz et al., 2015; Akgün et al., 2021; Carpenter, 2021). Başar et al. (1998) in their study conducted in Bursa province of Türkiye, stated that there was no significant difference between fertilizer forms (ammonium sulfate, ammonium nitrate and urea fertilizers) in terms of grain yield in wheat.

The effect of nitrogen fertilizer application times on grain yield was insignificant in both experiment seasons, and the average grain yield was 991, 985, 997, 1007, 971 and 940 kg da⁻¹ in the first year, respectively; in the second year, it was determined as 449, 448, 467, 457, 440 and 433 kg da⁻¹ (Table 6). Due to the adverse climatic conditions (lack of precipitation and drought) experienced in the second year of the experiment, it is seen that the grain yield for the application times is higher in the first year. In similar studies, it has been reported that the effect of nitrogen

application times on grain yield is insignificant (Ağrı, 1993; Mooleki & Foster, 1993; Ayoub et al., 1994; Ünsal et al., 1995; Başar et al., 1998; Ooro et al., 1999; Adjetey et al., 2001; Biçer, 2001; Tümsavaş, 2001; Topal et al., 2003; Lestache et al., 2005; Savaşlı, 2005; Avcı, 2007; Yakut, 2011; Souza, 2014; Blandino et al., 2016; Dhillon et al., 2020; Mutlu, 2021). Evlice et al. (2008) reported that the effect of nitrogen application time on grain yield was significant in the first year of the study, but the effect of nitrogen application time on grain yield was insignificant in the second year of the study.

Thousand grain yield (g)

While the effect of wheat varieties on the weight of one thousand grains was found to be significant at the level of 1% in the first year, the effect of wheat varieties was insignificant for the second year. In the experiment, the interactions between fertilizer type, wheat variety x fertilizer type, application time, wheat variety x application time, fertilizer type x application time and wheat variety x fertilizer type x application time in both years were found to be statistically insignificant (Table 5).

The two-year average values for the effect of three wheat varieties, three fertilizer sources and six different nitrogen fertilizer application times on a thousand grain weight are given in Table 7. As can be seen from the average thousand grain weights of the wheat varieties considered in the first year, the average thousand grain weights of the varieties were 44.9, 44.1 and 40.8 grams, respectively, and the average thousand grain weight values of the varieties and least significant difference (LSD) grouping, the highest average thousand grain weight Burgos (44.9 g) and Eyyubi (44.1 g) varieties were in the same group, while the Hasanbey variety (40.8 g) constituted a different group (Table 7). In his study, Yakut (2011) stated that the effect of durum wheat varieties on the weight of one thousand grains was significant in the first year, but insignificant in the second year. In some previous studies, it has been reported that the effect of wheat varieties on thousand grain weight is significant (Gökmen, 1993; Avcı, 2007; Tepecik et al., 2014; Irmak, 2019; Çobanoğlu, 2021).

It is seen that the average thousand grain weights of wheat varieties in the second year vary (28.6), (27.2) and (27.0) g, respectively. Although there is no statistically significant difference, the highest weight of one thousand grains was obtained from the Burgos variety and the lowest from the Hasanbey variety. In similar studies, the effect of wheat varieties on the weight of one thousand grains was insignificant (Yakut, 2011). The weight of one thousand grains may vary depending on the climatic characteristics of the place where the wheat is grown and the genotypic effect of the wheat variety used. Depending on climatic conditions, with the shortening of the grain filling time of wheat and the occurrence of ripening in a shorter time, there are decreases in the weight of a thousand grains (Avcı, 2007; Irmak, 2019).

Table 7. Differences between the average thousand grain yield of wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 and the averages (g)

Çizelge 7. Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait ortalama bin tane ağırlığı ve ortalamalar arasındaki farklar (g)

Wheat Variety	Type of N	Year	Application Times						W*N
			1	2	3	4	5	6	
Burgos	A. Sulfate	2019	44.4	45.7	44.5	45.3	46.0	44.0	45.0
		2020	28.1	28.3	29.5	29.7	28.0	27.8	28.6
	CAN	2019	43.9	44.7	45.9	44.2	44.5	46.7	45.0
		2020	29.9	27.2	28.1	29.8	29.0	27.5	28.6
	Urea	2019	45.7	43.8	44.4	45.7	44.0	44.3	44.7
		2020	29.9	27.7	31.3	27.7	27.1	29.0	28.8
Eyyubi	A. Sulfate	2019	42.8	44.0	45.3	43.9	44.1	42.9	43.8
		2020	26.0	27.8	27.4	30.2	25.3	25.0	26.9

Table 7 (continued). Differences between the average thousand grain yield of wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 and the averages (g)

Çizelge (devamı). Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait ortalama bin tane ağırlığı ve ortalamalar arasındaki farklar (g)

Hasanbey	CAN	2019	45.6	45.1	43.1	45.1	45.1	43.3	44.5
		2020	27.7	26.9	28.3	27.4	26.6	27.3	27.4
	Urea	2019	43.5	43.3	45.1	42.7	45.5	43.6	43.9
		2020	26.3	28.9	27.8	26.9	26.4	27.9	27.4
	A. Sulfate	2019	42.6	40.3	38.3	41.5	40.5	41.5	40.8
		2020	26.4	26.7	29.1	28.3	28.3	25.9	27.4
	CAN	2019	40.9	39.5	40.6	42.4	40.6	41.6	40.9
		2020	28.7	26.3	26.2	25.4	27.4	27.9	27.0
	Urea	2019	41.3	41.1	40.5	40.3	38.9	42.0	40.7
		2020	25.6	27.4	26.3	26.3	25.9	27.3	26.4
	Avg. Application Time	2019	43.4	43.1	43.1	43.5	43.3	43.3	Ave.
		2020	27.6	27.5	28.2	28.0	27.1	27.3	
Wheat Variety	Burgos	2019	44.7	44.7	44.9	45.1	44.8	45.0	44.9a
		2020	29.3	27.7	29.6	29.1	28.0	28.1	28.6
	Eyyubi	2019	44.0	44.1	44.5	43.9	44.9	43.2	44.1a
		2020	26.6	27.9	27.8	28.2	26.1	26.7	27.2
	Hasanbey	2019	41.6	40.3	39.8	41.4	40.0	41.7	40.8b
		2020	26.9	26.8	27.2	26.6	27.2	27.0	27.0
	A. Sulfate	2019	43.3	43.3	42.7	43.6	43.6	42.8	43.2
		2020	26.8	27.6	28.7	29.4	27.2	26.3	27.6
Type of N	CAN	2019	43.4	43.1	43.2	43.9	43.4	43.8	43.5
		2020	28.8	26.8	27.5	27.6	27.7	27.6	27.6
	Urea	2019	43.5	42.8	43.3	42.9	42.8	43.3	43.1
		2020	27.3	28.0	28.4	26.9	26.5	28.1	27.5

When the data obtained are examined, it is seen that the weight of a thousand grains is higher due to the fact that climatic conditions (precipitation and temperature) are more favorable in the first year of the study and the effects of the drought experienced in the second year. In their study conducted in Mardin under precipitation-based conditions, Akan et al. (2021) stated that the thousand grain weights of local and commercial durum wheat varieties under dry conditions was significantly affected by ecological conditions and therefore had significant effects on the yield and quality of wheat. Kılıç et al. (2020) reported that in their research conducted under precipitation-based conditions, significant decreases occurred in the weight of one thousand grains of wheat at high temperatures. In summary, it is thought that the change in climatic conditions according to the years and the difference in the spike times of the varieties used cause changes between the weights of one thousand grains.

The effect of nitrogen fertilizer types on a thousand grain weight was insignificant in both production seasons. The average thousand grain weights of AS, CAN and urea fertilizers were 43.2 g, 43.5 g and 43.1 g for the first year of the experiment, and 27.6 g, 27.6 g and 27.5 g for the second year, respectively (Table 7). Although the effect of fertilizer types was not statistically significant, the highest thousand grain weight was obtained from CAN fertilizer with 43.5 g in the first year, while ammonium sulfate and CAN fertilizers were obtained from 27.6 g in the second year. In similar studies, it has been stated that the effect of fertilizer forms on the weight of a thousand grains is insignificant (Gökmen, 1993; Savaşlı, 2005; Mahgoub & Ibrahim, 2012; Akgün et al., 2021).

In the study, the effect of fertilizer application times on thousand grain weight was found to be insignificant in both experiment seasons (Table 5). The mean thousand grain weights of nitrogen fertilizer application times were 43.4

g, 43.1 g, 43.1 g, 43.5 g, 43.3 g and 43.3 g in the first year, respectively, and 27.6 g, 27.5 g, 28.2 g, 28.0 g, 27.1 g and 27.3 g in the second year, respectively (Table 7). Although the effect of nitrogen application times on thousand grain weight was not statistically significant, the highest thousand grain weight was obtained at the 4th application time with 43.5 g for the first year, and at the 3rd application time with 28.2 g in the second year. When the findings obtained in the study are examined, there is a parallelism between grain yield and average thousand grain weights between application times. In his research, Çobanoğlu (2019) stated that the weight of a thousand grains is affected by environmental conditions, but it has a positive effect on yield in cases where the number of spikes in m² and environmental conditions are similar. Similarly, in many studies on the subject, it has been stated that the effect of application times on the weight of a thousand is statistically insignificant (Mooleki & Foster, 1993; Tumwar, 2001; Savaşlı, 2005; Hunter, 2007; Filho et al., 2011).

Number of grains per spike (pieces)

While the effect of wheat varieties on the number of grains per spike was found to be significant at the level of 1% in the first year, the effect of wheat varieties was insignificant for the second year. In the experiment, the interaction of fertilizer type, wheat variety x fertilizer type, application time, wheat variety x application time, fertilizer type x application time and wheat variety x fertilizer type x application time for both years was found to be statistically insignificant (Table 5).

In the first year of the study, the number of grains of Burgos, Eyyubi and Hasanbey wheat varieties was 36.4, 43.4 and 44.9, respectively (Table 8). As can be seen from the average grain count values and least significant difference (LSD) grouping of the varieties, the average grain count in the highest spike was Hasanbey (44.9 units) and Eyyubi (43.4 units) varieties in the same group, while Burgos (36.4 units) was in a different group. In similar studies, it has been stated that the effect of wheat varieties on the number of grains per spike is significant (Hunter, 2007; Evlice et al., 2008; Cobanoğlu, 2013; Irmak, 2019). In the second year of the experiment, the effect of wheat varieties on the number of grains per spike was statistically insignificant. Although some studies have reported that the effect of wheat varieties on the number of grains is insignificant Öngören (2013), this is thought to be related to the drought that occurred in the second year of the study and the decrease in the amount of precipitation. As it is known, the number of grains per spike has an important place among the factors affecting the grain yield. He stated that there is generally a positive interaction between the number of grains and grain yield per spike (Mutlu, 2021).

Table 8. Differences between the number of grains per spike and the averages of the wheat and nitrogen fertilizer type and the application times for the years 2019-2021 (number/spike)

Çizelge 8. Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait başakta tane sayısı ve ortalamalar arasındaki farklar (adet)

Wheat Variety	Type of N	Year	Application Times						W*N
			1	2	3	4	5	6	
Burgos	A. Sulfate	2019	38.6	38.1	31.8	37.1	38.4	37.0	36.8
		2020	30.4	33.4	36.4	38.0	33.8	37.6	34.9
	CAN	2019	35.1	37.4	35.8	37.2	34.8	34.7	35.8
		2020	38.1	35.5	38.8	38.9	32.7	35.3	36.5
	Urea	2019	34.9	35.5	36.8	36.4	36.2	39.3	36.5
		2020	32.1	34.8	35.3	39.1	36.5	34.0	35.3
Eyyubi	A. Sulfate	2019	39.9	47.5	46.2	44.0	46.0	42.6	44.4
		2020	36.7	42.9	38.5	39.7	35.8	37.5	38.5
	CAN	2019	43.4	40.8	44.6	43.6	38.0	42.3	42.1
		2020	38.5	42.5	39.4	37.4	35.7	37.9	38.6

Table 8 (continued). Differences between the number of grains per spike and the averages of the wheat and nitrogen fertilizer type and the application times for the years 2019-2021 (number/spike)

Çizelge 8 (devamı). Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait başakta tane sayısı ve ortalamalar arasındaki farklar (adet)

Hasanbey	Urea	2019	45.2	41.9	43.5	44.5	46.0	40.9	43.7
		2020	38.4	43.5	39.0	42.0	37.9	38.4	39.8
	A. Sulfate	2019	46.5	46.0	44.7	46.6	43.0	45.7	45.4
		2020	35.9	44.3	42.2	41.2	50.5	31.6	40.9
	CAN	2019	45.3	42.7	46.4	46.7	45.5	42.8	44.9
		2020	38.6	40.6	31.9	41.0	41.5	47.2	40.2
	Urea	2019	40.4	45.8	43.0	44.8	45.5	46.5	44.3
		2020	38.0	36.0	37.6	34.6	38.0	41.2	37.6
	Avg. Application Time	2019	41.0	41.8	41.4	42.3	41.5	41.3	Ave.
		2020	36.3	39.3	37.7	39.1	38.0	37.9	
Wheat Variety	Burgos	2019	36.2	37.0	34.8	36.9	36.5	37.0	36.4b
		2020	33.5	34.6	36.8	38.6	34.3	35.6	35.6
	Eyyubi	2019	42.8	43.4	44.8	44.0	43.3	41.9	43.4a
		2020	37.9	43.0	39.0	39.7	36.5	37.9	39.0
	Hasanbey	2019	44.0	44.9	44.7	46.0	44.7	45.0	44.9a
		2020	37.5	40.3	37.2	39.0	43.3	40.0	39.6
	A. Sulfate	2019	41.7	43.9	40.9	42.5	42.5	41.8	42.2
		2020	34.3	40.2	39.0	39.6	40.0	35.6	38.1
Type of N	CAN	2019	41.2	40.3	42.3	42.5	39.4	39.9	40.9
		2020	38.4	39.5	36.7	39.1	36.6	40.2	38.4
	Urea	2019	40.2	41.1	41.1	41.9	42.6	42.2	41.5
		2020	36.2	38.1	37.3	38.6	37.4	37.9	37.6

In both years of the experiment, it is seen that as the number of grains per spike increases, the weight of a thousand grains decreases. The highest number of grains per spike and also the lowest thousand grain weights in both experiment seasons were obtained from Hasanbey variety. Avci (2007) stated that the Sarajevo variety, which has the lowest number of grains per spike among the wheat varieties, also has the highest thousand grain weight. He reported that there is a negative relationship between the number of grains per spike and the weight of a thousand grains, and that when the number of grains decreases per spike, the grain becomes larger, and on the contrary, the grain shrinks. Similar studies (Yilmaz & Şimşek, 2012; Çobanoğlu, 2013) show parallelism with the experiment results.

The effect of nitrogen fertilizer types on the number of grains per spike was insignificant in both production seasons. The mean spike grain numbers of ammonium sulfate (21% N), CAN (26% N) and urea (46% N) fertilizers were 42.2, 40.9 and 41.5 for the first year of the experiment, and 38.1, 38.4 and 37.6 for the second year respectively (Table 8). Many research results (Savaşlı, 2005; Avci, 2007; Öngören, 2013) reporting that the effect of different nitrogen fertilizers on the number of grains per spike is not statistically significant support the findings from the experiment. In the study, the effect of fertilizer application times on the number of grains per spike was found to be insignificant in both production seasons (Table 8). The average number of grains per spike of nitrogen fertilizer application times was 41.0, 41.8, 41.4, 42.3, 41.5 and 41.3 in the first year, respectively, and 36.3, 39.3, 37.7, 39.3, 38.0 and 37.9 in the second year, respectively. When the findings of the experiment are examined, it is seen that the average number of grains per spike of the first year is higher. Especially in the first year, the high amount of precipitation during the stemming and spike periods and the lower temperature compared to the second year increased the number of grain-binding flowers. Shahzad & Akmal (2017) reported that nitrogen application times have a

significant effect on the number of grains per spike by affecting the number of flowering days and ripening times of wheat. In studies on the subject, it has been stated that the effect of application times on the number of grains per spike is statistically insignificant (Mooleki & Foster, 1993; Tümsavaş, 2001; Savaşlı, 2005; Filho et al., 2011; Mutlu, 2021).

Grain weight per spike (g)

The effect of wheat varieties on grain weight per spike was insignificant for both years. In the experiment, the interaction of wheat variety, fertilizer type, wheat variety x fertilizer type, application time, wheat variety x application time, fertilizer type x application time and wheat variety x fertilizer type x application time was found to be statistically insignificant for both years (Table 5). The two-year average values related to the effect of three wheat varieties, three fertilizer sources and six different nitrogen fertilizer application times on the number of grains per spike are given in Table 9 below.

In the first year of the study, the average grain weight of Burgos, Eyyubi and Hasanbey wheat varieties was between 1.72, 1.86 and 1.83 g, respectively. In the second year of the experiment, it was seen that the average grain weights of wheat varieties ranged between 1.07, 1.16 and 1.17 g, respectively (Table 9). In the first year of the study, the highest grain weight per spike was obtained in the Eyyubi variety, while in the second year, it was obtained from the Hasanbey variety. The lowest spike grain weight for both years was obtained from the Burgos variety. Grain weight per spike is closely related to environmental conditions and the characteristics of the genotypes used (Çobanoğlu, 2013; Mutlu, 2021). In the study, although there was no statistically significant effect of the experiment subjects on the grain weight per spike for both years, it was seen that the grain weights per spike of the second year were lower than in the first year. The fact that the drought that occurred especially in the second year caused a decrease in grain yield, limited the grain weight per spike. Similarly, previous studies have reported that the effect of wheat varieties on grain weight is insignificant (Avcı, 2007; Irmak, 2019).

Table 9. Differences between grain weight per spike and averages in wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 (g/spike)

Çizelge 9. Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait başakta tane ağırlığı ve ortalamalar arasındaki farklar (g)

Wheat Variety	Type of N	Year	Application Times						W*N
			1	2	3	4	5	6	
Burgos	A. Sulfate	2019	1.80	1.80	1.58	1.67	1.75	1.80	1,73
		2020	0.94	1.04	1.07	1.19	1.03	1.12	1,06
	CAN	2019	1.58	1.77	1.71	1.86	1.67	1.60	1,70
		2020	1.22	1.04	1.16	1.28	1.06	1.06	1,14
	Urea	2019	1.65	1.68	1.65	1.76	1.78	1.87	1,73
		2020	1.05	1.05	1.11	1.17	1.17	1.04	1,10
Eyyubi	A. Sulfate	2019	1.70	1.95	2.01	1.95	1.86	1.76	1.87
		2020	0.99	1.30	1.18	1.33	1.10	1.03	1.16
	CAN	2019	1.86	1.76	2.00	1.97	1.58	1.72	1.81
		2020	1.18	1.23	1.06	1.12	1.12	1.14	1.14
	Urea	2019	1.92	1.83	1.91	1.93	1.94	1.85	1.90
		2020	1.13	1.25	1.13	1.32	1.14	1.16	1.19
Hasanbey	A. Sulfate	2019	1.79	1.88	1.80	1.96	1.92	1.82	1.86
		2020	0.95	1.39	1.25	1.28	1.34	1.00	1.20
	CAN	2019	1.77	1.73	1.92	1.93	1.85	1.65	1.81
		2020	1.18	1.26	0.92	1.14	1.24	1.34	1.18

Table 9 (continued). Differences between grain weight per spike and averages in wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 (g/spike)

Çizelge 9 (devamı). Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait başakta tane ağırlığı ve ortalamalar arasındaki farklar (g)

	Urea	2019	1.81	1.88	1.86	1.73	1.71	1.93	1.82
		2020	1.11	1.11	1.15	0.99	1.04	1.27	1.11
Avg. Application Time		2019	1.76	1.81	1.83	1.86	1.79	1.78	Ave.
		2020	1.08	1.19	1.12	1.20	1.14	1.13	
Wheat Variety	Burgos	2019	1.68	1.75	1.64	1.76	1.73	1.76	1.72
		2020	1.07	1.04	1.12	1.21	1.09	1.07	1.10
	Eyyubi	2019	1.83	1.85	1.97	1.95	1.79	1.78	1.86
		2020	1.10	1.26	1.12	1.26	1.12	1.11	1.16
	Hasanbey	2019	1.79	1.83	1.86	1.87	1.83	1.80	1.83
		2020	1.08	1.25	1.11	1.13	1.21	1.21	1.17
Type of N	A. Sulfate	2019	1.76	1.88	1.80	1.86	1.85	1.79	1.82
		2020	0.96	1.24	1.17	1.26	1.16	1.05	1.14
	CAN	2019	1.73	1.75	1.88	1.92	1.70	1.66	1.77
		2020	1.19	1.18	1.05	1.18	1.14	1.18	1.15
	Urea	2019	1.80	1.80	1.81	1.81	1.81	1.88	1.82
		2020	1.10	1.14	1.13	1.16	1.12	1.16	1.13

The effect of nitrogen fertilizer types on grain weight per spike was insignificant in both production seasons. The average grain weights of ammonium sulfate (21% N), CAN (26% N) and urea (46% N) fertilizers were 1.82, 1.77 and 1.82 g for the first year of the experiment, respectively, and 1.14, 1.15 and 1.13 g for the second year (Table 9). Although the effect of fertilizer types was insignificant, the grain weight per highest spike was obtained from ammonium sulfate and urea fertilizer with 1.82 g in the first year, and from CAN fertilizers with 1.15 g in the second year. In similar studies, it has been stated that the effect of fertilizer forms on grain weight per spike is insignificant (Başar et al., 1998; Gökmen et al., 2001; Savaşlı, 2005; Avcı, 2007; Evlice et al., 2008; Altuntaş & Akgün, 2016). In the study, the effect of application times on grain weight per spike was found to be insignificant in both experiment years (Table 5). The average grain weight of nitrogen fertilizer application times was 1.76, 1.81, 1.83, 1.86, 1.79 and 1.78 g in the first year, respectively, and 1.08, 1.19, 1.12, 1.20, 1.14 and 1.13 g in the second year, respectively. Similar results have been reported in many studies on the subject (Gökmen et al., 2001; Tümsavaş, 2001; Savaşlı, 2005; Avcı, 2007; Evlice et al., 2008; Mutlu, 2021). In both years of the study, the highest spike grain weight was obtained at the fourth application time, while the lowest spike grain weight was obtained at the first application time. When the data obtained are examined, it is seen that the average grain weight per spike of the first year is higher than the values in the second year. This was due to the difference in the amount of precipitation between the experiment years and the drought experienced in the second year.

Number of spike per m²

The effect of wheat varieties on the number of spikes per square meter was insignificant for both years. In the experiment, the interaction of wheat variety, fertilizer type, wheat variety x fertilizer type, application time, wheat variety x application time, fertilizer type x application time and wheat variety x fertilizer type x application time was found to be statistically insignificant for both years (Table 5).

Table 10. Differences between the number of spikes per square meter and the averages of wheat and nitrogen fertilizer types and application times for the years 2019-2021 (piece)

Çizelge 10. Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait metrekarede başak sayısı ve ortalamalar arasındaki farklar (adet)

Wheat Variety	Type of N	Year	Application Times						W*N
			1	2	3	4	5	6	
Burgos	A. Sulfate	2019	528	510	628	587	603	587	574
		2020	467	453	445	375	378	373	415
	CAN	2019	608	520	585	528	587	518	558
		2020	388	357	397	413	427	397	396
	Urea	2019	578	597	602	575	560	553	578
		2020	485	433	485	342	390	428	427
Eyyubi	A. Sulfate	2019	603	572	502	583	492	567	553
		2020	432	385	370	395	383	362	388
	CAN	2019	527	608	563	532	635	543	568
		2020	343	350	452	360	383	375	377
Hasanbey	Urea	2019	550	562	527	543	513	562	543
		2020	347	453	393	373	368	415	392
	A. Sulfate	2019	582	568	590	562	498	600	567
		2020	422	300	382	400	312	370	364
Hasanbey	CAN	2019	643	577	582	532	585	538	576
		2020	448	310	458	358	453	385	402
	Urea	2019	610	585	555	650	642	520	594
		2020	365	377	353	400	352	317	361
Avg. Application Time		2019	581	566	570	566	568	554	Ave.
		2020	411	380	415	380	383	380	
Wheat Variety	Burgos	2019	572	542	605	563	583	553	570
		2020	447	414	442	377	398	399	413
	Eyyubi	2019	560	581	531	553	547	557	555
		2020	374	396	405	376	378	384	386
	Hasanbey	2019	612	577	576	581	575	553	579
		2020	412	329	398	386	372	357	376
Type of N	A. Sulfate	2019	571	550	573	577	531	584	565
		2020	440	379	399	390	358	368	389
	CAN	2019	593	568	577	531	602	533	567
		2020	393	339	436	377	421	386	392
	Urea	2019	579	581	561	589	572	545	571
		2020	399	421	411	372	370	387	393

The average number of spikes per square meter of the varieties of Burgos, Eyyubi and Hasanbey wheat varieties considered in the first year was 570, 555 and 579, respectively, and the average number of spikes per square meter in the second year was determined as 436, 409 and 399, respectively (Table 10). In the first production year of the study, the highest number of spikes per square meter was obtained from the Hasanbey variety with 579 units, while in the second production season, the highest number was obtained from the Burgos variety with 436 units. In some previous studies, it has been stated that the effect of wheat varieties on the number of spikes per square meter is insignificant (Öngören, 2013). The findings contradict the researchers who report that the effect of wheat varieties on the number of spikes per square meter is significant (Avcı, 2007; Evlice et al., 2008; Çobanoğlu, 2013; Irmak, 2019).

The effect of nitrogen fertilizer types on the number of spikes per square meter was insignificant in both production seasons. The number of spikes per square meter of ammonium sulfate (21% N), CAN (26% N) and urea (46% N) fertilizers was 565, 567 and 571 for the first year of the experiment, and 412, 415 and 416 in the second year, respectively (Table 10). Although it was not statistically significant in both years of the study, the highest number of spikes per square meter was obtained from the parcels where urea fertilizer was applied. Similarly, some studies have stated that the effect of fertilizer forms on the number of spikes per square meter is insignificant (Mooleki & Foster, 1993; Ayoub et al., 1994; Savaşlı, 2005; Öngören, 2013).

In the study, the effect of fertilizer application times on the number of spikes per square meter was found to be insignificant in both production seasons (Table 5). The average number of spikes per square meter of nitrogen fertilizer application times was 581, 566, 570, 566, 568 and 554 in the first year, respectively, and the averages of 434, 402, 438, 402, 406 and 403 in the second year, respectively (Table 10). In some studies on the subject, it is stated that the effect of application times on the number of spikes per square meter is similarly statistically insignificant (Bellido et al., 2005; Savaşlı, 2005; Avcı, 2007; Evlice et al., 2008), and in some other studies, the effect of application times on the number of spikes per square meter is significant (Çoşkun & Öktem, 2003; Abedi et al., 2011; Çobanoğlu, 2013; Irmak, 2019).

Plant height

While the effect of wheat varieties on plant height was found to be significant at the level of 1% in the first year, the effect of wheat varieties was significant at the level of 5% for the second year. In the experiment, the interaction of fertilizer type, wheat variety x fertilizer type, application time, wheat variety x application time, fertilizer type x application time and wheat variety x fertilizer type x application time in both years was found to be statistically insignificant (Table 5). The two-year average values related to the effect of three wheat varieties, three fertilizer sources and six different nitrogen fertilizer application times on plant height are given in Table 12 below.

The average plant height of the Burgos, Eyyubi and Hasanbey wheat varieties, which were discussed in the first year, was determined as 105, 118 and 103 cm, respectively, and the average plant height in the second year was determined as 73, 81 and 73 cm, respectively (Table 12). In the first and second years of the experiment, the highest average plant height of the varieties was obtained from the Eyyubi variety with 118 and 81 cm and constituted a different group from the others, while Burgos and Hasanbey were in the same group in both years. In similar studies conducted before, it has been stated that the effect of plant height on wheat varieties is important (Gökmen, 1993; Avcı, 2007; Çobanoğlu, 2013; Irmak, 2019).

Although plant height is a genotypic feature in wheat, it is significantly affected by cultivation technique and climatic conditions (Avcı, 2007; Irmak, 2019; Akan et al., 2021). The most important factor affecting plant height during the production season is known as the amount of precipitation and the distribution of this precipitation. When the years in which the experiment was conducted are examined, it is seen that the plant height of the first year is higher. It is thought that this result is due to the effect of the amount of precipitation received in the first production season, especially during the initial periods of tillering and uprising. In their study conducted under precipitation-based conditions in Mardin, Akan et al. (2021) stated that the plant height of local and commercial durum wheat varieties under dry conditions was significantly affected by ecological conditions and cultivation technique.

The effect of nitrogen fertilizer forms on plant height was found to be statistically insignificant in both experiment years. In terms of fertilizer types, the average plant heights of ammonium sulfate (AS; 21% N), calcium ammonium nitrate (CAN; 26% N) and urea (U; 46% N) fertilizers were 109, 110 cm and 108 cm in the first year, respectively, and the average plant heights were 75, 76 cm and 76 cm in the second year, respectively (Table 11).

Table 11. Differences between plant height and averages of wheat and nitrogen fertilizer type and application times for the years 2019-2021 (cm)

Çizelge 11. Buğday ve azotlu gübre çeşidi ile uygulama zamanlarının 2019-2021 yıllarına ait bitki boyu ve ortalamalar arasındaki farklar (cm)

Wheat Variety	Type of N	Year	Application Times						W*N
			1	2	3	4	5	6	
Burgos	A. Sulfate	2019	107	102	103	108	110	107	106
		2020	74	73	74	72	69	71	72
	CAN	2019	107	108	108	105	107	105	107
		2020	76	70	73	76	75	68	73
	Urea	2019	102	105	107	102	102	103	103
		2020	74	77	77	68	74	77	74
Eyyubi	A. Sulfate	2019	120	115	122	118	115	118	118
		2020	77	84	81	84	77	78	80
	CAN	2019	122	118	120	120	118	117	119
		2020	78	79	84	80	81	82	81
	Urea	2019	120	118	122	117	112	117	118
		2020	79	84	79	83	81	86	82
Hasanbey	A. Sulfate	2019	102	103	105	105	102	103	103
		2020	68	71	77	76	76	74	74
	CAN	2019	105	100	105	107	105	105	104
		2020	77	70	72	72	72	76	73
	Urea	2019	102	105	102	100	103	100	102
		2020	73	74	74	72	71	72	73
Avg. Application Time		2019	109	108	110	109	108	108	Ave.
		2020	75	76	77	76	75	76	
Wheat Variety	Burgos	2019	105	105	106	105	106	105	105b
		2020	74	73	75	72	73	72	73b
	Eyyubi	2019	121	117	121	118	115	117	118a
		2020	78	83	81	82	79	82	81a
	Hasanbey	2019	103	103	104	104	103	103	103b
		2020	73	71	75	74	73	74	73b
Type of N	A. Sulfate	2019	109	107	110	111	109	109	109
		2020	73	76	78	78	74	74	75
	CAN	2019	111	109	111	111	110	109	110
		2020	77	73	76	76	76	75	76
	Urea	2019	108	109	110	106	106	107	108
		2020	76	78	77	74	75	78	76

The findings are in line with the researchers who reported that the effect of fertilizer forms on plant height is statistically insignificant (Gökmen, 1993; Başar et al., 1998; Savaşlı, 2005; Tepecik et al., 2014; Khursheed et al., 2015). In some studies, the effect of fertilizer sources on plant height has been found to be significant (Nakano et al., 2008; Yılmaz et al., 2019).

The effect of nitrogen fertilizer application times on plant height was found to be statistically insignificant in both experiment years. The average plant height of nitrogen fertilizer application times was 109, 108, 110, 109, 108 and 108 cm in the first year, respectively; and 75, 76, 77, 76, 75 and 76 cm in the second year, (Table 12). In similar studies, it has been reported that the effect of nitrogen application times on plant height is insignificant (Ağrı, 1993; Tümsavaş, 2001; Ferdous et al., 2005; Savaşlı, 2005; Avcı, 2007; Akman & Topal, 2010; Filho et al., 2011; Yakut,

2011; Mutlu, 2021). In the first year of the experiment, it is seen that the plant heights of nitrogen application times were higher. Especially the fact that the amount of precipitation falling in the first year is above the average of many years has increased the plant height. In the second year of the experiment, it was thought that lower plant heights were obtained in plants affected by drought due to precipitation below the average precipitation for many years.

When the results of the research are examined, it is revealed that the effect of nitrogen fertilizer form and nitrogen application time on grain yield in both experiment years is statistically insignificant. In the first year of the study, the effect of wheat varieties on grain yield was significant, while in the second year it was insignificant.

Although the effect of the applied fertilizer forms on grain yield was not statistically significant in both experiment years, the highest grain yield among the fertilizer types was obtained in the first year of the study. In previous studies on fertilizer forms; It is stated that nitrogen losses in the form of NH_3 in the fertilizer in the form of urea given to the soil surface in precipitation-based wheat cultivation are higher compared to ammonium nitrate fertilizer. In addition, among the types of fertilizers, ammonium nitrate fertilizers are more effective than urea fertilizers in terms of the rate of dissolution in the soil; However, they stated that urea fertilizer is used more effectively by plants due to its slow release. Depending on the climatic conditions, it can be said that the precipitation and temperature conditions in the first year of the study are more favorable compared to the second year and urea (U; 46% N) fertilizer is used more effectively by the plant due to its slow-release feature, increasing the grain yield compared to other fertilizer forms. In the second year of the study, it is thought that nitrogen losses in the form of NH_3 in calcium ammonium nitrate (CAN; 26% N) fertilizer are less than other fertilizer forms and the dissolution rate is higher due to the increase in grain yield due to the amount of precipitation and drought. Depending on the amount of precipitation in Diyarbakır conditions, it may be recommended to use urea (U; 46% N) and calcium ammonium nitrate (CAN; 26% N) fertilizers compared to ammonium sulfate (AS; 21% N) fertilizers. Although the effect of nitrogen fertilizer application times on grain yield was statistically insignificant in both experiment years, the highest grain yield was obtained at the fourth application time with 1007 kg da^{-1} in the first year of the study, and the highest grain yield was obtained at the third application time with 467 kg da^{-1} in the second year. In both years of the study, as the nitrogen fertilizer application time is delayed, decreases in grain yield occurred and it is thought that it would be beneficial to fertilize between tillering and stem elongation periods in order to reduce yield losses. Considering the climatic conditions between the years in which the study was carried out, it may be recommended to use slow-release fertilizers (urea form) at the fourth application time of top fertilization (end of tillering-beginning of stem elongation) in the production seasons when the amount of precipitation between January and March is sufficient, and in cases where the amount of precipitation is insufficient, it may be recommended to prefer fast-acting (ammonium nitrate) fertilizers at the third application time of top fertilization (middle of tillering).

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was conducted under the supervision of Prof. Dr. Kerim Mesut ÇİMRİN and presents some findings from the doctoral thesis on "The Effect of Top Dressing Fertilizer Forms Applied at Different Periods on Yield and Quality Components in Durum Wheat Varieties." It was carried out by the General Directorate of Agricultural Research and Policies of the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Turkey, as part of project number TAGEM/BBAD/14/A08/P10/1. We would like to express our gratitude to the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Turkey for their contributions.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The authors of the manuscript state that there are no conflicts of interest in terms of private or commercial interests within the scope of this study.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

The authors of the manuscript declare that they have contributed equally to the study.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

Ethical approval is not applicable, because this article does not contain any studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- Abedi, T., Alemzadeh, A., & Kazemeini, S.A. (2011). Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (3), 330-336.
- Adjetei, J.A., Searle, P.G.E., & Campbell, L.C. (2001). Rate and timing of nitrogen fertilizer applications on wheat grown under dryland and supplementary irrigation. *South African Journal of Plant and Soil*, 18 (1), 15-20. <https://doi.org/10.1080/02571862.2001.10634394>
- Ağrı, N. (1993). Çukurova koşullarında Seri-82 ekmeklik buğday çeşidinin farklı azot miktarı ve uygulama zamanlarının verim ve verim unsurlarına etkisi üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana, 72 s.
- Akan, E., Gümüş, İ., & Şeker, C., (2021). Kuru koşullarda durum buğday çeşitlerinin verim ve kalitelerini etkileyen önemli parametrelerin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5 (1), 246-256. <https://doi.org/10.46291/ispecjasvol5iss1pp246-256>
- Akgün, İ., Özbek, E., & Şener, A. (2021). Makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinde hasat zamanı ve azotlu gübre uygulamasının tane verimi ile bazı kalite özelliklerine etkisi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10 (2), 53-63. <https://doi.org/10.46810/tdfd.853444>
- Akman, H., & Topal, A. (2010). Makarnalık buğdayda farklı şekillerde üre uygulamasının verim, verim unsurları ve kaliteye etkisi. *Selçuk Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (3), 41-51.
- Alagöz, R. (1991). Güneydoğu Anadolu Bölgesi sulanır koşullarında buğdayın azot gereksinimi araştırması sonuç raporu. Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Diyarbakır.
- Atar, B. (2017). Buğdayda verim esaslı azotlu gübreleme. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21 (4), 524-536. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.309384>
- Avcı, R. (2007). Farklı azotlu gübre uygulamalarının ekmeklik buğdayda verim ve kalite üzerine etkileri. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ, 94 s.
- Ayoub, M., Guertin, S., Lussier, S., & Smith, D.L. (1994). Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in eastern Canada. *Crop Science*, 34 (3), 748-756. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400030027x>
- Basar, H., Tümsavaş, Z., Katkat, A.V., & Özgümüş, A. (1998). Saraybosna buğday çeşidinin verim ve bazı verim kriterleri üzerine değişik azotlu gübrelerin ve azot dozlarının etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 59-63.
- López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., & Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*, 94 (1), 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.11.004>
- Biçer, M. (2001). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinde farklı gelişme dönemlerinde verilen azotlu gübrelerin verim ve kalite öğelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara, 65 s.
- Blandino, M., Marinaccio, F., & Reyneri, A. (2016). Effect of late-season nitrogen fertilization on grain yield and on flour rheological quality and stability in common wheat, under different production situations. *Italian Journal of Agronomy*, 11 (2), 107-113. <https://doi.org/10.4081/ija.2016.745>

- Bouyoucos, G.J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43, 434-438. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Carpenter, J.T. (2019). Influence of dual top-dress nitrogen applications on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain yield (Master's thesis, Oklahoma State University).
- Çakır Öngören, S. (2013). Farklı azot gübre formlarının buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çobanoğlu, M.Y., & Ayrancı, R. (2021). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde azot miktarı ve uygulama zamanının tane verimi ve kalitesine etkisi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10 (1), 1-12.
- Coşkun, Y., & Öktem, A. (2003). Farklı dozlarda ve zamanlarda uygulanan azotun makarnalık buğdayın verim ve verim unsurlarına etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (3-4), 1-10.
- Dhillon, J., Eickhoff, E., Aula, L., Omara, P., Weymeyer, G., Nambi, E., Oyebiyi, F., Carpenter, T., & Raun, W. (2020). Nitrogen management impact on winter wheat grain yield and estimated plant nitrogen loss. *Agronomy Journal*, 112 (1), 564-577. <https://doi.org/10.1002/agj2.20107>
- Evlice, A.K., Kara, R., Sezal, M., Dokuyucu, T., & Akkaya, A. (2008). Kahramanmaraş koşullarında azot uygulama zamanlarının ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) fenolojik dönemler, verim ve verim unsurlarına etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17 (1-2).
- Ferdous, Z., Sarkar, M.A.R., & Hasan, A.K. (2005). Effect of variety and split application of nitrogen on yield of wheat. *Bangladesh Journal of Seed Science and Technology*, 9 (1-2), 19-22.
- Teixeira Filho, M.C.M., Buzetti, S., Andreotti, M., Arf, O., & Sá, M.E.D. (2011). Application times, sources and doses of nitrogen on wheat cultivars under no till in the Cerrado region. *Ciência Rural*, 41, 1375-1382. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782011000800013>
- Fowler, D.B., & Brydon, J. (1989). No-till winter wheat production on the Canadian prairies: Placement of urea and ammonium nitrate fertilizers. *Agronomy Journal*, 81 (3), 518-524. <https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100030025x>
- Gökmen, S. (1993). Buğday ve arpada ekimle birlikte verilen farklı gübre cins ve uygulama yöntemlerinin verim ve diğer agronomik özelliklere etkileri üzerine bir araştırma. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tokat.
- Gökmen, S., Sakin, M.A., Yıldırım, A., & Tuğay, M.E. (2001). Makarnalık buğdayda azot dozu ve uygulama zamanının verim, verim unsurları ve kaliteye etkisi. *Türkiye*, 4, 17-21.
- Halaç, D., & Yürür, N. (1999). Azotlu gübre verme zamanlarının buğdayın verim ve kalitesine etkisi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-18 Kasım, 145-150, Adana.
- Halitligil, M.B., Akın, A., & Kışlal, H. (2001). Orta Anadolu kurak şartlarda iki buğday çeşidinin azotlu gübre kullanma etkinliklerinin artırılması ve azot kayıplarının azaltılması için bazı kültürel tedbirlerin N15 metodu ile araştırılması. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi, Radyoizotop Uygulama Bölümü, Saray. Türkiye, 4, 17-21.
- Hızalan, E., & Ünal, E. (1966). *Topraklarda önemli analizler*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 278, 5-7.
- Howard, D.D., Newman, M.A., Essington, M.E., & Percell, W.M. (2002). Nitrogen fertilization of conservation-tilled wheat. I. Sources and application rates. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (6), 1315-1328. <https://doi.org/10.1081/pln-120004391>
- Irmak, H. (2019). Edirne ekolojik koşullarında ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) farklı üst gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.
- Jackson, M. (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, pg: 1 - 498, New Jersey, USA. <https://doi.org/10.2136/sssaj1958.03615995002200030025x>
- Jan, M.T., & Khan, S. (2000). Response of wheat yield components to type of N fertilizer, their levels and application time. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3 (8), 1227-1230. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2000.1227.1230>
- Kacar, B., & Katkat, V. (1999). *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Yayın No:144., 53 1 sf., Bursa.

- Kaiser, D.E., Lamb, J.A., Sims, A., & Wiersma, J. (2013). Nutrient Management (Fertilizing Wheat in Minnesota). Universty of Minnesota, AG-Fo-3814-C, USA.
- Karaçal, İ., Aktaş, M., & Teceren, M. (1988). Çeltik tarımında azotlu gübrelerin uygulama şeklinin verim ve azottan yararlanma üzerine etkisi. *TÜBİTAK Doğa Bilim Dergisi*, 12 (1), 37-47.
- Kaya, Y. (2018). *Buğdayın kültüre alınması*. Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilgi Notu 1 (19 Sayfa). Siirt.
- Khursheed, M.Q., & Mahammad, M.Q. (2015). Effect of different nitrogen fertilizers on growth and yield of wheat. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 27 (5), 19-28. <https://doi.org/10.21275/v4i12.29111506>
- Kılıç, H., Aktaş, H., & Kendal, E. (2020). Ekmeklik buğday genotiplerinin (*Triticum aestivum* L) yüksek sıcaklık şartlarında verim ve bazı kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13 (1), 1-18.
- Lindsay, W.L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Garrido-Lestache, E., López-Bellido, R.J., & López-Bellido, L. (2005). Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. *European Journal of Agronomy*, 23 (3), 265-278. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.12.001>
- Mahgoub, S.A.G., & Ibrahim, Y M. (2012). Performance of wheat yield under different fertilizer types, application and doses at Northern Sudan State. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3 (3), 125-130. <https://doi.org/10.5251/abjna.2012.3.3.125.130>
- Melaj, M.A., Echeverría, H.E., López, S.C., Studdert, G., Andrade, F., & Bárbaro, N.O. (2003). Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agronomy Journal*, 95 (6), 1525-1531. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.1525>
- Mooleki, S.P., & Foster, R.K. (1993). Effects of N and P rates and proportional timing of N application on rainfed wheat in Zambia. *Plant and Soil*, 149, 73-86. <https://doi.org/10.1007/bf00010764>
- Mutlu, A. (2021). The effect of divided top-dressing applications on yield and yield components in durum wheat (*Triticum durum* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9 (11), 2041-2048. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1040275>
- Nakano, H., Morita, S., & Kusuda, O. (2008). Effect of nitrogen application rate and timing on grain yield and protein content of the bread wheat cultivar 'Minaminokaori' in southwestern Japan. *Plant Production Science*, 11 (1), 151-157. <https://doi.org/10.1626/pps.11.151>
- Olsen, S.R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Ooro, P.A., Liavoga, A.B., Tanner, D.G., & Payne, T.S. (1999). Effect of rate timing of nitrogen application on grain quality and yield of bread wheat in Kenya. *African Crop Science Journal*, 4, 183-186.
- Richards, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Handbook 60. U.S. Dept. of Agriculture. <https://doi.org/10.1097/00010694-194711000-00013>
- Savaşlı, E. (2005). İlkbahar dönemi üst gübrelemesinde kullanılan azotlu gübre çeşit, doz ve uygulama zamanlarının buğday bitkisinde gelişme ve azot alımına etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tokat.
- Schulz, R., Makary, T., Hubert, S., Hartung, K., Gruber, S., Donath, S., Döhler, J., Weiß, K., Ehrhart, E., Claupein, W., Piepho, H-P., Pekrun, C., & Müller, T. (2015). Is it necessary to split nitrogen fertilization for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany. *The Journal of Agricultural Science*, 153 (4), 575-587. <https://doi.org/10.1017/s0021859614000288>

- Shahzad, K., & Akmal, M. (2017). Yield performance of wheat under split n application rates and timing. *Sarhad Journal of Agriculture*, 33 (3), 350-356. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2017/33.3.350.356>
- Souza, J.L.B. (2018). Impact of nitrogen fertilizer application timing on winter wheat. Master's thesis, Oklahoma State University.
- Şahin, G. (2016). Türkiye'de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22 (1), 19-32.
- TAGEM (2023a). Tarım Ürünleri Piyasaları-Buğday. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%0%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021Haziran%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Bu%C4%9Fday,%20Haziran2021,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu,%20TEPGE.pdf>
- TAGEM (2023b). Gübre Sektör Politikası 2018-2022. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/G%C3%BCbre%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf>
- TEPGE (2022). Durum Buğday Tahmin-2021. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/2021%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/Bu%C4%9Fday%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202021343%20TEPGE.pdf>
- Tepecik, M., Barlas, N.T., & İlker, E. (2014). Farklı azotlu gübreler ve uygulama zamanlarının buğdayda verim ve verim komponentlerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 3 (1), 24-30. <https://doi.org/10.21657/tsd.73563>
- Topal, A., Yalvaç, K., & Akgün, N. (2003). Efficiency of topdressed nitrogen sources and application times in fallow-wheat cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34 (9-10), 1211-1224. <https://doi.org/10.1081/css-120020438>
- TÜİK (2023). Bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Tümsavaş, Z. (2001). Değişik zamanlarda ve artan miktarlarda uygulanan azotlu gübrenin ekmeklik Otholom buğday çeşidinin verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 19-29.
- TMO (2023). Dünya Hububat ve Bakliyat Raporu. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hubbaklidurumu.pdf>
- Ünsal, A.S., Canbaş, A., & Özkaya, H. (1995). Azotlu gübrenin değişik uygulama zamanlarının bazı önemli ekmeklik buğday çeşitlerinin fiziksel özelliklerine etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 165-184, Şanlıurfa.
- Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils—effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63 (4), 251-264.
- Yakut, Z. (2011). Farklı azot uygulama zaman ve uygulamasının sırta ekim ekmeklik (*Triticum aestivum*) ve makarnalık (*Triticum durum*) buğdayda verim ve bazı verim unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Diyarbakır, 71 s.
- Yılmaz, N., & Şimşek, S. (2012). Sivas ekolojik koşullarında ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) üst gübrelemede kullanılacak azotlu gübre form ve miktarının belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 1 (2), 91-96.
- ZMO (2021). Ülkemizde Gübre Üretimi ve Tüketimi Üzerine Değerlendirme. https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30873&tipi=5&sube=3
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14 (6), 415-421.

İzmir kekiği (*Origanum onites* L.)'inde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri

Effects of inorganic and organic fertilizer applications on yield and quality in İzmir oregano (*Origanum onites* L.)

Gülcan ÇELİK¹, Elif FERAHOĞLU¹, Saliha KIRICI¹

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 26.09.2024 Accepted / Kabul: 01.11.2024 Anahtar Kelimeler: <i>Origanum onites</i> Organik gübre Uçucu yağ Karvakrol Keywords: <i>Origanum onites</i> Organic fertilizer Yield Carcavrol ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Saliha KIRICI kirici@cu.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Ülkemizde tarımı yapılan ve doğadan toplanan kekik türleri içerisinde en yüksek ihracat miktarına sahip olan <i>Origanum onites</i> L. (İzmir kekiği)'dir. <i>Origanum onites</i> L.'de organik (solucan ve tavuk gübresi) ve inorganik (NPK) gübre uygulamalarının verim ve kalite unsurlarına etkileri Çukurova koşullarında araştırılmıştır. Araştırmada uygulamalara bağlı olarak bitki boyu 29.06-32.5 cm, yeşil herba verimi 105.94-164.99 kg da⁻¹, drog herba verimi 51.94-81.11 kg da⁻¹, drog yaprak verimi 34.58-58.33 kg da⁻¹, drog yaprak oranı %66.46-71.8 kg da⁻¹, uçucu yağ oranı % 3.6-4.0 arasında değişmiştir. Uçucu yağda ana bileşen karvakrol olup, %74.12-81.68 arasında değişmiştir. En yüksek drog herba (81.11 kg da⁻¹) ve drog yaprak verimleri (58.33 kg da⁻¹) tavuk gübresi uygulamasından ve en yüksek uçucu yağ oranı (% 4.0) ise solucan gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Bununla beraber, en yüksek karvakrol oranı ise NPK uygulamasından elde edilmiştir. Böylece Çukurova koşullarında <i>Origanum onites</i> L. yetiştiriciliğinde yüksek verim elde etmek için solucan ve tavuk gübrelerinin yararlı olduğu belirlenmiştir. ABSTRACT This study was carried out to examine the effects of growing in open area, glasshouse, and plastic house on graft success and shoot growth in individuals obtained from the hybrid combination of Bursa Siyahı×Osmaniye02. In the study, Bursa Siyahı cultivar was used as rootstock in all three growing places and hybrid individuals were grafted to this rootstock with T budding. Budding take and bud sprout percentages (%), shoot diameter (mm) and shoot length (cm) values in different growing places were investigated. In the study, the highest budding take ratio was obtained from plastic house (97.95%). However, the highest budding sprout rate was found in open area (75.57%). The shoot diameter and length values differed according to the growing places. Open area grafts had the largest shoot diameter (22.82 mm) and shoot length (128.93 cm). In the plastic house, the shoot diameter was 16.21 mm and the shoot length was 84 cm, whereas the shoot diameter and length values in the glasshouse were determined as 13.83 mm and 100.13 cm, respectively. Shoot growth in hybrids in plastic house and glasshouse was faster in early spring than in the open field, but after June, shoot growth slowed down due to temperatures rising above 40°C in protected areas. The average shoot diameter growth had the highest value in October (17.03 mm) and November (17.54 mm) compared to other months.
Cite/Atıf	Çelik, G., Ferahoğlu, E., & Kırıcı, S. (2025). İzmir kekiği (<i>Origanum onites</i> L.)'nde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 35-47. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1458527

GİRİŞ

Ülkemiz florasında bulunan bitkilerden biri olan *Origanum onites* L, Lamiaceae (Labiatae) familyasına ait önemli bir uçucu yağ ve baharat bitkisidir. *O. onites*. (İzmir Kekiği) Türkiye’de tarımı ve ticareti en çok yapılan kekik türüdür. Anadolu’nun batı ve güney bölgelerinde doğal olarak yetişmektedir. Halk arasında “izmir kekiği, taş kekik, peynir kekik ve bilyalı kekik” gibi yöresel adlarla bilinmektedir (Ofiaz ve ark., 2002). Ülkemizde 2023 yılında kekik üretimi 216.137 da alanda yapılmakta olup, üretim miktarı 30.129 ton olmuştur (Anonim, 2024).

Kekik bitkisi; baharat ve bitkisel çay olarak, tıpta ve eczacılıkta, gıdaların saklanması, böcek ve yabancı ot ilaçlarında, peyzajda olmak üzere farklı kullanım alanlarında kullanılmaktadır. Kekiğin toprak üstü kısımlarında %0.5-8.0 arasında su buharı distilasyonu ile uçucu yağ elde edilmekte olup, kekik türlerinde uçucu yağ oranının en az %2.5 olması istenmektedir (Baydar, 2016). Kekik uçucu yağları baskın bir şekilde karvakrol ve/veya timol bileşenlerini içermektedir. Bu bileşikleri içeren *Thymus*, *Origanum*, *Satureja*, *Thymbra*, *Coridothymus* cinsleri halk arasında kekik olarak adlandırılmaktadır (Baydar, 2016). Kekiğin uçucu yağ miktarı ve bileşenleri kekiğin kalitesi belirlenmektedir. Kalite özellikleri bitkinin genotipine, yetiştirildiği bölgenin iklim özellikleri ile yapılan kültürel işlemlerin (gübreleme sulama vb.) farklılığına göre değişkenlik göstermektedir (Pirigharnaei ve ark., 2011). Bitki yetiştiriciliğinde en önemli kültürel işlemlerden biri toprağın gübrenmesidir. Gübre; bitkinin beslenmesi ve yaşamını sürdürebilmesi için toprağa ya da bitkiye uygulanan organik veya inorganik maddelerdir (Taban ve ark., 2016). Organik gübreler bitki, hayvan ve insan kaynaklı atık maddelerden oluşup kaynağına göre değişik oranlarda azot, fosfor, potasyum ve diğer besin elementlerini içerirler. Bitki beslemenin yanı sıra organik gübrelemenin toprağın yapısını, organik madde içeriğini, toprağın su tutma kapasitesini ve bitkide besin alımını arttırdığını, toprağın hem fiziksel hem de fizyolojik yapısını iyileştirdiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Bachman & Metzger, 2008). Ayrıca organik gübreleme, organik maddeyi artırarak mikrobiyal florayı zenginleştirmekte böylece toprak mineralleri ile bitki ihtiyaçları arasında bir denge oluşturmaktadır (Askary ve ark, 2018; Bajeli ve ark, 2016). Bu sebeplerle toprak ve ekosisteme olumsuz etkileri olmayan sürdürülebilir ve organik tarım gibi alternatif üretim sistemleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Çeşitli organik (kanatlı, çiftlik hayvanları, kompost ve vermikompost) ve biyolojik gübreler bu amaçla kullanılmaktadır (Fallah ve ark., 2024; Latifi ve ark., 2024; Isazadeh Hajagha ve ark., 2017; Yıldız ve ark., 2019; Isazadeh Hajagha ve ark., 2019; Çürük ve ark., 2020 a; b). Dünyada gittikçe artan organik tarım ürünleri talebi göz önünde bulundularak, Çukurova koşullarında İzmir Kekiği (*O. onites* L.) bitkisinde ticari gübrelerin kullanımını yerine alternatif olarak kullanılabilecek organik gübreleri belirlemek amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırmada kullanılan *O. onites* tohumları Kütaş firmasından temin edilmiştir. *O. onites*; *Lamiaceae* familyasına ait, saçak köklü her mevsim yeşil kalan çok yıllık yarı çalimsı bir bitkidir. 100 cm’ye kadar uzayabilen bitkinin dalları genellikle dik büyür ve üzeri tüylerle kaplıdır. Yaprakların kenarları hafif dişli ve kalp şeklindedir. Yapraklar fazla sayıda salgı tüylerine sahiptir. Bitkinin çiçekleri beyaz renkli olup toplu başak şeklindedir (Ceylan, 1997).

Deneme yerinin iklim ve toprak özellikleri

Bu araştırma 2020-2021 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama Alanında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü Adana ili Çukurova bölgesinde Akdeniz iklimi etkili olduğundan kışları ılık ve yağışlı, yazları oldukça sıcak ve kurak geçmektedir. Fidelerin araziye aktarıldığı Mart ayında (22 Mart 2021) ortalama sıcaklık 13.9 °C olup, uzun yıllar ortalaması (13.4 °C) ile benzer olmuştur, hasadın yapıldığı Haziran (23 Haziran 2021) ayında ise uzun yıllar sıcaklık ortalaması 25.6 °C olup, araştırma sırasında ise ortalama sıcaklık

değeri 25.9 °C' dir. Fidelerin açık araziye şaşırtıldığı Mart ayında yağış miktarı 45.7 mm vejetatif dönemin en aktif olduğu Nisan ayında ise 44.0 mm yağış gözlenmiştir, bu değerler uzun yıllar ortalamalarından (65.1 mm ve 51.1 mm, sırasıyla) düşük olmuştur (Anonim, 2021).

Çalışmanın yapıldığı alandaki topraklar düz ve düze yakın topografyadan oluşup Seyhan Nehri'nin yan derelerinin getirdiği genç alüvyal yapıya sahiptir. Renkleri kahve ve soluk kahverengi arasında değişen çeşitli derinliklerde çakıl depozitleri bulunduran, bütün profilde kireç miktarı oldukça yüksek ve organik madde miktarı bakımından da oldukça düşük topraklardır (Özbek ve ark. 1974). Deneme alanından alınan toprak örneğinin analizi Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmış olup, analiz sonuçlarına göre toprağın pH'sı 7.68 olup, genellikle hafif alkali bir özellik göstermektedir, toprağın P_2O_5 içeriği 14.2 kg da^{-1} , K_2O içeriği ise 91.5 kg da^{-1} , kireç içeriği ise %32.4 olarak belirlenmiştir.

Denemede kullanılan organik ve inorganik gübreler

Denemede kompoze gübre (15:15:15), solucan, tavuk gübresi ve gübresiz (kontrol) uygulamaları olmak üzere dört farklı uygulama yapılmıştır. Ç.Ü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarında gübrelerin mineral madde içerikleri belirlenmiş olup, Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge1. Denemede kullanılan gübrelerin besin maddesi içerikleri

Table1. Nutritions contents of the fertilizers used in the experiment

Gübreler	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	F (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	Mn (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})	B (mg kg^{-1})
Solucan Gübresi	2.8	0.37	0.34	7.98	0.39	1791	71	166	10	17
Tavuk Gübresi	3.0	1.76	2.16	10.16	0.78	3690	290	432	43	54
NPK Gübresi	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-

Yöntem

Araştırma yöntemi ve uygulama tekniği

Tesadüf blokları deneme desenine göre organik ve inorganik gübrelerin kullanıldığı deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede inorganik gübre olarak NPK (15-15-15), organik gübre olarak da tavuk ve solucan gübreleri kullanılmıştır. Gübreler parsellere saf azot miktarı üzerinden 6 kg da^{-1} olacak şekilde; tavuk gübresi 200 kg da^{-1} (Rachid ve ark., 2014), solucan gübresi 214 kg da^{-1} (Çiğ 2018), ve NPK gübresi miktarı 6 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir. Tavuk ve solucan gübreleri dikimden 15 gün önce (7 Mart 2021), NPK gübresi ise yarısı dikimle (22 Mart 2021) birlikte, diğer yarısı da 7 Mayıs 2021 tarihinde verilmiştir.

Deneme alanı sıra arası 40 cm, sıra üzeri 20 cm olan toplam 12 parselden oluşmaktadır. Her bir parsel 4 sıra ve her sıra da 10 bitki bulunmaktadır. Bir parselin alanı 4.2 m^2 , toplam deneme alanı 70.56 m^2 'dir. Araştırmada $12 \times 40 = 480$ fide kullanılmıştır. Denemede kullanılan *O. onites* tohumları 15 Kasım 2021 tarihinde sera ortamında 1:1:1 torf, kum, çiftlik gübresi karışımı ile hazırlanan viyollere ekilmiştir ve yaklaşık iki haftalık süre içerisinde çıkışlar gerçekleşmiştir. Bitkilerin boyları 10-12 cm ulaştığında tarlaya 22 Mart 2021 tarihinde şaşırtılmıştır. Dikimden sonra can suyu verilmiş ve daha sonra gerekli duyulduğu zamanlarda damlama sulama yöntemiyle sulama yapılmıştır. Yabancı ot kontrolü elle yapılmıştır. Bitkiler tam çiçeklenme döneminde, 23 Haziran 2021 tarihinde topraktan 6-7 cm yükseklikten biçilerek hasat edilmiştir. Araştırmada bitki boyu, yeşil herba verimi, drog herba verimi, drog yaprak verimi, drog yaprak oranı, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ bileşenleri incelenmiştir. Gerekli ölçümlerin ardından bitkiler gölgede oda sıcaklığında kurutulmuştur.

Uçucu yağ analizi

Bitkinin kurutulmasıyla elde edilen örneklerden 50 gram alınarak 1000 ml'lik balonlara konulmuş ve üzerine 500 ml su ilave edilmiştir. Bitki örnekleri 3 saat süre ile Neo Clevenger cihazında su buharı distilasyonuna tabi tutulmuştur. Cihazın uçucu yağ toplama haznesinden uçucu yağ miktarı mililitre olarak belirlenmiştir. Elde edilen uçucu yağ miktarı, analizde kullanılan örnek miktarına göre % olarak hesaplanmıştır. Uçucu yağlar şeffaf cam viallere alınarak bileşen analizi yapılana kadar derin dondurucuda -18°C de saklanmıştır.

Uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi

Uçucu yağ bileşenleri Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda belirlenmiştir. GC-MS Koşulları: Kolon: DB – Wax kolon (30 m x 0.25 mm i.d x 0.5 mm, J & W Scientific Folsom, USA) Enjeksiyon sıcaklığı: 250°C Kolon sıcaklığı: 40°C de, 10 dakika ve 4°C artış göstererek 220°C 'ye ulaşacak. Taşıyıcı gaz: Helyum (3.2 ml dak.^{-1}) Elektron enerji: 70 eV Kütle aralığı: 35-425 m/z. Bileşenlerin tanımlanması MS-NIST 1.4 kütüphanesine göre yapılmıştır.

Elde edilen verilerin analizi

Araştırmada elde edilen veriler Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre JMP istatistik analiz programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen özellikler arasında farklılıklar %5 ve %1 önem düzeyine göre ANOVA analizi yapılarak EGF testine göre belirlenmiştir. Temel Bileşen analizi (PCA), JMP istatistik analiz programında uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon analizi R studio programında yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çukurova koşullarında *O. onites* L. (İzmir Kekliği)'e farklı organik (solucan, tavuk) ve inorganik gübre uygulamalarının yapıldığı araştırmada verim ve kalite bileşenleri belirlenmiştir. Elde edilen bitki boyu, yeşil herba verimi, drog herba verimi, drog yaprak oranı, drog yaprak verimi ve uçucu yağ oranı değerlerinin varyans analizi sonucu oluşan gruplar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı gübre uygulamalarında *Origanum onites* bitkisinden elde edilen ortalama değerler¹

Table 2. Average values obtained from organic and inorganic fertilizer applications on *O. onites* L. plant

Gübre Uygulamaları	Bitki Boyu (cm)	Yeşil Herba Verimi** (kg da^{-1})	Drog Herba Verimi** (kg da^{-1})	Drog Yaprak Oranı (%)	Drog Yaprak Verimi** (kg da^{-1})	Uçucu Yağ Oranı (%)
Kontrol	30.53	105.94 b	51.94 c	64.46	34.58 c	3.7
NPK	32.50	155.60 a	74.44 ab	68.90	51.66 ab	3.7
Solucan	29.43	118.47 b	56.38 bc	69.60	39.30 bc	4.0
Tavuk	29.06	164.99 a	81.11 a	71.80	58.33 a	3.6
EGF (%5)	ö.d	31,15	17.80	ö.d	13.01	ö.d

¹Aynı harf grubuna giren değerler arasında farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir.

** : $p \leq 0,01$, hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemli

öd: Ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli değil

Bitki boyu

O. onites bitkisinde inorganik ve organik gübre uygulamaları arasında bitki boyu ortalaması bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 2). Bununla beraber, bitki boyuna ait veriler incelendiğinde en uzun bitki boyu NPK uygulamasından 32.5 cm, en düşük bitki boyu ise tavuk gübresi uygulamasında 29.06 cm olarak elde

edilmiştir. Önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde bitkinin boyunu; Kırmızı (1993), 31.6 cm, Kan ve ark. (2005), 39.65 cm olarak saptamışlar, elde edilen veriler araştırmacıların değerleri ile benzer olmuştur.

Yeşil herba verimi

Araştırmada *O. onites* L. bitkisinde yeşil herba verimi bakımından gübre uygulamaları arasında fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Yeşil herba verimi değerleri 105.94-164.99 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek yeşil herba verimi tavuk gübresi, en düşük yeşil herba verimi ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Benzer şekilde, tıbbi ve aromatik bitkilerin verim ve kalitesine farklı gübre uygulamalarının etkisinin araştırıldığı çalışmalarda da tavuk gübresinin bitkilerin herba verimini arttırdığını belirlenmiştir. Yıldız ve ark., (2019) fesleğende farklı miktarlarda tavuk ve hindi gübrelere en yüksek yaş ve kuru herba veriminin elde edildiğini, Ateia ve ark. (2009) *Thymus vulgaris* L.' de tavuk gübresinin tek başına veya diğer gübre karışımlarında kullanılmasının herba verimini arttırdığını bildirmiştir. *O. onites* ile yapılan çalışmalarda yeşil herba verimini Ceylan ve ark. (1988) 118.7-284.0 kg da⁻¹, Avcı ve Bayram (2013) 373.3-1958.3 kg da⁻¹, Gürtunca (2011) 50-285 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Araştırmada elde edilen yeşil herba verimi değerleri, literatür değerlerine benzer veya daha düşük bulunmuştur, bu durum bitkinin birinci yetiştirme sezonunda dikimden yaklaşık 3-4 ay sonra hasat edilmesinden kaynaklanmaktadır. Çok yıllık bir bitki olan kekik de dikiminin yapıldığı yıl genellikle tesis yılı olarak kabul edilmektedir, ilk yıl tek biçim, ikinci yıldan itibaren ise sulamayla birlikte yılda iki ve üç biçim vermektedir. Bitkinin bakım (sulama, gübreleme gibi) durumuna göre de verimi yıldan yıla artmaktadır (Çakmakçı ve ark., 2023; Toaima ve ark., 2023).

Drog herba verimi

O. onites L. bitkisinde drog herba verimi bakımından gübre uygulamaları arasında farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Drog herba verimi değerleri 51.94-81.11 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek drog herba verimi 81.11kg da⁻¹ ile tavuk gübresi uygulamasından, en düşük drog herba verimi ise 51.94 kg da⁻¹ ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Analiz sonucuna göre tavuk gübresi ile NPK uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olmadığı Çizelge 2 de görülmektedir. Araştırma sonucunda elde edilen drog herba verimlerinde tavuk gübresi ve NPK uygulamasının öne çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte bütün gübre uygulamaları kontrol parsellerine göre verim artışı sağlamıştır. Bitkilerden yüksek verim elde etmek için azot ve diğer makro ve mikro besin elementleri açısından zengin, iyi drenajlı toprağa ihtiyacı vardır. Bitkide büyümeyi ve gelişmeyi sağlayan en önemli faktörlerden biri gübre içerisindeki azot miktarıdır (Ninou ve ark., 2017). Tavuk gübresinin kuru madde ve besin elementi içeriği yüksektir. İçerisinde bulunan azot miktarının %65'i, fosfor miktarını %50'si ve potasyum miktarının %75'i uygulamanın ilk yılında bitki tarafından yararlanılabilir duruma gelmektedir (Aydeniz & Brohi 1991; Taban ve ark., 2013). Tavuk gübresi uygulamaların farklı tıbbi ve aromatik bitkilerinin veriminde de artış sağladığı yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Avcı (2017) *Origanum onites*, Yıldız ve ark. (2019) *Ocimum basilicum*, Ribeiro ve ark. (2024) *Lippia dulcis* bitkilerinde de benzer şekilde tavuk gübresi uygulaması ile verim artışı olduğunu bildirmişlerdir. *O. onites* ile ilgili yapılan araştırmalarda drog herba verimini Ceylan ve ark. (1994) 820 kg da⁻¹, Baydar (2002), 230.5 kg da⁻¹, Batıray ve Kan (2013) 157-737.7 kg da⁻¹, Güngör ve ark. (2005) 158.6-803.3 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Drog herba verimi değeri yeşil herbanın kurutulması sonucu elde edilen değerdir. Yeşil herba veriminde olduğu gibi drog herba verimleri de bitkilerin ilk yılı olması nedeniyle literatür bulgularına göre düşük olmuştur.

Drog yaprak oranı

O. onites L. bitkisinde drog yaprak oranı bakımından gübre uygulamaları arasında farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Drog yaprak oranı ortalaması %66.46-71.80 arasında değişmiş, aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemli olmamakla birlikte, en yüksek drog yaprak oranları %71.80 ile tavuk gübresi ve %69.60 ile solucan gübresinden, en düşük drog yaprak oranı % 66.46 ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Bütün gübre

uygulamaları kontrole göre drog yaprak oranında artış sağlamıştır. Gübrelemenin yaprak oranı üzerindeki etkisi gübrenin içeriğine, miktarına ve bitkinin ihtiyacına bağlı olarak değişebilir. Gübre içeriğindeki azot bitkilerde vejetatif aksamın gelişmesini ve artışı sağlar (Ninou ve ark., 2017). Benzer şekilde, daha önce yapılan çalışmalarda da *O. onites* L. bitkisinde drog yaprak oranını Otan ve ark. (1994), %46.1-73.6, Kırmızı (1993), %71.7-72.4 Güngör ve ark. (2005) %68.8-75.5, Tokul ve Bayram (2022) %42.9- 66.9 olarak belirlemişlerdir.

Drog yaprak verimi

Drog yaprak verimi değerlerinde yapılan varyans analizi sonucunda gübre uygulamaları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Drog yaprak verimleri 34.58-58.33 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup, en düşük değer 34.58 kg da⁻¹ ile kontrol uygulamasından, en yüksek değer ise 58.33 kg da⁻¹ ile tavuk gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Drog herba veriminde olduğu gibi tavuk gübresi ile NPK uygulaması aynı istatistiki grupta yer almıştır. Araştırma sonucunda elde edilen drog yaprak verimi üzerine bütün gübre uygulamaların etkisi olumlu yönde olmuştur. Tavuk ve NPK gübre uygulamalarıyla da en yüksek verimler elde edilmiştir. Aynı şekilde Ndzingane ve ark. (2022) tavuk, sığır ve kompos gübre uyguladıkları *Ocimum basilicum*' da en yüksek verim değerlerini tavuk gübresinden elde etmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalarda *O. onites*'in drog yaprak verimini Ceylan ve ark., (1988) ilk yıl ortalama dekara 37.6-82.9 kg, Avcı ve Bayram (2013) ilk yılında Bornova lokasyonunda ortalama 184.6 kg da⁻¹, Dikili lokasyonunda 232.51 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Güngör ve ark. (2005), drog yaprak verimini 176.6-536.7 kg da⁻¹, Kaçar ve ark., (2006), 180.0-464.3 kg da⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmada elde edilen drog yaprak verimi yukarıda verilen literatür değerlerinden düşük olmuştur. Yapılan çalışmalardaki farklılıkların nedeni araştırma yerinin, kültürel işlemlerin, iklim koşullarının farklılık göstermesinden ve bitkilerin ilk yetiştirme yılında olmasından kaynaklanmaktadır (Kırıcı ve ark., 1997; Maral & Kırıcı 2023; Yıldırım ve ark., 2024).

Uçucu yağ oranı

O. onites L. bitkisinde uçucu yağ oranı bakımından gübre uygulamaları arasında farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 2). Bitkinin ortalama uçucu yağ oranı %3.6-4.0 arasında değişmiş olup, en yüksek değer solucan gübresi, en düşük değer ise tavuk gübresi uygulamalarından elde edilmiştir. Araştırma sonucunda uçucu yağ oranı tavuk gübresi uygulamasında azaltırken, solucan gübresi uygulamasında artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde solucan gübresi uygulaması *Mentha spicata* bitkisinde de uçucu yağ oranını artırmıştır (Tekdemir & Kırıcı, 2021). Dinç (2014) *Satureja hortensis* L. bitkisinde farklı gübre (solucan gübresi, leonardit, 20-20-0 kompoze gübre) uygulamaları yaptığı çalışmada, en yüksek uçucu yağ oranını benzer şekilde solucan gübresinden elde etmiştir. Bazı araştırmacılar da aynı şekilde mayıs papatyası (*Matricaria chamomilla* L.) ve fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerinde solucan gübresinin tek başına veya inorganik gübrelerle birlikte kullanımının uçucu yağ oranını artırdığını bildirmişlerdir (Hendawy & Khalid, 2011; Anwar ve ark., 2005). Daha önce yapılan çalışmalarda *Origanum* bitkinin uçucu yağ oranının %1.17-5.13 arasında değiştiği belirtilmiştir (Sağlam 2005; Batıray & Kan 2013; Kan ve ark., 2005; Sönmez, 2019; Ferahoğlu ve ark., 2022). Araştırmada elde edilen uçucu yağ oranları ile literatürde verilen değerler benzer olmakla birlikte bazılarında düşük, bazılarında ise yüksek olmuştur. Bu durumun nedeni tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu yağ oranı üzerine genotip faktörünün yanında, ekolojik koşullar, yapılan kültürel uygulama farklılıkları, hasat zamanı, farklı kurutma yöntemleri gibi çeşitli unsurların etkisi olmasıdır (Kaya ve ark., 2012; Çalışkan ve ark., 2017; Oğuz & Kaplan 2023; Chandel ve ark., 2024; Dobhal ve ark., 2024).

Uçucu yağ bileşenleri

Çukurova koşullarında *O. onites*' e farklı organik ve inorganik gübre uygulamalarından elde edilen uçucu yağ bileşenleri Çizelge 3'te verilmiştir. Araştırmadan elde edilen uçucu yağ örneklerinde toplam 16 bileşen tespit edilmiştir. Uçucu yağın bileşenleri sınıflandırıldığında oksijenli monoterpenler %82.55-84.58, monoterpen hidrokarbonlar %14.32-15.66 ve seskiterpen hidrokarbonlardan %1.08-1.79 oluştuğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Farklı gübre uygulamalarında *Origanum onites* bitkisinden elde edilen uçucu yağ bileşenleriTable 3. Essential oil components obtained from different fertilizer applications of *Origanum onites* plant

Uçucu Yağ Bileşenleri	Bileşen Sınıfı	RT	Kontrol	NPK gübresi	Solucan gübresi	Tavuk gübresi
3-thujene	MH	8.03	0.38	-	-	-
Camphene	MH	9.18	0.24	-	-	0.32
β -myrcene	MH	12.58	1.15	1.02	1.03	1.08
α -terpinene	MH	13.23	1.25	1.13	1.19	1.21
γ -terpinene	MH	15.91	8.35	7.75	8.35	7.44
<i>p</i> -Cymene	MH	16.81	3.96	4.44	4.26	4.27
l-menthone	OM	24.94	-	-	1.13	-
cis-sabinene hydrate	OM	25.00	0.56	0.32	0.6	0.31
Linalool	OM	28.28	0.59	-	2.14	0.56
3-carene	MH	28.38	0.33	-	0.38	-
terpinen-4-ol	OM	30.48	1.60	1.52	1.60	1.54
Borneol	OM	34.23	1.47	1.06	1.44	1.62
β -bisabolene	SH	35.37	1.79	1.08	1.27	1.41
Thymol	OM	50.21	0.24	-	2.49	-
Carvacrol	OM	51.09	78.09	81.68	74.12	80.23
Toplam MH %			15.66	14.34	15.21	14.32
Toplam OM %			82.55	84.58	82.39	84.26
Toplam SH %			1.79	1.08	1.27	1.41
Toplam %			100	100	100	100

RT: Retention time (Alıkonma zamanı)

OM: Oksijenli Monoterpenler, MH: Monoterpenli Hidrokarbon, SH: Seskiterpen Hidrokarbon

Uçucu yağların ana bileşenlerini karvakrol (%74.12-81.68), γ -terpinen (%7.44-8.35), *p*-simen (%3.96-4.44) ve borneol (%1.06-1.62) oluşturmuştur. Araştırma sonucunda uçucu yağ ana bileşenini oluşturan karvakrolün en yüksek değeri %81.68 ile NPK uygulamasından, en düşük değeri ise %74.12 ile solucan gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmada karvakrol oranı potasyum oranı fazla olan NPK uygulamasında yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde Oğuz (2014), farklı oranlarda uygulanan potasyumlu ve azotlu gübrelerin bitkinin uçucu yağındaki karvakrol içeriğini kontrollere göre arttırdığını bildirmiştir. Bu sonuçlara karşın Batıray ve Kan (2013) *O. onites*'in uçucu yağında en yüksek karvakrol oranını (%65.2) kontrol parsellerinde elde ederken farklı dozlarda azot ve organik gübre uygulamalarında bu oranın düştüğünü bildirmişlerdir. Bu konuda farklı sonuçların alınması, araştırmaların farklı ekolojilerden yürütülmesinden kaynaklanabilir. Araştırma sonuçları; *Origanum* ile yaptıkları çalışmalarda Bayram (1995)'in %59-88, Avcı ve Bayram (2013) %82.17-92.48, Katar ve Katar (2020) %68.64-81.32 elde ettikleri karvakrol oranlarıyla benzerdir. Türk Farmakopesi (Anonim, 2016)'sinde belirtilen standartlarına göre *O. onites*'te karvakrol oranının en az %60 olması gerekmektedir. Araştırmadaki bütün uygulamalardan elde edilen uçucu yağların karvakrol oranı standartlara uygun bulunmuştur.

Uçucu yağ bileşenleri arasında yapılan korelasyon analizi grafiği Şekil 1'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonucu incelendiğinde karvakrol ile sadece *p*-simen arasında zayıf pozitif (0.37) korelasyon bulunurken, diğer bileşenler arasında negatif bir korelasyon görülmüştür. Özellikle karvakrol ile thymol (-0.93) ve linalool (-0.96) arasında çok yüksek negatif bir korelasyon bulunduğu görülmüştür. Karvakrol ve timol birbirinin izomeri olan fenolik bileşiklerdir. Thompson ve ark. (2003), karvakrol ve timol oluşumunun γ -terpinen ve *p*-simenenin hidroksilasyonu sonucu olduğunu bildirmişlerdir.

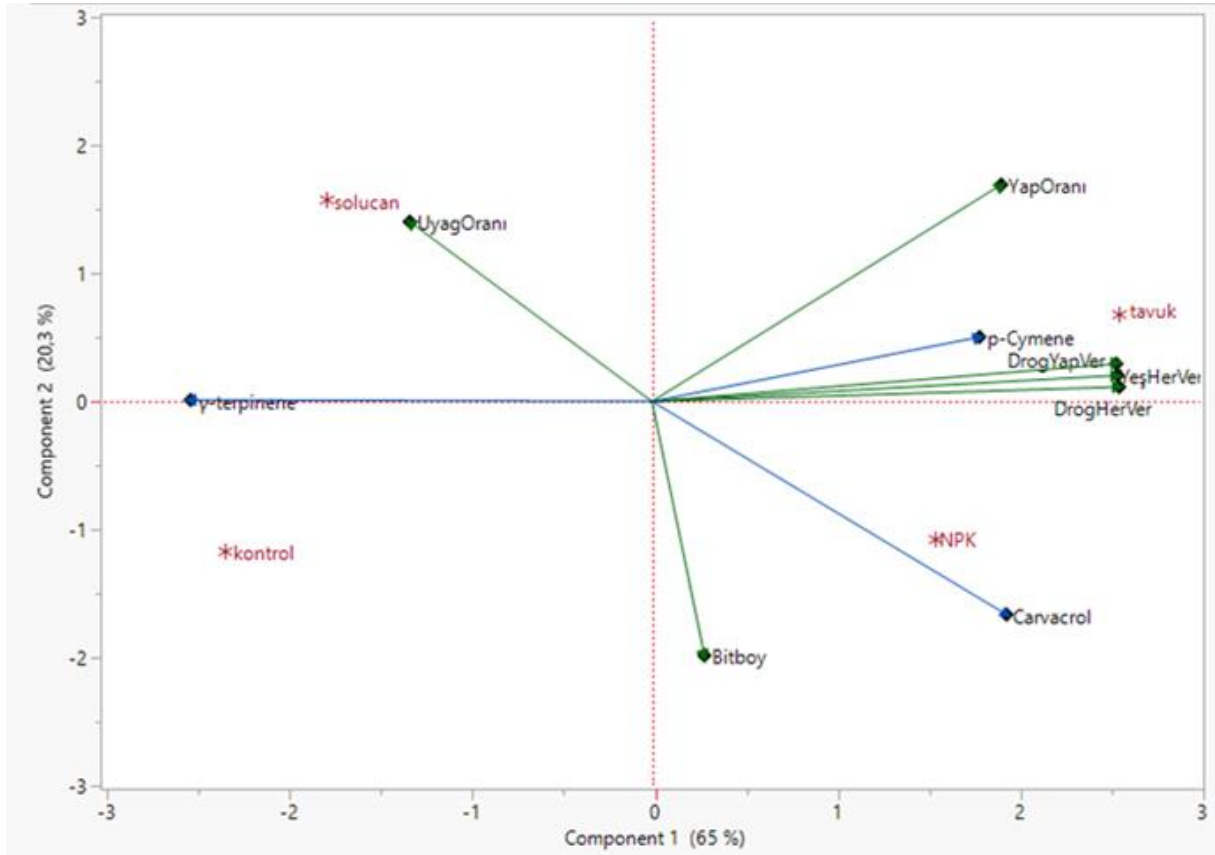


Şekil 1. Uçucu yağ bileşenlerinin korelasyon analizi
Figure 1. Correlation analysis of essential oil components

Temel bileşen analizi (PCA)

Çok sayıda değişkenle yapılan araştırmalarda bu değişkenleri hepsini bir arada daha kolay ve anlamlı bir şekilde açıklamak için boyut indirgeme yöntemi tercih edilir. Boyut indirgeme yöntemlerinden biri olan temel bileşenler analizinde araştırma sonucunda elde edilen çok sayıda veriye basit dönüşümler uygulayarak ilk değişkenlerin temel bileşenleri elde edilir. Temel bileşenler varyans değeri en yüksek olandan küçüğe doğru sıralanırlar (Stevens, 2002; Sütçüler, 2006). Araştırmada gübre uygulamalarının bitkisel özellikler ve uçucu yağın ana bileşenlerine etkisi temel bileşen analizi biplot yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuç grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Analiz sonucunda bitkisel özellikler ve ana uçucu yağ bileşenleri arasındaki varyans birinci ekseninde %65, ikinci ekseninde %20.3 olmak üzere toplam %85.3 olarak bulunmuştur. Gübre uygulamaları arasındaki farklılıklar da temel bileşen analizi ile ortaya konulmuştur. Birinci grupta NPK uygulaması, ikinci grupta tavuk gübresi, üçüncü grupta solucan ve dördüncü grupta kontrol uygulaması yer almıştır. NPK uygulamasının bitki boyu ve karvakrol miktarını etkilediği, tavuk gübresi uygulamasının *p*-simen miktarı, drog yaprak oranı, yeşil herba, drog yaprak ve drog herba verimlerini, solucan gübresinin uçucu yağ oranı ve terpinene miktarını pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca bazı önemli değişkenler arasındaki korelasyonları da tanımlanmıştır. Karvakrol ve *p*-simen uçucu yağ ana bileşenleri ile yeşil herba, drog yaprak verimi ve drog herba verimi arasında yüksek pozitif korelasyon bulunmaktadır. Karvakrol ile uçucu yağ oranı arasında negatif bir korelasyon bulunmaktadır. γ -terpinen uçucu yağ bileşenleri ile uçucu yağ oranı

dışındaki bütün bitkisel özellikler arasında negatif bir korelasyon bulunmaktadır. Temel bileşen analizi sonuçları, önceki analizleri ve yorumları doğrular şekildedir.



Şekil 2. Gübre uygulamalarının bitkisel özellikler ve uçucu yağın ana bileşenlerine etkisi üzerine temel bileşen analizi

Figure 2. Effect of fertilizer applications on plant properties and main components of essential oil principal component analysis

Sonuç olarak; konvansiyonel tarımda verim artışı sağlamak amacı ile gerektiğinden fazla bir şekilde gübreleme yapılması toprakta ve insanlarda olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle insana ve doğaya dost alternatif organik gübrelerin kullanım şekil ve miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Son zamanlarda endüstriyel hammadde olarak gıda, kozmetik ve ilaç sanayisinde önemi giderek artan tıbbi ve aromatik bitkilerden biri de *O. onites* (İzmir kekiği)'dir. Yapılan araştırmada Çukurova koşullarında organik ve inorganik gübrelerin *O. onites* üzerine etkileri incelenmiştir. Drog herba ve drog yaprak verimi değerlerinde tavuk gübresi uygulaması ilk sırada yer alırken bunu NPK uygulaması takip etmiştir. Uçucu yağ oranında gübre uygulamaları arasında istatistiki bir fark bulunmamasına rağmen solucan gübresi en yüksek uçucu yağ oranını sağlamıştır. Uçucu yağın kalitesini belirleyen en önemli kriter olan karvakrol oranı tavuk gübresi ve NPK uygulamasında diğer uygulamalara göre yüksek olmuştur. Temel bileşen analizi sonucu ise NPK uygulamasının karvakrol miktarını üzerindeki etkisi ile tavuk gübresi uygulamasının drog yaprak oranı, yeşil herba, drog yaprak verimi ve drog herba verimi üzerindeki etkileri ön plana çıkmıştır. Araştırma sonuçları göz önünde bulundurularak inorganik gübreye alternatif olarak Çukurova koşullarında organik tavuk gübresinin *O. onites* yetiştiriciliği için uygun olduğu görülmüştür. Bununla beraber, ilerde daha ayrıntılı araştırmaların yapılması yararlı olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Anonim (2016). Türk Farmakopesi II Monograflar (I-N). T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, s 1571.
- Anonim (2021). Adana Meteoroloji İşleri Bölge Müdürlüğü. <https://adana.mgm.gov.tr/>
- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., & Khanuja, S.P.S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science And Plant Analysis*, 36 (13-14), 1737-1746.
- Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Mahmoodi, S., & Jamialahmadi, M. (2018). Water stress and manure application affect the quantity and quality of essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops and Products*, 111, 336-344.
- Ateia, E.M., Osman, Y.A.H., & Meawad, A.E.A.H. (2009). Effect of organic fertilization on yield and active constituents of *Thymus vulgaris* L. under North Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5 (4), 555-565.
- Avcı, A.B., & E. Bayram (2013). Geliştirilmiş İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) klonlarının farklı ekolojik ürünlerin bazı tarımsal ve teknolojik ürünlerin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (1), 13-20.
- Avcı, A.B. (2017). Influence of chicken manure applications on the yield and the essential oil content of *Origanum onites* L. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51 (3), 290-294.
- Aydeniz, A. & Brohi, A.R. (1991). *Gübreler ve gübreleme*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 10, Ders Kitabı: 3, Tokat. 880 s.
- Bachman, G.R., & Metzger, J.D. (2008). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99 (8), 3155–3161.
- Bajeli, J., Tripathi, S., Kumar, A., Tripathi, A., & Upadhyay, R.K. (2016). Organic manures a convincing source for quality production of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.). *Industrial Crops and Products*, 83, 603-606.
- Batiray, S., & Kan, Y. (2013). Konya ekolojik şartlarında yetiştirilen İzmir Kekiginde (*Origanum onites* L.) farklı dozlarda uygulanan azot ve organik gübrelerin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 8-13.
- Baydar, H. (2002). Isparta koşullarında izmir kekiğinin (*Origanum onites* L.) verimi ve uçucu yağ kalitesi üzerine araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (2), 15-21.
- Baydar, H. (2016). *Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi kitabı (Genişletilmiş 5. Baskı)*. Süleman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:51. Isparta. 466 s.
- Bayram E. (1995). Geliştirilmiş İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) hatlarında bazı agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (3), 41-48.

- Ceylan, A., Otan, H., Polat, M., Bayram, E., Sarı, O., Özay, N., Kudat, S., Çarkcı, N., Oğuz, B., & Kıtık, A. (1994). *Origanum onites* L. (İzmir Kekiği) üzerinde agroteknik araştırmalar. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir.
- Ceylan A., Vömel A., Kaya N., & Niğdeli, E. (1988). İzmir Kekiği (*Origanum smyræum* L.)'nin adaptasyonu ve islahı üzerinde araştırmalar. *I. Orman Tali Ürünleri Sempozyumu*, Haziran 14-16, Ankara, 1-14.
- Ceylan, A. (1997). *Tıbbi bitkiler-II (Uçucu yağ bitkileri)*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, Bornova-İzmir, 306 s.
- Chandel, S., Desai, B.S., Jha, S.K., Sinha, S.K., Patel, D.P., & Kumar, N. (2024). Role of organic and inorganic fertilizers in enhancing biomass yield and eugenol content of ornamental basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Heliyon*, 10 (10), e30928.
- Çakmakçı, R., Haliloğlu, K., Türkoğlu, A., Özkan, G., Kutlu, M., Varmazyari, A., ... & Bocianowski, J. (2023). Effect of different Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on biological soil properties, growth, yield and quality of oregano (*Origanum onites* L.). *Agronomy*, 13 (10), 2511.
- Çalışkan, T., Maral, H., Prieto, L.M.V.G., Kafkas, E., & Kırıcı, S. (2017). The influence of different drying methods on essential oil content and composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) in Çukurova conditions. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51 (3), 518-521.
- Çığ, A., Bademkiran, F., & Türkoğlu, N. (2018). Nergis (*Narcissus* cv. 'royal connection') bitkisinin gelişimi üzerine katı ve sıvı solucan gübresi dozlarının etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (4), 676-684.
- Çürük, U., Işık, M., Ferahoğlu, E., Kırıcı, S., & Ortaş, İ. (2020a). Effect of organic and inorganic fertilizer applications on buckwheat yield and micro element nutrition. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8 (sp1), 145-149.
- Çürük, U., Işık, M., Ferahoğlu, E., Kırıcı, S., & Ortaş, İ. (2020b). Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğdayda kök gelişimine etkisi. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı*, 41-45, <https://doi.org/10.21657/topraksu.693276>
- Dobhal, P., Purohit, V.K., Chandra, S., Rawat, S., Prasad, P., Bhandari, U., ... & Nautiyal, M.C. (2024). Climate-induced changes in essential oil production and terpene composition in Alpine aromatic plants. *Plant Stress*, 12, 100445.
- Diñç, E. (2014). *Sater (Satureja hortensis L.) bitkisinde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite unsurlarına etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. <https://acikerisim.nku.edu.tr/xmlui/handle/20.500.11776/513>. (Erişim tarihi:10.06.2024).
- Fallah, S., Ghanbari-Odivi, A., Rostaei, M., Maggi, F., & Shahbazi, E. (2024). Improvement of production and quality of essential oils in multi-cut peppermint (*Mentha x piperita* L.) through eco-friendly fertilizers in the semi-arid highlands. *Industrial Crops and Products*, 216, 118801.
- Ferahoğlu, E., Çürük, U., Çoğalan, D., Kırıcı, S., & Çakan, H. (2022). Çukurova koşullarında yetiştirilen *Origanum* türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Biodiversity*, 5 (2), 75-85.
- Güngör, F.U., Bayraktar, N., & Kaya, N.D. (2005). Geliştirilmiş İzmir Kekiği *Origanum onites* L. klonlarının kula şartlarında tarımsal ve kalite yönünden karşılaştırılması. *Journal of Agricultural Sciences*, 11 (02), 196-200.
- Gürtunca, R. (2011). *Trakya koşullarında bazı kekik (Origanum spp.) genotip ve çeşitlerinin verim ve kalite unsurlarının belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. <https://hdl.handle.net/20.500.11776/962> (Erişim tarihi:3.06.2024).
- Hendawy, S.F., & Khalid, K.A. (2011). Effect of chemical and organic fertilizers on yield and essential oil of chamomile flower heads. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 5 (1), 43-48.
- Isazadeh Hajagha, R., Kirici, S., Tabrizi, L., Asgharzadeh, A., & Hamidi, A. (2017). Evaluation of growth and yield of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) in response to biological and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Science*, 9 (3), 160-171.

- Isazadeh Hajagha, R., Tabrizi, L., Kafkas, E., & Kırıcı, S. (2019). Evaluation of antioxidant activity and some secondary metabolites of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) in response to biological and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Science*, 11 (17), 1-10.
- Kaçar, O., Göksu, E., & Azkan, N., (2006). İzmir Kekiği (*Origanum onites* L.)'nde farklı sıklıkların bazı agronomik ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (21), 51- 60.
- Kan, Y., Altun, L., Arslan, S., Kartal, M., & Endes, Z. (2005). Farklı dozlarda uygulanan organik gübrenin İzmir kekiği (*Origanum onites* L.)'nin verim ve kalitesi üzerine etkisi. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, Antalya, Türkiye. 1, 497-500.
- Katar, N., & Katar, D. (2020). Eskişehir ekolojik koşullarında farklı hasat dönemlerinin İzmir kekiği (*Origanum onites* L.)'nin uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1 (2), 441-451.
- Kaya, D.A., İnan, M., Giray, E.S., & Kırıcı, S. (2012). Diurnal, ontogenetic and morphogenetic variability of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* in East Mediterranean region. *Revista De Chimie*, 63 (8), 749-753.
- Kırıcı, S., Mert, A., & Ayanoglu, F. (1997). Hatay ekolojisinde azot ve fosfor'un kişniş (*Coriandrum sativum*)'de verim değerleri ile uçucu yağ oranlarına etkisi. *II. Tarla Bitkileri Sempozyumu*, 22-25 Eylül, Samsun. 347- 351s.
- Kırman, H. (1993). *Geliştirilmiş izmir kekiği (Origanum onites L.) hatlarının bazı agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerinde araştırma*. [Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü], 61 s, İzmir.
- Latifi, M., Kheiry, A., Razavi, F., & Sanikhani, M. (2024). Influence of vermicompost and nitrogen treatments on the enhancement of morphophysiological traits and essential oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) for double harvesting seasons. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 1-11. <https://doi.org/10.22034/jmpb.2024.363701.1613>
- Maral, H., & Kırıcı, S., (2023). Some yield and quality properties of endemic origanum husnucan-baserii grown in different ecological conditions. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2), 243-253.
- Ndzingane, T.S., Masarirambi, M.T., Nxumalo, K.A., Kunene, E.N., Earnshaw, D.M., Mpofu, M., ... & Sihlongonyana, S. (2022). Effects of organic fertilizers on growth, yield and nutritional content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Advancement in Medicinal Plant Research*, 10 (1), 1-16.
- Ninou, E.G., Paschalidis, K.A., Mylonas, I.G., Vasilikiotis, C., & Mavromatis, A.G. (2017). The effect of genetic variation and nitrogen fertilization on productive characters of Greek oregano. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 67 (4), 372-379.
- Oflaz, S., Kürkcüoğlu, M., & Baser, K.H.C. (2002). *Origanum onites* ve *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* üzerinde farmakognozik çalışmalar. *Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı*, 29-31 Mayıs, Eskişehir, Türkiye. 252-258s.
- Oğuz, I.K. (2014). Doğadan toplanan ve farklı gübre uygulamaları ile yetiştiriciliği yapılan İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) bitkisinin uçucu yağ bileşenleri, bitkisel besin maddeleri ve nitrat içeriklerinin değerlendirilmesi. [Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. <http://acikerisim.akdeniz.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/2353> (Erişim tarihi:10.06.2024).
- Oğuz, I.K., & Kaplan, M. (2023). Effect of different natural habitats on the variation in essential oil components of *Origanum onites* L. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 36 (2), 95-100.
- Otan, H., Sarı, A.O., Ceylan, A., Bayram, E., Özay, N., & Kaya, N. (1994). Batı Anadolu florasında yayılış gösteren *Origanum onites* L. (İzmir kekiği) populasyonlarında bazı kalite özellikleri. *Tarla Bitkileri Kongresi*, 25-29 Nisan, İzmir, Türkiye. 146-149s.
- Özbek, H., Dinç, U., & Kapur, S. (1974). Çukurova Üniversitesi yerleşim sahası topraklarının detaylı temel etüt ve haritası, *Ç.Ü. Zir. Fak. yay. No: 23*, Adana, 149 s.
- Pirigharnaei, M., Zare, S., Heidary, R., Khara, J., Emamali Sabzi, R., & Kheiry, F. (2011). The essential oils compositions of Iranian Oregano (*Origanum vulgare* L.) populations in field and provenance from Piranshahr district, West Azerbaijan province, Iran. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 1 (2), 106-114.

- Rachid, A., Mohamed, E., Zohr, A., Badr, F., & Yahya, K. (2014). The use of composted poultry manure as an organic amendment: effects on soil physicochemical properties and *Mentha spicata* L. yield. *International Journal of Advanced Research*, 2 (11), 1109-1119.
- Ribeiro, F.N.S., Rocha, T.T., Medeiros, A.P.R., Germano, C.M., Assis, R.M.A.D., Carvalho, A.A.D., ... & Pinto, J.E.B.P. (2024). Manure application enhances the biomass production, phytochemical contents, antioxidant, and essential oil of *Lippia dulcis*. *Revista Ciência Agronômica*, 55, e20238873.
- Sağlam, B. (2005). Organik gübre ile ontogenetik ve diurnal varyabilitenin labiatae familyasına ait bazı bitkilerde (*Origanum onites* L., *Melissa officinalis* L., *Thymus praecox*) verim ve önemli kalite özelliklerine etkisi. [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü] 70s, Samsun.
- Sütçüler, E. (2006). *Gerçek zamanlı video görüntülerinden yüz bulma ve tanıma sistemi*. (Tez No: 182842) [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. İstanbul.
- Sönmez, Ç. (2019). Effect of different harvest times on some yield and essential oil characteristics in *Origanum onites* L. *Turk Journal of Field Crops*, 24 (1), 106-110.
- Stevens, J.P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences*, New Jersey Lawrence Erlbaum Associates, Erlbaum.p.699.
- Taban, S., Şahin, Ö., & Tarım, G.G. (2016). Gübre kullanımının öyküsü. Ankara Üniversitesi açık ders malzemeleri. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/98023/mod_resource/content/0/G%C3%BCbre%20Kullan%C4%B1m%C4%B1n%C4%B1n%20%C3%96yk%C3%BCs%C3%BC.pdf by 10 Haziran, 2024.
- Taban, S., Turan, M.A., & Katkat, A.V. (2013). Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10 (1), 9-13.
- Tekdemir, A., & Kırıcı, S. (2021). *Mentha spicata* L.'da farklı organik gübre uygulamaların verim ve kaliteye etkisi. *Ç.Ü. FBE Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 40 (3), 64-71.
- Thompson, J.D., Chalchat, J.C., Michet, A., Linhart, Y.B., & Ehlers, B. (2003). Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 859-880.
- Toaima, W.I.M., Hamed, E.S., & Abd El-Aleem, W.H. (2023). Evaluation of Turkish oregano (*Origanum onites* L.) under organic farming system. *Plant Science Today*, 10 (2), 272-280.
- Tokul, H.E., & Bayram, E. (2022). Effects of different levels of water and nitrogen applications on the yield and quality of oregano (*Origanum onites* L.). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59 (4), 579-589.
- TÜİK (2024). *Bitkisel üretim istatistikleri*. Retrieved from <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zuln> by 16 Haziran, 2024.
- Yaldız, G., Çamlıca, M., Özen, F., & Eratahar, S.A. (2019). Effect of poultry manure on yield and nutrient composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Communications In Soil Science and Plant Analysis*, 50 (7), 838-852.
- Yıldırım, C.D., Ferahoğlu, E., & Kırıcı, S. (2024). Aslan kuyruğu (*Leonurus cardiaca* L.)'nda farklı biçim zamanlarının verim ve kalite üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 474-485.

Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) önemli tane verimi özellikleri için heterosis ve heterobeliosis etkisinin belirlenmesi

Determination of the effects of heterosis and heterobeliosis for key yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.)

Pakize Özlem KURT¹ 

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 30.09.2024 Accepted / Kabul: 04.11.2024 Anahtar Kelimeler: <i>Triticum aestivum</i> L. Melez azmanlığı Bitki ıslahı Keywords: <i>Triticum aestivum</i> L. Heterotic Plant breeding ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Pakize Özlem KURT ozlemkurt@uludag.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Bu çalışmada, 2015-2016 yetiştirme sezonunda Bursa koşullarında 14 ekmeklik buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) çeşidi ve bu çeşitlerin kendi arasında melezlenmesi sonucu elde edilen 28 adet hibritin heterotik ve heterobelthiyotik performansları bazı önemli verim bileşenleri açısından değerlendirilmiştir. Karakterler açısından deneysel materyalde geniş genetik varyasyon gözlenmiştir. Bitki boyu için maksimum heterosis ve heterobeliosis oranları sırasıyla, İzmir85xGolia-99 (%38-%26) ve İzmir85xAldane (%25.46- %18.82) kombinasyonlarında, başak uzunluğu özelliğinde Köksal2000xAldane (%85.13-%67.9) ve AldanexBereket (%80.5-%84.5) kombinasyonlarında, başakçık sayısı özelliği için İzmir85xAldane (%33.9-%27.4), İzmir85xGolia-99 (%29.5- %27.4), başakta tane sayısı özelliği için Köksal2000xCeyhan99 (%97-%73) ve BereketxFlamura85 (%89.6-%73.8) kombinasyonlarında, başakta tane ağırlığı için Kırkpınar-79xTahirova2000 (%33.94-%20.8) kombinasyonunda, 1000 tane ağırlığı özelliği için ise BereketxAtilla-12 (%44.2-%20.8) ve Ceyhan99xTahirova-2000 (%37-%27) kombinasyonları bulunmuştur. İzmir85, Aldane, Golia-99, Bereket çeşitlerinin melezleme programlarında ebeveyn olarak yer almasının bazı özelliklerin iyileştirilmesi için kullanılabileceği ekmeklik buğdayda verimin artırılması ve çeşit ıslah çalışmaları için önerilebileceği sonucuna varılmıştır. ABSTRACT In this study, the heterotic and heterobelthiotic performances of 28 hybrids, obtained by crossing of 14 bread wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) varieties during the 2015-2016 growing season under Bursa conditions, were evaluated for some important yield components. A wide genetic variation was observed in the experimental material in terms of the characters. The maximum heterosis and heterobelthiosis rates for plant height were found in the İzmir85xGolia-99 (%38-%26) and İzmir85xAldane (%25.46-%18.82) combinations, respectively. For spike length, the Köksal2000xAldane (%85.13-%67.9) and AldanexBereket (%80.5-%84.5) combinations showed the highest values. For the spikelet number trait, İzmir85xAldane (%33.9-%27.4) and İzmir85xGolia-99 (%29.5-%27.4) were prominent. In terms of grain number per spike, Köksal2000xCeyhan99 (%97-%73) and BereketxFlamura85 (%89.6-%73.8) combinations showed the highest values. For spike grain weight, Kırkpınar-79xTahirova2000 (%33.94-%20.8) combination stood out. Regarding 1000-grain weight, the BereketxAtilla-12 (%44.2-%20.8) and Ceyhan99xTahirova-2000 (%37-%27) combinations had the highest values. It was concluded that the varieties İzmir85, Aldane, Golia-99, and Bereket could be used as parents in hybridization programs to improve certain traits and could be recommended for increasing yield in bread wheat and for use in variety breeding studies.
Cite/Atf	Kurt, P.Ö. (2025). Ekmeklik buğdayda (<i>Triticum aestivum</i> L.) önemli verim unsurları için heterosis ve heterobeliosis etkisinin belirlenmesi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 48-59. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1558468

GİRİŞ

Buğday (*Triticum aestivum* L.), dünya çapında en önemli tarımsal ürünlerden biri olup, temel gıda maddesi olarak milyarlarca insanın ve hayvanın beslenmesinde kritik bir role sahiptir. Buğdayın üretiminde karşılaşılan en önemli zorluklar arasında, değişen iklim koşulları ve iklim+üretim mekanizasyonuna bağlı stabil olmayan verim yer almaktadır. Buğday ıslahında uzun yıllar tek başına verim özelliği dikkate alınmışsa da son yıllarda verim ile beraber kalite kriterleri de hem buğday alımı yapan sanayici tarafından hem de buğday ıslahçısı tarafından dikkatle incelenen ve üzerine çalışılan bir konu olmuştur. Verim ve kalite kriterlerini birbirinden bağımsız düşünmek son derece yanlıştır. Yüksek verimli fakat düşük kaliteli buğday veya düşük verimli, yüksek kaliteli buğday hiçbir zaman istenilen performansı gösterip ihtiyacı karşılayamayacaktır. Küresel iklim değişikliği, tarım alanlarının daralması, genç nüfusun tarımdan uzaklaşması gibi temel sorunlardan sonra buğday tarımında da verim ve kalite eksiklikleri görülmeye başlanmıştır. Yaşanılan olumsuzlukların etkisini en aza indirebilmek insan ve hayvan beslenmesinde yeterli üretime ulaşabilmek için buğday ıslahında geleneksel ıslah ve modern ıslah yöntemleri birlikte kullanılarak hem süreden tasarruf edilmelidir hem de en yüksek özelliklere sahip hatlar elde edilmeye çalışılmalıdır. Genetik ıslah programlarında, buğdayın verim, kalite ve stres toleransı gibi özelliklerinin geliştirilmesi, tarımsal sürdürülebilirliği artırmak için kritik bir yaklaşımdır. Bu bağlamda melezleme ıslahı, buğdayda genetik çeşitliliği artırarak bu özelliklerin bir arada optimize edilmesine olanak tanımaktadır. Bu amaçlar ışığında buğday ıslahında kullanılması planlanan ebeveynleri doğru seçmek büyük önem taşımaktadır.

Bitki ıslahı alanında verimi artırmak amacıyla heterosis ve heterbeltiosis oranlarının beraber dikkate alınması ıslahçılar tarafından doğru seçimlerin yapılabilmesini büyük ölçüde arttırmaktadır. Shull (1914), F1 hibritlerinin ebeveynlerine kıyasla daha yüksek canlılık göstermesini tanımlamak için heterosis kavramını ortaya koymuştur. Heterosis, tarımsal üretimi artırmak için hızlı ve etkili bir yöntem olarak kabul edilir. Bu yöntem, Freeman (1919) ve Brigg (1963) tarafından buğdayda da heterotik etkilerin önemli olduğunu gösteren çalışmalarla desteklenmiştir. Hibritlerin verim ve dayanıklılık bakımından ebeveynlerini geçmesi, F1 nesillerinde gözlemlenen heterotik etkilere bağlanır. Singh ve arkadaşları (2004), orta ebeveyn ve üstün ebeveyn heterosis değerlerinin, üstün hibrit çeşitlerin belirlenmesinde kritik olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, yüksek düzeyde heterosisin, ticari hibrit üretimi için önemli bir faktör olduğu ve bu çalışmaların, ebeveyn çeşitlerin birleştirme yetenekleri hakkında önemli bilgiler sağladığı da çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Sharif ve ark., 2001; Sharma ve ark., 1986; Borghi ve ark., 1988).

Bu araştırma Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezinde 2014-15, 2015-16 yetiştirme sezonlarında, farklı özellik ve orijinlere sahip, ülkemiz buğday tarımında yoğun kullanım alanı bulan 14 adet ekmeklik buğday çeşidinin anaç olarak kullanılması ve kendi aralarında tesadüfi seçimlerle melezleme çalışmaları yapılması sonucunda elde edilen 28 adet F1 melez hattında agronomik özelliklerinin, heterosis ve heterobeltiosis oranlarının hesaplanarak ümitvar anaçların belirlenmesini amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, 2014-2015 ve 2015-2016 yetiştirme sezonunda Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezinde yürütülmüştür. Araştırmada 14 adet ekmeklik buğday çeşidi (Köksal-2000, İzmir85, Eser, Kırkpınar-79, Pehlivan, Aldane, Bereket, Ceyhan99, Flamura85, Golia-99, Çukurova-86, Tahirova-2000, Alibey, Kate-A1) anaç olarak kullanılmıştır ve bu çeşitlerin kendi aralarında resiproksuz diallel melezleme metoduna göre 2015 Mayıs ayında melezleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi sonucunda 28 adet F1 melez hattı elde edilmiştir.

2014 yılının Ekim ayında anaç olarak kullanılan çeşitler parsel büyüklüğü 6 m²'den (5m x 1,2 m) oluşan tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak dekara 20 kg tohum olacak şekilde parsel mibzeri ile 8 sıralı olarak ekilmiştir. 2015 Mayıs ayında seçilen anaçlar arasında melezleme çalışmaları yürütülmüştür ve hasat sonrası 28 adet F1 melez hattı elde edilmiştir.

Araştırmanın ikinci yılı olan 2015 Ekim ayında anaç olarak kullanılan genotipler, ilk yıl olduğu gibi ekim mibzeri ile 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir. İlk yıl elde edilen 28 adet F1 melez hattı ise arazide özenle hazırlanmış toprak işleme alanına 1 m'lik sıralara 30 cm sıra arası ve 10 cm sıra üzeri mesafesinde tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekrarlamalı olarak elle ekilmişlerdir.

2016 yılının Haziran ayında hasattan önce anaç materyaller ve melezlemeler sonucunda elde edilen F1 hatlarında verim özellikleri olan; bitki boyu, başak boyu, başakta başakçık sayısı ölçümleri yapılmıştır. Hasattan sonra ise başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve kalite kriterleri arasında yer alan 1000 tane ağırlığı özellikleri her parsel ve melez hat sırası için Uluöz (1965), Kırtok (1982), Akkaya ve Akten (1988), Dinçer (1991), ve Çölkesen ve ark. (1993)'in uygulamış oldukları yöntemler esas alınarak, gözlem, ölçüm ve tartımları yapılmıştır.

Heterosis (melez azmanlığı), F1 melezlerinin ebeveynlerine göre daha üstün performans göstermesini ifade ederken, heterobeltiosis en iyi ebeveyn ile karşılaştırıldığında bu üstünlüğün varlığını gösterir kısaca üstün anaça üstünlük olarak tanımlanabilmektedir (Poehlman ve Sleeper, 1995). Bu çalışmada, farklı ekmeklik buğday genotiplerinden elde edilen F1 melezlerinin heterosis ve heterobeltiosis etkileri değerlendirilmiş, agronomik özellikler açısından en yüksek verim kriterlerini gösteren hatların belirlenmesi hedeflenmiştir.

Araştırmada yer alan anaç genotipler ve melez hatlara ait agronomik özelliklerin farklılığının belirlenmesi için varyans analizinden, varyans analizi sonucunda grupların önemli olduğu özelliklerin detaylarının belirlenmesi için ise LSD analizlerinden yararlanılmıştır. Heterosis oranlarının hesaplanmasında, Chang MS ve Smith JD. (1967) ait, heterobelitiosis oranlarının hesaplanmasında ise Fonseca SM., Patterson FL. (1968) ait formüller kullanılmıştır.

$$\text{Heterosis (Ht): } \% \text{ Ht} = \left[\frac{F1 - A.O}{A.O} \right] \times 100 \quad \text{Eq.(1)}$$

$$\text{Heterobeltiosis (Hb): } \% \text{ Hb} = \left[\frac{F1 - \bar{U}.A}{\bar{U}.A} \right] \times 100 \quad \text{Eq.(2)}$$

F1: Melez hattın değeri; A.O: Anaç Ortalaması; Ü.A: Üstün Anaç

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada hem anaç genotiplerin hem de F1 melez hatların ölçümlerinin alındığı 2015-2016 yılına ait agronomik ölçüm sonuçları ile yapılan varyans analizi sonucunda (Çizelge 1) incelenen tüm özelliklerin istatistiki olarak $p < 0.01$ olasılık düzeyinde önemli olduğu görülmüştür bu sebeple incelen her özellik için LSD testi yapılarak gruplandırma sonuçları Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada yer alan genotiplerinin agronomik özelliklerine ilişkin 2015-16 yılı varyans analiz sonuçları
Table 1. The variance analysis results for the agronomic traits of the genotypes included in the study for the 2015-2016 growing season

Varyasyon Kaynağı	SD	Bitki Boyu (cm)	Başak Boyu (cm)	Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)	Başakta Tane Ağırlığı (g)	1000 Tane Ağırlığı (g)
Çeşit	46	16212.82**	799.98**	386.84**	12604.49**	4.64**	3085.83**
Tekerrür	2	122.68	1.34	5.70	55.58	0.01	86.05*
Hata	92	4283.986	66.26	93.80	4539.74	0.66	1075.95
Toplam	142	20619.489	867.60	486.35	17199.83	5.31	4247.83

*: $p < 0.05$. **: $p < 0.01$

Bitki boyu

Buğdayda bitki boyu özelliğine dair yapılan çalışmalarda farklı iki görüş bulunmaktadır. Inamullah ve ark. (2006) uzun boylu bitkilerde, köklerden alınan suyun tanelere taşınması için daha fazla enerji gerektiği ve bunun düşük tane ağırlığına yol açabileceği belirtilmiştir. Budak ve Yıldırım (1996) bu sonucu destekler şekilde kısa boylu buğday çeşitlerinin yüksek tane ağırlığı sebebiyle daha avantajlı olduğunu ve negatif heterosis tarımda arzu edilir bir özellik olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir. Aykut ve ark. (2005) ise kısa boylu bitkilerin yatmaya daha dayanıklı olmasının yanında yapılan araştırmalarda kısa boylu buğdayların genel olarak daha erkenci çeşitler olduğu ve iklimsel özelliklere bağlı olarak uzun boylu çeşitlerle kıyaslandığında daha düşük verim özelliklerine sahip olduğunu bu sebeple de optimum bitki boyunun 70-100 cm arasında olmasının ideal olduğu belirtilmiştir. Bitki boyunun uzun olmasının özellikle verim artışı ve rekabet gücü açısından önemli bir avantaj olduğunu belirtmişlerdir. Kısa boylu çeşitlerin makineli hasatta zorluklara sebep olması ve özellikle toprak kalitesi düşük olan alanlara adaptasyonun düşük olması sebebiyle de daha az tercih edildiği de bildirilmiştir (Akgün., 2001; Tulukçu., 2004).

Araştırmamızın bulgularının yer aldığı Çizelge 2’de anaç genotipler ve melez hatlar beraber değerlendirilmektedir. Buna göre bitki boyunun; 110.6 cm ile 63 cm arasında değişen değerler aldığı görülmektedir. En uzun bitki boyu “Kırkpınar-79xCeyhan99” F1 melez hattında en kısa bitki boyu ise Golia-99 çeşidin de tespit edilmiştir. Anaç olarak kullanılan çeşitlere ait bitki boyu kendi arasında incelendiğinde ise 63cm-104 cm arasında değişmektedir ve en uzun bitki boyu Çukurova-86 çeşidinde en kısa bitki boyu ise Golia-99 çeşidinde görülmektedir. Aynı şekilde F1 melez hatları da kendi aralarında değerlendirildiğinde, bitki boylarının 110.6 cm-73 cm arasında değişen değerler aldığı görülmektedir. En uzun bitki boyu “Köksal-2000xCeyhan99”, “İzmir85XAldane”, “EserxFlamura85”, “Kırkpınar-79xCeyhan99”, “PehlivanxKate-A1”, “AldanexKöksal-2000”, “AldaneXKırkpınar-79”, “Ceyhan99xTahirova-2000” melez hatlarında görülürken en kısa bitki boyu “BereketxAtilla”, “Köksal2000xAldane” melez hatlarında görülmektedir. Çalışmamızda yer alan melez F1 hatlarının bitki boyu ortalaması, anaç çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Araştırmamıza benzer olarak gerçekleştirilen çalışmalarda; Bayhan ve ark. (2023) bitki boyu bakımından en yüksek değerlerin melez genotiplerden elde edildiğini melez hatların ortalamasının 88.89 cm, anaç hatların ortalamasının 79.08 cm olduğunu, Bilgin ve ark. (2011) bitki boyunun F1 hibritlerinde 94.1 cm-79.9 cm arasında anaç çeşitlerde 98.5 cm-72.6 cm arasında değerler aldığını, Ferahoğlu (2018) F1 melez hatlarının bitki boyu ortalamasının 72.96 cm, anaç hatların ortalamasının 68.9 cm olduğunu, Kutlu (2012) F1 hatlarının 107.89 cm ortalamaya, anaç hatların ise 99.46 cm olduğunu, Çifci ve Yağdı (2007) melez hatlara ait bitki boyu değerlerinin 107.6-69.30 cm arasında anaçlara ait bitki boyu değerlerinin 103.3 cm-76.30 arasında değerler aldığını melez kombinasyonlarının genel olarak ebeveynlerden daha yüksek bitki boyu değerine sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Başak boyu

Tahıllarda başakçıkların başak ekseninde çok sık şekilde dizilmemesi ve başak uzunluğunun fazla olmasının dane dolum döneminde, dane ağırlığının artışına olanak sağladığı gerekçesi ile başak uzunluğunun dane verimini artıran bir özellik olduğunu bildirmiştir (Bilgin ve Korkut. 2005), Dumlupınar ve ark. (2018), Başak uzunluğunun artmasıyla beraber başaktaki tane sayısı artmakta ve bunun sonucunda da tek başak tane verimi artmakta dolayısıyla birim alandan elde edilen tane veriminde de artışlar sağlanmaktadır.

Araştırmamıza ait sonuçların yer aldığı Çizelge 2 incelendiğinde, anaç çeşitlerde en uzun başak boyu 10.9 cm ile Pehlivan çeşidinde görülmektedir. Melez hatların başak boyu verilerine baktığımızda ise uzun başak boyuna sahip melez hatlar sırasıyla “AldanexKırkpınar-79”, “EserxAldane”, İzmir85xAldane, “Eser Flamura85” olurken en kısa başak boyuna sahip melez hat 9.47 ile “Köksal-2000xAldane” olmuştur. Başak boyu ortalamalarına bakıldığında F1 melez hatların, anaç çeşitlerden daha uzun başak boyuna sahip olduğu görülmektedir. Çalışmamıza benzer olarak gerçekleştirilen çalışmalarda, F1 melez hatların ve anaç çeşitlerin değerlerini Bayhan ve ark. (2023) 9.83-9.07 cm, Uzun (2021) 9.12-9.29 cm, Baloch ve ark. (2016) 7.03-14.88 cm, Bilgin ve ark. (2011) 11.7-12.8 cm, Çifci ve Yağdı (2007) 9.30-11.20 cm aralığında bulmuşlardır.

Başakta başakçık sayısı

Buğdayda verim ve başakta başakçık sayısı arasında pozitif yönlü bir korelasyon bulunmaktadır (Fischer 1975). Yapılan araştırmalarda başakta başakçık sayısının melez hatlarda artmasının verim için pozitif bir değer olduğu ve bu sebeple F1 melezlerinde ümitvar hatların seçimi için önemli bir gösterge olduğu belirtilmiştir. (Baric ve ark., 2004; Baloch ve ark., 2016). Çizelge 2 incelendiğinde araştırmada yer alan tüm genotiplere ait başakta başakçık sayısı 15.8 -23.7 adet arasında değişmektedir. Sırasıyla en fazla başakta başakçık sayısına sayısına sahip genotiplerin “İzmir85xGolia-99”, “İzmir85xFlamura85”, “AldanexKırkpınar-79”, “EserxFlamura85” F1 melez hatları olduğu görülürken en az başakta başakçık sayısına sahip genotipin Bereket çeşidi olduğu görülmektedir. Anaç çeşitleri kendi arasında değerlendirdiğimiz zaman başakçık sayısı 15.8-22 adet arasında değişmekte ve en fazla başakta başakçık sayısı Eser çeşidinde görülmektedir. F1 melez hatları incelendiğinde ise 18.47-23.7 adet arasında değişen değerler almaktadır ve en fazla başakta başakçık sayısı “İzmir85xGolia-99”, “İzmir85xFlamura85”, “AldanexKırkpınar-79”, “EserxFlamura85” F1 melez hatlarında, en az başakta başakçık sayısı ise “Köksal-2000xAldane” F1 melez hattında görülmektedir. F1 melez hatlarının başakta başakçık sayısı ortalaması anaç çeşitlerin üzerindedir bu da verim için yapılacak seleksiyon çalışmalarında ümitvar F1 hatlarının seçiminde göz önünde bulundurulacak pozitif bir sonuçtur. Daha önce yapılan çalışmalarda başakta başakçık sayısı için elde edilen sonuçlar incelendiğinde; Bayhan ve ark. (2023), en yüksek anaç değerini 17.94 adet en yüksek F1 melez hat değerini ise 17.63 olduğunu. Çifci ve Yağdı (2007) anaç çeşitlerde en yüksek değerin 19.90 adet, F1 melez hatlarında en yüksek değerin 23.30 adet olduğunu belirterek çalışmamıza paralel sonuçlar vermişlerdir. Sonuçlarımızla farklı değerlerin bulunduğu çalışmalar da mevcuttur. Anaç çeşitlerin ortalamasının F1 melez hat ortalamalarından yüksek olduğunu belirten çalışmalardan, Bilgin ve ark. (2011) anaç çeşitlerde en yüksek değeri 47 adet, en yüksek F1 melez hat değerini ise 31.8 adet olduğunu belirtmiştir. Bu sonuçlar Khan ve Bajwa (1989), Ahmad ve ark. (2006) ve Akbar ve Ark. (2007) çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

Başakta tane sayısı

Çizelge 2’de yer alan tüm genotiplere ait başakta tane sayısı özelliği incelendiğinde 17-61 adet arasında değişen değer aldığı görülmektedir. En yüksek değerler “Kırkpınar-79xÇukurova-86”, “Köksal-2000xÇukurova-86”, “AldanexBereket”, “Köksal2000xFlamura85”, “AldanexKırkpınar-79”, “İzmir85xFlamura85”, “İzmir85xGolia-99” F1 melez hatlarında görülmektedir. Anaç çeşitleri kendi arasında incelediğimizde ise en fazla başakta tane sayısı 41.3 adet ile Flamura85 çeşidinde en az başakta tane sayısını 26.7 adet ile Köksal2000 çeşidinde görmekteyiz. Daha önce yapılan çalışmalarda başakta tane sayısı anaç ve F1 melez hatlar için sırasıyla; 37.08-33.9 adet (Bayhan ve ark. 2023), 44.71-44.63 adet (Uzun, 2021), 19.06-34.15 adet Baloch ve ark. (2016), 49.40-71.20 adet Çifci ve Yağdı, (2007) olduğu belirtilmiştir.

Başakta tane ağırlığı

Başakta tane ağırlığına ait veriler tüm genotipler özelinde incelendiğinde 1.3 -2.3 g arasında değişmektedir. Başakta tane ağırlığını en fazla Eser, Tahirova-2000, “PehlivanxKöksal2000”, “Kırkpınar-79xCeyhan99” genotiplerinde görülürken en düşük değer 1.3 g ile Golia-99 çeşidinde görülmektedir. Çeşitleri kendi arasında değerlendirdiğimizde elde ettiğimiz sonuç, tüm genotipleri bütün olarak ele aldığımız sonuç ile aynı olmaktadır. Melez hatları kendi aralarında değerlendirdiğimizde ise 2.3 g ile en yüksek değerleri “PehlivanxKöksal2000”, “Kırkpınar-79xCeyhan99” F1 melez hatlarında görülürken en düşük değerler 1.9 g ile “AldanexKırkpınar-79”, “Köksal-2000xAldane”, “Köksal-2000xAlibey” F1 melez hatlarında görülmektedir (Çizelge 2). Başakta tane ağırlığı özelliği anaç ve F1 melez hatları yönünden kıyaslandığında; Bayhan ve ark. (2023) 1.20g-1.07 g, Uzun (2021) 2.41-2.41 g, Yağdı ve Karan (2000) 0.97-1.12 g, Aydoğan Çifci ve Yağdı (2007) 1.84-2.53 g, Bayhan ve ark. (2023) 1.14-1.09 g, sadece melez hatların değerlendirildiği çalışmalarda ise Bilgin ve ark. (2011) en yüksek başakta tane ağırlığını 2.34 g olduğunu ve bu sonuca

benzer sonuçların Yağdı and Karan (2000), Yağbasanlar (1990), Dağüstü ve Bölük (2002) yaptığı çalışmalarla paralellik gösterdiğini belirtmiştir.

1000 tane ağırlığı

Bin dane ağırlığı tahıllarda verimi etkileyen önemli özelliklerden birisidir (Kahrıman ve Egesel, 2011) Çizelge 2 incelendiğinde tüm genotiplere ait 1000 tane ağırlığı özelliğinin 29-48 g arasında değişen değerler aldığı görülmektedir. Araştırmada yer alan 28 F1 melez hattından 9 tanesi hariç ("Kırkpınar-79xTahirova-2000", "EserxFlamura85", "Köksal2000xGolia-99", "Köksal-2000xÇukurova-86", "Köksal-2000xTahirova-2000", "İzmir85xFlamura85", "Köksal-2000xCeyhan99", "PehlivanxAldane", "EserxAldane") kalan 19 tanesi en yüksek 1000 tane ağırlığını oluşturan grupta yer almaktadır. Çeşitler kendi arasında değerlendirildiğinde 41 g ile Flamura85 çeşidi en fazla 1000 tane ağırlığına sahip çeşit olurken 29 g ile Bereket en düşük 1000 tane ağırlığına sahip çeşit olmuştur. 1000 tane ağırlığı değerlerinin incelendiği çalışmalardan; Bilgin ve ark. (2011), Çifci ve Yağdı, (2007), Hussain ve ark. (2007). Khaliq ve ark. (1985) çalışmamıza paralellik gösteren sonuçlar elde etmişlerdir.

Çizelge 3'te yer alan anaç çeşitler ve F1 melez hatlarına ait Heterosis (melez azmanlığı) ve heterobeltiosis (üstün anaça üstünlük) oranları incelendiğinde, bitki boyu için heterosis %-19-%38 arasında değişen değerler almaktadır. Melez hatlardan 9 tanesi negatif heterosis gösterirken, 19 tanesi pozitif heterosis göstermektedir. F1 melez hattı olan "Köksal2000xÇukurova-86" istatistiki olarak $p<0.05$ olasılık düzeyinde "Pehlivanx Köksal2000" F1 melez hattı ise $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitki boyu özelliğine ait heterosis oranları incelendiğinde "İzmir85" çeşidinin anaç olduğu kombinasyonlarda daha yüksek ve pozitif yönlü heterosis görülmüştür. Bitki boyuna ait heterobeltiosis oranları incelendiğinde 9 F1 melez hattı negatif, 19 F1melez hattı ise pozitif heterobeltiosis göstermiştir. Heterobeltiosis % (-)23-26 arasında değişen değerler almaktadır. "İzmir85" ve "Aldane" çeşitlerinin yer aldığı melez kombinasyonlarında üstün anaça üstünlük daha yüksek oranda ve pozitif olmuştur. Çalışmamızın sonucunda F1 melez hatlarında negatif ve pozitif heterosis ve heterobeltiosis oranları belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda Bayhan ve ark. (2023), Bilgin ve ark. (2011), Çifci ve Yağdı (2007), Bhutta ve ark. (2005) ve Sadeque ve ark. (1991) F1 melez hatlarında bitki boyu özelliği için pozitif ve negatif heterosis ve heterobeltiosis oranlarını raporlayarak çalışmamızla paralel sonuçlar vermişlerdir.

Araştırmada yer alan F1 melez hatlarına ait başak boyu özelliğinin heterosis ve heterobeltiosis değerleri incelendiğinde; her iki özelliğinde tüm F1 hatlarında pozitif olduğu görülmektedir. Heterosis %9.57-85.13 arasında değişen değerler almaktadır ve istatistiki olarak "Köksal2000xÇukurova-86", "Köksal2000xAlibey", "Kırkpınar-79xCeyhan99", "PehlivanxKate-A1", "PehlivanxAtilla-12", "AldanexKate-A1", F1 melez hatları $p<0.05$ olasılık düzeyinde, "AldanexBereket" F1 melez hattı ise $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Heterobeltiosis %0.98-84.5 oranları arasında değişen değerler almaktadır, istatistiki olarak "Köksal2000xÇukurova-86", "Köksal2000xCeyhan99", "Köksal2000xTahirova-2000", "İzmir85xAldane", "EserxGolia-99", "EserxAldane", "Kırkpınar-79xCeyhan99", "Kırkpınar-79xTahirova-2000", "PehlivanxKate-A1", "PehlivanxKöksal2000", "PehlivanxAtilla-12", "PehlivanxAldane", "AldanexKate-A1", "AldanexKöksal2000", "BereketxFlamura85", "BereketxKöksal2000", "BereketxAtilla-12" F1 melez hatları $p<0.05$ olasılık düzeyinde, "Köksal2000xAlibey", "Ceyhan99xTahirova-2000" F1 melez hatları ise $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda Bayhan ve ark. (2023), Dumlupınar ve ark. (2018), Singh ve ark. (2004), Baloch (2016), Kalhor ve ark. (2015), Yazıcı (2015), İlker ve ark. (2010), Jaiswal ve ark. (2010), Aydoğan Çifci ve Yağdı (2007), Yıldırım (2005), Dağüstü ve Bölük (2002), Yağdı ve Karan (2000), Sadeque (1991), Khaliq ve ark. (1985) başak boyuna ait heterosis ve heterobeltiosis oranları çalışmamızda olduğu gibi pozitif olarak bulmuşlardır.

Çizelge 2. Genotiplere ait incelenen özelliklere ilişkin ortalama değerler ve LSD gruplandırması

Table 2. The mean values and LSD grouping for the traits examined in the genotypes

Genotip	Bitki Boyu (cm)	Başak Boyu (cm)	Başakçık Sayısı (g)	Başakta Tane Sayısı (adet)	Başakta Tane Ağırlığı (g)	1000 Tane Ağırlığı (g)
Köksal2000	85 h-L	8.6 no	21 c-g	26.7 q-s	2 e-j	33 j-l
İzmir85 85	76 l-o	10.2 j-m	18.6 k-n	33.7 L-r	1.98 e-j	38.5 f-j
Eser	97 b-g	10.2 j-m	22 b-d	32 m-r	2.3 a	30.6 L
Kırkpınar-79	99 b-f	8.3 op	19.4 g-m	30 n-r	1.46 p	30.9 L
Pehlivan	88 f-k	10.9 ij	17.8 m-o	34 k-r	1.8 m-o	34 ı-L
Aldane	85 h-L	8.6 no	19 ı-m	32.4 m-r	1.73 o	41 d-h
Bereket	92 e-j	8.5 no	15.8 p	27 p-s	1.96 f-k	29 L
Ceyhan99	82 j-n	10.4 j-l	20 f-L	31.7 m-r	1.83 k-o	40 d-h
Flamura8583	88 f-k	9 m-o	18 m-o	41.3 f-n	1.8 m-o	41 d-h
Golia-99	63 p	7 p	16.8 op	29.8 o-r	1.3 q	34 ı-L
Çukurova-86	104 a-d	9 m-o	18 m-o	34.8 j-r	2.01 d-j	36.5 h-k
Tahirova-2000	84 l-n	10.2 j-m	20.6 d-ı	38.6 g-o	2.3 a	38 g-j
Alibey	83 ı-n	8.2 op	18.6 k-n	39 g-o	2 e-j	39 e-ı
Kate-A1-1	97 b-g	9.3 l-o	17.3 n-p	36 g-o	1.93 ı-m	38 g-j
Köksal2000xGolia-99	82 ı-n	14.4 b-e	21.4 c-f	48.6 c-h	1.98 e-j	42.3 c-g
Köksal2000xAldane	73 n-p	9.5 k-o	18.5 l-n	47.3 c-ı	1.9 j-m	44.3 a-e
Köksal2000xÇukurova-86	93.7 d-ı	12.8 f-h	18.6 j-n	60.3 ab	2.07 d-h	42 c-h
Köksal2000xCeyhan99	107 a-c	13.9 c-f	20.4 d-ı	44 d-L	2.02 d-j	41 d-h
Köksal2000xTahirova-2000	93 d-j	10.3 j-m	20.7 c-h	48.3 c-h	2.06 d-ı	42 c-h
Köksal2000xAlibey	96 c-g	13.7 d-f	20.2 e-k	40.3 g-o	1.89 j-n	44.7 a-d
Köksal2000xFlamura85	82 j-n	14.4 b-e	20.6 d-ı	54 a-d	2.12 b-e	45 a-d
İzmir85xFlamura85	93 d-j	14.8 a-d	23.7 a	53 a-e	2.09 c-g	41.3 d-h
İzmir85xGolia-99	96 c-h	13.4 e-g	23.7 a	52.3 a-f	1.95 g-k	43.7 a-f
İzmir85xAldane	101 a-e	15.3 a-c	22.3 a-c	49 b-h	2.06 d-ı	45 a-d
EserxFlamura85	108 ab	14.8 a-d	22.3 a-c	40 g-o	2.09 c-g	42.7 b-g
EserxGolia-99	87 g-k	13.54	22.7 b-e	43 d-m	1.98 e-j	44.3 a-e
EserxAldane	88 f-k	15.4 ab	20.9 c-h	24.3 rs	1.96 f-k	31 kl
Kırkpınar-79xÇukurova-86	75.7 l-o	12.02 hı	20.7 d-h	61 a	2.09 c-f	43.7 a-f
Kırkpınar-79x Ceyhan99	110.7 a	13.3 e-h	20.3 e-ı	42.3 e-m	2.21 a-c	47 a-c
Kırkpınar-79xTahirova-2000	75.7 l-o	12.1 g-ı	20.5dc-ı	38.3 g-p	1.98 e-j	42.3 c-g
PehlivanxKate-A1	99.7 a-e	13.5 d-g	19.7 g-L	45.3 c-k	1.94 h-L	43.3 a-g
Pehlivanx Köksal2000	85. h-L	12.8 f-h	20.6 d-ı	36.3 ı-q	2.23 ab	44 a-f
PehlivanxAtilla-12	90.7 e-k	13.5 d-g	21.4 c-f	34 k-r	2.09 c-g	43.3 a-g
PehlivanxAldane	90. e-k	13.4 e-g	22.7 b-e	49 b-h	2.14 b-d	41 d-h
AldanexKate-A1	97. b-g	12.8 f-h	19.4 g-m	39.3 g-o	1.96 f-k	48 ab
AldanexKöksal2000	103.3 a-d	14.3 b-e	21.5 b-f	48.6 c-h	1.96 f-k	45.3 a-d
AldanexKırkpınar-79	107 a-c	15.9 a	23.2 ab	54 a-d	1.90 j-m	43.7 a-f
AldanexBereket	92 e-j	9.6 j-n	20.1 e-L	56.3 a-c	1.97 f-j	45 a-d
BereketxFlamura85	80.7 k-n	10.6 j-l	19.7 g-L	45.6 c-j	2.01 d-j	43.3 a-g
Bereketx Köksal2000	86 g-l	10 j-m	19.2 h-m	42 e-m	2.15 b-d	44.7 a-d
BereketxAtilla-12	73.7 m-p	10.4 j-l	20.3 e-j	43 d-m	2.04 d-ı	43.3 a-g
Ceyhan99xTahirova-2000	99.7 a-e	14.4 b-e	20.3 e-ı	49.7 a-g	2.06 d-ı	45.3 a-d
Ceyhan99xİzmir85	92 e-j	14.2 b-e	20.9 c-h	37.7 h-q	2.06 d-ı	45 a-d

Başakta başakçık sayısı özelliğine ait heterosis ve heterobeltiosis oranları incelendiğinde her iki özelliğe ait değerlerin istatistiki olarak farklılıklarının önemsiz olduğu görülmektedir. En yüksek heterosis oranı %33.9 ile “İzmir85xAldane” F1 melez hattında en düşük heterosis oranı ise %-10 ile “Köksal2000xÇukurova-86” F1 melez hattında görülmektedir. F1 melez hatlarından 9 tanesi negatif yönde 19 tanesi pozitif yönde heterosis göstermektedir. Heterobeltiosis değerlerinde ise en yüksek değer %27.4 ile “İzmir85xGolia-99” ile “İzmir85xAldane” F1 melez hatlarında görülürken en düşük değer %-14.3 ile “Köksal2000xÇukurova-86” F1 melez hattında görülmektedir. 28 Melez kombinasyonundan 10 tanesi negatif heterobelitosis gösterirken kalan 18 tanesi pozitif heterobeltiosis göstermektedir. Başakta başakçık sayısı değerlerinin yer aldığı çalışmalarda heterosis ve heterobeltiosis oranlarının negatif ve pozitif değerler arasında değiştiğini belirten. Dumlupınar ve ark. (2018), Kutlu (2012), Bilgin ve ark. (2011), İlker ve ark. (2010), Cifçi ve Yağdı (2007), Akbar ve ark. (2007), Ahmad ve ark. (2006) sonuçları araştırmamızla benzerlik göstermektedir.

Başakta tane sayısı özelliği için heterosis oranlarının farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunmazken heterobeltiosis oranı “PehlivanxKate-A1” ve “AldanexKöksal2000” F1 melez hatlarında istatistiki olarak $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Melez kombinasyonlarında heterosis oranları %97-%48.5 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek heterosis oranı %97 ile “Köksal2000xCeyhan99” hattında, en düşük ise “EserxFlamura85” hattında görülmektedir. Heterobeltiosis değerlerinde 3 hat negatif değer gösterirken kalan 25 hat pozitif değer göstermiştir ve en yüksek oran %73.8 ile “BereketxFlamura85” ve %73 ile “Köksal2000xCeyhan99” hattında en düşük değer ise “Kırkpınar-79xÇukurova-86” hattında görülmektedir. Başakta tane sayısı özelliğinde ortalama heterosis ve heterobeltiosis değerlerinin pozitif ve negatif arasında değiştiğini bildiren Tulukçu (2004), Uzun (2021), Akgün (2001), Yağdı ve Karan (2000), Kutlu (2012), çalışmamızla benzer sonuçlar içermektedir. Buna karşılık başakta tane sayısı çalışmalarında heterosis ve heterobeltiosis oranlarının hepsinin negatif olduğunu belirten Bayhan ve ark. (2023); Farooq ve Khaliq (2004) çalışma sonuçları ve tam aksini belirtip heterosis ve heterobeltiosis oranlarının pozitif olduğunu Dumlupınar ve ark. (2018); Kalhor ve ark. (2015); Yazıcı (2015); Yıldırım (2005); Khaliq (2004); Yağdı ve Karan (2000) belirten çalışmalarda bulunmaktadır.

Çizelge 3 incelendiğinde başakta tane ağırlığına ait heterosis oranları %33.94 (Kırkpınar-79xTahirova-2000) ile %-7 (İzmir85xFlamura85) arasında değişen değerler almaktadır. 4 F1 hattı negatif 24 F1 hattın ise pozitif olduğu görülmektedir. “Köksal2000xCeyhan99” hattı istatistiki olarak $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli olurken, “Köksal2000xGolia-99” ve “Köksal2000xAldane” ise $p<0.05$ olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Heterobeltiosis oranları ise %20.8 - %-13.9 (PehlivanxKate-A1, Kırkpınar-79xTahirova-2000) F1 melez hatlarında görülmektedir. 28 F1 melez hattından 10 tanesinde negatif heterobeltiosis. 18 tanesinde ise pozitif heterobeltiosis görülmektedir. İncelenen özellik bakımından F1 melez hatlarının çoğunda pozitif yönlü heterosis ve heterobeltiosis oranları tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bu değerler daha önce yapılan çalışmalarla (Bayhan ve ark., 2023, Dumlupınar ve ark., 2018; Yazıcı 2015; İlker ve ark., 2010; Bilgin ve ark., 2011; Yağdı ve Karan., 2000; Dagüstü ve Bölük., 2002; Cifçi ve Yağdı., 2007) paralel sonuçlar vermektedir.

1000 tane ağırlığına ait heterosis ve heterobeltiosis değerleri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Heterosis oranları %44.2 (BereketxAtilla-12) ile %-13.4 (Kırkpınar-79xÇukurova-86) oranlarında değişen değerler almaktadır. Heterobeltiosis oranları ise %41.1 (AldanexBereket) ile %-24.4 (Kırkpınar-79xÇukurova-86). Çalışmada yer alan 28 adet F1 melez hattında değişen değerlerle beraber negatif ve pozitif, heterosis ve heterobeltiosis saptanmıştır. Daha önce yapılan araştırmalarda Bilgin ve ark. (2011), Hussain ve ark. (2007), Çifçi ve Yağdı (2007), Farooq ve Khaliq (2004) çalışmamızın sonucuna paralel sonuçlar bulmuşlardır.

Çizelge 3. Heterosis (Ht) ve Heterobeltiosis (Hb) Değerleri (%)

Table 3. Heterotic (Ht) and Heterobelthiotic (Hb) values (%)

	Bitki Boyu		Başak Boyu		Başakçık S.		Başakta T.S.		Başakta T.A.		1000 T.A.	
	H _s	H _b	H _s	H _b	H _s	H _b	H _s	H _b	H _s	H _b	H _s	H _b
Köksal2000xGolia-99	11.4	-2.7**	63.2	59.5	2.6	-4.8	58.4	33.2	11.6*	6**	21.6	2.27
Köksal2000xAldane	-14.1	14.1	85.1	67.9	9.5	1.4	63.9	48.5	11.4*	-2**	26.3	24.4
Köksal2000xÇukurova-86	-0.9*	-9.9	10.1*	10.1*	-10	-14	60.4	46	2.2	-3.5	19.7	0.68
Köksal2000xCeyhan99	-13.1	-14.5	45.5	42.2*	-4	-11	97	73	2.9**	2.9**	20.7	15
Köksal2000xTahirova-2000	10.1	9.4	47.3	34.5*	-1.5	-3.3	50.7	38.8	7.3	3	12.3	2.5
Köksal2000xAlibey	14.6	13.3	9.6*	0.9**	-2.4	-3.3	47.7	26	-4.2	-10.4	18	10.2
İzmir85xFlamura85	16.9	12.1	63	59	1	4.8	22.5	3.3	-7	-7	24.2	14.6
İzmir85xGolia-99	38	26	53.4	44.4	29.5	27.4	41	28.3	8.3	5.6	5.1	0.7
İzmir85xAldane	25.6		56	31.6*	33.9	27.4	57	55	10.8	-1.5	20.1	13.4
EserxFlamura85	20	11.3	62.5	49.8	18.6	17.4	-48.5	45.4	9.0	3.5	14.8	9.8
EserxGolia-99	-9.1	10.6	47.6	38.9*	11.5	1.4	9	-3.2	1.5	-1.1	19.3	3.6
EserxAldane	-2.9	-8.9	56.6	32*	10.3	-3.2	32.7	31.1	3.1	-13.9	37	30.3
Kırkpınar79xÇukurova-86	-25.4	-27	64	51	0.9	5.9	-20.2	-20	-3.9	-14.8	-13	-
												24.4
Kırkpınar-79xCeyhan99	22.3	11.8	38.2*	33.5*	8.6	4.6	31.5	23.6	20.1	4	29.7	19.5
Kırkpınar79xTahirova2000	-17.7	-23	41.5	27.9*	2.5	0.5	37	33	33.9	20.8	32.4	17.5
PehlivanxKate-A1	7.78	2.8	30*	17.5*	-1.5	-4.4	11.6	-	4.2	-13.9	22.6	11
								0.8**				
Pehlivanx Köksal2000	1.7**	-3.4	35.6	25.7*	22.7	22.5	24	16.2	3.7	0.5	20.3	14
PehlivanxAtilla-12	1.73	0.78*	17.3*	5.5*	9.5	-1.4	12.2	2.9	17.4	11.5	31	29
PehlivanxAldane	4.05	2.27	29.5*	23.8*	14.8	8.5	5.8	5.2	19.3	16.1	27.4	24.4
AldanexKate-A1	6.92	0.31*	36.4	22.6*	17.9	14.2	47.6	44.2	18.3	18.3	9.3	0
AldanexKöksal2000	21.5	19.7	41.9	37.1*	6	1.6	10	0.8**	4.3	0	14.7	10.5
AldanexKırkpınar-79	16.3	8.08	66.7	66.6	8.5	3.3	63.7	66.7	4.2	-1.5	22.4	10.4
AldanexBereket	3.95	0.8**	80.5	84.5	20	18.6	73.7	66.7	17.3	7.3	41.8	41.1
BereketxFlamura85	-8.2	12.3	15*	14.3*	13.2	3.7	89.6	73.8	5.4	0.5	28.6	9.8
Bereketx Köksal2000	3.53	-1.5	21.1*	17.8*	16.6	9.4	46.8	10.7	4.7	2.5	22.9	4.9
BereketxAtilla-12	-19	-19.9	16.7*	16.1*	4.9	-8.1	56	55.6	8.1	7	44.2	35.5
Ceyhan99xTahirova-2000	20.1	18.7	12.8*	5.9**	13.4	1.5	39	24.6	11.5	4.1	37	27
Ceyhan99xİzmir85	16.5	12.2	39.8	38.5	-0.5	-1.5	41.4	28.5	-0.5	-10.4	16.2	13.3

Sonuç olarak; çalışmada yer alan İzmir85, Aldane, Golia-99, Bereket çeşitlerinin melezleme programlarında ebeveyn olarak yer almasının bazı özelliklerin iyileştirilmesi için kullanılabileceği ve İzmir85xAldane, İzmir85xGolia-99, AldanexBereket hibrit kombinasyonlarının ekmeklik buğdayda verimin artırılması ve çeşit ıslah çalışmaları için önerilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar, buğday bitkisinde çeşit geliştirme ve ıslah çalışmalarında genetik çeşitliliğin önemini vurgularken, özellikle bu tür yoğun kullanılan çeşitlerden elde edilen ve yüksek heterosis ve heterobeltiosis oranları gösteren hibritlerin buğdayda verim ve biyolojik üretimi iyileştirmek için kullanılabileceğini göstermektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Ahmad, I.H., Mohammad, F., Ud-Din, S., Hassan, G., & Gul, R. (2006). Evaluation of the heterotic and heterobelthiotic potential of wheat genotypes for improvement yield. *Pakistan Journal of Botany*, 38 (4), 1159-1167.
- Akbar, M., Khan, M.A., Rehman, A.U., & Ahmad, N. (2007). Heterosis and heterobelthiosis for improvement of wheat grain yield. *The Journal of Agricultural Research*, 45 (2), 87-94.
- Akgün, N., & Yıldırım, T. (2001). Adaptation and yield stability of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in different environments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 247-252.
- Aykut, F., Yüce. S., Demir. İ., Akçalı Can, R.R., & Furan, M.A. (2005). Ekmeklik buğday çeşit ve hatlarının Bornova koşullarında performansları. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, 5-9 Eylül 2005. Antalya (Araştırma Sunusu Cilt I. Sayfa 89-93).
- Baloch, M.J., Channa, G.M., Jatoy, W.A., Baloch, A.W., Rind, I.H., Arain, M.A., & Keerio, A.A. (2016). Genetic characterization in 5x5 diallel crosses for yield traits in bread wheat. *Sarhad Journal of Agriculture*, 32 (3), 127-133.
- Baric, M., Sarcevic, H., & Keresa, S. (2004). Analysis of yield components of F1 hybrids of crosses between spring and winter wheat types (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture of Conceptual Science*, 69, 11-15.
- Bayhan, C., Bilgin, Ö., & Güler, M. (2023). Heterosis and combining ability analysis in some wheat hybrids. *International Journal of Agriculture and Biology*, 25 (3), 587-593.
- Bhutta, W.M., Akhtar, J., Anvar-ul-Haq, M., & Muhammad, I. (2005). Estimation of heritability of some important traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Caderno de Pesquisa Serie Biologia. Santa Cruz do Sul*, 17 (1), 20-27.
- Bilgin, Ö., & Korkut, K.Z. (2005). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının dane verimi ve bazı fenolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 58-65.
- Bilgin, Ö., & Korkut, K.Z. (2011). Hybrid vigor and combining ability for yield traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*, 39 (4), 552-560.
- Borghi, B., Perenzin, M., & Corbellini, M. (1988). Heterosis and combining ability estimates in bread wheat. *Crop Science*, 28 (2), 337-340.
- Briggle, L.W. (1963). Heterosis in wheat: A review. *Crop Science*, 3 (5), 407-412.
- Chang, M.S., & Smith, J.D. (1967). Diallel analysis of inheritance of quantitative characters in grain sorghum. I. Heterosis and Inbreeding Depression. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 9, 44-51.
- Çifci, E.A., & Yağdı, K. (2007). Inheritance of yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.): Heterosis and heritability estimates. *Journal of Agricultural Sciences*, 13 (4), 213-221.
- Çölkesen, M., Aslan, S., Eren, N., & Öktem, A. (1993). Şanlıurfa'da kuru ve sulı koşullarda farklı dozlarda uygulanan azotun Diyarbakır-81 makarnalık buğday çeşidinde verim ve verim unsurlarına etkisi üzerine bir araştırma. *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, 1, Ankara, 486-495.
- Dağüstü, N., & Bölük, S. (2002). Combining ability and heterosis for grain yield and related characters in bread wheat. *Cereal Research Communications*, 30 (1-2), 169-176.
- Dumlupınar, Z., Güngör, H., Dokuyucu, T., Filiz, E., Ocaktan, H., Uysal, A., Erdinçoğlu, G., & Akkaya, A. (2018). 8x8 ekmeklik buğday diallel Melez F3 popülasyonunda heterosis ve heterobelthiosis'in saptanması. *Ziraat Mühendisliği*, 366, 5-13.

- Farooq, J., & Khaliq, I. (2004). Estimation of heterosis and heterobeltiosis of some quantitative characters in bread wheat crosses. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3 (4), 508-511.
- Ferahoğlu, E. (2018). Ekmeklik buğday diallel melezlerinde verim komponentlerinin kalıtımı ve melez gücü (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>.
- Fischer, R.A. (1975). Yield potential in a dwarf spring wheat and effect of shading. *Crop Science*, 15, 607-613.
- Fonseca, S.M., & Patterson, F.L. (1968). Hybrid vigor in seven parental wheat crosses. *Crop Science*, 8 (1), 85-88.
- Freeman, G.F. (1919). The role of heterosis in development of maize hybrids. *Journal of Agricultural Research*, 18, 57-76.
- Hussain, F., Hussain, M., Iqbal, M.M., Akhtar, M.A., Zulkiffal, M., & Din, R.U. (2007). Heterosis studies in wheat crosses. *The Journal of Agricultural Research*, 45 (4), 337-343.
- İlker, E., Tonk, F.A., & Tosun, M. (2010). Heterosis for yield and its components in bread wheat crosses among powdery mildew resistant and susceptible genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (1), 513-522.
- Inamullah, H.A., Mohammadi, F., Din, S.U., Hassan, G., & Gul, R. (2006). Evaluation of the heterotic and heterobeltiosis potential of wheat genotypes for improved yield. *Pakistan Journal of Botany*, 38 (4), 1159-1167.
- Jaiswal, K.K., Pandey, P., Marker, S., & Anurag, P.J. (2010). Heterosis studies for improvement in yield potential of wheat (*Triticum aestivum* L.). *AAB Bioflux*, 2 (3), 273-278.
- Kalhor, F.A., Rajpar, A.A., Kalhor, S.A., Mahar, A., Ali, A., Otho, S.A., Soomro, R.N., Ali, F., & Baloch, Z.A. (2015). Heterosis and combining ability in F1 population of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1011-1026.
- Khaliq, A., Chaudhry, M.A., Nabi, G., & Shah, A.H. (1985). Study of heterosis in various interspecific crosses of wheat. *The Journal of Agricultural Research*, 23, 5-9.
- Khan, N.I., & Bajwa, M.A. (1989). Potential of hybrid wheat in Punjab. *Sarhad Journal of Agriculture*, 5, 381-386.
- Kutlu, İ. (2012). Buğdayda diallel melez analizi ile tarımsal ve kalite özelliklerinin kalıtımının belirlenmesi (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Poehlman, J.M., & Sleper, D.A. (1995). *Breeding field crops*. 4th edition. ANI, INC. Westport, Connecticut
- Rasul, I., Khan, A.S., & Ali, Z. (2002). Estimation of heterosis for yield and some yield components in bread wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4 (2), 214-216.
- Sadeque, Z., Bhowmik, A., & Ali, M.S. (1991). Estimates of heterosis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals of Bangladesh Agriculture*, 1, 75-79.
- Sharif, M., Saleem, M., & Anwar, M. (2001). Combining ability and heterosis for some metric traits in bread wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 38 (1-2), 5-9.
- Sharma, J.R., Chaudhary, B.D., & Singh, I. (1986). Heterosis in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 73 (5), 777-781.
- Shull, G.H. (1914). The composition of a field of maize. *Journal of Heredity*, 5, 296-301.
- Singh, S., Sharma, S.K., & Sharma, R.P. (2004). Heterosis and inbreeding depression in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 38 (2), 77-81.
- Tulukçu, E. (2004). Diallel melezleme yöntemiyle bor içeriği düşük topraklara uygun ekmeklik buğday anaç ve melezlerinin belirlenmesi ile verim ve verim öğelerinin kalıtımı (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Uzun, P. (2021). Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) diallel melez analizi ile bazı morfolojik ve tarımsal özelliklerin kalıtım durumlarının ve kombinasyon yeteneklerinin belirlenmesi (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

- Yağbasanlar, T. (1990). Çukurova koşullarında bazı ekmeklik (*Triticum aestivum* L.) ve makarnalık (*Triticum durum* Desf.) buğday melezlerinde F1 populasyonunun bitkisel özellikleri ve melez gücü üzerine bir araştırma. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 5 (3), 145-160.
- Yağdı, K., & Karan, Ş. (2000). Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) melez gücünün saptanması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 24, 231-236. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yazıcı, E. (2015). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) 7x7 yarım diallel melez F2 döllerinde bazı tarımsal ve kalite özellikleri için heterosis ve kombinasyon yeteneklerinin tahmin edilmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Yıldırım, M. (2005). Seçilmiş altı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinin diallel F1 melez döllerinde bazı tarımsal, fizyolojik ve kalite karakterlerinin kalıtımı üzerinde bir araştırma (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

Farklı renkteki malçların çilekte yabancı ot yoğunluğu ve çilek verimi üzerine etkisi

The effect of different coloured mulches on weed density and strawberry yield in strawberry

Nazife TEMEL¹ , Mehmet Ali SARIDAŞ² , Hilmi TORUN¹ 

¹Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye.

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 03.09.2024 Accepted / Kabul: 06.11.2024 Anahtar Kelimeler: Alternatif mücadele İnorganik materyal Malçlama Yabancı ot yönetimi Verim Keywords: Alternative control Inorganic material Mulching Weed management Yield ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Hilmi TORUN hilmiturun@hotmail.com	Bu çalışma, 2022-2024 yıllarında Adana ili Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü çilek yetiştiriciliği alanında gerçekleştirilmiştir. Denemede; yedi farklı renkteki (Kırmızı, Mavi, Pembe, Sarı, Yeşil, Gri ve Kahverengi) ayrıca ticari ve yaygın olarak kullanılan Siyah (Kontrol) polietilen malç materyallerinin yabancı ot yoğunluğu ve çilek verimine olan etkileri araştırılmıştır. Açık alan denemeleri, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Çalışmada, farklı renkteki malç materyallerinin yabancı ot genel kaplama alanı (%) ve yoğunluğu (adet m⁻²), yabancı ot yaş ve kuru ağırlığının (g m⁻²) yanı sıra çilek verimi (g bitki⁻¹) ile meyve ağırlığı (g meyve⁻¹) özellikleri de incelenmiştir. İklim ve ekolojiye bağlı olarak Siyah malç (yoğunluk ortalaması 3.75 adet m⁻²; kuru ağırlık ortalaması 35.00 g m⁻²) yanında koyu renklerden Kahverengi (2.75 adet m⁻²; 22.50 g m⁻²) ve Gri (7.00 adet m⁻²; 30.00 g m⁻²) renkli polietilen malçların çilek yetiştiriciliğinde rahatlıkla kullanılabileceği, koyu renk haricinde Mavi renkli (8.00 adet m⁻²; 37.50 g m⁻²) malçın da yabancı ot kontrolünde koyu renklerle benzer etkiyi gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca yabancı ot mücadelesinde Siyah renk kadar etkili olduğu belirlenen bu malçların çilek verimini Mavide %59.10, Kahverengide %11.73 ve Gride %6.61 oranında arttırdığı bulunmuştur. Çilek meyve ağırlığı yönünden ise Kırmızı malç (%56.10) materyali en iyi performansı göstermiştir. Elde edilen veriler, Akdeniz iklimine sahip çilek yetiştirilen alanlarda farklı renkteki polietilen malçların siyah malça alternatif olabileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır.
	ABSTRACT
Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	This study was conducted in the strawberry cultivation field of the Faculty of Horticultural Department, Çukurova University, Adana, during the period 2022-2024. The experiment investigated the effects of seven different coloured polyethylene mulches (Red, Blue, Pink, Yellow, Green, Grey and Brown) and commercially used Black polyethylene mulch (control) on weed density and strawberry yield. Field trials were set up and conducted in a randomised complete block design with three replications. The study evaluated overall coverage (%), density (plants m⁻²) and fresh and dry biomass (g m⁻²) of weeds, as well as strawberry yield (g plant⁻¹) and fruit weight (g fruit⁻¹). The results showed that, depending on the climate and ecology, dark-coloured mulches such as Brown (2.75 plants m⁻²; 22.50 g m⁻²) and Grey (7.00 plants m⁻²; 30.00 g m⁻²) polyethylene can be used effectively in strawberry cultivation alongside Black mulch (density averages 3.75 plants m⁻²; dry biomass averages 35.00 g m⁻²). Blue mulch (8.00 plants m⁻²; 37.50 g m⁻²) was found to be as effective as the dark-coloured mulches in controlling weeds. In addition, mulches that were as effective as Black in controlling weeds were found to increase strawberry yield by 59.10% in Blue, 11.73% in Brown and 6.61% in Grey. . In terms of fruit weight, the Red mulch (56.10%) showed the best performance. The data suggest that different coloured polyethylene mulches could be viable alternatives to Black mulch in strawberry growing areas with a Mediterranean climate.
Cite/Atıf	Temel, N., Sarıdaş, M.A., & Torun, H. (2025). Farklı renkteki malçların çilekte yabancı ot yoğunluğu ve çilek verimi üzerine etkisi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 60-71. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1542938

GİRİŞ

Kültür bitkileriyle su, besin maddesi, ışık ve alan gibi hayati kaynaklar için rekabete giren yabancı otların zararı; tarım, ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde geniş çaplı etkilere sahiptir. Bu etkileri en aza indirmek için sürdürülebilir yabancı ot yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem taşımakta olup sürdürülebilir yabancı ot kontrolü, kimyasal kullanımını azaltmak ve çevreye zarar vermeden yabancı otları kontrol altına almak için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda entegre zararlı yönetimi (IPM) kapsamında ekim nöbeti, örtü bitkisi kullanımı ve malçlama gibi yöntemler, kimyasallara bağımlılığı azaltmasının yanında ve çevresel etkileri de sınırlamaktadır (Gökarp ve Üremiş, 2015; Soylu ve ark., 2017; Özkil ve ark., 2019; Kaya ve Üremiş, 2019). Tarımda malç kullanımıyla; toprakta sıkışma, nem kaybı, erozyonda azalmanın yanı sıra yabancı ot gelişiminin engellenmesiyle su ve besin rekabetinin azaldığı (Kader ve ark., 2017), toprak sıcaklığının değiştiği (Arora ve ark., 2011; Pramanik ve ark., 2015), toprak su buharlaşmasının azaldığı, tarımsal su kullanım verimliliğinin arttığı (Almeida ve ark., 2015), toprakla doğrudan teması önlediği için de hastalık ve zararlılar üzerinde daha fazla kontrol sağlandığı (Kaur & Kaur, 2017) bildirilmiştir. Bunlara ilaveten bitki kök bölgesinde tuz birikimini en aza indirmek için çok etkili olduğu (Dong ve ark., 2009; Yuan ve ark., 2009) ve toprak bakteri, mantar ve aktinomiset popülasyonlarında sırasıyla %2, %12 ve %12 artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Subrahmaniyan ve ark., 2006). Bütün bu faydalarının sonucunda; malç kullanımı ile ürün verimi artar, kullanılan pestisit miktarı azalır, sulama suyunda tasarruf sağlanır ve artan dünya nüfusunun gıda talebini karşılamaya katkıda bulunulur.

Malç; güneş enerjisinin emilmesi, iletilmesi ve yansıtılması yoluyla örtü altında ve üstünde sıcaklık üzerinde ve özellikle bitkilerin çevresindeki mikro çevreyi etkiler ve toprak nemini korur. Böylece, bitkilerin artan fotosentetik aktivitesi ile birlikte meyve büyüklüğü, ağırlığı ve kimyasal bileşimini iyileştiren uygun koşullar sağlar (Lamont, 1999; Amare & Desta, 2021). Siyah polietilen malç kullanım tarihi 1960'lı yılların başına kadar uzanmaktadır. Bu yıllarda sebze üreticileri arasında popüler olan malç kullanımı (Courter ve ark., 1969; Abdul-Baki ve ark., 1996), farklı zaman ve araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla devam etmiş ve Florida Amerika çilek üretiminde standart bir uygulama haline gelmiştir (Brooks, 1958). Siyaha alternatif farklı renkte malç kullanımına yönelik çok sayıda çalışma bulunmasına karşın (Sharma ve ark., 2013; Shiukhy ve ark., 2015; Sarıdaş ve ark., 2021a), günümüzde siyah malç yaygın olarak halen kullanılmaktadır. Renkli plastik malçlar, tarla mikro iklimini değiştirebilir ve bitki çevresindeki ışık, toprak sıcaklığı, hava ve nem koşullarını etkileyebilir (Tarara, 2000). Renkli malçlar, fotosentezde aktif radyasyonu seçici olarak emer ve bitki gölgeliğine yansıyan ışıktaki kırmızı dalga boy oranlarını düzenler (Singh & Dwivedi, 2011; Sharma ve ark., 2013).

Plastik malç altında yabancı otların büyüme ve gelişmesi, özellikle PAR (fotosentez açısından aktif radyasyon) bandında (400-700 nm) ışık iletimine bağlıdır (Ngouajin & Ernest, 2004). PAR dalga bandında ışık iletimi siyah malç için %0 iken, beyaz malç için %37 olarak ölçülmüştür (Ngouajin & Ernest, 2004), bu durumun yabancı otların büyümesini engellediği bildirilmiştir (Dittmar ve ark., 2022). Beyaz, siyah, beyaz/siyah ve gri malçlar için ortalama ışık iletimi ile yabancı ot tür dağılımı ve yayılması arasında bir korelasyon bulunmuştur. Çalışmada; siyah, 400 ila 1100 nm aralığında beyaz/siyah, gri, IRT-kahverengi, IRT-yeşil ve beyaz malçların ışık geçirgenliği sırasıyla %1, %2, %17, %26, %42 ve %45 düzeyinde ölçülmüştür. Beyaz malçta, 2001 ve 2002 yıllarında yabancı ot sayısı sırasıyla 39.6 ve 155.9 adet m⁻², gri malçta 10.4 ve 44.1 adet m⁻² ve diğer malç türlerinde ise her iki yılda da <25 adet m⁻² olarak tespit edilmiştir. Beyaz plastik altındaki yabancı ot yoğunluğunun daha yüksek olma nedeninin toprak sıcaklığındaki farklılıklara değil, ışık iletimine bağlı olduğu bildirilmiştir. Bu durum, çalışmada IRT-yeşil malç ve beyaz malç tarafından iletilen toplam ışık benzer olmasına rağmen, IRT-yeşil malç altında yabancı ot yoğunluğu ve yabancı ot yaş ağırlığının belirgin şekilde daha düşük olması ile doğrulanmıştır. Sonuç olarak, yabancı ot çimlenmesi ve gelişimi için plastik aracılığıyla iletilen dalga boylarının, iletilen toplam ışık miktarı kadar önemli olabileceğini göstermektedir (Ngouajin & Ernest, 2004).

Çilek alanlarında yabancı otların kontrol edilmesi için denenen farklı uygulamalarda; çilek kanopi oranının PE (Poli

Etilen) malçta (%56.1 kanopi örtüsü), %2'lik Guar sakızı (GG) ve kıyılmış gazete kağıdına (NP) kıyasla (sıra ile %42.4 ve 39.8) daha fazla olduğu ve bu durumun yabancı otların bastırılmasında avantaj sağladığı bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2024). Bir diğer çalışmada PE (Polietilen film) ve BDM (Biyoçözünür malç) altındaki ortalama toprak sıcaklıklarının, yabancı ot örtüsü altındakinden $\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ve çıplak toprak uygulamasından 2.5°C daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yabancı otların malç olarak kullanıldığı uygulamada toprak nem içeriği en yüksek seviyede iken PE, BDM ve örtüsüz (çıplak) toprak uygulamalarında benzer seviyelere sahip olduğu belirlenmiştir. Yabancı ot malçı, PE ve BDM uygulamalarının, yabancı otları eşdeğer şekilde baskılamış ve çilek verimini yükseltmiş, çıplak toprak uygulamasında ise yabancı otları baskılamada en düşük etkiye sahip olmuştur (Wang ve ark., 2022). Malç uygulamalarının, çilek alanlarında yabancı ot kontrolü ve toprağın ısınması üzerine etkisini belirlemek için Kaliforniya'da yedi ayrı renkteki malç ile birlikte şeffaf, siyah ve malç uygulamasız deneme kurulmuştur. Malç renginin, fotosentetik olarak aktif ışığın (400 ila 700 nm) geçirgenliği üzerindeki etkisi, yabancı ot kontrolünde anahtar faktör olmuş ve malç renginin yabancı ot çimlenmesi üzerindeki etkisinden daha önemli olduğu saptanmıştır. Şeffaf, mavi ve kırmızı-kahverengi lamine hariç tüm malçlar tarafından tatminkâr bir yabancı ot kontrolü sağlanmıştır. Yeşil ve kahverengi plastik malçların, tüm lokasyonlarda toprak ısınması ve yabancı ot kontrolü açısından en iyi kombinasyonlar olduğu bildirilmiştir (Johnson & Fennimore, 2005). New El Salhia'daki çilek alanlarında, çıplak toprak, mısır sapları ve pirinç samanı uygulamalarında yabancı ot varlığı diğer uygulamalara göre daha yüksek değerler almıştır. En düşük yabancı ot varlığına sahip olması nedeniyle siyah malç uygulamasında en yüksek verim (40 mg ha^{-1}) elde edilmiş, beyaz ve şeffaf malç uygulamalarında bu değerler sırasıyla 25 ve 22 mg ha^{-1} olmuştur (Khater & Mona, 2017).

Bu çalışmada; çilek alanlarında sorun olan yabancı otların kontrol edilmesi için siyah renge alternatif olabilecek farklı renkteki polietilen malçların çilek gelişimine olan etkisi iki yıl (2022-2023 ve 2023-2024) gözlenirken, çilek bitkilerinin meyve ağırlığı ile toplam verim üzerine etkisi (2023-2024) ise bir yıl boyunca gözlenmiştir. Denemelerde, çilek alanlarında bulunan yabancı otların baskılanması için yedi farklı renkte (Kırmızı, Mavi, Pembe, Sarı, Yeşil, Gri, ve Kahverengi) polietilen malç materyali, ticari olarak kullanılan Siyah (kontrol) malç ile kıyaslanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, yabancı ot kriterleri ile çilek verimi esas alınarak, farklı renkteki malç materyallerinden hangilerinin siyah renge alternatif olabileceği ve entegre çilek yönetiminde kullanılabileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme alanının özellikleri ve kullanılan çilek çeşidi

Bu çalışma; çilekte farklı renkteki polietilen malçların yabancı ot kontrolü ve verime etkisinin belirlenmesi amacı ile Adana ili Sarıçam ilçesinde bulunan Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama alanında 2023-2024 yıllarında yürütülmüştür. Bu alan $36^{\circ}59' \text{ N}$ enleminde ve $35^{\circ}18' \text{ E}$ boylamında yer almakta olup deneme alanının denizden ortalama yüksekliği 40 m 'dir.

Deneme alanından alınan toprak örnekleri analiz edilmiş ve pH: 7.56, tuz içeriği $0.35 \text{ mmhos cm}^{-1}$, hacim ağırlığı $1.33\text{-}1.41 \text{ g/cm}^{-3}$, tarla kapasitesi $34.90\text{-}36.30 \text{ g g}^{-1}$ ve solma noktasının ise $13.10\text{-}15.70 \text{ g g}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneme alanı topraklarının profil boyunca tınlı ve 80 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarının 232 mm olduğu saptanmıştır. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri derinlik olarak yaklaşık 385 mm ve 152 mm olarak ölçülmüştür. Bunlara ilaveten toplam kireç miktarı %12.30 olarak saptanmıştır.

Adana'nın yer aldığı Akdeniz iklim kuşağında kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Denemenin yürütüldüğü lokasyona ilişkin uzun yıllar ortalama iklim verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır. Yörenin uzun yıllar ortalamasına göre yıllık yağış ortalaması 654.60 mm 'dir. Yılın en yağışlı geçen ayları Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, en kurak ayları ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Toplam yağışın %50'si kış aylarında ve yağışın büyük bir bölümü yağmur şeklinde düşmektedir (MGM, 2024).

Araştırmada bitkisel materyal olarak Rubygem çilek (*Fragaria x ananassa* Duch.) çeşidi kullanılmıştır. Rubygem kısa gün bitkisi ve erkenci bir çeşit olup, iyi bir tat ve aromaya sahiptir. Parlak kırmızı renkli, iri meyveli olan bu çeşidin hastalıklara karşı tolerant olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde, hem iç hemde dış piyasa için yetiştiriciliği yapılan önemli ve güncel bir çeşittir, hali hazırda özellikle Rus pazarının tercih ettiği önemli bir çeşit konumundadır. Yetiştirme yerinin özelliği dikkate alınarak fide dikimlerinden önce toprak hazırlığı yapılmış (derin sürüm, düzeltme) ve hazırlanan seddeler (65-70 cm en, 35 cm yükseklik, iki sedde arası mesafe 35-40 cm) nemlendirilmiştir. Daha sonra seddeler siyah (kontrol), kırmızı, sarı, mavi, gri, kahverengi, pembe ve yeşil olmak üzere toplam sekiz farklı renkte ve 30 mikron kalınlığında polietilen örtülerle kaplanmıştır. Çilek fideleri seddeler üzerine çift sıra olarak 30 cm aralıklarla üçgen şeklinde dikilmiştir. Denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre ve her renk üç tekerrür, her tekerrürde 20 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Bitki gelişimi için gerekli olan su ve gübreyi eşit miktarda verebilmek için damla sulama sistemi uygulanmıştır.

Denemede incelenen yabancı ot ve verim kriterleri

Farklı renkteki malçların altında kalan yabancı otların tür ve teşhisleri her iki yılda da (2023-2024) en son tarihli çilek hasadından sonra yapılmıştır. Polietilen malç ile kaplanan çilek parsellerinin sıra üzerlerinde her bir tekerrürdeki 1m²'lik iki farklı noktada yabancı otlar kaydedilmiş, sonra toprak yüzeyinden biçilerek hasat edilmiştir. Yabancı ot sayımları esnasında bilinmeyen yabancı ot türleri laboratuvara getirilerek Flora of Turkey and East Aegean Islands (Davis, 1965-1988) kitabı yardımıyla teşhis edilmiştir. Her bir uygulama parselinde yabancı ot yoğunlukları (adet m⁻²) ve genel kaplama alanı (%) değerleri Odum (1971)'a göre hesaplanmıştır. Çilek fidelerinin dikiminden itibaren hasata kadar herhangi bir yabancı ot mücadelesi yapılmamış, böylece farklı renkteki malçların yabancı otlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her parselde 1 m²'lik çerçeve içerisinde kalan dar ve geniş yapraklı yabancı otlar, kökleri toprakta kalacak şekilde, kesici bir el aleti yardımı ile toprak yüzeyinden biçilerek hasat edilmiş, sonra ayrı ayrı kese kâğıdına konmuştur. Sonrasında laboratuvara getirilen numuneler kese kâğıdından çıkarılarak hassas terazide yaş ağırlıkları (g m⁻²) tartılmış ve kaydedilmiştir. Çerçeve içerisinde hasat edilen yabancı otların yaş ağırlıkları belirlendikten sonra, yabancı ot örnekleri 105°C'de 24 saat boyunca etüvde kurutulmuştur. İşlem sonrasında örnekler kese kâğıtlarından çıkarılarak hassas terazide tartılmış ve elde edilen kuru ağırlık değerleri kaydedilmiştir (Hitchcock, 1931).

Çilek ile ilgili verim kriterlerinde bitki başına verim (g bitki⁻¹) ve meyve ağırlığı (g meyve⁻¹) incelenmiştir. Çalışmada 2023-2024 yılı yetiştirme sezonunda farklı malç renkleri altındaki çilek verim ve ortalama meyve ağırlığı değerleri ölçülmüştür. 2022-2023 yılının iklime bağlı olarak sıcak geçmesi ve seyrek fide gelişiminden dolayı verim ve ortalama meyve ağırlıkları ölçülemedi. Dolayısıyla sadece 2023-2024 yılında farklı dönemlerde değerlendirme yapılmıştır. Çilek yetiştirme sezonu boyunca parsellerden elde edilen meyvelerin ağırlıkları 0.1 g'a duyarlı terazide tartılmış, bu değerlerin toplamı parseldeki bitki sayısına bölünerek bitki başına verim belirlenmiştir. Ayrıca her parselden farklı dönemlerde toplanan çilek meyveleri, hasattaki toplam meyve sayısına bölünerek ortalama meyve ağırlığı saptanmıştır.

Sonuçların değerlendirilmesi

Denemede yabancı ot kriterlerinin değerlendirilmesinde elde edilen veriler SPSS istatistik paket programında analiz edilmiş ve aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılığın önem derecesini belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

Çilekte verim ve meyve ağırlığı verileri, dönem tekrarlı tesadüf parselleri deneme desenine göre analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde, SAS temeli üzerine kurulu JMP 8.1 istatistik paket programı kullanılmıştır.

Sonuçlar %5 önem düzeyinde LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Malç uygulamalarının yabancı otlara etkisi

Denemede farklı malç uygulamalarına göre parsellerde 11 farklı familyaya ait 17 yabancı ot türü bulunmuştur. Yabancı ot sayısı yönünden denemenin ilk yılında (2022-2023) birim alanda en fazla bulunan yabancı otların sırası ile *Convolvulus arvensis* L. (4.13 adet m⁻²), *Cyperus rotundus* L. (3.13 adet m⁻²) ve *Euphorbia prostrata* Aiton. (1.31 adet m⁻²) olduğu belirlenmiştir. İkinci yılda (2023-2024) ise türler değişmemekle birlikte sıralama değişmiştir. Buna göre sırası ile *C. rotundus*, *C. arvensis* ve *E. prostrata* birim alandaki varlığı yönünden sırası ile 4.25, 3.31 ve 1.06 adet/m² değerlerini almıştır. Toplam yabancı ot sayısı içerisinde, türlerin dağılımı bakımından yine aynı türler *C. arvensis* (%34.69), *C. rotundus* (%34.40) ve *E. prostrata* (%11.08) doğal olarak ön plana çıkmıştır. Bu durumun deneme alanında uzun süre aynı tarımsal işlemlerin yapılmasından ve topraktaki yabancı ot tohum rezervinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çilek parsellerinde bulunan yabancı ot tür ve yoğunluğuna (adet m⁻²) ilişkin ortalama değerler

Table 1. Mean values of weed species and density (plants m⁻²) in strawberry plots

Yabancı ot	Familya	Yoğunluk (adet m ⁻²)			
		2022-2023	2023-2024	Ort.	Dağılım (%)
<i>Amaranthus albus</i> L.	Amaranthaceae	0.06	0.63	0.34	3.21
<i>Chenopodium album</i> L.	Amaranthaceae	0.00	0.06	0.03	0.29
<i>Crepis foetida</i> L.	Asteraceae	0.13	0.06	0.09	0.87
<i>Erigeron</i> sp.	Asteraceae	0.00	0.06	0.03	0.29
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Asteraceae	0.13	0.00	0.06	0.58
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	0.00	0.25	0.13	1.17
<i>Heliotropium europaeum</i> L.	Boraginaceae	0.69	0.25	0.47	4.37
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	4.13	3.31	3.72	34.69
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	3.13	4.25	3.69	34.40
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) A. Juss.	Euphorbiaceae	0.19	0.44	0.31	2.92
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton.	Euphorbiaceae	1.31	1.06	1.19	11.08
<i>Lathyrus annuus</i> L.	Fabaceae	0.50	0.00	0.25	2.33
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	Fabaceae	0.19	0.00	0.09	0.87
<i>Malva neglecta</i> Wall.	Malvaceae	0.31	0.06	0.19	1.75
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae	0.00	0.06	0.03	0.29
<i>Rumex</i> sp.	Polygonaceae	0.00	0.06	0.03	0.29
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	0.13	0.00	0.06	0.58
Toplam		10.88	10.56	10.72	

Farklı renkteki malçların yabancı ot kaplama alanına (%) olan etkisini belirlemek için yapılan analizlerde beş ayrı uygulama aynı istatistik grubunda yer almıştır. Bununla birlikte en düşük kaplama alanı değerleri ilk yıl (2022-2023) siyah (kontrol), kahverengi ve mavi malçlardan (sırası ile %1.50, 4.50 ve 5.00) elde edilmiştir. İkinci yılda (2023-2024) ise yabancı ot kaplama alanı değerlerinde çok belirgin bir artış ve beraberinde çoklu karşılaştırma testine göre yine farklı beş istatistik grup oluşmuştur. En düşük değerler sıralamasında kahverengi malç (%11.00) birinci olmuş, bunu gri (%27.50) ve siyah (kontrol) (%35.00) malç örtüsü izlemiştir (Çizelge 2).

Yabancı ot yoğunluk (adet m⁻²) verileri, denemenin birinci (2022-2023) yılında birbirine yakın olduğu için sarı renkli malç (35.50 adet m⁻²) dışında tüm uygulamalar aynı grupta yer almıştır. İncelenen bu özellik yönünden en düşük değerler sırası ile siyah (kontrol) (1.00 adet m⁻²), kahverengi (3.50 adet m⁻²), mavi (4.50 adet m⁻²), gri (5.00 adet m⁻²) ve yeşil (7.50 adet m⁻²) renkli malçlardan elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında yabancı ot yoğunluğunu baskılama yönünden yine koyu renkler; sırası ile kahverengi, siyah (kontrol) ve gri (2.00, 6.50 ve 9.00 adet m⁻²), ön plana çıkmakla birlikte açık renklere pembe (9.00 adet m⁻²) bu grupta yer almıştır (Çizelge 2). Denemenin ilk yılında sarı renkli malçın diğer uygulamalara göre en yüksek yabancı ot yoğunluğunu barındırması ışığı diğer

renklerden daha çok yansıtarak toprak sıcaklığının çok artmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü koyu renklerin ışığı daha fazla absorbe ettiği için toprak sıcaklığını arttırdığı bilinen bir gerçektir. Shokouhian & Asghari (2015), çilek yetiştiriciliğinde, verim, toprak nemi, meyve kalitesi ve yabancı ot kontrolü gibi özellikler yönünden en iyi örtünün siyah plastik malç olduğunu bildirmiştir. Bir başka çalışmada; standart saman uygulamasına göre biyobozunur plastik, kâğıt yünü ve polietilen plastiğin yabancı ot yönetiminde kullanılabileceği saptanmıştır. Ancak biyobozunur plastik ve kâğıt yününün hızlı ayrışmaları nedeniyle yalnızca büyümenin ilk yılında kullanılabildiği ve bu yüzden pahalı alternatifler olduğu bildirilmiştir (Daugaard, 2008). Bakshi ve ark.,(2014), çeltik samanı, buğday samanı, kuru ot, şeffaf polietilen, siyah polietilen ve malçsız (kontrol) uygulamalardan oluşan denemelerde; tüm uygulamaların çileğin vejetatif gelişim, verim ve kalitesini iyileştirdiğini ancak siyah polietilen malçın, yabancı ot popülasyonunu azaltmada (1.00 adet m^{-2}) en etkili olduğunu belirlemiştir. Dahası çileğin bitki boyunun (21.67 cm), bitki habitusunun (31.24 cm) ve bitki sayısının artırılması açısından en iyi sonuçları verdiğini rapor etmiştir. Literatürlerde de taranan bu bilgiler, bu çalışmadan elde edilen bulgular ile uyum içerisinde olup yabancı ot kontrolünde siyaha alternatif koyu renklerin de kullanılabileceğini göstermiştir.

Çizelge 2. Farklı renkteki malç uygulamalarının çilek parsellerinde bulunan yabancı otların genel kaplama alanı (%) ve yoğunluğuna (adet m^{-2}) ilişkin ortalama değerler

Table 2. Effects of different coloured mulch applications on weed coverage (%) and density (plants m^{-2}) in strawberry plots

Uygulanan farklı renkteki malçlar	Genel kaplama alanı (%)		Yoğunluk (adet m^{-2})	
	2022-2023	2023-2024	2022-2023	2023-2024
Kırmızı	37.50 bc	72.50 de	14.50 a	11.50 b
Mavi	5.00 a	52.50 c	4.50 a	11.50 b
Pembe	67.50 d	77.50 e	15.50 a	9.00 ab
Sarı	62.50 cd	75.00 e	35.50 b	12.00 b
Yeşil	22.50 ab	60.00 cd	7.50 a	23.00 c
Gri	9.00 a	27.50 b	5.00 a	9.00 ab
Kahverengi	4.50 a	11.00 a	3.50 a	2.00 a
Siyah(Kontrol)	1.50 a	35.00 b	1.00 a	6.50 ab
<i>F</i>	11.971	34.293	4.579	7.468
<i>p</i>	0.001	0.000	0.024	0.006

* Aynı sütun içerisinde yapılan harflendirme ile ortalama değerler arasındaki önemli bir farkın olduğunu göstermektedir (Duncan çoklu karşılaştırma testi, $p \leq 0.05$).

Denemenin ilk yılında (2022-2023), yabancı ot biyomasının pembe ve sarı renkli malçlarda çok yüksek rakamlara ulaşması nedeni ile diğer uygulamalardan ayrılmış ve iki ayrı grup oluşmuştur. Alınan örneklerde en düşük değerler sırası ile siyah (kontrol), mavi ve kahverengi (30.00 , 32.50 ve 35.00 g m^{-2}), malçlardan alınmış bunu gri, yeşil ve kırmızı malç örtüsü izlemiştir. Kapsama alanında olduğu gibi yaş ağırlık değerleri ikinci yıl çarpıcı bir şekilde artmış ve 2024 yılında en düşük yaş ağırlıklar kahverengi, gri, mavi ve siyah (kontrol) malç (sıra ile 40.00 , 80.00 , 140.00 ve 142.50 g m^{-2}) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu durumun pembe ve sarı malçın ışık geçirgenliğinin daha yüksek olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Yabancı ot kuru ağırlığı yönünden ilk yıl siyah (kontrol), kahverengi ve mavi malçlar 25.00 g m^{-2} değerine sahip olmuş, bunları gri (30.00 g m^{-2}), yeşil (32.50 g m^{-2}) ve kırmızı (40.00 g m^{-2}) malç uygulamaları izlemiştir. İkinci yılda (2023-2024) kuru ağırlık değerleri yaş ağırlığa paralel bir seyir izlemiştir. En düşük değerler yine kahverengi ve gri (20.00 ve 30.00 g m^{-2}) malçlardan alınmış bunları, siyah (kontrol) (45.00 g m^{-2}) ve mavi (50.00 g m^{-2}) malç uygulamaları takip etmiştir. Sarı, pembe, yeşil ve kırmızı renkli malç uygulamaları incelenen bu özellik yönünden yüksek değerlere sahip olmuştur. Açık renklerin ışığı yansıttığı, koyu renklerin absorbe ettiği fizik kuralının aksine mavi renkli malçın, yabancı ot yaş ve kuru ağırlık değerleri üzerine siyah (kontrol) malç kadar etkili olabileceği görülmüştür (Çizelge 3).

Yabancı otları baskılama konusunda renklerin performansı dikkate alındığında, elde edilen sonuçların parsellerdeki mevcut yabancı ot tohum rezervi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde (ABD) Kaliforniya’da yapılan bir çalışmada; yabancı ot tohumlarının çimlenmesi üzerine malç renginden ziyade fotosentetik aktif ışık geçirgenliğinin daha etkili olduğu saptanmıştır. Şeffaf, mavi ve kırmızı-kahverengi lamine hariç tüm malçlar tarafından tatminkâr bir yabancı ot kontrolü sağlanmıştır. Berrak ve siyah malçların sırasıyla güneşli ve bulutlu iklim koşullarında toprağı en fazla ısıtan uygulamalar olduğu, dahası geleneksel üretim sistemlerine göre pazarlanabilir meyve miktarı yönünden en yüksek verimin alındığı bildirilmiştir (Johnson & Fennimore, 2005). Özetle, kahverengi, gri ve siyah renkler dışında mavi renkli malçın da yabancı ot yoğunluk ve ağırlığını belirli bir ölçüde etkileyebildiği belirlenmiştir.

Çizelge 3. Farklı renkteki malç uygulamalarının çilek parsellerinde bulunan yabancı otların yaş ve kuru ağırlığına (g m^{-2}) ilişkin ortalama değerler

Table 3. Effects of mulches on the fresh and dry biomass (g m^{-2}) of weeds in strawberry plots

Malç	Yaş ağırlık (g m^{-2})		Kuru ağırlık (g m^{-2})	
	2022-2023	2023-2024	2022-2023	2023-2024
Kırmızı	92.50 a	182.50 bc	40.00 ab	62.50 bc
Mavi	32.50 a	140.00 abc	25.00 a	50.00 abc
Pembe	267.50 b	232.50 c	70.00 b	75.00 c
Sarı	355.00 b	217.50 c	112.50 c	70.00 c
Yeşil	70.00 a	192.50 bc	32.50 ab	82.50 c
Gri	50.00 a	80.00 ab	30.00 ab	30.00 ab
Kahverengi	35.00 a	40.00 a	25.00 a	20.00 a
Siyah (Kontrol)	30.00 a	142.50 abc	25.00 a	45.00 abc
<i>F</i>	13.842	4.318	7.133	4.048
<i>p</i>	0.001	0.029	0.006	0.034

*Aynı sütun içerisinde yapılan harflendirme ile ortalama değerler arasındaki önemli bir farkın olduğunu göstermektedir (Duncan çoklu karşılaştırma testi, $p \leq 0.05$).

Malç uygulamalarının verim bileşenlerine etkisi

Sezon boyunca (2023-2024) farklı malç renkleri altında yetiştirilen Rubygem çilek çeşidine ait verim değerleri Çizelge 4’de sunulmuştur. Yapılan istatistik analizine göre; farklı hasat dönemleri, malç rengi ve bunlar arasındaki interaksiyonun bitki başına verim değerleri üzerine çok önemli bir etki yaptığı belirlenmiştir ($p \leq 0.001$). Verim yönünden en yüksek değer ($140.00 \text{ g bitki}^{-1}$) Nisan dönemine ait hasatlardan elde edilmiştir. Benzer şekilde Sarıdaş ve ark., (2021b), Akdeniz koşulları altında yetiştirilen çilekte en yüksek verimin Nisan ayında elde edildiğini bildirmiştir. Nisan ayını, farklı istatistik grubunda yer alan ve sırasıyla 36.70 ve $27.30 \text{ g bitki}^{-1}$ değerleri ile Mayıs ve Mart hasat dönemleri izlemiştir. Özellikle Mayıs sonunda meydana gelen yüksek sıcaklıklar zarara yol açmış ve en düşük verim ortalaması, $1.10 \text{ g bitki}^{-1}$ ile Haziran ayında tespit edilmiştir. Malç renkleri kıyaslandığında; en yüksek verim $339.20 \text{ g bitki}^{-1}$ değeriyle mavi malç altında yetişen bitkilerde tespit edilmiştir. Bu malç rengini farklı istatistiksel grup içerisinde yer alan kahverengi, gri ve siyah (kontrol) malç izlemiştir. Ticari olarak yaygın şekilde kullanılan siyah malç ($213.20 \text{ g bitki}^{-1}$) ile kıyaslandığında; mavi, kahverengi ve gri malçta sırasıyla % 59.00, % 12.00 ve % 7.00’lik verim artışları saptanmıştır. En düşük verim ise $135.80 \text{ g bitki}^{-1}$ ile sarı malç altında yetiştirilen bitkilerde tespit edilmiştir (Çizelge 4). Benzer bir çalışmada malç renginin bitki başına verim değerini önemli düzeyde etkileyebildiği bildirilmiştir (Orde ve ark., 2021; Sarıdaş ve ark., 2021a). Aynı yetiştirme alanında Sarıdaş ve ark., (2021a), siyah malça kıyasla % 17.00’lik verim artışıyla, en yüksek verimi (71.9 t ha^{-1}) gri malç altında yetiştirilen bitkilerde tespit etmiştir. Çalışmamızda benzer eğilim olmasına karşın, verim artış oranının düşük olmasının ise malç kalınlığı ve bitkilerin açıkta yetiştirilmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun aksine Singh ve ark.,

(2021) en yüksek verimi sarı renk altında yetiştirilen bitkilerde 355.00 g bitki⁻¹ ve siyah (kontrol) malç altında verim değerini 325.00 g bitki⁻¹ olarak bildirmiştir. Bir başka çalışmada; yıllara (2016-2017) bağlı olarak pazarlanabilir çilek veriminin 350.00-486.00 g bitki⁻¹ arasında değiştiği, siyah malç uygulamasında 445.00 g bitki⁻¹ ile en yüksek verim elde edilirken, beyaz malç uygulamasında ise 419.00 g bitki⁻¹ değeriyle malçsız koşullara göre daha yüksek verim alındığı vurgulanmıştır (Orde ve ark., 2021). Bu nedenle değişik iklim koşullarında, farklı malç renklerinin bitki başına verim değeri üzerinde farklı etkiler yaptığı bildirilmiştir. Çalışmalardaki farklı sonuçların; malç rengi, malçtaki renk yoğunluğu, malç kalınlığı, yetiştirme şekli (örtü altı veya açık) ve iklim koşulları gibi faktörlerden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Orde ve ark., 2021; Singh ve ark., 2021; Sarıdaş ve ark., 2021a).

Çizelge 4. Farklı renkteki malçların aylık ve toplam çilek verimine (g bitki⁻¹) yönelik ortalama değerleri

Table 4. Average values of the monthly and total yield of strawberries (g plant⁻¹) for mulches of different colours

Malç	Dönem (2023-2024 yetiştirme sezonu)						Toplam verim
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	
Kırmızı	5.20 opq	23.40 j-o	26.00 ı-n	147.80 c	9.30 n-q	0.00 q	211.70 BC (-%0.70)
Mavi	0.00 q	0.00 q	37.50 h-k	249.20 a	51.10 gh	1.40 pq	339.20 A (%59.10)
Pembe	0.00 q	0.00 q	21.70 k-o	112.40 d	43.40 ghi	0.00 q	177.50 CD(-%16.74)
Sarı	0.00 q	0.00 q	20.80 k-o	83.40 e	31.60 ı-l	0.00 q	135.80 D (-%36.30)
Yeşil	0.00 q	0.00 q	28.20 ı-m	73.90 ef	56.80 fg	1.70 pq	160.60 D (-%24,67)
Gri	0.00 q	0.00 q	30.90 ı-l	162.40 bc	32.30 ı-l	1.70 pq	227.30 B (%6.61)
Kahverengi	0.00 q	0.00 q	12.20 m-q	171.40 b	52.70 gh	1.90 pq	238.20 B (%11.73)
Siyah (Kontrol)	14.80 l-q	18.60 l-p	41.30 g-j	119.90 d	16.70 l-q	1.90 pq	213.20 BC (%Kontrol)
Dönem ortalaması	2.50 D	5.30 D	27.30 C	140.00 A	36.70 B	1.10 D	
	LSDmalç***= 45.70		LSDdönem***= 6.50		LSDmalçxdönem***= 18.30		

*Önemli Değil (Ö.D.; Non-Significant). ***p≤0.001; **p≤0.01; *p≤0.05.

Meyve ağırlığı yönünden en ağır meyveler Mart ayında (41.50 g meyve⁻¹) ölçülmüş ve bunu farklı istatistik grupta yer alan Nisan ve Mayıs dönemleri (sıra ile 16.30 ve 8.60 g meyve⁻¹) izlemiştir, benzer durum Sarıdaş ve ark., (2021c) tarafından da bildirilmiştir. Nisan ayındaki meyve ağırlığındaki bu azalışın, sözkonusu ayda toplam verimin yüksek olmasından dolayı ürün rekabetinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mayıs ayındaki sert düşüş ise büyük bir olasılıkla artan sıcaklık ve bitki gücünün azalmasıyla ilişkili olabilir. Malç renklerinde ise; kırmızı malç altında yetiştirilen bitkiler diğer gruplardan önemli düzeyde ayrılarak, 19.20 g meyve⁻¹ ağırlığında meyveler üretmiştir. Bunu aynı istatistiksel grupta yer alan kahverengi, yeşil, pembe, gri ve siyah (kontrol) malç izlemiştir. En düşük meyve ağırlığı ise; verimde olduğu gibi sarı malç altında yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir (Çizelge 5). Sarı malç renginde verim ve ortalama meyve ağırlığındaki bu azalışın; malçtaki rengin yeterli yoğunluğa sahip olmamasına bağlı olarak, toprağa ışık geçirmesi ve zaman içerisinde yırtılarak yabancı ot gelişimini arttırmasının yanı sıra, toprak su içeriğinde kayıplara yol açması ile ilişki olduğu düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer şekilde Kai ve ark., (2007), beş farklı malç arasında, meyve boyutunun en fazla kırmızı renkli filmler üzerinde olduğunu bildirmiştir. Shiukhy ve ark., (2015), renkli malçların (siyah, kırmızı ve beyaz) meyve ağırlığı üzerine önemli etki yaptığını vurgulamışlardır. Bunun aksine; Sarıdaş ve ark., (2021a) malç renginin (siyah, gri ve şeffaf) ortalama meyve ağırlığını önemli ölçüde etkilemediğini bildirmiştir. Bu farklılıkların, kullanılan malç rengi yanında, yetiştiricilik yapılan alanların edafik ve iklim koşullarındaki değişiklikten kaynaklandığı düşünülmektedir. Hasat dönemi x malç rengi interaksyonunda ise; ölçülen ortalama meyve ağırlığının 50.00 g meyve⁻¹ (Mart x Pembe) ile 2.90 g meyve⁻¹ (Haziran x Siyah) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı renkteki malçların aylık ve sezon boyunca ortalama çilek meyvesi ağırlığına (g meyve⁻¹) yönelik ortalama değerleri

Table 5. Average monthly and seasonal average strawberry fruit weight (g fruit⁻¹) for different coloured mulches

Malç	Dönem (2023-2024 yetiştirme sezonu)						Malç Ortalaması
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	
Kırmızı	31.50 d	16.40 ef	42.80 bc	17.90 e	6.70 gh	0.00 ı	19.20 A (%56.10)
Mavi	0.00 ı	0.00 ı	40.70 c	18.40 e	8.80 gh	4.40 hı	12.00 BC (-%2.44)
Pembe	0.00 ı	0.00 ı	50.00 a	16.30 ef	9.10 gh	0.00 ı	12.60 B (%2.44)
Sarı	0.00 ı	0.00 ı	40.00 c	11.40 fg	8.20 gh	0.00 ı	9.90 C (-%19.51)
Yeşil	0.00 ı	0.00 ı	44.40 abc	17.60 ef	9.10 gh	9.00 gh	13.40 B (%8.94)
Gri	0.00 ı	0.00 ı	41.60 bc	18.80 e	7.70 gh	6.90 gh	12.50 BC (%1.63)
Kahverengi	0.00 ı	0.00 ı	47.20 ab	16.80 ef	11.30 fg	7.60 gh	13.80 B (%12.20)
Siyah (Kontrol)	12.9 efg	11.40 fg	25.20 d	12.90 efg	8.20 gh	2.90 h	12.30 BC (% Kontrol)
Dönem ortalaması	5.60 D	3.50 D	41.50 A	16.30 B	8.60 C	3.90 D	
<i>LSDmalç***= 2.60 LSDdönem***= 2.30 LSDmalçxdönem***= 6.40</i>							

*Önemli Değil (Ö.D.; Non-Significant). ***p≤0.001; **p≤0.01; *p≤0.05.

Sonuç olarak; çilek yetiştiriciliğinde siyah malç, toprak suyunun tutulması ve yabancı ot kontrolü yanında toprak sıcaklığını arttırması yönünden Akdeniz iklimine sahip bölgelerde kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise yabancı ot kontrolü yanında verim ve ortalama meyve ağırlığı gibi özellikleri iyileştirmek için siyah malça alternatif olabilecek renkler incelenmiştir. Yabancı ot popülasyonlarının baskılanması konusunda siyah malça (iki yıl yoğunluk ortalaması 3.75 adet m⁻²; kuru ağırlık ortalaması 35.00 g m⁻²) alternatif olarak koyu renklerden kahverengi (2.75 adet m⁻²; 22.50 g m⁻²) ve grinin (7.00 adet m⁻²; 30.00 g m⁻²) yanı sıra mavi rengin (8.00 adet m⁻²; 37.50 g m⁻²) de malç olarak etkin biçimde kullanılabileceği saptanmıştır. Bu sonuca paralel biçimde mavi rengin toplam çilek veriminde de en yüksek (%59.10) olduğu, bunu yine koyu renklerin (kahverengi %11.73, gri %6.61 ve siyah) izlediği belirlenmiştir. Meyve ağırlığında ise kırmızı malç (%56.10) en dikkat çeken renk olmuştur. Sarı malç uygulamasında yabancı ot kontrolünün çok düşük olmasına ilaveten meyve ağırlığı ve buna bağlı olarak toplam veriminde düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; çilek yetiştiriciliği yapılan farklı ekoloji ve iklime sahip yerlerde, malç renkleri yanında, malç kalınlıklarının da çok yönlü olarak incelenmesinin tarımın bu konusuna önemli bir katkı yapacağı kanısına varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

Abdul-Baki, A.A., Teasdale, J.R., Korcak, R., Chitwood, D.J., & Huettel, R.N. (1996). Fresh-market tomato production in a low-input alternative system using cover-crop mulch. *HortScience*, 31 (1), 65-69. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.1.65>

- Ahmad, W., DeVetter, L.W., McFadden, D., Maupin, B., Bajwa, D.S., Durado, A., Weyers, S., Galinato, S. P., Weiss B., & Gramig, G. (2024). Hydromulches suppress weeds and maintain fruit production in organically managed strawberry systems. *Frontiers in Agronomy*, 6, 1375505. <https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1375505>
- Almeida, W.F.D., Lima, L.A., & Pereira, G.M. (2015). Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. *Engenharia Agrícola*, 35, 1009-1018. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1009-1018/2015>
- Amare, G., & Desta, B. (2021). Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8 (1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00201-8>
- Arora, V.K., Singh, C.B., Sidhu, A.S., & Thind, S.S. (2011). Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. *Agricultural Water Management*, 98 (4), 563-568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.10.004>
- Bakshi, P., Deep JI Bhat, Wall, V.K., Sharma, A., & Mudasir Iqbal, M. (2014). Growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler as influenced by various mulching materials. *African Journal of Agricultural Research*, 9 (7), 701-706. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7983>
- Brooks, A.N. (1958). Polyethylene film as a mulch for strawberry. *Flo. Agr. Expt. Stat. Annu. Rpt.* p. 395.
- Courter, J.W., Vandemark, J.S., & Hopen, H.J. (1969). Mulching vegetables: practices and commercial applications. Circular (University of Illinois at Urbana-Champaign. Cooperative Extension Service) 1009.
- Daugaard, H. (2008). The effect of mulching materials on yield and berry quality in organic strawberry production. *Biological Agriculture and Horticulture*, 26, 139-147. <https://doi.org/10.1080/01448765.2008.9755077>
- Davis, P.H. (Ed.) (1965-1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 1-10). Edinburgh, Edinburgh University Press.
- Dittmar, P.J., Dufault, N.S., Desaegeer, J., Qureshi, J., Boyd, N., & Paret, M. (2022). Chapter 4. Integrated Pest Management: VPH Ch. 4, CV298, Rev. 5/2022. EDIS 2022 (Vegetable Production Handbook of Florida). Gainesville, FL. <https://doi.org/10.32473/edis-cv298-2022>
- Dong, H., Li, W., Tang, W., & Zhang, D. (2009). Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. *Field Crops Research*, 111 (3), 269-275. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.01.001>
- Gökalp, Ö., & Üremiş, İ. (2015). Mardin’de buğday ürününe karışan yabancı ot tohumlarının belirlenmesi. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1) 23-30. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkuzfd/issue/19637/209638>
- Hitchcock, D.I. (1931). The combination of a standard gelatin preparation with hydrochloric acid and with sodium hydroxide. *The Journal of General Physiology*, 15 (2), 125-138. <https://doi.org/10.1085/jgp.15.2.125>
- Johnson, M.S., & Fennimore, S.A. (2005). Weed and crop response to colored plastic mulches in strawberry production. *HortScience*, 40 (5), 1371-1375. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.5.1371>
- Kader, M.A., Senge, M., Mojid, M.A., & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Kai, X., Yan-Ping, G., Shang-Long, Z., Wen-Sheng, D., & Qing-Gong, F. (2007). Effect of light quality on the fruit quality of ‘Toyonoka’ strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (3), 585-590. <https://www.ahs.ac.cn/EN/Y2007/V34/I3/585>
- Kaur, P., & Kaur, A. (2017). Effect of various mulches on the growth and yield of strawberry cv. Chandler under sub-tropical conditions of Punjab. *International Journal of Recent Trends in Science and Technology*, 25 (1), 21-25. <https://doi.org/10.26611/202515>
- Kaya, H., & Üremiş İ. (2019). Determination of weed species, their frequencies and densities in onion fields in Hatay province. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 24 (1) 21-30. <http://dergipark.org.tr/mkutbd>

- Khater, I., & Hassan, M.A. (2017). Effect of some soil mulching systems on weed control and production of strawberry in New El Salhia Region. *Misir Journal of Agricultural Engineering*, 34 (3), 1465-1474. <https://doi.org/10.21608/mjae.2017.97494>
- Lamont, W.J. (1999). The use of different colored mulches for yield and earliness. Proceedings of the New England Vegetable and Berry Growers Conference and Trade Show, Sturbridge, MA., pp. 299-302.
- MGM. (2024). Meteroloji Genel Müdürlüğü. Retrieved from <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Adana> by June 25, 2024.
- Ngouajin, M., & Ernest, J. (2004). Light transmission through colored polyethylene mulches affects weed populations. *HortScience*, 39 (6), 1302-1304. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.6.1302>
- Odum, E.P. (1971). Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto. 574 p.
- Orde, K.M., Marini, R., Demchak, K., & Sideman, R. (2021). Albion strawberry responds to mulch treatments and low tunnels covered with photoselective films. *HortScience*, 56 (9), 1005-1014. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15886-21>
- Özkil, M., Torun, H., Eymirli, S., Üremiş, İ., & Tursun, N. (2019). Adana ili ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ekim alanlarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. *MKÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (2) 87-96. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd/issue/48321/611269>
- Pramanik, P., Bandyopadhyay, K.K., Bhaduri, D., Bhattacharyya, R., & Aggarwal, P. (2015). Effect of mulch on soil thermal regimes-A review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8 (3), 645-658. <https://doi.org/10.5958/2230-732X.2015.00072.8>
- Sarıdaş, M.A., Kapur, B., Çeliktöpus, E., Şahiner, Y., & Kargı, S.P. (2021a). Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Agricultural Water Management*, 245, 106568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106568>
- Sarıdaş, M.A., Karabiyik, Ş., Eti, S., & Paydaş Kargı, S. (2021b). Boron applications and bee pollinators increase strawberry yields. *International Journal of Fruit Science*, 21 (1), 481-491. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1907010>
- Saridas, M.A., Simsek, O., Donmez, D., Kacar, Y.A., & Kargı, S.P. (2021c). Genetic diversity and fruit characteristics of new superior hybrid strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozier) genotypes. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68 (2), 741-758. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-01020-4>
- Sharma, N.C., Sharma, S.D., & Spehia, R.S. (2013). Effect of plastic mulch colour on growth, fruiting and fruit quality of strawberry under polyhouse cultivation. *International journal of Bio-resource and Stress Management*, 4 (2s), 314-316. <https://www.ojs.pphouse.org/index.php/IJBSM/article/view/376>
- Shiukhy, S., Raeini-Sarjaz, M., & Chalavi, V. (2015). Colored plastic mulch microclimates affect strawberry fruit yield and quality. *International journal of biometeorology*, 59, 1061-1066. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0919-0>
- Shokouhian, A.A. & Asghari, A. (2015). Study the effect of mulch on yield of some strawberry cultivars in Ardabil condition. *International Conference on Agriculture, Ecology and Biological Engineering (AEBE-15)*, September 07-08, Antalya, Turkey, pp. 1-5.
- Singh, N., & Dwivedi, D. H. (2011). Studies on different type of mulches on vegetative growth of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch). *Progressive Horticulture*, 43 (1), 134-136. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:85728004>
- Singh, N., Dwivedi, D. H., Kishor, S., & Maji, S. (2021). Improvement in growth and yield of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) by mulch colour. *Environmental Sustainability*, 4, 705-710. <https://doi.org/10.1007/s42398-021-00167-9>

- Soylu, S., Sertkaya, E., Üremiş, İ., Bozkurt, İ.A., & Kurt, Ş. (2017). Hatay ili marul (*Lactuca sativa* L.) ekim alanlarında görülen önemli hastalık etmenleri, zararlı ve yabancı ot türleri ve yaygınlık durumları. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (1) 23-33. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkuzfd/issue/30381/298689>
- Subrahmaniyan, K., Kalaiselvan, P., Balasubramanian, T. N., & Zhou, W. (2006). Crop productivity and soil properties as affected by polyethylene film mulch and land configurations in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 52 (1), 79-103. <https://doi.org/10.1080/03650340500421786>
- Tarara, J.M. (2000). Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*, 35 (2), 169-180. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.2.169>
- Wang, X., Shrestha, S., Tymon, L., Zhang, H., Miles, C., & DeVetter, L. (2022). Soil-biodegradable mulch is an alternative to non-biodegradable plastic mulches in a strawberry-lettuce double-cropping system. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 942645. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.942645>
- Yuan, C., Lei, T., Mao, L., Liu, H., & Wu, Y. (2009). Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. *Catena*, 78 (2), 117-121. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.03.002>

The effect of silicon applications on seedling growth stress parameters in lettuce (*Lactuca sativa* L.) under salt stress conditions

Tuz stresi koşullarında marulda (*Lactuca sativa* L.) silikon uygulamalarının fide büyüme stresi parametrelerine etkisi

Yusuf ÇELİK¹ 

¹Mersin University, Silifke Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Silifke, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received / Geliş: 06.06.2024 Accepted / Kabul: 16.11.2024 Keywords: Lettuce seedling Potassium silicate NaCl Tolerance Anahtar Kelimeler: Marul fidesi Potasyum silicat NaCl Tolerans ✉Corresponding author: Yusuf ÇELİK ycelik33@mersin.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserler herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Salt stress prevents plant growth and development by disrupting osmotic and ionic balance. In this study; As a result of silicon (Si) application, which can activate tolerance mechanism against salt stress in lettuce seedlings; Changes in antioxidant (SOD, CAT, APX, POD) and physiological parameters (proline, leaf chlorophyll ratio, leaf membrane permeability and relative water content) effective on seedling growth were investigated. Control plants grew better than plants treated with only salt. As a result of Si+100 mM NaCl and Si+50 mM NaCl applications; Increases between 176% and 339% in SOD, CAT, APX, POD levels, increases between 26.9% and 28.1% in leaf chlorophyll and moisture content and decreases between 15.2% and 76.4% in leaf membrane damage were determined. The relationship between proline accumulation and antioxidant enzyme activities was effective with Si application and showed that plants improved their defense against salt stress. Plant development decreased according to the severity of salt as a result of only salt applications. It was determined that 150x100kg.ha-1Si interaction was more effective on plant growth in all plots. ÖZET Tuz stresi bitkilerin büyümesini ve gelişmesini osmotik ve iyon dengesini bozarak engellemektedir. Bu çalışmada; Marul fidelerinde tuz stresine karşı tolerans mekanizmalarını harekete geçirebilen silikon (Si) uygulaması sonucunda; Fide büyümesinde etkili olan antioksidan (SOD, CAT, APX, POD) ve fizyolojik parametrelerdeki (prolin, yaprak klorofil oranı, yaprak membran geçirgenliği ve bağlı su içeriği) değişimler araştırılmıştır. Kontrol bitkileri, yalnızca tuzla muamele edilen bitkilerden daha iyi büyüdü. Si+100 mM NaCl ve Si+50 mM NaCl uygulamaları sonucunda; SOD, CAT, APX, POD seviyelerinde %176 ile %339 arasında artışlar, yaprak klorofili ve nem içeriğinde %26,9 ile %28,1 arasında artışlar ve yaprak zarı hasarında %15,2 ile %76,4 arasında azalmalar belirlendi. Prolin birikimi ile antioksidan enzim aktiviteleri arasındaki ilişki Si uygulamasıyla etkili olmuş ve bitkilerin tuz stresine karşı savunmayı geliştirdiklerini göstermiştir. Sadece tuz uygulamaları sonucunda tuzun şiddetine göre bitki gelişimi azalmıştır. 150x100kg.ha-1Si etkileşiminin tüm parsellerde bitki büyümesinde daha etkili olduğu belirlendi.
Cite/Atf	Yusuf, Ç. (2025). The effect of silicon applications on seedling growth stress parameters in lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) under salt stress conditions. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 72-82. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1496859

INTRODUCTION

The growing world population and the consequent increasing demand for agricultural products continuously contribute to soil degradation (Adejumobi et al., 2016; Temme et al., 2019) and is one of the most critical factors affecting soil salinization. There is a salinity problem in approximately 1.5 million hectares of Turkey's land (Kalefetoğlu; Ekmekçi, 2005). The conditions that affect the growth and development of plants are called stress. Stress factors are divided into abiotic (temperature, drought, salinity, radiation, wind, etc.) and biotic (virus, bacteria and insects, etc.) (Larcher, 1995; Yılmaz et al., 2011). Salinity problem causes many negative effects on agricultural lands. It reduces growth, yield and quality by disrupting the metabolic activities that provide vital events in plants (Alp; Kabay, 2019; Kabay, 2019; Yılmaz et al., 2011).

Lettuce, which is resistant to cold and needs humid weather conditions, is highly sensitive to salt and this sensitivity causes stress in the plant. However, excess salt in the soil affects osmotic stress, ion toxicity, nutrient ion balance, and also affects plant growth and physiological functions (Zhang et al., 2018).

Salinity stress is an abiotic stress factor for plants and has a chemical stress effect. High salt content in the growing medium adversely affects plant life. These negative effects have been determined as disruptions in enzyme regulation, nutrient imbalance, membrane dysfunction, impaired metabolic regulation, osmotic imbalance and problems in water intake, oxidative stress and developmental problems (Orcutt and Nilsen, 1996). The responses of plants exposed to drought and salinity stress are similar (Muns, 2002; Kuşvuran& Kabak, 2012; Osakabe et al., 2014). The water uptake effect of plants grown in salty soils decreases rapidly. Plant development is impaired due to hormonal signals transmitted from the roots in plants (Munns, 2002). Plants first close their stomata to reduce water loss (Kuşvuran& Kabak, 2012, Osakabe et al., 2014). The electrons released as a result of the closure of the stomata and the prevention of the entry of CO₂ gas are absorbed by the chlorophylls and take part in the formation of free oxygen radicals (ROS) together with light energy. ROS damage proteins, membrane lipids, nucleic acids and chlorophyll (Çaylak, 2011; Kuşvuran&Kabak , 2012).

Although silicon is not a basic nutrient element for plants, some studies have shown that it is beneficial for plants. According to these results, silicon reduces water loss in plants; increases leaf chlorophyll content; It has been determined that it increases the endurance of cells and plants respire more. These physiological changes include water deficiency, metal toxicity, salinity, etc. It allows reducing the effects of abiotic stresses such as (Rodrigues et al., 2011; Lima et al., 2011; Rizwan et al., 2015). Exogenous silicon application ameliorated the detrimental effects of salinity stress on stomatal movement of sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants (Manivannan et al., 2016). It has been determined that silicon application contributes to the protection of photosynthetic pigments and the regulation of the photosynthesis mechanism in plants exposed to salt stress. (Muneer et al., 2014). In general, it has been determined that silicon plays an effective role in the activation of nutrition, growth and antioxidant mechanisms in plants (Boling et al., 2019). Salt tolerance levels of plants are generally at their lowest during the young seedling stage. Considering the problem that salt stress shows its effect more in the seedling period in lettuce, this study aims to further address the modulation of salt stress responses in lettuce seedlings and their relationship with Si, supported by the responses of antioxidant systems of seedlings to stressful salt conditions.

MATERIALS and METHODS

Plant material

The plant material used in the study was Hazer Lital Lettuce Seed, which belongs to a commercial company. It is a type of lettuce with a belly. It is resistant to heat and it is late to stem. The average head weight is 800 - 1100 gr. Harvest period is 55 - 70 days. The leaf color is light green, resembling light yellow. The leaves are upright, crispy and wide. The leaf edges are wavy and slightly toothed.

Properties of Powder Potassium Silicate

Table 1. Content of potassium silicate

Çizelge 1. Potasyum silikatın içeriği

items	TR-PS001
Density g/ml(20°C)	0.5-0.8
K ₂ O (%)	28.0-32.0
SiO ₂ (%)	52.0-58.0
Ratio (M)	2.7-2.9
Degree of fineness (100 Mesh)	5
Dissolution rates≤	120

Trial layout and applications were created as follows

- 1-Control
- 2-50 mM NaCl
- 3-100 mM NaCl
- 4-200 mM NaCl
- 5-50 mM NaCl+Si
- 6-100 mM NaCl+ Si
- 7-200 mM NaCl+ Si

Electrophoretic separation of superoxide dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) isoenzymes

Leaf extracts containing equal amounts of protein (100 mg/well) were separated by Native-Page according to Laemmli (1970). SOD activity was determined by riboflavin and nitrobluetetrazolium (NBT) staining according to Beauchamp and Fridovich (1971). After the gels were kept in the dye solution for 30 minutes, the densitometric analysis of the SOD isozyme bands was performed with the imaging device in the Bio-1D software program. One unit of SOD activity was determined as the amount of enzyme causing 50% inhibition of the photochemical reduction of NBT, which is the electron acceptor measured in spectrophotometer at 560 nm, and the specific enzyme activity was determined as U/mg protein. Unit indicates the amount of enzyme (SOD) that converts 1 μ mol of substrate to product in 1 minute at 25°C.

Determination of the activity of catalase (CAT; EC 1.11.1.6) isoenzymes

CAT isozymes Woodbury et al. (1971) according to the method described. After the samples containing 30 g protein were run in 7.5% non-denatured gel, the gels were incubated for 10 minutes in 0.003% H₂O₂. Then the gels were stained in a solution containing 1% FeCl₃ and 1% K₃Fe(CN₆) for 10 minutes. As soon as the green color started to appear, the gels were also washed with ionized water.

Determination of the activity of peroxidase (POX; EC 1.11.1.7) isoenzyme(s)

Electrophoretic separation of POX isozymes Seevers et al. (1971). Samples containing 80 g protein were run on a 10% non-denatured acrylamide gel (PAGE) under constant current (120 mA). Gels were incubated in 200 mM Na-acetate buffer (pH 5.0) containing benzidine and hydrogen peroxide for 30 minutes in the dark to see the bands formed after electrophoresis. The gels were then stored in 7% acetic acid solution.

The determination of APX activity was determined according to Nakano and Asada (1981). As ascorbate oxidizes, the decrease in absorbance at 290 nm from the spectrophotometer was recorded and calculations were made using the extinction coefficient of ascorbate. The oxidation of ascorbate was initiated by the addition of the

enzyme extract and the decrease in absorbance was monitored for 180 sec. One unit of APX activity is expressed as 1 mmol/ml ascorbate oxidized per minute.

Membrane permeability (% EC)

After harvest, 1 cm diameter samples were taken from the leaves of each of the sample plants brought to the laboratory. These samples were washed with distilled water and placed in brown glass bottles, 10 ml of distilled water was added to them and the analysis was repeated in triplicate. The prepared bottles were left in the shaker for 24 hours and at the end of the time, the solutions in the bottles were poured into the tubes and the EC₁ value was measured in the EC meter. Then, the solutions were poured back into the bottles and kept in the autoclave at 120 °C for 20 minutes, then the EC₂ value was measured at room temperature and the EC value was calculated from the formula $EC_1 / EC_2 \times 100$ (Lutts et al., 1996).

Relative watercontent (RWC%)

At the end of the study, the wet weights (YA) (g) of the leaf samples taken from 4 plants selected from each replication for measurements were determined and placed in capped petri dishes, then kept in pure water for 4 hours to make the leaves turgorized, and turgor weights (TA) (g) were measured after 4 hours. Then, they were kept in an oven at 80 °C for 48 hours and their dry weights (KA) (g) were measured. Leaf relative water content was calculated as % according to the following formula (Barr and Weatherley 1962).

YA=Wet Weight, KA=Dry Weight, TA=Turgorous Weight

Relative water content (%): $[(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$

Chlorophyl lamount (SPAD)

For each application, the middle of the upper leaves of 4 plants selected by chance at each replication. with the SPAD instrument (SPAD-502 Chlorophyll) meters; Konica Minolta, Tokyo, Japan) relative chlorophyll content was measured

Proline analysis

The 0.5 g fresh leaf sample obtained was dissolved with 3% sulfosalicylic acid and filtered. 2 ml of the filtrate was taken and 2 ml of acetic acid and 2 ml of ninhydrin reagent were placed on it. Ninhydrin reagent; It was prepared using ninhydrin, acetic acid and orthophosphoric acid. Then, the samples placed in the tubes were kept in a water bath at 100 °C for 1 hour, and the reaction was terminated on ice. 4 ml of toluene was added to the cooled samples, vortexed and read in a spectrophotometer at 520 nm. Then the calculation was made by comparing it with the proline standards (Bates et al., 1973).

Dry Weight After the harvest, the leaves taken from the sample plants were kept in the oven at 65 °C for 48 hours, and when the last two weighings were equal, they were removed from the oven and the dry weights were calculated (Kacar, 1972).

Experimental site design and plant growth conditions

This study was carried out as a pot trial in the application and research greenhouses of Mersin University, to be implemented in the fall semester of 2023. The experiment was set up according to the random plot design with 4 replications and there were 16 plants in each plot. In the research, rootless height(cm), seedling diameter(cm), number of leaves (plant/piece), seedling fresh and dry weight(g), root fresh and dry weight(g), chlorophyll amount(%), leaf membrane damage(%), relative water content of the leaf(%) and some antioxidant levels in its tissues were measured. In the greenhouse where the experiment was conducted, the ambient temperature was 20-28 °C and the humidity rate was measured as 65%. Pots (1 liter capacity) containing peat: perlite in the ratio

of 2:1 were used as seed planting medium. Before sowing the seeds, the perlites were washed thoroughly with tap water. Lettuce seedlings 177.2 ppm N; 52.70 ppm P; 240.44 ppm K; 53.46Mg; 120.30 ppm Ca; 3.36 ppm Fe; 0.85 ppm Mn; 0.45 ppm B; 0.50 ppm Zn; It was irrigated with 0.10 ppm Cu and 0.05 ppm Mo nutrient solution (Suyum et al., 2012). 25 days after seed sowing (seedlings were 2-3 true leaves in size), the prepared concentration (silicon and NaCl) was applied. Silium was prepared in the form of Potassium silicate (K_2SiO_3), 2 mM was prepared and applied as a solution, salt concentrations; It was prepared as 0 (control), 50 mM, 100 mM and 200 mM, and the prepared concentrations were applied with an interval of 2 days. The experiment was terminated after the final concentration was reached (day 16).

Statistical analysis

The data obtained from the experiment were evaluated according to ANOVA analysis of variance using "IBM SPSS statistcids 23" statistical programs. Duncan's Multiple Comparison Test was used to compare differences between means.

RESULTS and DISCUSSIONS

The effect of salt, silicon and salt x silicon interaction on plant biomass (plant height and diameter, plant fresh and dry weight, root length, leaf width and number, root fresh and dry weight) was found to be significant. The increase in salt concentration in the solution adversely affected the growth parameters of the seedlings. The biomass values measured in the study, in which silicon and varying concentrations of salt treatments were applied, are presented (Table 2-3). As a result of 200 mM salt application, the effect of stress was determined at the highest level in all biomass measurements. Considering the plant rootless dye effect of the applications; According to the data, the highest growth 50 mM+Si (10.9 cm) treatment gave an increase of 303.7% compared to the 200 mM NaCl (2.7 cm) application, which showed the lowest plant growth. In terms of plant diameter, 50 mM+Si (6.9cm) treatment showed the best improvement, and 200 mM NaCl (2.1cm) treatment showed a 228.7% increase. The best result in the effect of the applications on the number of leaves was obtained from the 50 Mm NaCl+Si (10.5 plant/piece) treatment, and it increased by 219% compared to the 200 mM NaCl (4.8 plant/piece) application, which had the lowest value. When the effect of the applications on the root length of the plant was examined, the highest value was increased by 50 mM+Si (7.9 cm) application, and the lowest value increased by 183.7% compared to the application of 200 Mm NaCl (4.3cm). According to the fresh weight measurements of the plant, the highest value was obtained from the application of Si+50 Mm NaCl (4.6 g), and it increased by 78.9% compared to the application of 200mMNaCl (2.6g), which had the lowest value. According to the leaf dry weight results, 100 mM+Si(0.4g) treatment, which had the highest value, increased 400% compared to 200 mM NaCl(0.1g) application. When the effect of the applications on the plant root wet weight was examined, the highest value was obtained from 50mM+Si (1.2 g) application, and the lowest value was obtained from 200MmNaCl (0.5 g) application, and the difference between applications was found to be 240%. According to the results, root dry weight was obtained from 50 mM+Si (0.3g) Si+ 100 mM NaCl (0.4g) and 200mM+Si applications, which had the highest effect, and the lowest value was obtained from 200 mM NaCl (0.1g) applications, the difference between applications % It was found to be 400. The seedling period is the period when plants are most affected by salt stress. During this period, due to the increasing amount of salt in the soil, the soil osmotic pressure increases and the seedlings are exposed to salt stress. Seedling deaths could be observed under severe conditions of salt stress. It has been reported by some researchers that there are significant decreases in both fresh weight and dry matter in leaves and roots of plants exposed to stress (Irshad et al., 2002; Ghoulam et al., 2002). The results of the reference study are similar to our study. Secco et al. (2010) found a decrease in seedling, root and shoot length as a result of salt stress applied to different melon cultivars. In other studies with similar

results; They concluded that shoot and root dry weights of wheat increased by 15% with Si application in stressful conditions compared to other applications. Ghorbanpour et al. (2020) barley shoots also increased by 27.3%. Ion imbalance caused by the increase in NaCl concentration under salt stress of these decreases; Cell volume and expansion by lowering the water and osmotic potential of the cell, which occurs due to osmotic stress. It is thought to be due to the drying of the shoots and leaves of the plant as a result of osmotic dehydration and increased transpiration, which causes a decrease in the rate of growth. The addition of silicon to the nutrient solution increased plant growth and yield under control or saline conditions (Anderson et al., 1991). According to the results of a study carried out in lettuce, it was seen that increasing NaCl concentrations decreased root and shoot development, but treatment with Si application gave positive results (de Souza Lemos Neto et al. 2018). This behavior was also found in cabbage seedlings by Bernardes et al. (2015), where increasing salt stress reduced seedling development in both high and low vigor groups and reduced the length of shoots and roots at the highest stress levels. Similarly, working with different varieties of 'melon' (*Cucumis melo* L.), Secco et al. (2010) found a decrease in total seedling length and dry matter under salt stress.

Table 2. The effect of silicon (Si) application on seedling growth parameters on lettuce seedlings exposed to salt stress

Çizelge 2. Tuz stresine maruz kalan marul fidelerinde silikon (Si) uygulamasının fide büyüme parametrelerine etkisi

Treatments	Seedling Rootless Length(cm)	Plantdiameter (cm)	Number of leaves (plant/piece)	Rootlength (cm)
Control	5.9 ±0.2cd	5.7 ±0.1b	7 ±0.6b	7.1 ±0.3bc
50mMNaCl	5.5 ±0.3d	4.1 ±0.2c	6.6 ±0.3c	6.6 ±0.3c
100mMNaCl	3.1 ±0.3e	2.9 ±0.2d	6.3 ±0.6c	5.1 ±0.3d
200mMNaCl	2.7 ±0.6ef	2.1 ±0cd	4.8 ±0.3c	4.3 ±0.4e
Si+50mMNaCl	10.9 ±0.4a	6.9 ±0.4a	10.5 ±0.7a	8.3 ±0.5a
Si+100mMNaCl	7 ±0.6c	6.1 ±0.3ab	9.8 ±0.5a	7.9 ±0.6ab
Si+200mMNaCl	6.1 ±0.4cd	5.4 ±0.3b	9.3 ±0.6a	7.4 ±0.4abc
Average	5.89	4.74	7.76	6.67

Table 3. The effect of silicon (Si) application on seedling growth parameters on lettuce seedlings exposed to salt stress

Çizelge 3. Tuz stresine maruz kalan marul fidelerinde silikon (Si) uygulamasının fide büyüme parametrelerine etkisi

Treatments	Plantfresh weight (g)	Plantdryweight (g)	Rootfreshweight (g)	Rootdryweight (g)
Control	3.2 ±0.2cd	0.7 ±0b	1.1 ±0.1a	0.2 ±0c
50mMNaCl	3 ±0.2d	0.6 ±0b	0.9 ±0.1b	0.2 ±0c
100mMNaCl	3.8 ±0.3bc	0.4 ±0c	0.6 ±0.1c	0.3 ±0b
200mMNaCl	2.6 ±0.2d	0.3 ±0c	0.5 ±0c	0.1 ±0a
Si+50mMNaCl	4.6 ±0.2a	1 ±0.1a	1.2 ±0a	0.3 ±0ab
Si+100mMNaCl	4.4 ±0.1ab	1 ±0.1a	1.1 ±0.1a	0.4 ±0a
Si+200mMNaCl	4.4 ±0.3ab	1 ±0.1a	1 ±0.1b	0.2 ±0c
Average	3.71	0.71	0.91	0.24

In the study carried out, the main effect of silicon was observed in salty conditions, and it was observed that silicon reduced the negative effect of salt stress (Öztekin et al.2017,2018; Zhu et al.2004; Aranda et al., 2005). Stress-resistant plants have good levels of antioxidants. In order to cope with the oxidative damage caused by excessive ROS production due to excessive concentrations of salt, Si has been reported to reduce the harmful

effects of ROS and maintain membrane stability (Ghorbanpour et al., 2020). Defense products SOD, POX, CAT and APX data measured in lettuce seedlings exposed to stress are presented (Table 4). In this study; The use of Si against the negative effects of salt stress increased the activity of SOD, POX, CAT and APX enzymes. In a study showing results consistent with our study; seedling growth slowed down as a result of oxidative damage in tomato seedlings exposed to salt stress, but silicon addition to the salt solution partially compensated the negative effects of NaCl stress by increasing the tolerance of tomato plants to NaCl salinity by increasing the activities of SOD, APX, POX, CAT, soluble protein content, chlorophyll content and photochemical efficiency of PSII. Thus, silicon can alleviate salt toxicity and improve the growth of tomato plants (Al-aghabary et al. 2005).

According to the measurements made on salt-treated lettuce seedlings, the proline level, which was 341.5 $\mu\text{g g}^{-1}$ in Si+50 mM NaCl application, decreased to 101.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ in 200 mM NaCl application. While the proline level was measured as 334.9 $\mu\text{g g}^{-1}$ in Si+100 mM NaCl application, it was measured as 114.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ in 100 mM NaCl application. When these results were examined, the amount of proline decreased due to the increase in the NaCl concentration applied to the lettuce seedlings, and the Si fertilizers added in addition to the salt content increased the proline level and reduced the effect of salt stress. It has been reported that the decrease in the amount of proline and the decrease in membrane permeability are directly proportional to the increases in the relative water content of the leaves. This can be expressed as the plant's development of tolerance to stress (Bokhari and Trent, 1985). Proline, which has an important place under stress in recent years, has become one of the most effective observations in plants' weight and management defense systems during salt and water stress periods. (Shannon, 1997). Proline accumulation under silicon treatment was 11.5 and 14.4 $\mu\text{g g}^{-1}$ Fw in salt-stressed plants at 1500 and 3000 ppm. (Abdelaal et al., 2020)

Data on chlorophyll amounts of lettuce seedlings exposed to different concentrations of salt stress are given in Table (5). According to the measurements made on the samples obtained, Si+200 mM treatment increased the leaf chlorophyll rate by 28.1% compared to the 200 mM application. It was determined that the chlorophyll ratio measured in Si+100 Mm salt application increased by 26.9% compared to 100 Mm salt application. In the effect of applications on leaf chlorophyll contents, while high salt concentration decreased chlorophyll ratio, the highest chlorophyll contents were determined in Si+50Mm treatment. Chlorophyll content in leaves increased as a result of silicon added salt applications. The chlorophyll index value increased with the addition of silicon to the nutrient solution and varied between 200mMNaCl (36.7SPAD) and 50mMNaCl (52.6SPAD). According to the measurements made in lettuce seedlings treated with salt, the leaf membrane damage rate in Si +50 Mm NaCl treatment decreased by 15.2% compared to 200 Mm NaCl application. While the leaf membrane damage rate was 72.4% in 100 Mm NaCl application, it was 62.9% in Si+100 Mm NaCl application. According to these findings, membrane damage increased as the salt concentration increased. As a result of Si applications, the effects of salt on membrane damage were reduced. Recently, measuring the amount of water in the leaves gives the most reliable information about the general water status of the plants. According to the measurements made on lettuce seedlings treated with salt, the relative humidity of the leaf measured in Si+50 mM NaCl application increased by 68.5% compared to 50 mM NaCl application. While the relative humidity of the leaves was 70.7% in Si+100 mM NaCl application, it was 60.9% in 100 mM NaCl application. According to these findings, the relative moisture content of the leaves decreased as the salt concentration increased. Romero-Aranda et al. (2000) stated that the water consumption of plants decreases under salt stress and this decrease is due to the decrease in stomatal density, stomatal conductivity and root hydraulic transmission of plants under salt stress, and thus the decrease in transpiration rate. Fernandez-Garcia et al. (2003) also stated that root hydraulic transmission decreases with salinity, and this decrease is closely related to the decrease in the activity and concentration of channel proteins (aquaporins), which provide the transport of water and natural compounds in root plasma membranes through spaces. It was determined that plant water consumption increased with the application of silicon to the nutrient solution, albeit at low rates (Öztekin et al., 2014), Gong et al. (2005) stated that silicon has a

positive effect against the decrease in water uptake by plants. It is known that silicon promotes the functioning of the antioxidant defense mechanism in plants exposed to abiotic stress factors such as salinity, strengthens the plant body, has positive effects on photosynthesis and water use efficiency, and increases resistance to stress factors by reducing lipid peroxidation and membrane permeability in plants under stress (Gong et al. et al., 2005).

Table 4. The effect of silicon (Si) application on some antioxidant activities in lettuce seedlings exposed to salt stress

Çizelge 4. Tuz stresine maruz kalan marul fidelerinde silikon (Si) uygulamasının bazı antioksidan aktivitelere etkisi

Treatments	SOD	CAT	POX	APX	PROLIN
Control	130.2 ±10.3c	317.8 ±10.3c	57.5 ±0.7c	7.9 ±0.6d	169.7 ±6.3C
50mMNaCl	109.5 ±6.8cd	311.1 ±12.3c	55.1 ±1.3c	7 ±0.2de	155.2 ±8.7c
100mMNaCl	100.2 ±7.3d	268.6 ±26.6de	54 ±1.2c	5.9±-0.2d	114.2 ±6.7d
200mMNaCl	97.8 ±2.3d	226.9 ±16.6e	51.8 ±1.8c	4.6 ±0.2f	101.2 ±2.2d
Si+50mMNaCl	249.1 ±6.2a	560.1 ±6.3a	110 ±5.6a	15.6 ±0.5a	341.5 ±6.1a
Si+100mMNaCl	237.8 ±6.4a	514.7 ±14ab	98.7 ±4.8b	13.4 ±0.4b	334.9 ±7.6a
Si+200mMNaCl	194.2 ±9b	491.3 ±9b	91.7 ±4.3b	10.2 ±0.5c	275.5 ±5.8b
Average	160	384.36	74.11	9.23	213.17

Table 5. The effect of silicon (Si) application on some physiological parameters on lettuce seedlings exposed to salt stress

Çizelge 5. Tuz stresine maruz kalan marul fidelerinde silisyum (Si) uygulamasının bazı fizyolojik parametrelere etkisi

Treatments	Membran edamage(%)	Chlorophyllratio(%)	RelativeHumidity(%)
Control	59.5 ±2.4b	51.3 ±0.3a	72.7 ±0.9ab
50mMNaCl	48.8 ±2.4b	43.2 ±0.4c	70.4 ±1.3ab
100mMNaCl	33.7 ±1.2c	38.9 ±0.9de	65.8 ±0.4c
200mMNaCl	31.9±-1c	36.7 ±1f	53.7 ±1.4d
Si+50mMNaCl	62.5 ±3.5a	52.6 ±2a	75.3 ±0.3a
Si+100mMNaCl	57.4 ±2.1b	45.6 ±0.4b	70.7 ±1.9b
Si+200mMNaCl	54.5 ±2.1b	40.6 ±0.6cd	60.8 ±2c
Average	49.75	44.12	67.05

In conclusion, lettuce seedlings exposed to salt stress are adversely affected, but the effects of this stress can be reduced by 100 mM and 200 mM silicon applications. Silicon supplementation was beneficial and plays an important role in reducing the adverse effects of salinity on the growth, physiological and biochemical characteristics of lettuce seedlings. Silicon application caused an increase in relative water content, chlorophyll concentrations, antioxidant enzyme activity, root-free height, seedling diameter, leaf number, seedling fresh and dry weight, root fresh and dry weight. The results of this study may help to clarify the regulatory effects of exogenous Si on important functions of lettuce seedlings grown under salinity stress.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is a Master's thesis and granted by Erciyes University Scientific Research Projects Coordination Unit (Grant no: FYL-2022-11632).

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The author(s) declare no conflict of interest for this study.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

The contribution of the authors is equal.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

Ethical approval is not applicable, because this article does not contain any studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- Abdelaal, K.A., Mazrou, Y.S., & Hafez, Y.M. (2020). Silicon foliar application mitigates salt stress in sweet pepper plants by enhancing water status, photosynthesis, antioxidant enzyme activity and fruit yield. *Plants*, 9 (6), 733. <https://doi.org/10.3390/plants9060733>
- Alp, Y., & Kabay, T. (2019). The effect of drought stress on antioxidative enzyme and nutrient exchange in some tomato genotypes. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 6 (1), 71-77. <https://doi.org/10.30910/turkjans.515352>
- Al-aghabary, K., Zhu, Z., & Shi, Q. (2005). Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (12), 2101-2115. <https://doi.org/10.1081/PLN-200034641>
- Anderson, D.L., Snyder, G.H., & Martin, F.G. (1991). Multi-year response of sugarcane to calcium silicate slag on Everglades histosols. *Agronomy Journal*, 83 (5), 870-874. <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300050019x>
- Adejumobi, M.A., Alonge, T.A., & Ojo, O.I. (2016). A review of the techniques for monitoring soil salinity in irrigated fields. *AIMS*, 2, 167-170.
- Barr, H.D., & Weatherley, P.E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, 15 (3), 413-428. <https://doi.org/10.1071/BI9620413>
- Bates, L.S., Waldren, R.P.A., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Beauchamp, C., & Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44 (1), 276-287. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8)
- Bernardes, P.M., Mengarda, L.H.G., Lopes, J.C., Nogueira, M.U., & Rodrigues, L.L. (2015). Qualidade fisiológica de sementes de repolho de alta e baixa viabilidade sob estresse salino. *Nucleus*, 12 (1), 77-86. <https://doi.org/10.37378/1982.2278.1105>
- Boling, L., Prabhakaran, S., & Abinaya, M. (2019). Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. *Plants*, 8, 307. <https://doi.org/10.3390/plants8090307>
- Bokhari, U.G., & Trent, J. D. (1985). Proline concentrations in water stressed grasses. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 38 (1), 37-38. <https://doi.org/10.2307/3899329>
- Çaylak, E. (2011). Oxidative stress and antioxidants in animals and plants. *Journal of Medical Research*, 9 (1), 73-83. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77620-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77620-1)
- Fernandez-Garcia, N., Cerda, A., & Carvajal, M. (2003). Grafting, a useful technique for improving salinity tolerance of tomato?. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment*, (pp. 251-256). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.37>

- De Souza Lemos Neto, H., de Almeida Guimarães, M., Sampaio, I.M.G., de Araújo Hendges, A.R.A., de Oliveira, A.B., & Filho, S.M. (2018). Silicon (Si) reduces the effects of salt stress on germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 12 (9), 1410-1418. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.09.PNE1074>
- Ghorbanpour, M., Mohammadi, H., & Kariman, K. (2020). Nanosilicon-based recovery of barley (*Hordeum vulgare*) plants subjected to drought stress. *Environmental Science: Nano*, 7 (2), 443-461. <https://doi.org/10.1039/C9EN00973F>
- Ghoulam, C., Foursy, A., & Fares, K. (2002). Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 39-50. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00109-5](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00109-5)
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., & Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169 (2), 313-321. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.02.023>
- Gottardi, S., Iacuzzo, F., Tomasi, N., Cortella, G., Manzocco, L., Pinton, R., Römheld, V., Mimmo, T., Scampicchio, M., Dalla Costa, L., & Cesco, S. (2012). Beneficial effects of silicon on hydroponically grown corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 56, 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.04.002>
- Irshad, M., Yamamoto, S., Eneji, A.E., Endo, T., & Honna, T. (2002). Urea and manure effect on growth and mineral contents of maize under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (1), 189-200. <https://doi.org/10.1081/PLN-100108790>
- Kacar, B. (1972). *Chemical analysis of soil and plant*. Ankara University. Faculty of Agriculture Publication No: 53, A.U. Press, Ankara.
- Kabay, T. (2019). Effects of different potassium doses on development of high temperature-sensitive bean plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (1), 320-325. <https://doi.org/10.24326/asphc.2020.4.6>
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plant salt tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science*, 18 (4), 723-740.
- Kuşvuran, S., & Abak, K. (2012). Response of melon genotypes to drought stress. *Çukurova University Journal of Science and Engineering*, 28 (5).
- Larcher, W. (1995). *Physiological plant ecology*. Published by Springer, ISBN 0-387-09795-3, New York, 506 p.
- Lima, M.D.A., Castro, V.F.D., Vidal, J.B., & Enéas-Filho, J. (2011). Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, 42, 398-403. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200019>
- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227 (5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
- Lutts, S., Kinet, J.M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78 (3), 389-398. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0134>
- Manivannan, A., Soundararajan, P., Muneer, S., Ko, C.H., & Jeong, B.R. (2016). Silicon mitigates salinity stress by regulating the physiology, antioxidant enzyme activities, and protein expression in *Capsicum annuum* 'Bugwang'. *BioMed Research International*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3076357>
- Muneer, S., Park, Y.G., Manivannan, A., Soundararajan, P., & Jeong, B.R. (2014). Physiological and proteomic analysis in chloroplasts of *Solanum lycopersicum* L. under silicon efficiency and salinity stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (12), 21803-21824. <https://doi.org/10.3390/ijms151221803>
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25 (2), 239-250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22 (5), 867-880. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>

- Orcutt, D.M., & Nilsen, E.T. (1996). The physiology of plants under stress. Soil and Biotic Factors, pp:177-237, John Wiley&Sons, inc. NY. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L.S.P. (2014). Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 76566. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>
- Öztekin, G.B., Tüzel, Y., & Tüzel, İ.H. (2017). Serada topraksız domates yetiştiriciliğinde silisyumun tuz stresine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 243-256.
- Oztekin, G.B., Tuzel, Y., Tuzel, I.H., & Tepecik, M. (2018). Effects of silicon on tomato grown in substrate culture under salinity stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (8), 5520-5530.
- Rodrigues, F.D.A., Oliveira, L.D., Korndörfer, A.P., & Korndörfer, G.H. (2011). Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. *Informações Agronomicas*, 134 (1), 14-20.
- Romero-Aranda, R., Yeo, A.R., Flowers, T.J., & Cuartero, J. (2000). Variability for some physiological characters affecting salt tolerance in tomato. In *International Symposium on Techniqueto Control Salination for Horticultural Productivity*, (pp. 435-441). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.573.52>
- Rizwan, M., Ali, S., Ibrahim, M., Farid, M., Adrees, M., Bharwana, S.A., Zia-Ur-Rehman, M., Qayyum, M.F. & Abbas, F. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 15416-15431. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5305-x>
- Shannon, M.C., & Grieve, C.M. (1998). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78 (1-4), 5-38. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00189-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00189-7)
- Suyum, K., Dasgan, H.Y., Sari, N., Kusvuran, S., Aydoner, G., Akyol, M., Akhoundnejad, Y., Solmaz, I., & Bol, A. (2012). Genotypic variation in the response of water melon genotypes to alinity and drought stresses. <https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions>
- Secco, L.B., Queiroz, S.O., Dantas, B.F., de Souza, Y.A., & da Silva, P.P. (2010). Qualidade de sementes de acessos de melão, *Cucumis melo* L., em condições de estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5 (2), 5. <http://revista.gvaa.com.br>
- SeEVERS, P.M., DALY, J.M., & CATEDRAL, F.F. (1971). The role of peroxidase isozymes in resistance to wheat stem rust disease. *Plant Physiology*, 48 (3), 353-360. <https://doi.org/10.1104/pp.48.3.353>
- Temme, A.A., Kerr, K.L., & Donovan, L.A. (2019). Vigour/tolerancetrade-off in cultivated sunflower (*Helianthus annuus*) response to salinity stress is linked to leafele mental composition. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205 (5), 508-518. <https://doi.org/10.1111/jac.12352>
- Yilmaz, E., Tuna, M., & Burun, B. (2011). Tolerance strategies of plants against salt stress effects. *CBÜ Journal of Science*, 7 (1), 47-66.
- Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., & Yu, J. (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167 (3), 527-533. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.04.020>
- Woodbury, W., Spencer, A.K., & Stahmann, M.A. (1971). An improved procedure using ferricyanide for detecting catalase isozymes. *Analytical Biochemistry*, 44 (1), 301-305. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90375-7](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90375-7)

Mercanköşk (*Origanum majorana*) ve Halep Yedi Baharatı (Aleppo Seven Spices) ekstraktlarının biyoaktif profilleri ve antibakteriyel aktiviteleri

Bioactive profiles and antibacterial activities of extracts Marjoram (*Origanum majorana*) and Aleppo Seven Spices

Filiz UÇAN TÜRKMEN¹, Fatma Esen SARIGÜLLÜ ÖNALAN², Ümit Haydar EROL³

¹Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye.

²Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Kilis, Türkiye.

³Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 30.07.2024 Accepted / Kabul: 01.12.2024 Anahtar Kelimeler: <i>Origanum majorana</i> Halep yedi baharatı Fitokimyasal Antioksidan Antibakteriyel aktivite Fenolik bileşen Keywords: <i>Origanum majorana</i> Aleppo seven spices Phytochemical Antioxidant Antibacterial activity Phenolic compound Corresponding author/Sorumlu yazar: Filiz UÇAN TÜRKMEN ucanfiliz@gmail.com Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Bu çalışmada, mercanköşk ve halep yedi baharatı ekstraktlarının fitokimyasal taraması yapılarak antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiş, ayrıca ekstraktların fenolik bileşen içerikleri ile organik asit içerikleri tespit edilerek, antibakteriyel değerlendirilmeleri de yapılmıştır. Fenolik bileşenler toplamı, mercanköşk ekstraktlarında 41.386,34 mg kg⁻¹ iken; halep yedi baharatı ekstraktlarında ise 52.036,49 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Mercanköşk ekstraktlarında en yüksek miktarda tespit edilen fenolik bileşen şikimik asit iken; halep yedi baharatı ekstraktlarında ise vanilik asit olarak belirlenmiştir. Mercanköşk ekstraktlarında organik asitler toplamı halep yedi baharatı ekstraktlarına göre daha yüksek tespit edilmiş olup miktarı 54.022,89 mg kg⁻¹ iken; halep yedi baharatı ekstraktlarında ise organik asit miktarı 22.987,28 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Mercanköşk ve Halep yedi baharatı ekstraktlarının her ikisinde de en yüksek miktarda bulunan organik asit malik asit iken; en düşük bulunan organik asit fumarik asit olmuştur. Mercanköşk ekstraktlarının hem gram pozitif (<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923) hem de gram negatif bakteri türlerine (<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853, <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922) inhibitör etki göstermesi geniş spektrumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, bu bitkilerin gıda, ilaç veya kozmetik alanlarında ya da yerel geleneksel tıp kullanımına yönelik faydalı veriler sağlayabilir. ABSTRACT In this study, antioxidant activities were evaluated by performing phytochemical screening of Marjoram and Aleppo seven spice extracts, and antibacterial evaluations were also made by determining the phenolic component contents and organic acid contents of the extracts. The total of phenolic compounds is 41,386.34 mg kg⁻¹ in marjoram extracts; it was detected as 52,036.49 mg kg⁻¹ in Aleppo seven spice extracts. The highest amount of phenolic compound detected in marjoram extracts was shikimic acid; it was determined as vanillic acid in Aleppo seven spice extracts. The total amount of organic acids in marjoram extracts was determined to be higher than in Aleppo seven spice extracts, and its amount was 54,022.89 mg kg⁻¹; the amount of organic acid in Aleppo seven spice extracts was determined as 22,987.28 mg kg⁻¹. The organic acid found in the highest amount in both marjoram and Aleppo seven spice extracts is malic acid; the lowest found organic acid was fumaric acid. The inhibitory effect of marjoram extracts on both Gram-positive bacteria (<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923) and Gram-negative bacterial species (<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853, <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922) indicates a broad-spectrum activity. The results obtained may provide useful data for the use of these plants in food, medicine, cosmetics or local traditional medicine.
Cite/Atf	Uçan Türkmen, F., Sarıgüllü Önalın, F.E., & Erol, Ü.H. (2025). Mercanköşk (<i>Origanum majorana</i>) ve Halep Yedi Baharatı (Aleppo Seven Spices) ekstraktlarının biyoaktif profilleri ve antibakteriyel aktiviteleri. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 83-98. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1524897

GİRİŞ

Anadolu'da "Mercanköşk" adıyla bilinen *Origanum* türleri, tüm dünyada eski çağlardan beri ilaç ve baharat olarak kullanılan bitkiler olup, *Origanum* L. cinsi Lamiaceae (Labiatae) familyasına aittir. Lamiaceae familyası baharat, halk ilacı ve koku kaynağı olarak kullanılan pek çok aromatik bitkiyi içeren bir familyadır (Şarer, 1996).

Lamiaceae familyası dünyada yaklaşık 232 cins ve 6683 türle temsil olunmaktadır (Heywood ve ark., 2007). Dünyada 52 türü bulunan *Origanum* cinsinin, ülkemizde bulunan toplam 32 taksonundan 16'sının endemik olduğu belirtilmiştir (Davis, 1982; Doğu & Dinç, 2011, Duman ve ark., 1995; Ietswaart, 1980). *O. majorana* kurak bayırlar, kayalık yerler ve 30-1500 m yüksekliklerde yetişmektedir. Dünyadaki yayılışı ise, Kıbrıs, Güney Anadolu, Yugoslavya, İtalya, Korsika, Güney İspanya, Fas ve Cezayir iken; Türkiye'de ise Antalya ve İçel'de yayılış göstermektedir (Temel & Tokur, 2013). *Origanum* L. türleri dağların süsü "Ornament of the Mountains" olarak adlandırılmakta ve yaklaşık %75'i Doğu Akdeniz alt bölgesinde yayılış göstermektedir. Halk arasında *Origanum majorana* "Mercanköşk, *Origanum*, guy otu" şeklinde adlandırılmaktadır (Baytop, 1994; Temel & Tokur, 2013).

Origanum antimikrobiyal, antifungal, antioksidan, antibakteriyel, antitrombin, antitumör, anjiyojenik aktiviteler ile tıbbi açıdan önemli olan antiparaziter ve antihiperglisemik aktivitelere sahip bir tür olarak bilinmektedir (Arabacı ve ark., 2019; Chishti ve ark., 2013).

Mercanköşk bitkisinin, Hindistan'da diüretik, anti-astım, ve anti-paralitik olarak kullanıldığı (Yadava & Khare, 1995), kanser tedavisinde kullanıldığı (Leung ve Steven, 2003), anti-proliferatif ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu (Abdel Massih ve ark., 2010) bildirilmiştir. Ayrıca bitkisel sirke olarak kullanılıp, yapraklarından çay yapıldığı (Facciola, 1998) da belirtilmiştir (Ökmen ve ark., 2017).

Halep yedi baharatı, Orta Doğu mutfağının önemli bir parçası olan ve genellikle Arap ve Levanten yemeklerinde kullanılan geleneksel bir baharat karışımıdır. Bu karışımда yenibahar, karabiber, muskat, kakule, tarçın, zencefil ve karanfil bulunmaktadır. Karışım, belirtilen yedi farklı baharatın kombinasyonunu içerir ve yemeklere zenginlik katar (Anonim, 2024a).

Halep yedi baharatında bulunan yenibaharın, antiseptik, anestetik, analjezik ve antioksidan özellikleri olduğu ve vücutta pek çok hastalığa neden olabilen serbest radikallere karşı koruma sağladığı belirtilmiştir (Altuntaş & Erdoğan, 2017). Karanfile koku ve lezzetini veren "öjenol" adındaki uçucu yağdır. Öjenol, karanfil ekstraktının büyük bir kısmını oluşturur ve söz konusu bitkinin antioksidatif ögesidir (Çoban & Patır, 2010). *Piper nigrum* L. nin olgunlaşmış meyvelerinden elde edilen karabiber, dünyada çok yaygın olarak kullanılan önemli bir baharattır. Karabiber antioksidan özellikli beş fenolik asit (piperettine, piperanine, piperylin A, piperolein B and pipericine) amidi içerir. Bu bileşikler yağsız, kokusuz, tatsızdır ve α -tokoferolden daha güçlü antioksidan aktivite gösterir (Çoban & Patır, 2010; Govindarajan, 1977; Ravindran & Kalluparackal, 2001). Muskat küçük hindistan cevizi olarak da bilinir ve yemek pişirmede, keklerde ve içeceklerde ev baharatı olarak yaygın şekilde kullanılır. Muskat ve kakule gaz giderici, uyarıcı ve mideyi iyileştirici özellikler için kullanılmıştır (Khan & Abourashed, 2011). Kakule, Hindistan ve Çin'de gaz giderici, uyarıcı olarak ve idrar, böbrek hastalıklarını tedavi etmek için yüzyıllardır tıpta kullanılmaktadır (Aggarwal & Kunnumakkara, 2009; Özkan ve ark., 2018). Tarçın, yüzyıllardır baharat ve geleneksel bitkisel ilaç olarak kullanılmıştır. Mevcut in vitro ve in vivo çalışmalar, tarçının antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan, antitümör, kardiyovasküler, kolesterol düşürücü ve immünomodülatör etkilere sahip olduğunu göstermektedir (Çiçekli, 2023). Zencefilgiller familyasından şifalı bir bitki olan zencefil baharat olarak kullanılmaktadır. Antioksidan aktivitesi yüksek bu bitkinin alternatif tıpta iştah açıcı, antiseptik, sindirimi ve solunumu düzenleyici ve toksin atıcı etkilerinin bulunduğu ifade edilmiştir (Yeşiloğlu & Aydın, 2010).

Bu çalışmada, mercanköşk ve halep yedi baharatı ekstraktlarının fitokimyasal taraması yapılarak antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiş, ayrıca ekstraktların fenolik bileşen içerikleri ile organik asit içerikleri tespit edilerek, antibakteriyel değerlendirilmeleri de yapılmıştır. Mevcut çalışma, özellikle Suriye'de veya Türkiye'de halep yedi baharatına ilişkin herhangi bir araştırma yapılmamış olması nedeniyle benzersiz ve değerlidir. Ayrıca bu çalışma

mercanköşk ekstraktlarına dair literatüre yeni veriler kazandırmaya çalışması bakımından da önemlidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Ekstraksiyon

Bu çalışma kapsamında kullanılan mercanköşk ve halep yedi baharatı kurutulmuş olarak toz halde Kilis ilindeki yerel bir baharatçıdan temin edilmiştir. Ekstraksiyon işleminde örneklerden yaklaşık 2 g alınarak üzerlerine 25 mL metanol/kloroform (7/3, v v⁻¹) ekstraksiyon solventi ilave edilmiş ve oda sıcaklığında manyetik karıştırıcılarda ve kapalı şişelerde 24 saat karıştırılmıştır. Elde edilen ekstraktlar whatman filtre kâğıdı ile süzülmuş ve süzüntüler toplanmıştır. Daha sonra Buchi, R300 model evaporatörde 60°C'de metanol uzaklaştırılmış ve örnekler analizlerde kullanılmak üzere +4°C'de depolanmıştır. Fenolik bileşikler, antioksidan analizler ve antibakteriyel aktivitenin belirlenmesinde bu ekstraksiyondan elde edilen ekstraktlar kullanılmıştır (Erol ve ark., 2024).

Organik asitlerin HPLC ile analizinde ise, aşağıda açıklanan ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır: baharat çeşitlerinden alınan 2g örnekler tartılıp, 50 mL'lik falkon tüplere koyularak yüksek hızlı parçalayıcı (IKA, marka, T18 model) yardımıyla 25 mL deiyonize su/metanol (7/3, v v⁻¹) içinde homojenize edilmiştir. Elde edilen çözelti 80°C'ye ayarlanmış su banyosunda 30 dk tutulmuştur. Sonra, 4 °C sıcaklıkta 10000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Üst faz alınarak 0.45 µ şırınga tipi filtrelerden süzülüp analiz için bekletilmiştir (Gallardo-Guerrero ve ark., 2010).

Analizler

Toplam fenolik madde miktarı

Ekstraktların 0.5 mL'sine 2.5 mL Folin Ciocalteu reaktifi (%10) ve 2.5 mL NaHCO₃ (%7.5) çözeltisi eklendikten sonra 45°C'de 45 dk inkübasyon için su banyosunda bekletilmiş; absorpsiyon ölçümleri 765 nm'de spektrofotometrede yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı g başına mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE g⁻¹) olarak ifade edilmiştir (Ucan Türkmen & Mercimek Takcı, 2018).

% DPPH radikal giderme aktivitesi

Ekstraktlardan 100 µL numune alınıp, üzerlerine 3900 µL DPPH (metanolde 0.025 g L⁻¹) çözeltisi eklendikten sonra, karışımlar karanlıkta, oda sıcaklığında 120 dk inkübe edilmiştir. Daha sonra kalan DPPH miktarı, 515 nm'de ölçülerek belirlenmiş ve ekstraktların % DPPH' radikali giderme aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Ucan Türkmen & Mercimek Takci, 2018):

$$\% \text{ DPPH' Radikali Giderme Aktivitesi} = (A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) \times 100 / A_{\text{kontrol}} \quad (1)$$

A_{kontrol}: Kontrolün absorpsiyonu

A_{örnek}: Örneğin absorpsiyonu

Fosfomolibdenyum antioksidan kapasite testi

3 mL reaktif çözelti (0.6 M sülfürik asit, 28 mM sodyum fosfat ve 4 mM amonyum molibdat), 300 µL ekstrakt ile karıştırıldıktan sonra, 95°C'de 90 dk inkübe edilmiş ve absorpsiyonlar 695 nm'de ölçülmüştür (Biochrom, Libra S60, B). Toplam antioksidan kapasite, trolox eşdeğeri (µg TE⁻¹ g) olarak ifade edilmiştir (Zengin ve ark., 2014).

Bakır iyonu indirgeme aktivitesi (CUPRAC)

Ekstraktlardan 0.5 mL alınarak üzerlerine CuCl₂ (1 mL, 10 mM), neokuproin (1 mL, 7,5 mM) ve NH₄AC tamponu (1 mL, 1 M, pH 7.0) eklenmiştir. Benzer şekilde, CuCl₂ içermeyen önceden karıştırılmış bir reaksiyon karışımına (3 mL) numune solüsyonu (0.5 mL) eklenerek bir kör hazırlanmış ve oda sıcaklığında 30 dk inkübasyondan sonra absorpsiyonlar 450 nm'de okunmuştur (Baltacı ve ark., 2021).

Askorbik asit tayini

Ekstraktlarda L-askorbik asit içeriği 518 nm dalga boyunda spektrofotometre (Biochrom, LibraS60, B, England) ile 2,6- diklorofenolindofenol kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar mg L^{-1} olarak ifade edilmiştir (Ucan Türkmen & Mercimek Takcı, 2018).

LC-MS/MS ile fenolik bileşiklerin tayini

Fenoliklerin kantitatif analizi LC-MS/MS (Agilent Technologies 1260 Infinity II, 6460 Triple Quad Kütle spektrometresi) ile gerçekleştirilmiştir. Poroshell 120 SB-C18 ($3,0 \times 100$ mm, i.D., $2,7 \mu\text{m}$) kolonu kullanılmıştır. 50 mg ekstrakt, eppendorf (2.0 mL) içerisinde tartılmış ve metanol (1.0 mL) ile çözündürülmüştür. Bu çözeltiye hekzan eklenmiş ve 9000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Metanol fazından 100 μL alınarak su (450 μL) ve metanol (450 μL) ilavesiyle seyreltilmiştir. Son aşamada bu solüsyon süzölmüş ($0,22 \mu\text{m}$ filtre) ve cihaza enjekte edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 5.12 μL ve akış hızı 0.40 mL dk^{-1} olarak ayarlanmıştır. A'da (su fazı) formik asit (%0.1) ve amonyum format (5.0 mM); B'de (metanol fazı) formik asit (% 0.1) ve amonyum format (5.0 mM) kullanılmıştır. Gradyan programı B mobil fazı için %25 1-3 dk, %50 4-12 dk, %90 13-21 dk ve %3 22-25 dk olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 40°C , kılcal voltaj 4000 V, nebulizasyon gazı (N_2) akışı 11 L/dk, basınç 15 psi, gaz sıcaklığı ise 300°C olarak ölçülmüştür (Erenler ve ark., 2023).

Organik asit içeriklerinin HPLC ile belirlenmesi

Elde edilen ekstraktlar ile organik asit analizleri Korkmaz ve arkadaşlarının uyguladığı metoda göre gerçekleştirilmiştir (Korkmaz ve ark., 2020). Analizler Shimadzu marka, Prominence Modular LC20A model HPLC cihazında UV dedektör kullanılarak 210 nm dalga boyunda 50°C 'lik kolon sıcaklığında ve Rezex marka, ROA-Organic Acid H+ (8%), LC Column 300x7.8 mm model organik asit kolonunda gerçekleştirilmiştir. İzokratik akış kullanılarak, 0.7 mL/dk akış hızında 0.01 N H_2SO_4 hareketli fazı ile örneklerin analizi yapılmıştır. Örneklerin içerdikleri organik asitler çizilen standart kalibrasyon doğrusuna göre hesaplanıp sonuçlar mg kg^{-1} kuru ağırlık olarak verilmiştir.

Antibakteriyel aktivite

Mercanköşk ve halep baharatlarının antibakteriyel etkisi agar kuyu difüzyon yöntemiyle Takcı ve ark. (2023)'nın belirlediği yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Agar kuyu difüzyon yöntemi için Mueller Hinton Agar (MHA) kullanılmıştır. Standart bakteri hücrelerinin (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853) bulanıklığı 0.5 McFarland standart referans aralığına ayarlanmıştır. 100 μL bakteri süspansiyonu MHA yüzeyine drigalski özesiyle yayılmıştır. Steril edilmiş delgeç kullanılarak besiyeri üzerinde 8 mm çapında kuyular açılmıştır. Mercanköşk ve halep baharatı ekstraktlarından 40 μL eklenmiştir. Plaklar 37°C 'de 12 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından kuyucukların etrafındaki inhibisyon bölgeleri ölçülmüştür. Gözlemlenen inhibisyon çapına bağlı olarak antibakteriyel kapasite ifade edilmiştir. Pozitif kontrol olarak *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 için metisilin, *Escherichia coli* ATCC 25922 için eritromisin ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 için ise polimiksin-B kullanılmıştır. Negatif kontrol için ise metanol/kloroform ($7 \text{ } 3^{-1}$, v v^{-1}) kullanılmıştır.

Mercanköşk ve halep baharatı ekstraktlarının üç farklı konsantrasyonu (1.6 , 8 ve 40 mg L^{-1}) hazırlanarak minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) belirlenmiştir. Her bir konsantrasyondan 40 μL alınarak antibakteriyel aktivitede kullanılan 0.5 McFarland standart referans aralığına ayarlanan suşların yayıldığı MHA besiyerlerinde açılan 8 mm çapındaki kuyulara eklenmiştir. Plaklar 37°C 'de 12 saat inkübe edilmiştir. Kuyucuklar etrafında inhibisyon bölgesi negatif kontrole eşit olan konsantrasyon MİK değeri olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel analiz

Mercanköşk ve halep yedi baharatı bitkilerinin ekstraktlarına uygulanan analizler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için, analiz sonuçları SPSS 23.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar bağımsız örneklem t-testi (independent sample t-test) karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA***Mercanköşk ve Halep Yedi Baharatı ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri***

Tablo 1.'de mercanköşk ve halep yedi baharatı ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi için yapılan analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Tablodan da anlaşılabacağı üzere, mercanköşk ekstraktlarında antioksidan aktivite sonuçları daha yüksek bulunmuştur. Mercanköşk ekstraktlarında, yapılan beş antioksidan analizin üçünde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Mercanköşk ekstraktlarında toplam fenolik madde miktarı 0.384 mg GAE g⁻¹ iken, halep yedi baharatı ekstraktlarında ise 0.355 mg GAE g⁻¹ bulunmuştur. DPPH inhibisyonu mercanköşk ekstraktlarında % 66.59 iken, halep yedi baharatı ekstraktlarında ise % 64.57 olarak tespit edilmiştir. CUPRAC analiz sonuçlarında ise antioksidan aktivite değerleri mercanköşk ekstraktlarında 54.65 mg troluks eşdeğeri g⁻¹ örnek iken; halep yedi baharatında ise 41.60 mg troluks eşdeğeri g⁻¹ örnek bulunmuştur.

Ekstraktların farklı analizlere karşı bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre, fosfomolibdenyum antioksidan analizinde mercanköşk ve halep yedi baharatı grupları arasında analizler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı (p>0.05), ancak diğer tüm analizler bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Ayrıca; toplam fenolikler, askorbik asit, DPPH, CUPRAC ve fosmolibdenyum antioksidan analizleri arasında yapılan korelasyon sonuçlarına göre; toplam fenolikler ile CUPRAC arasında anlamlı bir ilişki vardır (r=0.937; p<0.01). Ayrıca; DPPH ile askorbik asit arasında da anlamlı bir ilişki vardır (r=0.928; p<0.01).

Çizelge 1. Mercanköşk ve halep yedi baharatı ekstraktlarının farklı analizlere karşı bağımsız örneklem t-testi sonuçları

Table 1. Independent sample t-test results of Marjoram and Aleppo Spice Extracts against different analyses

Analizler	Örnekler	N	Ortalama	Standart Sapma	t	SD	p*
Toplam Fenolik Madde (mg GAE g ⁻¹)	Mercanköşk	3	0.384	0.007	6.558	4	0.00
	Halep yedi baharatı	3	0.355	0.002			
DPPH (% İnhibisyon)	Mercanköşk	3	66.59	0.750	4.426	4	0.01
	Halep yedi baharatı	3	64.57	0.248			
Askorbik Asit (mg L ⁻¹)	Mercanköşk	3	44.29	0.293	-4.812	4	0.00
	Halep yedi baharatı	3	45.44	0.293			
Fosfomolibdenyum (µg TE g ⁻¹)	Mercanköşk	3	0.113	0.004	-0,279	4	0.79
	Halep yedi baharatı	3	0.115	0.009			
CUPRAC (mg troluks eşdeğeri g ⁻¹ örnek)	Mercanköşk	3	54.65	1.995	8,058	4	0.00
	Halep yedi baharatı	3	41.60	1.973			

*p<0.05 olan değerleri içeren gruplar arasındaki sonuçlar istatistiksel olarak önemlidir.

O. majorana, sağlık takviyeleri ve gıdaların korunmasında faydalı olan yüksek fenolik asit ve flavonoid içeriği nedeniyle güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir (Vági ve ark., 2005). Ökmen ve ark. (2017), *O. majorana*'nın etanol, metanol ve sulu özütleri ile yapmış oldukları antioksidan aktivite çalışmalarında bitkinin metanol özütünde antioksidan aktivite değerini %77.2 olarak tespit etmişlerdir. Bu değer çalışmamızın sonucundan yüksek bulunmuştur. Araştırmacıların da belirttiği gibi bitkilerin aktif bileşenleri hasat mevsimi, hazırlama yöntemleri, bitki türleri, rakım ve iklimi kapsayan lokasyon ve kalite kontrolünden etkilenebilir (Fogden & Neuberger, 2003). Dhull ve ark. (2016), *O. majorana* tohum metanol ekstratlarında toplam fenolik bileşiklerin 0.10-1.18 mg GAE g⁻¹ dwb aralığında olduğunu, ayrıca diğer solventlerle karşılaştırıldığında, metanolün önemli bir ekstraksiyon solventi gibi görüldüğünü, bunun nedeninin ise metanol ekstraktında antioksidan potansiyele sahip maksimum miktarda biyoaktif bileşik (1.18 mg GAE g⁻¹ dwb) bulduklarını tespit etmişlerdir. Bu değerler mevcut araştırmamızın sonuçlarından daha düşük bulunmuş ve kullanılan ekstraksiyon yönteminin önerilebileceği sonucunu doğurmuştur. Araştırmacılar DPPH analizinde tüm ekstraktlar antioksidan potansiyel gösterdiğini ancak, maksimum yüzde (%) inhibisyonun metanolik ekstraktlarda (%91.89) ve minimum yüzde (%) inhibisyonun ise kloroformda hazırlanan ekstraktta (%84.87) olduğunu belirtmişlerdir. Roby ve ark. (2013), *O. majorana*'nın metanol ekstraktlarında toplam fenoliklerin miktarını 5.20 mg GAE g⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. *O. majorana*'nın antioksidan kapasitesinin çeşitli fitokimyasal bileşenlerin varlığına bağlanabileceğini ifade etmişlerdir. *O. majorana*'nın metanolik ekstraktlarına göre DPPH analiz sonuçları 10-50 µg mL⁻¹ konsantrasyonda %55.56 ile 100 arasında değişmiştir (Prakash ve ark., 2019).

Prakash ve ark. (2007) tarçının % 65.3 oranında antioksidan aktivite ve güçlü serbest radikal temizleme aktivitesi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Dudonne ve ark. (2009), tarçının yüksek düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve iyi bir doğal antioksidan olabileceğini rapor etmişlerdir. Doğan (2022), tarçın ve karanfil örneklerinde artan konsantrasyonlarla beraber DPPH radikal gideriminin arttığını ve 0.25 mg mL⁻¹ konsantrasyonda ise yaklaşık %75-80 aralığında radikal giderim olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca araştırmacı, BHT ile karşılaştırıldığında karanfil ve tarçın kabuğu ekstraktlarının düşük konsantrasyonlarda dahi daha etkili olduğunu ve daha yüksek giderim kapasitesine sahip olduğunu belirlemiştir. Aydın (2011), yapmış olduğu çalışmada tarçın metanol ekstraktının toplam fenolik madde içeriğinin 1, 5 ve 10 mg mL⁻¹ konsantrasyonlarda sırasıyla 0.252, 0.351 ve 0.650 mgGAE g⁻¹ liyofilizat olduğunu tespit etmiş ve metanol ekstraktının antioksidant özelliğinin genellikle içerdiği yüksek fenolik madde içeriğinden kaynaklandığını ifade etmiştir. Piperin karabiberde en fazla bulunan bileşenlerden biridir ve antioksidan aktivitesi de yüksektir (Zarai ve ark., 2013). Gülçin (2005), karabiber su ekstraktında DPPH radikal gideriminin %55, etanol ekstraktında ise %48 olduğunu belirlemiştir. Nahak ve Sahu'nun (2011) yaptığı bir çalışmada, karabiber etanolik ekstraktının, sulu ve metanolik ekstraktlarla karşılaştırıldığında analiz edilen tüm konsantrasyonlarda en iyi antioksidan aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. Ahmed ve ark. (2017), kakule etanolik ekstraktının DPPH radikallerini %72.47 oranında temizlediğini; Sharafati-Chaleshtori ve Sharafati-Chaleshtori (2017), ise kakulenin etanolik ekstraktının %45.7'lik bir antioksidan kapasite sergilediğini tespit etmişlerdir. Onwasigwe ve ark. (2017) yenibaharın metanol ekstraktlarında fenolik ve flavonoid içeriğinin, su ekstraktlarına kıyasla daha yüksek olması, metanolün düşük polaritesine, numune boyutuna, kullanılan ekstraksiyon solventinin miktarına ve ekstraksiyon süresine atfedilebileceğini ifade etmişlerdir. Kırac (2021) muskatın sulu ekstresinde DPPH radikal süpürme yüzdesini %76.8; etanol ekstresinde ise %71.8 olarak belirlemiştir.

Mercanköşk ve Halep Yedi Baharatı ekstraktlarının fenolik bileşenleri

Tablo 2'de mercanköşk ve halep yedi baharatı ekstraktlarında tespit edilen fenolik bileşenlere yer verilmiştir. Ayrıca ekstraktlarda "kateşin, hidroksibenzaldehit, taksifolin, polidatin, resveratrol, sinapik asit, o-kumarik asit, kuersetin-3-d-ksilosid, kaempferol-3-glukozit, baikalin, kuersetin, hesperidin, morin, kaempferol, baikalein, luteolin, biyokanin A, krisin, kapsaisin, dihidrokapsaisin, diosgenin" fenolik bileşenlerinin de analizi yapılmış ancak her iki

ekstraktlarda da bu bileşenlere rastlanmamıştır. Fenolik bileşenler toplamı, mercanköşk ekstraktlarında 41.386,34 mg kg⁻¹ iken; halep yedi baharatı ekstraktlarında ise 52.036,49 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Mercanköşk ekstraktlarında en yüksek miktarda tespit edilen fenolik bileşen şikimik asit iken; halep yedi baharatı ekstraktlarında ise vanilik asit olarak belirlenmiştir. Ayrıca mercanköşk ekstraktlarında en düşük miktarda tespit edilen fenolik bileşen protokateşik asit etil ester iken, halep yedi baharatı ekstraktlarında ise rutin olmuştur.

Çizelge 2. Mercanköşk ve Halep Yedi Baharatı ekstraktlarının fenolik bileşenleri (mg kg⁻¹)

Table 2. Phenolic compounds of Marjoram and Aleppo Seven Spices extracts (mg kg⁻¹)

Fenolik Bileşikler	Mercanköşk	Halep Yedi baharatı
Fenolik Asitler		
Hydroksibenzoik asitler		
Vanilin	220.80	513.52
Hidroksinnamik asitler		
Şikimik asit	7714.74	12088.40
Gallik asit	157.40	3553.82
Protokateşik asit	6962.55	646.57
Klorojenik asit	867.34	98.15
Vanilik asit	6350.80	12293.07
Kafeik asit	2408.46	180.52
Sirinjik asit	6916.03	11595.50
Kafein	t.e.*	38.14
p-kumarik asit	1460.50	601.59
Salisilik asit	3957.36	1406.50
t-ferulik asit	917.84	1576.57
t-sinnamik asit	t.e.*	1141.36
Kumarin	t.e.*	5634.05
Flavonoidler		
Skutellarin	2545.10	154.94
Protokateşik asit etil ester	55.75	30.32
Rutin	t.e.*	2.25
İzokuersitrin	t.e.*	143.27
Hesperidin	t.e.*	233.03
Fisetin	152.32	t.e.
Naringenin	699.35	104.92

t.e.*: tespit edilemedi.

O. majorana, flavonoidler ve triterpenoidler gibi başlıca antioksidanları içeren en önemli aromatik bitkilerden biridir (Cipak ve ark., 2006). Mercanköşk fenolik terpenoidler (timol ve karvakrol), flavonoidler (diosmetin, luteolin ve apigenin), tanenler, hidrokinon, fenolik glikozitler (arbutin, metil arbutin, vitexin, orientin ve timonin) ve triterpenoidler (ursolik asit ve oleanolik asit) içerir (El-Ashmawy ve ark., 2005). Bu aktif bileşikler coğrafi farklılıklara ve sıcaklık gibi iklimsel özelliklere göre değişmektedir (Abdel-Massih ve ark., 2010; Vagi ve ark., 2005). Gallik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, apigenin, trans-2-hidro sinamik asit genellikle *O. majorana*'nın su, metanol, aseton ve etil asetat-su ekstraktında bulunan fenolik bileşiklerdir (Proestos & Komaitis, 2006; Tripathy ve ark., 2017). Proestos ve Komaitis'e (2008) göre, *O. majorana* L.'nin kurutulmuş toprak üstü kısımlarının farklı su ve organik çözücü karışımlarından elde edilen biyolojik olarak aktif bileşenler, fenolik asitler (gallik, kafeik,

p-kumarik ve ferulik) ve flavonoidlerdir (rutin, apigenin ve eriodyctiol). Başka bir çalışmada Zgórka ve Glowniak (2001), *O. majorana* L.'nin fenolik asitlerinin protokatekuik, p-hidroksibenzoik, gentisik, kafeik, vanilik, ferulik ve rosmarinik olduğunu bildirmiştir. Fenolik asitlerin ve flavonoidlerin insan patolojilerinin önlenmesinde rol oynadığı rapor edilmiştir (Sellami ve ark., 2009; Tapiero ve ark., 2002). *O. majorana* tohum metanol ekstratlarında kumarinler, flavonoidler, steroidler ve tanninler tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar HPLC sonuçlarına göre ekstraktlarda kateşin, sinnamik asit, gallik asit ve askorbik asitin varlığını belirlemişlerdir (Dhull ve ark., 2016). Birçok bitkide bol miktarda bulunan steroidlerin hiperkolesterolemik etkilerinin olduğu (Kapil ve ark., 1994) ve yumuşatıcı, diüretik ve merkezi sinir sistemi depresanı olarak kullanıldıkları belirtilmiştir (Dhull ve ark., 2016). Bouyahya ve ark. (2021) *O. majorana* ekstraktlarının kimyasal bileşiminde, fenolik asitlerin güçlü baskınlığı ile karakterize edildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara göre yaklaşık 8 bileşen (katekol, sinnamik asit, gallik asit, askorbik asit, siringik asit, kafeik asit, p-kumarik asit ve trans-ferulik asit) tanımlanmıştır. Adam ve Ahmed (2014) tarafından *O. majorana* ekstraktları üzerinde yapılan bir diğer çalışmada ise, steroller, triterpenler, alkaloidler, kumarinler, tanenler ve saponinler gibi diğer ikincil metabolitlerin varlığı kanıtlanmıştır (Bouyahya ve ark., 2021). Roby ve ark. (2013), *O. majorana*'nın metanol ekstraktlarında fenolik bileşenlerden kuinik asit, kafeolkuinik asit türevleri, kuersetin-7-O-glukozit, karnosik asit, sinnamik asit, narinjin ve ferulik asit türevleri tespit edilemezken; gallik asit (%0.29), klorojenik asit (%0.25), kafeik asit (%0.16), p-kumarik asit (%0.38), ferulik asit (%0.12), rosmarinik asit (%15.15), metil rosmarenat (%31.58), apijenin (%35.23), luteolin-7-O-rutinoz (%9.38) tespit edilmiştir. *O. majorana*'nın metanolik ekstraktlarında 25-20000 µg/mL konsantrasyonlarda DPPH'nin % inhibisyonu 12.96-93.99 arasında değişmiştir. *O. majorana* bitkisinin metanol ekstraktının önemli bir antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Afifi ve ark., 2014).

Karanfilin hidroksibenzoik asitler, flavonoidler, hidroksifenil propens ve hidroksisinamik asitler gibi fenolik bileşikler içermektedir (Cortés-Rojas ve ark., 2014). Karanfil, fenolik asitlerden salisilik elajik kafeik ve ferulik asidi; flavonoidlerden ise kamferol ve kuersetini içermektedir (Doğan, 2022). Tarçın bitkisinin yapraklarında ve kabuk kısmında sinnemaldehit bulunur. Tarçın kabuğunun ana bileşeni olarak bilinen sinnemaldehit aromatik bir aldehittir. Sinnemaldehit, amino asitlerin veya proteinin amino grubu ile yeni bileşikler oluşturarak reaksiyona girebilir çünkü serbest karbonil grubuna sahiptir ve amino asitlerin serbest amino grupları ile reaksiyona girebilirler (Doğan, 2022; Wei ve ark., 2011). Lv ve ark. (2012), tarçının fenolik bileşenlerinin kateşin, (-)-epigallokateşin gallat, siringik asit, gallik asit, vanilik asit ve p-kumarik asit olduğunu tespit etmişlerdir. Tohma ve ark. (2017) zencefilin etanol ekstraktlarının su ekstraktlarıyla karşılaştırıldığında genel olarak daha iyi antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar HPLC-MS/MS fenolik bileşen analizine göre zencefilde en az sekiz farklı fenolik asit bulunduğunu; bunların arasında pirogallol p-hidroksibenzoik asit, ferulik asit ve p-kumarik asitin her iki ekstrakta da daha bol miktarda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Karabiber, karabiberde bulunan ana alkaloid olan piperine atfedilen karakteristik bir aromaya ve baharatlı bir tada sahiptir (Milenkovic ve Stanojević, 2021). Jahan ve ark. (2014), karabiberin fenolik bileşenlerden gallik asit, kateşin, p-kumarik asit, rutin hidrat, elajik asit ve kaempferol içerdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar HPLC sonuçlarına göre karabiber ekstraktının önemli miktarda kateşin içerdiğini belirlemişlerdir. Kakulede tanımlanan birincil fenolik bileşikler arasında gentisik asit, vanilik asit, p-hidroksibenzoik asit, protokatekuik asit, kafeik asit ve p-kumarik asit bulunmakta ve kakule yüksek fenolik içeriğiyle bilinmektedir (Variyar ve ark., 1998). Onwasigwe ve ark. (2017), yenibaharın sekonder metabolitler olarak terpenoidleri, alkaloidleri, polifenoller ve glikozitleri içerdiğini bildirmişlerdir. Yenibaharda baskın bulunan fenolik bileşiklerin öjenol, kuersetin, gallik asit ve ericifolin olduğu belirtilmiştir (Zhang & Lokeshwar, 2012). Muskatta ise lignanlar, öjenol, α -pinen, β -pinen, β -karyofilen, p-simen ve karvakrolün varlığı rapor edilmiştir (Parthasarathy ve ark., 2008; Peter, 2001).

Mercanköşk ve Halep Yedi Baharatı ekstraktlarının organik asit içerikleri

Ekstraktların organik asit içerikleri Tablo 3’de verilmiştir. Mercanköşk ekstraktlarında okzalik, tartarik, laktik, asetik ve bütirik asitler tespit edilememiştir. Halep yedi baharatı ekstraktlarında ise tartarik, laktik, formik, asetik, propiyonik, izobütirik ve bütirik asitlere rastlanmamıştır. Mercanköşk ekstraktlarında organik asitler toplamı halep yedi baharatı ekstraktlarına göre daha yüksek tespit edilmiş olup miktarı 54.022,89 mg kg⁻¹ iken; halep yedi baharatı ekstraktlarında ise organik asit miktarı 22.987,28 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Mercanköşk ve Halep yedi baharatı ekstraktlarının her ikisinde de en yüksek miktarda bulunan organik asit malik asit iken; en düşük bulunan organik asit fumarik asit olmuştur.

Organik asitler gıdaların beslenmesine ve eşsiz lezzetine katkıda bulunduğundan, organik asitlerin niteliksel ve niceliksel olarak belirlenmesi baharatlar için önemlidir (Casella & Gatta, 2002). Organik asitlerin gıdalarda yer alan hidrojen iyonu konsantrasyonlarını değiştirerek mikrobiyal gelişimi kontrol ettikleri ve bu sebeple de gıda sanayiinde koruyucu ajanlar şeklinde yaygın kullanıldıkları bilinmektedir (Raybaudi-Massilia ve ark., 2009; Şengün & Öztürk, 2018).

Duan ve ark. (2020) mercanköşkün laktik ve okzalik asit içerdiğini; malik, sitrik, laktik, süksinik, tartarik, formik, asetik, propiyonik, pirüvik, askorbik ve proglutamik asit içermediğini belirtmişlerdir. Kamboçyalı kakülenin ise malik, süksinik, okzalik, tartarik ve asetik asit içerdiğini; laktik, sitrik, formik, propiyonik, pirüvik, askorbik ve proglutamik asit içermediğini belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Mercanköşk ve Halep Yedi Baharatı ekstraktlarının organik asit içerikleri (mg kg⁻¹)

Table 3. Organic acid contents of Marjoram and Aleppo Seven Spice Extracts (mg kg⁻¹)

Organik Asitler	Mercanköşk	Halep Yedi Baharatı
Okzalik Asit	t.e.	125.57
Sitrik Asit	12188.12	2514.15
Tartarik Asit	t.e.	t.e.
Malik Asit	36599.90	5072.38
Süksinik Asit	4128.77	15213
Laktik Asit	t.e.	t.e.
Formik Asit	89.12	t.e.
Asetik Asit	t.e.	t.e.
Fumarik Asit	52.83	62.18
Propiyonik Asit	772.35	t.e.
İzobütirik Asit	191.80	t.e.
Bütirik Asit	t.e.	t.e.

t.e.*: tespit edilemedi.

Yeh ve ark. (2014) iki farklı zencefil türünde organik asit içeriklerini belirlemişlerdir. Oksalik ve tartarik asitlerin zencefil rizomlarında bulunan iki ana asit olduğunu belirlemişlerdir. Karabiberde sitrik, malik ve glikolik asitler bulunduğu ifade edilmiştir (Freire & Bridge, 1985). Farag ve ark. (2018), muskatta malik, sitrik ve tartarik asitlerin en baskın bulunan organik asitler olduğunu açıklamıştır. Tarçında organik asitlerden sinnamik asit ve sinnamaldehit asit yer almaktadır (Deans & Ritchie, 1987). Yenibaharın içerdiği başlıca organik asit, malik asittir (Anonymous, 2024b).

Mercanköşk ve Halep Yedi Baharatı ekstraktlarının antibakteriyel aktiviteleri

Mercanköşk ve halep baharatı metanol/kloroform (7 3⁻¹, v v⁻¹) ekstraktlarının test mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi Tablo 4’de verilmiştir. Tablodaki verilere göre mercanköşk ekstraktlarının standart test

mikroorganizmalarının tümüne karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği gözlenmektedir. Halep baharatı ekstraktlarının ise test organizmaları üzerinde inhibitör etkisi negatif kontrolle eşit olduğundan test organizmalarının tümüne antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. Mercanköşk ekstraktlarının test mikroorganizmaları üzerindeki inhibitör etkisi 16-17 mm zon çapları arasında belirlenmiştir. Mercanköşk ekstraktının 17 mm zon çapıyla en yüksek inhibitör etkiyi *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853' ya karşı gösterirken, en düşük inhibitör etkiyi (16 mm) ise *Staphylococcus aureus* ATCC 25923'e karşı gösterdiği tespit edilmiştir. Mercanköşk ekstraktlarının hem gram pozitif (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) hem de gram negatif bakteri türlerine (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922) inhibitör etki göstermesi geniş spektrumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Mercanköşk ve halep baharatı ekstraktlarının inhibisyon bölgelerinin zon çapları

Table 4. Zone diameters of inhibition zones of marjoram and aleppo spice extracts

	Mercanköşk	Halep Baharatı	Pozitif Kontrol	Negatif Kontrol
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	16.00±1.00 mm	11±0.50 mm	0.00±0.00 mm (Metisilin)	12.50±0.50 mm
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	16.50±0.50mm	11±0.50mm	12.00±0.00 mm (Eritromisin)	12.50±0.50mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	17.00±1.00 mm	11±0.50mm	17.50±0.50 mm (Polimiksin-B)	12.50±0.00 mm

(-) mikroorganizmalara karşı inhibisyon olmayan bir bölgeyi temsil eder.

Antimikrobiyal aktivitesi belirlenen mercanköşk ekstraktının çalışmada kullanılan test organizmalarının üçü içinde üremenin engellendiği MİK değerleri belirlenmiştir (Tablo 5). Mercanköşk ekstraktının 8 mg L⁻¹ konsantrasyonunda test edilen bakteri türlerine karşı antibakteriyel aktivitesini kaybettiği tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Mercanköşk ekstraktlarının MİK zon çapları (mm)

Table 5. MIC zone diameters of Marjoram extracts (mm)

Bakteri suşları	Mercanköşk Konsantrasyonu		
	40 mg L ⁻¹	8 mg L ⁻¹	1.6 mg L ⁻¹
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	14.50±0.50	11.00±0.00	11.00±0.00
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	12.50±0.50	11.50±0.50	11.00±0.00
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	13.50±0.50	11.00±0.00	10.50±0.50

El Kamari ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada *Origanum majorana* (mercanköşk)'dan elde edilen essensiyel yağın nozokomiyal enfeksiyon etkeni olan beş bakteriye (*S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *A. boumanii* ve *K.pneumonia*) karşı antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiş en yüksek inhibitör etkiyi *S. aureus* (22mm) ve *P. aeruginosa* (18 mm) test mikroorganizmalarına karşı gösterdiği tespit edilmiştir. Test edilen bakteri türlerine karşı 12-22 mm arasında değişen inhibisyon zonu belirlendiği hatta bazı türlere karşı standart antibiyotiklerinden elde edilenden daha büyük inhibisyon zonu gösterdiği belirlenmiştir. 2017 yılında farklı baharatların antioksidan ve

antimikrobiyal aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada *Origanum majorana* etanol ekstraktının gıda patojeni olan *Listeria monocytogenes* ATCC7644'e karşı 8 mm'lik inhibitör etki gösterdiği tespit edilmiştir (Ökmen ve ark., 2017). Halep baharatının antibakteriyel aktivitesi üzerine yapılan bir çalışma bulunmamıştır. Ancak halep baharatını oluşturan 6 baharat üzerine yapılan araştırmalara bakıldığında karabiber tohumlarının %70'lik etanol ekstraktının farklı konsantrasyonlarının *Escherichia coli* ATCC 25922' ye karşı antibakteriyel aktiviteleri incelenmiş, 50 mg mL⁻¹ konsantrasyonda *Escherichia coli* ATCC 25922'nin gelişimini engellediği bulunmuş (Primananda ve ark., 2021), yenibahar etanol ve aseton ekstraktlarının gram pozitif bakterilerden olan *Bacillus cereus* (ATCC 11778) ve *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923)'a karşı 8.25 mm'den 15.25 mm' e değişen uzunlukta inhibisyon zonu gösterdiği, gram negatif bakterilerden olan *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) ve *Escherichia coli* (ATCC 35150)' e karşı ise 7.5 mm den 9.25 mm'e değişen inhibisyon zonu gösterdiği bulunmuş (Sánchez-Zarate ve ark., 2020), tarçının metanol, etanol ekstraktlarının çalışıldığı bir çalışmada ise *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*'e karşı etanol ekstraktlarının 11.13- 14.35 mm, metanol ekstraktlarının ise 12.57 mm ve 15.55 mm aralığında inhibisyon zonu oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarla zencefil, kakule, karanfil ve muskatında antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gösterilmiş (Güceyü ve ark., 2019; Hiwandika ve ark., 2021; Souissi ve ark., 2020) ancak çalışmamızda kullanılan halep baharatı metanol kloroform⁻¹ (7 3⁻¹, v v⁻¹) ekstraktınının *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853'a karşı antibakteriyel aktivitesi tespit edilememiştir.

Gıda kaynaklı önemli patojenlerden biri olan *Staphylococcus aureus* et, yumurta, et ürünleri, süt, salata ve süt ürünleri gibi gıdalarda enterotoksin sentezleyerek gıda zehirlenmelerine neden olur. Gıda hazırlama ve işleme sürecinde görev alan personelin burnundan ve ellerinden gıdaya aktarılmasıyla gıdalara kolaylıkla bulaşabilir. Özellikle zengin proteinli ve pişmiş gıdalara bulaşırlar. Ayrıca bu bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç mekanizması geliştirmesi mücadeleyi zorlaştırmaktadır (Çakıcı ve ark., 2015; Uyar & Tengilimoğlu, 2012) Son yıllarda yapılan çalışmalar gıda zehirlenmelerine yol açan diğer türünde *Escherichia coli* olduğu gösterilmiştir. *Escherichia coli* genellikle fekal kirlenmeyle gıdalara bulaşarak gıda zehirlenmesine yol açar. Ayrıca çalışılan bu bakteri türleri kozmetik ürünlerinde kontaminasyona neden olan türler arasında olduğu gösterilmiştir. Kozmetiklerde kontaminasyona en sık neden olan mikroorganizmalardan biri olan *Pseudomonas aeruginosa* özellikle bağışık yetmezliği olan kişilerde solunum yolu, idrar yolu, yara, yanık enfeksiyonları, menenjit ve sepsisemi ciddi enfeksiyonlara neden olduğu bilinmektedir (Aras & Eryılmaz, 2022).

Sonuç olarak, sentetik antioksidanlar yerine doğal antioksidanlara olan ilginin gün geçtikçe arttığı bilinmektedir ve bu nedenle de doğal antioksidanların kullanılması için baharatlar ve bitkiler araştırmaların en önemli odak noktası haline gelmiştir. Mercanköşk ekstraktlarının gıda zehirlenmesine yol açan ve kozmetik ürünlerinde üreyebilen bakteri türlerinin standart suşlarına karşı gösterdiği antibakteriyel etki tıbbi preparatlarda kullanılabilirliği açısından önem taşıyabilir. Çalışmada kullanılan bitki ekstraktlarında gözlenen gerek antioksidan ve antibakteriyel aktivite ve gerekse yüksek fenolik bileşen ve organik asit miktarlarından dolayı, elde edilen bu sonuçlar, çalışmada kullanılan bitkilerin yerel geleneksel tıp, gıda, ilaç veya kozmetik alanlarında kullanımına yönelik faydalı veriler sağlayabileceğini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada laboratuvar analizlerinden antioksidan analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümü öğrencilerimiz Tuka Jaffal ve Rua Haftar'a teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

FUT; konunun seçimi, belirlenmesi, ekstraksiyon ve antioksidan analizlerin yapılması, makalenin yazımı ve yorumlanması. FESÖ; Antibakteriyel aktivite analizi ve yorumlanması. ÜHE; Fenolik bileşen ve organik asit analizlerinin yapılması.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Abdel-Massih, R.M., Fares, R., Bazzi, S., El-Chami, N., & Baydoun, E. (2010). The apoptotic and antiproliferative activity of *Origanum majorana* extracts on human leukemic cell line. *Leuk. Res.*, 34, 1052-1056.
- Adam, S.I., & Ahmed, T.G. (2014). Phytochemical screening and biological effect of indigenous medicinal plant *Origanum majorana* extracts. *J. Faculty Sci. Technol.*, 5, 85-97.
- Afifi, N.A., Shalaby, M.A., El-banna, H.A., & Ramadan, S.E. (2014). Evaluation of the antioxidant activity of Marjoram plant (*Origanum majorana* L.) in CCl₄-intoxicated rats. *Spatula DD*, 4 (1), 33-40.
- Aggarwal, B.B., & Kunnumakkara, A.B. (2009). Molecular targets and therapeutic uses of spices: Modern uses for ancient medicine, World Scientific Publishing Co, Hackensack, NJ, USA.
- Ahmed, A.S., Ahmed, Q.U., Saxena, A.K., & Jamal, P. (2017). Evaluation of in vitro antidiabetic and antioxidant characterizations of *Elettaria cardamomum* (L.) Maton (Zingiberaceae), *Piper cubeba* L. f.(Piperaceae), and *Plumeria rubra* L.(Apocynaceae). *Pak J Pharm Sci.*, 30 (1).
- Altuntaş, E., & Erdoğan, M. (2017). Yenibahar (*Pimenta dioica* L.) meyvesinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32 (3), 316-320.
- Anonim (2024a). <https://www.tosmagaza.com/halep-yedi-baharati> (Erişim tarihi: 27.06.2024).
- Anonymous (2024b). <https://www.botanical-online.com/en/botany/pepper-pimienta-dioica> (22.02.2024).
- Arabaci, T., Özcan, T., & Dirmenci, T. (2019). Physicochemical soil properties of genus *Origanum* (Lamiaceae) L. grown in Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 12 (3), 14-18.
- Aras, A., & Eryılmaz, M. (2022). Kozmetik ürünlerde görülen mikrobiyolojik kontaminasyonlar. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 46 (1), 262-276.
- Aydın, Ö. (2011). Tarçın, kimyon ve sumak adlı baharat türlerinden elde edilen su, etanol-su, metanol ve kloroform ekstraktlarının in vitro antioksidant özelliklerinin belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eczacılık-Biyokimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 87 s.
- Baltacı, N., Aydogdu, N., Sarikurkcu, C., & Tepe, B. (2021). *Onosma gracilis* (Trautv.) and *O. oreodoxa* (Boiss. & Heldr.): Phytochemistry, in silico docking, antioxidant and enzyme inhibitory activities. *South African Journal of Botany*, 143, 410-417.
- Baytop, T. (1994). *Türkçe bitki adları sözlüğü*. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Türk Dil Kurumu Yayınları: 578, s.33, 206, Ankara.
- Bouyahya, A., Chamkhi, I., Benali, T., Guaouguau, F.E., Balahbib, A., El Omari, N., & El Menyiy, N. (2021). Traditional use, phytochemistry, toxicology, and pharmacology of *Origanum majorana* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 265, 113318.
- Casella, I.G., & Gatta, M. (2002). Determination of aliphatic organic acids by high-performance liquid chromatography with pulsed electrochemical detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (1), 23-28. <https://doi.org/10.1021/jf010557d>
- Chishti, S., Kaloo, Z.A., & Sultan, P. (2013). Medicinal importance of genus *Origanum*: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 5 (10), 170-177.

- Cipak, L., Grausova, L., Miadokova, E., Novotny, L., & Rauko, P. (2006). Dual activity of triterpenoids: Apoptotic versus antidifferentiation effects. *Archives of Toxicology*, 80, 429-35.
- Cortés-Rojas, D.F., Fernandes de Souza, C.R., & Oliveira, W.P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): A precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedication*, 4 (2), 90-96.
- Çakıcı, N., Demirel-Zorba, N.N., & Akçalı, A. (2015). Gıda endüstrisi çalışanları ve stafilocokal gıda zehirlenmeleri. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 72 (4).
- Çiçekli, K. (2023). *Cinnamomum Zeylanicum*-Tarçın: Derleme Makale. *Acta Medica Ruha*, 1 (2), 154-157.
- Çoban, Ö.E., & Patır, B. (2010). Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (2), 7-19.
- Davis, P.H. (Edt.) (1982). Flora of Turkey and The East Aegean Island. Univ. Press, Edinburgh. 7. 297-313.
- Deans, S.G., & G. Ritche. (1987). Antimicrobial properties of plant essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 5, 165-180.
- Dhull, S.B., Kaur, P., & Purewal, S.S. (2016). Phytochemical analysis, phenolic compounds, condensed tannin content and antioxidant potential in Marwa (*Origanum majorana*) seed extracts. *Resource-Efficient Technologies*, 2 (4), 168-174.
- Doğan, G. (2022). Tarçın ve karanfil özütleri kullanılarak gümüş nanopartiküllerin biyosentezi ve antibakteriyel aktivitelerinin incelenmesi. Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 72 s.
- Doğu, S., & Dinç, M. (2011). Endemik *Origanum saccatum* P.H. Davis (Lamiaceae) üzerine anatomik bir çalışma. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 18 (2), 45-55.
- Duan, W., Huang, Y., Xiao, J., Zhang, Y., & Tang, Y. (2020). Determination of free amino acids, organic acids, and nucleotides in 29 elegant spices. *Food Science & Nutrition*, 8 (7), 3777-3792.
- Dudonne, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M., & Mérillon, J.-M. (2009). Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (5), 1768-1774.
- Duman, H., Aytaç, Z., Ekici, M., Karavelioğulları, F.A., Dönmez, A., & Duran, A. (1995). Three new species (Labiatae) from Turkey. *Flora of Mediterranean*, 5, 221-228.
- El-Ashmawy, I.M., El-Nahas, A.F., & Salama, O.M. (2005). Protective effect of volatile oil, alcoholic and aqueous extracts of *Origanum majorana* on lead acetate toxicity in mice. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 97, 238-43.
- El Kamari, F., Chlouchi, A., El Hamzaoui, N., Harmouzi, A., Lhilali, I., ElMouhdi, K., & Abdellaoui, A. (2023). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Origanum majorana* growing in Middle Atlas of Morocco. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7 (10), 4232-4237.
- Erenler, R., Atalar, M.N., Yıldız, İ., Geçer, E.N., Yıldırım, A., Demirtas, İ., & Alma, M.H. (2023). Quantitative analysis of bioactive compounds by LC-MS/MS from *Inula graveolens*. *Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi*, 4 (3), 3-10.
- Erol, Ü.H., Gümüş, P., & Arpacı, B.B. (2024). Comparative analysis of fatty acid profiles, phytochemical and mineral contents of pepper spice types in Türkiye. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (1), 133-147.
- Facciola, S. (1998). *Cornucopia II: A Source Book Of Edible Plants*. Vista: Kampong Publications(HSA Library). 713 pages.
- Farag, M.A., Mohsen, E., & Abd El Nasser, G. (2018). Sensory metabolites profiling in *Myristica fragrans* (Nutmeg) organs and in response to roasting as analyzed via chemometric tools. *Lwt*, 97, 684-692.
- Fogden, E., & Neuberger, J. (2003). Alternative medicines and the liver. *Liver Int.*, 23, 213-220.
- Freire, F.C.O., & Bridge, J. (1985). Biochemical changes induced in roots and xylem sap of black pepper by *Meloidogyne incognita*. *Fitopatologia Brasileira*, 10, 483-497.

- Gallardo-Guerrero, L., Pérez-Gálvez, A., Aranda, E., Mínguez-Mosquera, M.I., & Hornero-Méndez, D. (2010). Physicochemical and microbiological characterization of the dehydration processing of red pepper fruits for paprika production. *LWT-Food Science and Technology*, 43 (9), 1359-1367.
- Govindarajan, V.S. (1977). Pepper – chemistry, technology and quality evaluation. *CRC Crit. Rev. Food Sci.*, 9, 1-115.
- Güceyü, Ç., Goncagül, G., Günaydın, E., & Akpınar, P. (2019). Zencefil'in antibakteriyel etkisi. *Etlik Vet. Mikrobiyol. Derg.*, 30 (1), 44-50.
- Gülçin, İ. (2005). The antioxidant and radical scavenging activities of black pepper (*Piper nigrum*) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56 (7), 491-499.
- Heywood, V.H., Brunmmit, R.K., Culhan, A., & Seberg, O. (2007). *Flowering plant families of the world*. Kew, UK: RBG, Kew. 179-181.
- Hiwandika, N., Sudrajat, S.E., & Rahayu, I. (2021). Antibacterial and antifungal activity of clove extract (*Syzygium aromaticum*). *Eureka Herba Indonesia*, 2 (2), 86-94.
- Ietswaart, J.H. (1980). *A taxonomic revision of the genus Origanum*. Leiden University Press, London.
- Jahan, I.A., Akbar, P.N., Khan, N., Khan, T.A., Rahman, M.M., Hira, A., & Hossain, H. (2014). Comparative study of anti-nociceptive activity and phenolic content of the ethanol extracts of *Piper nigrum* and *Piper longum* fruits. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 27 (1), 47-52.
- Kapil, A., Sharma, S., & Wahidulla, S. (1994). Leishmanicidal activity of 2-benzoxazolinone from *Acanthus illicifolius* in vitro. *Planta Med.*, 60, 187-188.
- Khan, I.A., & Abourashed, E.A. (2011). Leung's encyclopedia of common natural ingredients: Used in food, drugs and cosmetics. John Wiley & Sons.
- Kıraç, D. (2021). Levrek *Dicentrarchus labrax* L. ve çipura *Sparus aurata* L. balıklarından izole edilen bakterilere karşı üzerlik *Peganum harmala* L., muskat *Myristica fragrans* houtt. ve karanfil *Syzygium aromaticum* L. bitki ekstraktlarının antibakteriyel ve antioksidan aktivitelerinin araştırılması ve balık raf ömrü üzerine etkileri. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 72 s.
- Korkmaz, A., Atasoy, A.F., & Hayaloglu, A.A. (2020). Changes in volatile compounds, sugars and organic acids of different spices of peppers (*Capsicum annuum* L.) during storage. *Food Chemistry*, 311, 125910.
- Leung, A.Y., & Steven, F. (2003). *Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs and cosmetics*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience. (HSA Library), 845 pages.
- Lv, J., Huang, H., Yu, L., Whent, M., Niu, Y., Shi, H., & Yu, L.L. (2012). Phenolic composition and nutraceutical properties of organic and conventional cinnamon and peppermint. *Food Chemistry*, 132 (3), 1442-1450.
- Milenković, A.N., & Stanojević, L.P. (2021). Black pepper: Chemical composition and biological activities. *Advanced Technologies*, 10 (2), 40-50.
- Nahak, G., & Sahu, R.K. (2011). Phytochemical evaluation and antioxidant activity of *Piper cubeba* and *Piper nigrum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1 (8), 153-157.
- Onwasigwe, E.N., Verghese, M., Sunkara, R., Shackelford, L., & Walker, L.T. (2017). In vitro analysis of the antioxidant effect of allspice. *Food and Nutrition Sciences*, 8 (7), 778-792.
- Ökmen, G., Arslan, A., Vurkun, M., Mammadkhanli, M., & Ceylan, O. (2017). Farklı baharatların antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 15 (1), 16-28.
- Özkan, O.E., Olgun, Ç., Güney, B., Gür, M., Güney, K., & Ateş, S. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of *Myristica fragrans* & *Elettaria cardamomum* essential oil. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 18 (2), 225-229.
- Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., & Zachariah, T.J. (Eds.). (2008). *Chemistry of spices*. 978-1-84593-405-7, CABI, Oxfordshire.

- Peter, K.V. (Ed.) (2001). *Handbook of herbs and spices*. Vol. 1, 978-1-85573-562-0, Woodhead Publishing Limited, Cambridge
- Prakash, N.K.U., Sripriya, N.S., Raj, D.D., Deepa, S., & Bhuvaneswari, S. (2019). Antioxidant potency and GC-MS composition of *Origanum majorana* Linn. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 32 (5), 2117-2122.
- Prakash, D., Suri, S., Upadhyay, G., & Singh, B.N. (2007). Total phenol, antioxidant and free radical scavenging activities of some medicinal plants. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58 (1), 18-28.
- Proestos, C., & Komaitis, M. (2006). Ultrasonically assisted extraction of phenolic compounds from aromatic plants, comparison with conventional extraction technics. *J. Food Quality*, 29, 567-582.
- Proestos, C., & Komaitis, M. (2008). Application of microwave-assisted extraction to the fast extraction of plant phenolic compounds. *LWT-Food Sci. Technol.*, 41, 652-659.
- Primananda, A.Z., Anggun, L., & Murhayati, R. (2021). Test of antibacterial activity 70% ethanol extract of seeds black pepper (*Piper nigrum* L) against bacteria *Escherichia coli* ATCC 25922. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1764, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Ravindran, P.N., & Kalluparackal, J.A. (2001). *Handbook of herbs and spices*. Volume 2, (K. V. Peter (ed.)), p: 62-65, Woodhead Publishing Limited. England.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso, O. (2009). Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 8, 157-180.
- Roby, M.H.H., Sarhan, M.A., Selim, K.A.H., & Khalel, K.I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43, 827-831.
- Sánchez-Zarate, A., Hernández-Gallegos, M.A., Carrera-Lanestosa, A., López-Martínez, S., Chay-Canul, A.J., Esparza-Rivera, J.R., & Velázquez-Martínez, J.R. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of aqueous, ethanolic and acetonitrilic extracts of *Pimenta dioica* L. leaves. *International Food Research Journal*, 27 (5).
- Sellami, I.H., Maamouri, E., Chahed, T., Wannes, W.A., Khouk, M.E., & Marzouk, B. (2009). Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). *Industrial Crops and Products*, 30 (3), 395-402.
- Sharafati-Chaleshtori, F., & Sharafati-Chaleshtori, R. (2017). In vitro antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum* Maton extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat. *Vet. Arhiv.*, 87, 301-315.
- Souissi, M., Azelmat, J., Chaieb, K., & Grenier, D. (2020). Antibacterial and anti-inflammatory activities of cardamom (*Elettaria cardamomum*) extracts: Potential therapeutic benefits for periodontal infections. *Anaerobe*, 61, 102089.
- Şarer, E. (1996). *Origanum minutiflorum* O. Schwarz et P.H. Davis uçucu yağının bileşimi ve antimikrobiyal aktivitesi: Chemical composition and antimicrobial properties of the essential oil of *Origanum minutiflorum* O. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 25 (1), 29-38.
- Şengün, İ.Y., & Öztürk, B. (2018). Bitkisel kaynaklı bazı doğal antimikrobiyaller. *Anadolu University Journal of Science and Technology C-Life Sciences and Biotechnology*, 7 (2), 256-276.
- Takci, D.K., Genc, S., & Takci, H.A.M. (2023). Cinnamon-based rapid biosynthesis of silver nanoparticles; its characterization and antibacterial properties. *Journal of Crystal Growth*, 623, 127416.
- Tapiero, H., Tew, K.D., Nguyen Ba, G., & Mathe, G. (2002). Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomed. Pharmacother.*, 56, 200-207.
- Temel, M., & Tokur, S. (2013). Anatomical, morphological and ecological studies on *Origanum onites* and *O. majorana* (Lamiaceae). *Biological Diversity and Conservation*, 6, 123-133.

- Tripathy, B., Satyanarayana, S., Khan, K.A., & Raja, K. (2017). An updated review on traditional uses, taxonomy, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Origanum majorana*. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences*, 5 (4), 1717-23.
- Tohma, H., Gülçin, İ., Bursal, E., Gören, A.C., Alwasel, S.H., & Köksal, E. (2017). Antioxidant activity and phenolic compounds of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) determined by HPLC-MS/MS. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 556-566.
- Ucan Türkmen, F., & Mercimek Takci, H.A. (2018). Ultraviolet-C and ultraviolet-B lights effect on black carrot (*Daucus carota* ssp. sativus) juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 1038-1046.
- Uyar, M.F., & Tengilimoğlu, M.M. (2012). Besin zehirlenmelerinde *Stafilokokus aureus*. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 40 (1), 96-103.
- Ünver Alçay, A., Sağlam, A., Çağlar, N., & Bostan, K. (2024). Tarçın ekstraktlarının bazı patojenler üzerine antibakteriyel etkilerinin in vitro incelenmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 81 (1), 67-78.
- Wei, Q.Y., Xiong, J.J., Jiang, H., Zhang, C., & Ye, W. (2011). The antimicrobial activities of the cinnamaldehyde adducts with amino acids. *International Journal of Food Microbiology*, 150, 164-170.
- Vági, E., Rapavi, E., Hadolin, M., Vàsàrhelyné, Perédi, K., Balázs, A., Blázovics, A., & Simándi, B. (2005). Phenolic, triterpenoid antioxidants from *Origanum majorana* L. herb and extracts obtained with different solvents. *J. Agric. Food Chem.*, 12, 17-21.
- Variyar, P.S., Bandyopadhyay, C., & Thomas P. (1998). Effect of γ -irradiation on the volatile oil constituents of some Indian spices. *Food Res. Int.*, 31 (2), 105-109. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00069-6)
- Yadava, R.N., & Khare, M.K. (1995). A triterpenoid from *Majorana hortensis*. *Fitoterapia*, 66 (2), 185.
- Yeh, H.Y., Chuang, C.H., Chen, H.C., Wan, C.J., Chen, T.L., & Lin, L.Y. (2014). Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidant effect of ginger extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 55 (1), 329-334.
- Yeşiloğlu, Y., & Aydın, H. (2010). Zencefilin (*Zingiber officinale*) antioksidan aktivitesinin incelenmesi. *Ulusal Kimya Kongresi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 29 Haziran-2 Temmuz 2010, Zonguldak.
- Zarai, Z., Boujelbene, E., Ben Salem, N., Gargouri, Y., & Sayari, A. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extracts, piperine and piperic acid from *Piper nigrum*. *LWT - Food Science and Technology*, 50 (2), 634-641.
- Zengin, G., Sarikurkcu, C., Aktumsek, A., Ceylan, R., & Ceylan, O. (2014). A comprehensive study on phytochemical characterization of *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. endemic to Turkey and its inhibitory potential against key enzymes involved in Alzheimer, skin diseases and type II diabetes. *Industrial Crops and Products*, 53, 244-251.
- Zhang, L., & Lokeshwar, B.L. (2012). Medicinal properties of the Jamaican pepper plant *Pimenta dioica* and Allspice. *Current Drug Targets*, 13, 1900-1906.
- Zgórká, G., & Glowinski, K. (2001). Variation of free phenolic acids in medicinal plants belonging to the Lamiaceae family. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 26, 79-87.

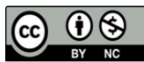
Serbest gezinmeli sistemde yumurta tavukçuluğu işletmelerinin incelenmesi üzerine bir araştırma; Hatay ili örneği

A research on the study of egg poultry farms in the free-range system; Hatay province example

Mehmet Hanifi YALÇIN¹, Gülşen ÇOPUR AKPINAR²

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Kemal Akman MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ereğli-Konya, Türkiye.

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Antakya-Hatay, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 22.10.2024 Accepted / Kabul: 10.12.2024 Anahtar Kelimeler: Yumurta tavukçuluğu Serbest gezinmeli sistem Genotip Üretim modeli Sorunlar Keywords: Layer hen Free range system Genotype Production model Problems ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Mehmet Hanifi YALÇIN mhanyalcin@erbakan.edu.tr	Bu çalışmada, Hatay ilinde serbest gezinmeli sistemde yumurta üretimi yapan üreticilerin kullandıkları hibrit tercihinin, bunu etkileyen faktörleri (yaş, aşılama ve gaga kesimi), tedarik şeklini, yumurta pazarlaması ve karşılaşılan genel sorunların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma serbest gezinmeli sistemde üretim yapan toplam 26 işletmede yüz yüze anket yapılarak gerçekleştirilmiştir. İşletmelerin çoğunluğu (%84.6) yarka satın alarak üretim yapmaktadır. Üreticilerin %38.46'sı marketlere, %19.23'ü doğrudan tüketiciye ve %3.85'i toptan olacak şekilde yumurta pazarlamaktadırlar. İşletmelerin %50'si her bir üretim döneminde üretime ilk başladıklarında satın aldıkları genotiple üretimlerini sürdürmektedirler. İşletmelerin genotip değişikliğine gitmede yumurta veriminin düşük olması (%30.77), tüketicinin yumurta kabuk renk tercihi (%26.92), tüy çekme özelliği (%23.08) ve yüksek yem tüketimi (%15.38) gibi sebepler ön planda yer almıştır. Hayvan materyali temininde işletmelerin %84.6'sı 12 ila 17 haftalık yaşta yarka, %11.5'i üç günlük yaşta civciv satın alarak ve %1.0'ı kuluçka işlemi sonucu kendi civcivini çıkarma şeklinde bir yol izlemektedir. İşletmelerin %76.9'unun kümesleri tam kapasite olarak kullanırken %23.1'i ekonomik nedenlerle tam kapasite kullanmamaktadır. Üreticiler, yem ve hammadde fiyatlarının sürekli dalgalanması (%28.57), yumurta fiyatlarındaki sürekli dalgalanma (%22.62) ve üretimde ilk yatırım masraflarının yüksekliğini (%15.48) en sık karşılaştıkları sorunlar olarak bildirmişlerdir.
	ABSTRACT
Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License. 	This study aims to determine the hybrid preference used by producers producing eggs in the free-range system in Hatay province, the factors affecting this (age, vaccination and beak trimming), the supply method, egg marketing and the general problems encountered. The study was conducted by conducting a face-to-face survey in 26 enterprises producing in a free-range system. The majority of the enterprises (84.6%) produce by purchasing pullets. It was observed that 38.46% of the producers market eggs to markets, 19.23% directly to consumers and 3.85% wholesale. At the same time 50% of the enterprises continue their production with the genotype they purchased when they first started production in each production period. Low egg production (30.77%), eggshell color preference of consumers (26.92%), feather pulling feature (23.08%) and high feed consumption (15.38%) were the main reasons for enterprises to change genotypes. In the supply of animal material, 84.6% of the enterprises buy pullets at the age of 12 to 17 weeks, 11.5% buy chicks at the age of three days, and 1.0% follow a way of hatching their chicks as a result of the hatching process. While 76.9% of the enterprises use their coops at full capacity, 23.1% do not use their coops at full capacity due to economic reasons. The most common problems reported by producers were continuous fluctuations in egg prices (22.62%), high feed or raw material prices (28.57%), and initial investment costs (15.48%).
Cite/Atıf	Yalçın, M.H., & Çopur Akpınar, Ç. (2025). Serbest gezinmeli sistemde yumurta tavukçuluğu işletmelerinin incelenmesi üzerine bir araştırma; Hatay ili örneği. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 99-107. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1571882

GİRİŞ

Türkiye’de kanatlı hayvan yetiştiriciliğindeki hızlı gelişim, yumurta ve etlik piliç üretimi ile ürünlerin pazarlanması alanlarında farklılık göstermektedir. Yetiştirme amacına göre işletme tiplerindeki farklılık üretim miktarı dikkate alındığında değişik birimlerden oluşan entegre işletmelere evrilmiştir. Yumurta üretiminde konvansiyonel yetiştiricilik olarak tanımlanan kafeste üretim yoğun şekilde yapılmaya başlanmıştır (Yenilmez & Uruk, 2016).

Kafesler, birim taban alana daha fazla sayıda hayvanın yetiştirilmesine imkân veren ancak hayvanın doğal davranışları için önemli olan tünek, folluk ve eşinme alanlarında kısıtlamanın bulunduğu yapılardır. Hayvan başına en az 550 cm²’lik taban alanının ayrıldığı kafes sistemindeki yetiştiricilikte hayvanın kanat çırpma, eşelenme, tüneme gibi doğal hareketleri kısıtlanmaktadır. Aynı zamanda bu türden sınırlamalara bağlı olarak korku ve strese dayalı sağlık ve davranış bozukluklarının şekillendiği bildirilmektedir (Baxter, 1994). Kafes sistemi yetiştiriciliğinde birim alanda daha fazla hayvan bulundurulmasından dolayı tavuklarda kısıtlı ya da tamamen hareketsizlik ve kafes zeminine temas eden ayak-diz-bacak ve karın bölgelerinde yapısal bozulmalar görülebilmektedir. Ayrıca kafeste yetiştiricilik sistemi yerleşim sıklığına bağlı olarak hayvanlarda stres oluşturmaktadır. Oluşan stres ve korkuya bağlı olarak gagalama ve tüy çekme-yolma gibi istenmeyen davranış bozuklukları görülmektedir (Tauson, 2005; Nicol ve ark., 2006; Cunha, 2007; İpek & Sözcü, 2015; Yenilmez & Uruk, 2016).

Konvansiyonel yumurta tavukçuluğu üretiminde kısa süre, yüksek kalite ve yüksek ürün miktarı anlayışı insan ve çevre sağlığında bazı olumsuzluklar yaratmıştır. Bu nedenler hem insan hem de çevre sağlığı bakımından daha az olumsuzluk içeren yetiştirme tekniklerine yönelik arayışları beraberinde getirmiştir. Tavukçuluktan elde edilen ürünlerin lezzetli, sağlıklı ve güvenli olması gibi talepler hayvan refahı gereksinimlerini ön plana çıkaran üretim modellerini gündeme getirmiştir (Aksoy ve ark., 2007; Bozkurt & Koçak, 2017; More ve ark., 2017). Bu amaçlar doğrultusunda tavukların doğal davranışlarını karşılayabilecek kümes sistemleri geliştirilmiştir (Bozkurt & Koçak, 2017; Fidan, 2018).

Alternatif üretim sistemlerine ulaşmak ve devamlılığını sağlamak için çalışmalar yapılmaktadır (Mollenhorst & Deboer, 2004). Tavukçuluk kafes sistemi, zenginleştirilmiş sistem, yarı entansif, kuşluklu sistem (aviary), kapalı altlıklı sistem, serbest gezmeli ve organik üretim şeklinde farklı tekniklere göre yapılmaktadır (Çukur & Saner, 2005; Altan & Bayraktar, 2014; İpek & Sözcü, 2015; Türkoğlu & Sarıca, 2018). Üretim tipini belirlemede tüketici ve hayvan sağlığını baz almak hem hayvan refahı hem de işletme devamlılığı için önem arz etmektedir.

Hayvan hakları savunucularının hayvan hak ve refahını ön plana alarak oluşturdukları kamuoyu baskısının yanında hayvan davranışlarının sınırlandırılmasına bağlı olarak ortaya çıkmış olan kanibalizm, gagalama, tüy yolma gibi davranış bozuklukları da konvansiyonel üretim dışındaki alternatif üretim yöntemlerini beraberinde getirmiştir. Alternatif üretim sistemlerinden biri olan free range (serbest gezmeli) yumurta tavuğu yetiştiriciliğinde hayvanın doğal davranışını sergileyebilme imkânı söz konusudur.

Serbest gezmeli yumurta tavuğu yetiştiriciliğinde hayvanın doğal davranışını sergileyebilme imkânı söz konusudur. Bu sistemde hayvanlar kapalı alana ek olarak tesis edilmiş olan gezinme alanında temiz havadan, güneş ışığından ve yeşil alandaki bitki, böcek, solucandan faydalanmaktadır. Ayrıca tüketicilerin hem hayvan etiği açısından hem de yumurtanın daha doğal ve lezzetli olduğu düşüncesinden hareketle bu üretim sistemi de hız kazanmıştır. İngiltere’de yumurta üretiminin %50’si serbest gezmeli üretim sistemine dayanmaktadır (Anonim, 2019).

Bu çalışmada; Hatay ilinde serbest gezmeli sistemde üretim yapan işletmelerde yumurta üretmek amacıyla kullanılan hibrit genotip tercihi, bunların (yaş, aşı ve gaga kesimi yapılmış) temin edilme şekillerini tespit etmek, işletmelerin yem hazırlama veya yem satın alma durumlarını, hastalık ve zararlıları teşhis ve tedavi konularındaki tecrübelerini belirlenmek amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen yumurtanın pazarlanma şekli ve sıklığı ile işletmelerin kapasite kullanım durumlarını ortaya koymak, işletme gelir (yumurta üretimi, çıkma tavuk, gübre vs.) ve giderlerini ve işletmecilerin karşılaştıkları genel sorunların neler olduğunu belirleyerek il bazında serbest gezmeli sistemdeki üretici bakışı açısından çözüm önerileri sunmak, Hatay ilindeki serbest gezmeli sistemde üretimin

sürdürülebilirliğine dikkat çekilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırmanın ana materyalini, Hatay iline bağlı Altınözü, Antakya, Arsuz, Defne, Dört Yol, Kırıkhan, Samandağ ve Yayladağı ilçelerinde bulunan 26 adet işletmeden 2021 yılı Nisan-Ekim dönemlerinde elde edilen birincil veriler oluşturmaktadır. Geniş bir literatür taraması sonucunda kapalı ve açık uçlu sorulardan oluşan anket soruları hazırlanmış olup, konu uzmanları ile yapılan görüşmeler neticesinde son şeklini almıştır. Veriler, işletmeler ziyaret edilerek işletme yetkilileriyle yüz yüze yapılan anketler sonucu elde edilmiştir. Bölgedeki serbest gezinmeli sistemde üretim yapan işletme adres bilgileri Hatay Tarım ve Orman İl Müdürlüğüne başvurularak temin edilmiştir. Araştırmada tam sayım yöntemi kullanılarak işletmelerin tamamı ile bireysel görüşme yapılması amaçlanmıştır. Araştırmada güvenilir bilgi edinebilmek için işletmelerin gönüllü katılımları dikkate alınmış, bu nedenle 26 işletme ile tam sayım yöntemiyle araştırma tamamlanmıştır. Çalışmada ayrıca Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım ve Orman Bakanlığı gibi çeşitli kurum ve kuruluşlara ait raporlardan, konu ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalardan (kitap, makale, tez vb.) ikincil verileri kaynağı olarak yararlanılmıştır.



Şekil 1. Kümes içi ve dışı

Figure 1. Inside and outside copp

İşletme sahipleriyle yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen veriler düzenlenerek istatistiki analizlerinin yapılması için bilgisayar ortamına aktarılmış ve veri analizi SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır. Toplam maliyeti oluşturan masraf unsurlarını belirlemek için; yarka masrafı (üretim ya da temin), yem masrafı (işletme sahibi beyanı dikkate alınarak), işçilik masrafı (ücretli iş gücü dikkate alınarak beyan dahilinde hesaplanmıştır), veteriner (aşı-ilaç-dezenfeksiyon) masrafı, viyol masrafı, elektrik masrafı, amortismanlar ve bakım onarım gideri olarak belirlenirken; işletme gelirleri ise, yumurta satışı ve tali gelir (gübre, iskarta tavuk) olup toplam gelir olarak belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

İşletmelerin %84.62'si 1 ile 5 yıl arası süreçte serbest gezinmeli sistemde üretim yaparken %15.38'i ise 6 ile 12 yıl arasındaki süreçte bu sistemde üretim yapmaktadır. Serbest gezinmeli sistemde üretim yapan işletmelerin kümes kapasiteleri (tavuk-adet) %42.31'inde 501-2000 arası, %30.77'si 2001-5000 arası, %19.23'ü 0-500 arası ve %7.69'u 5001-10000 arası bulunmuştur (Çizelge 1). Taşkın ve ark. (2015) işletmedeki hayvan sayısının 250 ile 1250 adet arasında değiştiği bildirmiştir. Bu çalışmada ise işletmelerin büyük bir kısmı (%42.3) 500 ile 2000 adet (tavuk-adet) olarak kapasite bakımından daha yüksek belirlenmiştir. Konyalı ve ark. (2018) tarafından Çanakkale ili Merkez

Ayvacık, Yenice, Ezine ve Çan ilçelerinde bulunan serbest gezinmeli sistemde üretim yapan 9 işletmenin ortalama sürü büyüklüğü 1973.8 hayvan/işletme olarak bildirilmiştir. Anket yapılan serbest gezinmeli sistemde üretim yapan işletmelerde üretilen toplam yumurta adedi 63 828 269 adettir. İşletmelerin %38.5'inde yumurta üretim kapasitesi 100.000 ile 300.000 adet yumurta/yıl olup, yıllık 300.001 ile 600.000 adet/yıl kapasitesindeki işletmelerin oranı da %7.7 civarındadır.

Kendi işletmesinden temin ettiği yumurtaları kuluçka işlemine tabi tutarak civciv ürettiklerini söyleyen işletmelerin oranı %11.5 iken işletmelerin %88.5'i civciv veya yarka satın alarak üretim yapmaktadırlar. Üreticilerin yarka satın alarak üretime başladıkları hayvan materyalini büyük oranda Adana'dan ikinci sırada ise Afyon'dan temin ettikleri görülmektedir. Bunların dışında Ankara, Bursa, Kocaeli, Gaziantep, Eskişehir, Konya, Bolu gibi illerden de yumurta üretimi için yarka temin ettiklerini bildirmişlerdir. Konyalı ve ark. (2018)'i Çanakkale ili Merkez Ayvacık, Yenice, Ezine ve Çan ilçelerinde bulunan serbest gezinmeli sistemde üretim yapan işletmelerin analizinde en yoğun olarak Lohman Brown genotipinin tercih edildiğini ve Ankara, Bandırma ve Afyon bölgelerinde bulunan işletmelerden 16 haftalık yaşta yarka temin ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, farklı genotip tercihinin en yoğun şekilde Afyon ve Ankara'da bulunan özel işletmelerden 16 haftalık yaşta yapıldığı bu illerin dışında Eskişehir, Bursa ve Konya gibi farklı illerden de aynı yaş aralıklarında yarka satın alındığı tespit edilmiştir. Çimrin ve ark. (2019)'un Hatay ili ticari yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin analizinin yapıldığı çalışmada üretim materyali tavukların yarka olarak temin edildiği, yarkaların çok büyük bir kısmının (%67) il dışından %23'lik kısmının ise il içinden sağlandığı bildirilmiştir. İl dışı olarak Mersin, Ankara, Konya ilk sırada yer almıştır. Aynı çalışmada konvansiyonel sistemde yumurta üretiminde üreticilerin %52.18 ATAK-S, %47.82 Lohman ve Nick-Brown genotiplerini tercih ettiklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 1. İşletmelerdeki tavukların kılavuz yumurta ve pik verim yaşları (hafta)

Table 1. First egg laying and peak production ages of hens in enterprises (weeks)

DEĞİŞKENLER	İŞLETME SAYISI (N)	İŞLETMELERİN ORANI (%)
FAALİYET SÜRESİ/YIL		
1-5	22	84.62
6-12	4	15.38
TAVUK SAYISI/ADET		
<500	5	19.23
501-2000	11	42.31
2001-5000	8	30.77
5001-10000	2	7.69
YUMURTA ÜRETİMİ (Yıl/Adet)		
<100.000	3	11.54
100.001-300.000	10	38.46
300.001-600.000	2	7.69
600.001-1.000.000	5	19.23
1.000.001-1.500.000	3	11.54
1.500.001-5.000.000	3	11.54

Hayvanların yumurta vermeye başlama yaşı işletmelerin %53.85'inde 16-18. hafta, %26.92'sinde 19-21. hafta ve %19.23'ünde 22-24. haftalar arası olarak bildirilmiştir. İşletmelerin %61.54'ünde pik verimine ulaşma yaşı 22-27. hafta arasında gerçekleşirken, %26.92'sinde bu değer 28-32. haftalar ve %11.54'ünde 33-40. haftalar arası olarak bildirilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. İşletmelerdeki tavukların kılavuz yumurta ve pik verim yaşları (hafta)
 Table 2. First egg laying and peak production ages of hens in enterprises (weeks)

YAŞ	İŞLETMELERİN SAYISI (N)	İŞLETMELERİN ORANI (%)
Kılavuz Yaşı (Hafta)		
16 - 18	14	53.85
19 - 21	7	26.92
22 - 24	5	19.23
Yumurta Pik Verimi (Hafta)		
22 - 27	16	61.54
28 - 32	7	26.92
33 - 40	3	11.54

Bu araştırmada hayvan başına ortalama kapalı alan 0.20 m² ve ortalama açık alan 4.44 m² olarak tespit edilmiştir. Konyalı ve ark. (2018) tarafından serbest gezinmeli sistemde hayvanların otlayabileceği ve gezebileceği alan hayvan başına 11.3 m² olarak bildirilmiştir. Hatay ili çerçevesinde üretim yapan işletmelerin hiçbirinde hayvanların gezinme alanı dışında aynı zamanda otlayabileceği mera alanının tesis edilmediği tespit edilmiştir. Serbest gezinmeli sistemde hayvan başına önerilen alan bilgisi hakkında bilgilerinin olup olmadığı sorusuna işletmelerin %46.2'si bilgisi olduğunu ve %53.8'i bilgi sahibi olmadıklarını bildirmişlerdir. İşletmelerin %76.9'unda kümesler tam kapasite kullanılmakta olup kapasitesinin tam kullanılamaması üreticiler tarafından ekonomik nedenlere (%50.0) bağlanmıştır.

Yumurtacı işletmelerin %53.84'i iki yıl, %42.30'u bir yıl ve %3.84'i üç yıl boyunca aynı genotiple üretim yapmaktadırlar. Aynı genotiple bir yılın üzerinde, iki ve üç yıl devam eden işletmeler birinci verim yılı sonunda herhangi bir tüy döküm programı uygulamadan üretime devam etmektedir.

İşletmelerin %50'si yumurta üretimine başladıktan itibaren hep aynı yumurtacı hibrit genotiple üretim yaparken diğer yarısı farklı yumurtacı hibritle üretim yapmaktadır. İşletmelerin her bir yeni dönemde bir önceki dönemden farklı yumurtacı hibrit genotipi ile çalışma nedenini (%30.77 oranında) yumurta veriminin düşüklüğü olarak bildirmişlerdir. İşletmelerin farklı yumurtacı genotipler ile çalışma nedenleri aşağıdaki Çizelge 3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3. İşletmelerin her bir üretim döneminde farklı yumurtacı hibrit genotip tercih nedeni

Table 3. The reason why enterprises prefer different layer hybrid genotypes in each production period

DEĞİŞTİRME NEDENİ	İŞLETME SAYISI (N)	İŞLETMELERİN ORANI (%)
Yoğun Tüy Çekme	6	23.08
Yüksek Yem Tüketimi	4	15.38
Düşük Yumurta Verimi	8	30.77
Tüketici Kabuk Renk Tercihi	7	26.92
Diğer	1	3.85

Aplak (2021) tarafından, Ataks genotipi kullanan işletmelerin %80'inin memnun, ancak %20'sinin memnun olmadığı bildirilmiştir. Ataks genotipinden memnun olmayanların %13.3'ü yumurta verimini düşük, yem tüketimini yüksek, %6.7'si ise yumurta veriminin düşük, yem tüketimi ve ölüm oranını yüksek olarak bildirilmişlerdir. Bu çalışmada ise Ataks genotipinin birinci derecede tercih edilmeme nedeni yoğun tüy çekme ve yüksek yem tüketimi olarak açıklanmıştır. Aplak (2021) çalışmasında, Ataks yumurtacı genotipini kullanmaktan memnun olanların %73.3'ü yumurta verimlerini yüksek ve %6.7'si yem tüketimini düşük olarak beyan etmişlerdir. Aplak (2021)'e göre işletmelerin sadece %6.7'sinde kanibalizm görülmüştür. Bu araştırmaya göre Hatay'da serbest gezinmeli sistemde üretim yapan işletmelerde en yoğun olarak Ataks, ikinci sırada Lohman Brown, üçüncü sırada Tinded, dördüncü

sırada Lohman Sandy beyaz ve en düşük oranda Nick Brown genotipleri kullanılmıştır. İşletmelerin hiçbirisi üretimleri boyunca tek bir genotipe bağlı kalmamıştır. Genotip değiştirmedeki en önemli neden ise yumurta veriminin düşük olması şeklinde açıklanmıştır. Tüketicinin yumurta kabuk renk tercihi de genotip değişikliğinde etkili olmuş ancak işletmelerde kullanılan Ataks genotipine yoğun şekilde gözlemlenen tüy çekme davranışı da genotip tercih değişikliği nedenleri arasında yerini almıştır.

Üreticilerin %38.46'sı yumurtaları marketlere satarken, %19.23'ü doğrudan tüketiciye, %11.54'ü toptan marketlere ile tüketici ve marketlere, %7.69'u, toptan, doğrudan tüketiciye ve marketlere, %3.85'i sadece toptan, sadece perakende ile toptan ve doğrudan tüketiciye şeklinde satış yapmaktadır (Çizelge 4). İşletmeler üretilen yumurtaların %69.2'si günlük, %19.2'si üç günde bir, %3.8'i iki günde bir ve %7.7 'si günlük ve üç günde bir olacak şekilde satış yaptıklarını beyan etmiştir. Bu satışların %92.3'ü i sadece il içine, %7.7'si il içi ve il dışına olacak şekildedir. Araştırmada üretilen yumurtalar farklı şekillerde pazarlanırken, Sarıca ve ark. (2020) tarafından yapılmış çalışmada üretilen yumurtanın %55.4'ünün aile içinde tüketildiği %44.6'sının hem aile içinde tüketildiği hem de satıldığı, yumurtaların çok büyük kısmının (%97.6) pazarlarda ve çok küçük kısmının ise (%2.4) bakkallara satıldığı ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, üreticiler yumurta satışlarının en büyük kısmını (%38.5) marketlere, %3.8'i toptan, perakende ve doğrudan tüketiciye olacak şekilde bir satış modelini benimsemektedir. Aplak (2021), yumurta satışında %6.7'sinin marketleri, %13.3'ünün pazar yerlerini, %80'inin ise her iki satış noktasını tercih ettiğini bildirirken bu çalışmada yumurta satış yeri tercihinde en büyük payı %38.46 ile marketler ve %19.23 oranında doğrudan tüketiciye satış şekli benimsenmiştir.

Çizelge 4. Üreticilerin yumurtalarını pazarlama şekli

Table 4. The way producers market their eggs

PAZARLAMA ŞEKLİ	İŞLETME SAYISI (N)	İŞLETMELERİN ORANI (%)
Toptan	1	3.85
Doğrudan Tüketiciye	5	19.23
Marketlere	10	38.46
Perakende	1	3.85
Toptan ve Doğrudan Tüketici	1	3.85
Toptan ve Marketlere	3	11.54
Doğrudan Tüketici ve Marketlere	3	11.54
Toptan, Doğrudan Tüketici ve Marketlere	2	7.69

İşletmecilerin %13.10'u üretimde kullandıkları genotiplerin verimleri veya tüy çekme gibi istenilmeyen davranış özelliklerinin yaygın olmasını, %22.62'si piyasa koşullarındaki yumurta fiyatlarındaki sürekli dalgalanmaları, %28.57'si yem veya yem hammadde fiyatlarının ve %15.48'i üretimde ilk yatırım masraflarının yüksekliğini, %10.71'si her bir üretim döneminde satın aldıkları yarkaların canlı ağırlık bakımından üniform olmamasını, %8.33'ü satın alınan yarka ya da civcivlere aşı yapıldığına dair güven duymamalarını ve %1.19'u arz talep dengesizliğini karşılaştıkları en büyük sorun olarak açıklamışlardır.

Serbest gezinmeli sistemde üretim yapan işletmeler; yumurta satış fiyatlarının düşük olmasını, devlet denetimin yetersizliğini, devlet kurumlarınca destek alamamalarını, elektrik maliyetlerinin yüksekliğini, Tarım ve Orman il ve ilçe müdürlüklerinin yaptırımlarının ağır olmasını, yem ve yarka fiyatlarının yüksekliğini, piyasanın dalgalı bir seyir izlemesini, hangi yumurtacı hibritle üretime devam edeceği konusundaki belirsizlikleri işaret ederek yumurta üretimi yapmak isteyen yeni üretici adaylarına tavsiye etmeyeceklerini belirtmişlerdir.

İşletmeciler sorunlarının çözümleri konusunda yetkili kurumlarca yumurta satışı yapılan yerlerde, serbest üretim sistemi ile konvansiyonel olarak üretilen yumurtaların denetiminin yapılmasını, üretim boyunca yem ve ilaç fiyatlarındaki dalgalanmaların denetlenerek fiyatlarının düzenlenmesini, üreticilerin yumurta satış fiyatlarının maliyetleri karşılayacak düzeye çıkarılmasının sağlanmasını, yumurta satışlarının kurulacak üretici örgütleri

vasıtasıyla yapılmasının sağlanmasını, konvansiyonel üretimle serbest sistemde üretilmiş yumurta satış fiyatlarının düzenlenmesi ve yem maliyetlerinin düşürülmesi yönünde üreticilere desteklerin sağlanmasını önermektedirler. Havza özelliklerinden faydalanılarak, birinci ve altıncı bölgeler hariç diğer bölgelerde karar vericilere ön fikir vermesi açısından sediment ölçümü yapılmamış havzalar için kullanılabilirliği düşünülmektedir. Birinci ve altıncı bölgeler için yeni akım ve sediment gözlem istasyonlarının kurularak sayılarının artırılması ve bu bölgeler için yeni sediment verimi tahmin denklemlerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada serbest gezmeli sistemde üretim yapan işletmelerin tamamında hayvanın gün boyu gezinme alanının olduğu ancak hayvanın otlayabileceği ekilmiş mera alanlarının tesis edilmediği görülmektedir. Oysaki bu üretim sisteminin bir parçası olarak üretim boyunca hayvanların otlayabilecekleri mera alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Üretim çok büyük oranda hayvanların 16 haftalık yaşa geldiği dönemde başlamakta ve bir yıllık üretim sürecini izlemektedir. İşletmelerin hiçbirisinde zorunlu tüy dökümü programı uygulanmamaktadır. İşletmelerin sadece %3.8'inde hayvan başına 6 m² ve üzeri gezinme alanı kullanılmaktadır. Bu oran AB'nin serbest gezmeli sistemde hayvan başına 4 m²'lik alan bırakılması koşulunu sağlayan az sayıda işletmenin bulunduğu ortaya koymaktadır. İşletmelerin büyük bir kısmı (%76.9) kümeslerini tam kapasite kullanırken %23.1'i tam kapasite kullanmamaktadır. İşletmelerin büyük çoğunluğunun tam kapasite kullanmamasını ekonomik (%50), bir sonraki üretim döneminde aynı genotipten yeteri sayıda hayvan bulamaması (%16.6), hayvan başına daha fazla alan bırakma ihtiyacı (%16.6) ve yumurta satışındaki sıkıntı (%16.6) gibi nedenlere bağlamışlardır. İşletmelerin yarısı yumurta üretimine başladıktan itibaren hep aynı yumurtacı hibrit genotiple diğer yarısı farklı yumurtacı hibritle üretim yapmaktadır. Farklı yumurtacı hibritle üretim tercih nedeni olarak (%30.8) önceki verim döneminde kullandıkları genotiplerin yumurta veriminin düşük olması olarak gösterilmiştir. İşletmelerin üretim dönemi boyunca kullandıkları genotiplerin verimlerinin düşük ve tüy çekme gibi davranış özelliklerinin yaygın olması, piyasada yumurta fiyatlarının sürekli dalgalanmaları, yem veya yem hammadde fiyatlarının ve üretimdeki ilk yatırım masraflarının yüksekliği, her bir üretim döneminde satın aldıkları yarkaların canlı ağırlık bakımından üniform olmaması, satın alınan yarka ya da civcivlere aşı yapıldığına dair güven duyulmaması ve arz talep dengesizlikleri karşılaşılan sorunlar olarak bildirilmiştir. Üreticilere göre serbest gezmeli sistem ile ticari kafes sisteminde üretilen yumurta fiyatları arasında herhangi bir farkın göz önünde bulundurulmaması önemli bir sorundur. Değerlendirmeler sonucunda yetiştiricilerin sorunların çözümü konusunda yeterince bilgi sahibi olmadığı ve ilgili kuruluşlardan bilgi desteği alamadıkları görülmüştür. Bu sorunların çözümü için ilgili kamu kuruluşları ile irtibata geçmeleri, daha kurulum aşamasında iken yeterli bir fizibilite çalışması yapılarak sorunlarını çözebilme esnekliğine sahip olmaları ve kayıt altına alınan işletmelerin aralıklı olarak denetlenmesi gerektiği görüşüne varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mehmet Hanifi YALÇIN tarafından Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı'nda yürütülen ve Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen (Proje No: 21.YL.031) "Hatay İlinde Serbest Gezmeli Sistemde (Free Range) Üretim Yapan İşletmelerin Analizi" isimli yüksek lisans tezinin (YÖK Tez No: 768636 / Tarih: 07.09.2022) sonuçlarının bir kısmını kapsamaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışma için etik onay ve izin HMKÜ Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'ndan alınmıştır. Onay yazısı numarası 05/22 ve tarihi 05.03.2021'dir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, U., Tüzel, Y., Altındışli, A., Can, H.Z., Onoğur, E., Anaç, D., Okur, B., Çiçekli, M., Şayan, Y., Kırkpınar, F., Kenanoğlu Bektaş, Z., Çelik, S., Arın, L., Er, C., Özkan, C., & Özenç D.B. (2007). Organik (ekolojik, biyolojik) tarım uygulamaları. *Türkiye Ziraat Müh. VI. Teknik Kongresi*, s. 291-314. <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/016uygunaksoy> 20.05.2022.
- Altan, A., & Bayraktar, H. (2014). *Kümesler ve donanımları*. M. Türkoğlu & M. Sarıca, (Eds), Tavukçuluk bilimi yetiştirme, besleme, hastalıklar (s. 207-261). Bey Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Anonim (2019, 13 Eylül). Yumurta sektöründe fark yaratan iki yıl. 13 Eylül 2022 tarihinde <https://www.poultryworld.net/Eggs/Articles/2019/9/Two-years-making-a-difference-in-the-egg-ind/> adresinden edinilmiştir.
- Aplak, N. (2021). KOP tarafından Niğde ili Çamardı ilçesinde uygulanan serbest tavuk yetiştiriciliğinin durumu (Yayın No. 695772) [Yüksek lisans tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Baxter, M.R. (1994). The welfare problems of laying hens in battery cages. *The Veterinary Record*, 134 (24), 614-619.
- Bozkurt, Z., & Koçak, S. (2017). Gıdalarda hayvan refahı etiketlemesi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 10 (4), 337-349.
- Cunha, R.G.T. (2007). A Brazilian perspective of layer welfare. *World Poultry*, 23 (6), 35-36.
- Çimrin, T., Parlakay, O., Akpınar Çopur, G., Tapkı, N., & Yıldırım, H. (2019). Yumurta tavukçuluğu işletmeleri: Hatay ili örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (5), 787-793.
- Çukur, F., & Saner, G. (2005). Konvansiyonel ve ekolojik hayvancılık sistemlerinin sürdürülebilirliği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 39-44.
- Fidan, E.D. (2018). Avrupa Birliği Kriterlerine uyum sürecinde Türkiye'de yumurtacı tavuk refahına yönelik mevzuatlara genel bir bakış. *Animal Health Production and Hygiene*, 7 (1), 569-575.
- İpek, A., & Sözcü, A. (2015). Alternatif kanatlı yetiştirme sistemlerinde yetiştirme pratikleri ve refah standartları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (1), 133-146.
- Konyalı, C., Erdem, H., & Savaş, T. (2018). The current situation of free range egg production farms: The model of Çanakkale region. *International Poultry Science Congress of WPSA Turkish Branch'2018*, Niğde, 177-181.
- Mollenhorst, H., & De Boer, I.J.M. (2004). Identifying sustainability issues using participatory SWOT analysis: A case study of egg production in the Netherlands. *Outlook on Agriculture*, 33 (4), 267-276.
- More, S.J., Hanlon, A., Marchewka, J., & Boyle, L. (2017). Private animal health and welfare standards in quality assurance programmes: A review and proposed framework for critical evaluation. *Veterinary Record*, 180 (25), 612-612.
- Nicol, C.J., Brown, S.N., Glen, E., Pope, S.J., Short, F.J., Warriss, P.D., & Wilkins, L.J. (2006). Effects of stocking density, flock size and management on the welfare of laying hens in single-tier aviaries. *British Poultry Science*, 47 (2), 135-146.
- Sarıca, M., Akkalkan, N., & Erensoy, K. (2020). Traditional poultry production and commercial production opportunities in Kastamonu province. *Journal of Poultry Research*, 17 (1), 35-40.
- Taşkın, A., Karadavut, U., & Camcı, Ö. (2015). Kırşehir ilinde serbest sistem yumurta tavukçuluğunun mevcut durumu ve geleceği. *Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi*, Rize, 61-65.

- Tauson, R. (2005). Management and housing systems for layers—effects on welfare and production. *World's Poultry Science Journal*, 61 (3), 477-490.
- Türkoğlu, M., & Sarıca, M. (2018). *Tavuk genetiği ve ıslahı*. M. Türkoğlu & M. Sarıca (Eds), Tavukçuluk bilimi yetiştirme, besleme, hastalıklar (s. 354-404). Bey Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Yenilmez, F., & Uruk, E. (2016). Free range system, advantages and disadvantages. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 315-324. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.211018>

Farklı sulama düzeylerinin cevizin (*Juglans regia* L.) gelişimi, verimi ve kalitesine etkileri

Effects of different irrigation levels on development, yield and quality of walnut (*Juglans regia* L.)

Şakir TUNÇ^{1*} , Ahmet ÖZTÜRK² 

¹Solhan İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bingöl, Türkiye.

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 01.10.2024 Accepted / Kabul: 15.12.2024 Anahtar Kelimeler: Ceviz Su Stresi Kısıtlılı sulama Bitki su tüketimi Keywords: Walnut Water stress Deficit irrigation Plant water consumption ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Şakir TUNÇ sstunc99112881@gmail.com Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Bu çalışma Bingöl ilinde yetiştiriciliği yapılan ceviz bitkisinin farklı sulama düzeylerine karşı verim, gelişim ve kalite parametreleri açısından tepkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma Chandler çeşidinde iki ardışık yıl boyunca tarla kapasitesine göre toprak nem eksikliğinin %100 (D1), %75 (D2) ve %50 (D3) sulama suyu düzeyi ile karşılanması şeklinde yürütülmüştür. Mevsimlik bitki su tüketimi D1 konusu (tam sulama) için 1 038.10 mm, D2 konusu için 820.10 mm ve D3 konusu için ise 595.10 mm olarak gerçekleşmiştir. İstatistiksel değerlendirmeye göre; çalışmanın ilk yılında cevizde elde edilen verim açısından önemli bir farklılık görülmezken, çalışmaların ikinci yılında verimde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. İki yıllık verim ortalamaları dikkate alındığında D2 ve D3 değişkenlerine ait verimlerin, D1 değişkeninden elde edilen verime göre sırasıyla, %10.40 ve %33.50 daha az olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde ceviz bitkisinin, taç hacmi yıllık artış oranı, gövde kesit alanı yıllık artış oranı ve sürgün uzunluğu ilk yıl tüm konular için benzer değerler gösterirken, ikinci yıl tam sulama konusuna göre önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Meyveye ilişkin fiziksel özellikler değerlendirildiğinde, kısıtlı sulama konularında, tam sulama konusuna göre önemli farklılıklar gözlenmiş ve en belirgin farklılık meyve ağırlığında bulunmuştur. Bu durum; ceviz bitkisinin, yarı kurak iklim bölgelerinde su stresine karşı duyarlı olduğunun göstergesidir. Ceviz bitkisinde, su ihtiyacının yeterince karşılanmaması durumunda ortaya çıkan su stresinin, bitkide verimi ve gelişimi olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. ABSTRACT This study is conducted to determine the responses of walnut trees cultivated in Bingöl province to different irrigation levels in terms of yield, growth, and quality parameters. The study was carried out in Chandler variety for two consecutive years by providing 100% (D1), 75% (D2) and 50% (D3) irrigation water levels according to field capacity. The seasonal plant water consumption was recorded as 1 038.10 mm for D1 (adequate irrigation), 820.10 mm for D2, and 595.10 mm for D3. Statistical analysis showed that in the first year of the study, there is no significant difference in yield among the walnut trees, while significant differences are found in the second year. Considering the two-year average yields, it was determined that the yields for D2 and D3 were 10.40% and 33.50% lower, respectively, compared to D1. Similarly, the annual growth rates of crown volume, trunk cross-sectional area, and shoot length showed similar values for all treatments in the first year, while significant differences were observed in the second year compared to full irrigation. However, when assessing the physical properties of the fruit, significant differences were noted in the deficit irrigation treatments compared to full irrigation, with the most pronounced difference found in fruit weight. This indicates that walnut trees are sensitive to water stress in semi-arid climate regions. It was concluded that water stress resulting from inadequate water supply in walnut trees negatively affects yield and growth.
Cite/Atf	Tunç, Ş., & Öztürk, A. (2025). Farklı sulama düzeylerinin cevizin (<i>Juglans regia</i> L.) gelişimi, verimi ve kalitesine etkileri. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 108-124. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1559259

GİRİŞ

Hasat edilebilir en eski ağaçlardan olduğu bilinen Ceviz (*Junglas regia* L.) (Vahdati ve ark., 2020), ekonomik, ekolojik ve endüstriyel önem derecesi yüksek; hassas, ılıman ve yaprağını döken çok yıllık bir bitkidir (Jiayu ve ark., 2024). Juglandales takımının, Juglandaceae familyasının, Juglans cinsine ait olup; şu an için 22 ceviz türü tespit edilmiştir. Tespit edilen bu türler arasında en çok bilinen ve en yaygın olanı Adi ceviz, Anadolu cevizi, İran veya İngiliz cevizi olarak adlandırılan ceviz çeşididir (Şen, 2006). Dünyada 2022 yılı verilerine göre toplam ceviz yetiştiriciliği yapılan alan 1 604 593 ha olup bu alanlarda elde edilen kabuklu ceviz üretimi 5 274 024 ton'dur. Türkiye'de ise aynı yılda 166 495 ha alanda ceviz yetiştiriciliği yapılmış ve bu alanlarda 335 000 ton ürün elde edilmiştir. Üretim alanı olarak ilk sırada Çin ikinci sırada ise Türkiye gelmektedir. Ülkemiz, üretim alanı olarak ikinci sırada yer almasına rağmen üretim miktarı olarak Çin, ABD ve İran'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (Aksoy ve ark., 2020). Dünyada hektar başına verim miktarı 3.29 ton olmasına rağmen ülkemizde elde edilen verim miktarı hektara 2.01 ton (Anonymous, 2024a) olarak belirlenmiştir. Ülkemiz, üretim alanı olarak üst sıralarda bulunmasına rağmen, hektar başına elde edilen verim dünya ortalamasının oldukça altında (%38.91) yer almaktadır. Ülkemizde 2014 yılında 7 001 000 adet meyve veren ceviz ağacından 180 807 ton ürün alınmış ve ağaç başına ortalama 25.80 kg verim elde edilmiştir. 2022 yılında meyve veren ağaç sayısı 2014 yılına göre iki katından fazla artarak 15 327 000 adet meyve veren ağaç sayısına ulaşmışsa da bu ağaçlardan 335 000 ton ürün elde edilmiş ve ağaç başına ortalama verim 21.00 kg olarak gerçekleşmiştir. Her ne kadar ülkemizde ceviz üretim miktarı artmış olsa da bademden sonra kendine yeterlilik derecesi %80.60 ile en düşük orana sahip ikinci meyvedir (Anonymous, 2024b). Ülkemiz, cevizin gen merkezi ve anavatanlarından biri olmasına rağmen (Akça, 2012; Şimşek ve ark., 2017) ceviz yetiştiriciliğinin önemli sorunu elde edilen verimin düşük olmasıdır (Er ve ark., 2017; Pezikoğlu ve ark., 2012). Verimin düşük olmasının başlıca sebepleri; yıllarca tohumdan yetiştiricilik yapılması, ekolojilere uygun olmayan çeşit seçimi, ismine doğru olmayan yan dal verimi düşük çeşitlerle bahçe tesis edilmesidir (Er ve ark., 2017; Şen ve ark., 2018; Doğan & Yıldız, 2019). Yine, üretilen aşılı fidanların yetiştirilmek için gönderildiği alanlarda adaptasyon sorunu yaşamaları (Kaşka ve ark., 2005), ilkbahar geç donlarının özellikle ılıman bölgelerde verimi azaltan ve sınırlayan bir faktör olması (Soveili & Khadivi, 2023), ilkbahar geç donları ile beraber kış donlarının da yetiştiriciliği sınırlayan en önemli faktörlerden biri olması (Orman ve ark., 2017), yıllık bakım uygulamalarının tam olarak bilinmemesi ve yıllık bakım uygulamalarının eksik veya yanlış yapılması (Doğan & Yıldız, 2019) ve tüm bunlarla beraber sulama sorunu (Şen ve ark., 2006; Çiftçi & Gökçe, 2006) verim düşüklüğünün başlıca nedenleri olarak söylenebilir. Sulama, bitki gelişimi için gerekli olan suyun yağışlarla karşılanamayan kısmının bitkinin istediği zaman ve miktarda bitki kök bölgesine verilmesidir (Güngör ve ark., 2018). Aynı zamanda modern tarımın vazgeçilmez bir parçası olarak en önemli tarımsal girdilerden biridir (Yıldırım & Kabal, 1998). Kurak ve yarı kurak iklimlerde bitki kök bölgesinde bitki gelişimi için yeterli kullanılabilir suyun bulunmaması bitki gelişimini sınırlandırdığından söz konusu bu alanlarda sulu tarım yapılması bitki gelişimi için gereklilik arz etmektedir (Kanber ve ark., 2005). Bunun yanında İran cevizi olarak da adlandırılan ceviz türü kuraklığa duyarlı bir bitkidir (Arab ve ark., 2023). Özellikle cevizin hızlı sürgün gelişimi ve meyve büyümesinin olduğu haziran, temmuz ve ağustos aylarında cevizin su stresine girmemesi için bitki su ihtiyacının karşılanması gerekmektedir (Şimşek ve ark., 2017). Bitkinin su stresine girmeden ihtiyaç duyduğu yıllık su miktarı 750 - 1 500 mm aralığında olup çoğu bölgemizde sulama dönemi ise haziran ve ekim ayları arasındadır (Şen ve ark., 2006). Tam verime yatmış bir ceviz bitkisinin yıllık su ihtiyacı 1 200 - 1 350 mm aralığındadır (Akça, 2012). Bununla birlikte, bazı araştırmalarda, cevizin maksimum su ihtiyacının yaklaşık 1 050 – 1 200 mm olduğu görülmektedir (Calvo et al., 2023). Erdem ve ark. (2018) üç yıl boyunca Chandler ceviz ağaçları için uygun lateral tertip biçimi ve sulama programının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarının %75, 100 ve 125' i olacak şekilde uygulanan sulama suyu miktarına göre toplam bitki su tüketim miktarlarını birinci yıl 726.10 mm ile 983.90 mm arasında, ikinci yıl 604.90 mm ile 905.70 mm arasında ve son yıl

ise 570.30 mm ile 793.80 mm arasında olduğunu belirlemişlerdir. Her ne kadar ceviz bitkisinin bitki su ihtiyacıyla alakalı bazı çalışmalar yapılmış olsa da bu çalışmalar az ve temel düzeydedir (Calvo ve ark., 2022). Son zamanlarda ekonomik değerinin yüksek olmasından dolayı çiftçiler arasında ceviz bitkisine ilgi hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Ceviz bitkisine olan ilgideki bu hızlı artış üretim alanlarının da artmasını beraberinde getirmiştir. Suyun kısıtlı olduğu bölgelerde yeni ceviz bahçelerinin kuruluyor olmasına rağmen, bitkinin su stresine ilişkin tepkileri ve adaptasyonlarına ait çalışmalar hala yetersiz durumdadır (Calvo ve ark., 2023). Ancak su stresinin cevizin gelişim, verim ve kalitesini olumsuz etkilediği (Wang et al., 2021) ve cevizin suya olan ihtiyacının fazla olduğu (Jerszurki ve ark., 2017) bilinmektedir. Genel olarak bitkilerin yaş ağırlığının %85-90'ı sudan oluştuğundan (Kacar & Katkat, 2018) su bitki gelişimi için hayati öneme sahip bir kaynak olup eksikliğinde bitkinin önemli derecede etkilendiği bilinmektedir. Ancak bitkiler tarafından alınan suyun -neredeyse tamamına yakını- %97'si transpirasyonla atmosfere verilmekte ve geriye kalan %2'si hücre genişlemesinde ve %1'i ise fotosentez olmak üzere, metabolik işlemler için kullanılmaktadır (Taiz ve ark., 2015). Bitkiler ihtiyaç duyduğu suyu alamaması durumunda bitki organları arasındaki su potansiyeli dengesi bozularak su stresinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Kacar ve ark., 2020). Bozulan su potansiyeli dengesi iletim borularını etkilemekte ve bu da fotosentez ürünlerinin taşınmasına etki ederek meyve ve tanelerin küçük kalmasına neden olmaktadır (Kacar ve ark., 2020). Su stresinin kalıcı olarak devam etmesi halinde de dehidrasyon yoluyla kalıcı solma ve ölümler gerçekleşebilmektedir (Pugnaire ve ark., 1999). Su, bitki yaşamı için vazgeçilemez bir kaynak olmasına rağmen aynı zamanda da sınırlı bir kaynaktır. Giderek su kaynaklarına olan talep artarken diğer taraftan kullanılabilir özellikteki su kaynakları da giderek azalmaktadır (Çakmak & Çolak, 2020). Bununla beraber dünyada kullanılabilir tatlı su kaynağının %90' ı canlı yaşamından uzak kutup ve yeraltı bölgelerinde bulunduğundan (Yurtseven ve ark., 2020) bitkiler için ulaşılabilir su, toplam su miktarının %1' inin çok altında bulunmaktadır. Daha önceki dönemlerde mevcut su potansiyeli bitki yetiştiriciliği ve insan yaşamı için yeterli olmasına rağmen günümüzde artan dünya nüfusu ve değişen yağış rejimi dolayısıyla su kaynağı yeterliliğini kaybetmektedir (Bülbül ve ark., 2012). Ayrıca artan dünya nüfusuna paralel olarak gıda ihtiyacı artmakta ve iklim değişikliği nedeniyle de su potansiyelinin azalması ile karşı karşıya kalınmaktadır (Çakmak & Gökalep, 2011).

İklim değişikliğinin giderek hissedildiği dünyamızda ve ülkemizde, azalan kullanılabilir su kaynakları nedeniyle su kısıtının cevizin gelişim ve üretimini ciddi bir şekilde sınırlaması (Arab ve ark., 2023) cevizin su kısıtına tepkisinin belirlenmesi konusunu önemli kılmaktadır. Bu çalışmada, yıllık bitki su tüketiminin yaklaşık 1 000 mm'lerde olduğu ceviz bitkisinin üretim alanının hızlı bir şekilde artması ve artan bu üretim alanlarında yetiştirilen ceviz bitkisi için alternatif sulama düzeylerinin uygulanması ile bitki gelişimi, verimi ve bazı kalite parametrelerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ülkemizde birçok alanda yetiştirilen "Chandler" ceviz çeşidi için farklı sulama suyu düzeylerinin bitki gelişimi, verimi ve bazı kalite parametrelerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, 2022 ve 2023 yıllarında Bingöl ili, Solhan ilçesi, Elmasırtı köyünde 1 280 m yükseklikte yer alan ceviz bahçesinde yürütülmüştür. Araştırmada 7 yaşlı Chandler ceviz çeşidi kullanılmıştır. Dikim sıklığı 8x7 m olup sulamalar ağaç altlarına açılan çanaklarda gerçekleştirilmiştir. Bahçe için sınırlı miktarda sulama suyu bulunduğu ve bahçe tesis edilirken kurulan basınçlı sulama sisteminden istendiği zaman ve miktarda sulama suyu temin imkanı bulunmadığından dolayı araştırma için seçilmiş ağaçların istenilen zamanda ve miktarda gereken sulama suyu miktarının karşılanabilmesi için sulamalar zorunlu olarak çanaklarda gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yapıldığı bölge yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık 10.8°C, yağış 522.68 mm, nispi nem %58.5, rüzgar hızı 1.6 m s⁻¹ dir. En sıcak ay 25.3°C ile temmuz ve ağustos ayı olup en soğuk ay ise 4.5°C ile ocak ayıdır (Anonymous, 2024c).

Çizelge 1. Toprak ve sulama suyuna ilişkin bazı özelliklere ait sonuçlar

Table 1. Results of some properties of soil and irrigation water

Analiz	Toprak sonuçları	Sulama suyu sonuçları	Yöntem
pH	6.70	7.40	Ayyıldız, M., 1976
EC (dS m ⁻¹)	0.34	0.24	Ayyıldız, M., 1976
Bünye	L (tın)	-	Richards, L.A., 1954
Tarla Kapasitesi (%)	23.00	-	Anonymous, 1954
Solma Noktası (%)	9.45	-	Anonymous, 1954
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1.34	-	Anonymous, 1954
Ca (me L ⁻¹)	0.53	-	Ayyıldız, M., 1976
Mg (me L ⁻¹)	3.15	-	Ayyıldız, M., 1976
Na (me L ⁻¹)	0.49	0.48	Ayyıldız, M., 1976
K (me L ⁻¹)	0.20	0.08	Ayyıldız, M., 1976
CO ₃ (me L ⁻¹)	0.00	0.00	Ayyıldız, M., 1976
HCO ₃ (me L ⁻¹)	2.41	2.29	Ayyıldız, M., 1976
Cl (me L ⁻¹)	2.00	0.65	Ayyıldız, M., 1976
SO ₄ (me L ⁻¹)	0.00	0.20	Ayyıldız, M., 1976
Ca+Mg (me L ⁻¹)	-	2.58	Ayyıldız, M., 1976

Araştırma farklı sulama suyu düzeyi konusu için birer ağaç olmak üzere 3 konu 4 tekrarlı olacak şekilde 12 ağaçta yürütülmüştür. Deneme materyalinde homojenliğin sağlanabilmesi için aynı yaş grubundaki ağaçlardan gövde çapı ve taç hacmi benzer olan ağaçlar seçilmiş ve bunun yanında seçilen ağaçların bulunduğu alanın eğim, toprak derinliği ve toprak özelliği de dikkate alınmıştır. Seçilen ağaçlar konulara göre tesadüfi dağıtılmıştır.

Sulama zamanı ve sulama miktarının belirlenmesi; araştırma alanı kışları soğuk geçen bir bölgede olması nedeniyle ilkbahar geç don tarihi 7 Mayıs'a kadar devam etmektedir. Bununla beraber araştırma bitkisinin geç açan bir çeşit olması nedeniyle araştırma bitkisinin yapraklanma başlangıcı mayısın ikinci haftasına kadar uzamaktadır. Ayrıca 2022 yılında Nisan ayında 28.60 mm ve Mayıs ayında 132.00 mm, 2023 yılında ise sırasıyla 171.40 mm ve 57.40 mm yağış gerçekleşmiştir. Bu durumlar gözlenerek ve Haziran ayı itibarıyla yapılan fenolojik gözlemler ve gravimetrik yöntemle göre (Kacar, 2016) sulama zamanı ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Kullanılabilir rutubetin %50 si (Ry) tüketildiğinde toprak nemini tarla kapasitesine getirecek şekilde tam sulama dikkate alınmıştır. Belirlenen sulama suyu miktarı konularına göre uygulanmış ve çanak alanına su sayacı yardımıyla kontrollü olarak verilmiştir.

Deneme konuları şu şekilde ele alınmıştır.

D1: 120 cm toprak derinliği için tarla kapasitesine göre %100 sulama suyu uygulaması,

D2: 120 cm toprak derinliği için tarla kapasitesine göre %75 sulama suyu uygulaması,

D3: 120 cm toprak derinliği için tarla kapasitesine göre %50 sulama suyu uygulaması,

Belirlenen nem değerlerine göre etkili toprak derinliği için uygulanacak sulama suyu miktarları aşağıda verilen eşitlik-1 yardımıyla hesaplanmıştır (Köksal ve ark., 1996). Bitki su tüketim değerleri, etkili kök derinliğine göre su bütçesinden eşitlik-2 yararlanılarak belirlenmiştir (Kanber ve ark., 2004). Su kullanım etkinliği ise aşağıda verilen eşitlik-3 yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber, 2015).

$$d: \frac{(TK-MR) \cdot \gamma t \cdot D}{100} \quad \text{Eq.(1)}$$

Eşitlikte;

d: Uygulanacak sulama suyu miktarı, mm,

TK: Tarla kapasitesi, %,

MR: Sulama başlangıcında ölçülen nem miktarı, %,

γt : Toprağın hacim ağırlığı, $g\ cm^{-3}$,

D: Islatılacak toprak derinliği, mm

$$ET: I + P + Cp - Dp \pm Rf \pm \Delta S \quad \text{Eq.(2)}$$

Eşitlikte;

ET: Bitki su tüketimi, mm,

I: Uygulanacak sulama suyu miktarı, mm,

P: Etkili yağış, mm,

Cp: Kapılar yükselme, mm,

Dp: Derine sızma, mm,

Rf: Yüzey akış miktarı, mm,

ΔS : Kök bölgesindeki toprak nemi değişimi, mm

$$SKE: \text{verim} / ET \quad \text{Eq.(3)}$$

SKE: Su kullanım etkinliği, $kg\ mm^{-1}$,

Verim: Ağaç başına elde edilen verim, $kg\ ağaç^{-1}$

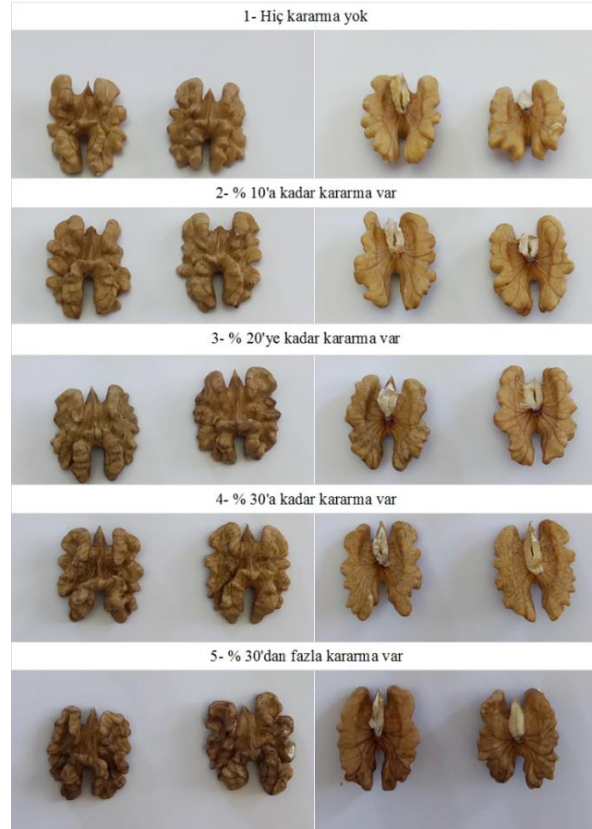
ET: Bitki su tüketimi, mm,

Araştırmada, meyve verimi ($kg\ ağaç^{-1}$), birim taç hacmine düşen meyve verimi ($kg\ m^{-3}$), birim gövde kesit alanına düşen meyve verimi ($kg\ cm^{-2}$), taç hacmi (m^3), gövde kesit alanı (m^2), sürgün uzunluğu (m) Köksal vd., (1996)' da belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Dekara kabuklu meyve verimi ($kg\ da^{-1}$) ağaç başına kabuklu meyve veriminden, dekara 18 adet ağaç kabul edilerek hesaplanmıştır. Aynı şekilde dekara iç meyve miktarı ($kg\ da^{-1}$); randıman ve kabuklu meyve veriminden yararlanarak ve dekara 18 adet ağaç kabul edilerek hesaplanmıştır. Meyve fiziksel özelliklerden; ağırlık (g), iç ağırlık (g), kabuk ağırlığı (g), meyve boyutları (kalınlık, en ve boy) (mm) ve kabuk kalınlığı (mm) için 0.01 hassasiyete sahip terazi ve kumpas yardımıyla ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Randıman (%) ve şekil Şen (1980)' de belirttiği esaslara göre belirlenmiştir. İç rengin belirlenmesi için ABD zirai departman renk kartı kullanılmıştır (Anonymous, 1976). İçte kararma oranı (%) ve içte büzülme oranı (%) çizelge 2' deki skala ve şekil 1 ve 2 yardımıyla belirlenmiştir. Meyvelerde yapılan kimyasal analizler ise; rutubet miktarı (%), kuru madde miktarı (%) ve kül miktarı (%) Kacar ve İnal (2010)' da belirtilen esaslara göre belirlenmiş, protein miktarı (%) Kjeldal metoduna göre azot tayini yapılmış ve elde edilen azot miktarı 6.25 ile çarpılarak % protein oranı hesaplanmıştır. Yağ miktarı ise Soxhlet cihazı kullanılarak ve toplam yağ olarak % cinsinden belirlenmiştir. Farklı sulama suyu düzeylerinin cevizin verim, gelişim ve kalite parametrelerine etkisinin araştırıldığı tesadüf parselleri deneme düzeninde yapılmış olan çalışmada elde edilen verilere ait sonuçların istatistiksel açıdan değerlendirilmesi için SPSS programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi sonucunda anlamlılığı belirlenen konular için çoklu karşılaştırma testlerinden olan Duncan testi uygulanmış ve araştırma sonuçları istatistiksel olarak yorumlanmıştır.

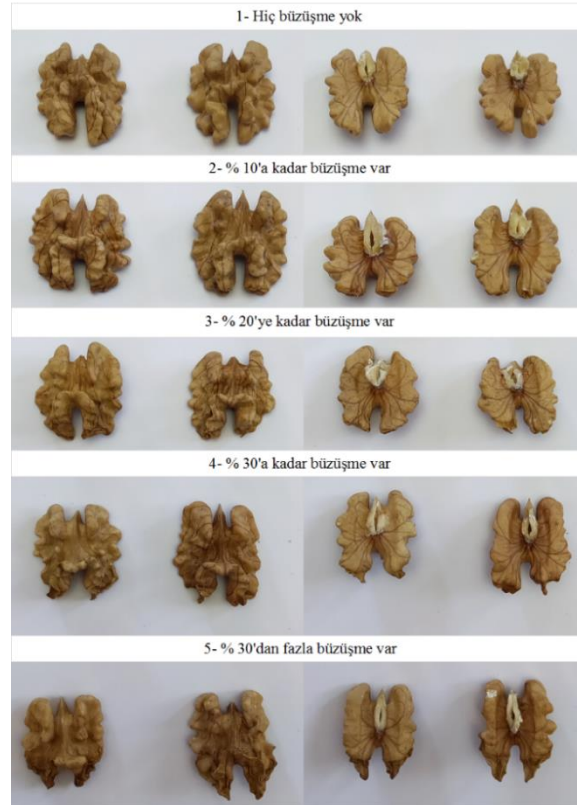
Çizelge 2. İçte kararma veya içte büzülme belirleme skalası

Table 2. Scale for determining internal darkening or internal shrinkage

Skala değeri	Tanımı
1	Hiç kararma veya büzülme yok
2	Kararmalar veya büzülme ayrı ayrı veya bir bütün olarak meyvenin %10' una kadar kaplamış
3	Kararmalar veya büzülme ayrı ayrı veya bir bütün olarak meyvenin %20' sine kadar kaplamış
4	Kararmalar veya büzülme ayrı ayrı veya bir bütün olarak meyvenin %30' una kadar kaplamış
5	Kararmalar veya büzülme ayrı ayrı veya bir bütün olarak meyvenin %30' undan daha fazla kaplamış



Şekil 1. Ceviz meyvesi içte karma kartı
Figure 1. Walnut fruit darkening inside card



Şekil 2. Ceviz meyvesi içte büzüşme kartı
Figure 2. Walnut fruit inner shrinkage card

BULGULAR ve TARTIŞMA

Verim ve verim bileşikleri

Farklı sulama suyu düzeyleri (D1, D2 ve D3) için elde edilen 2022 ve 2023 yıllarına ait ortalama meyve verimi (kg ağaç^{-1}), birim taç hacmine düşen meyve verimi (kg m^{-3}), birim gövde kesit alanına düşen meyve verimi (kg cm^{-2}), dekara iç meyve verimi (kg da^{-1} (18 ağaç)) ve dekara kabuklu meyve verimine (kg da^{-1} (18 ağaç)) ait sonuçlar çizelge 3’ te verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı parametrelere göre meyve değerleri

Table 3. Fruit values according to different parameters

Parametre	Yıl	D1	D2	D3	Ortalama	F	P	Önemlilik
Meyve Verimi (kg ağaç^{-1})	2022	3.82	3.14	2.68	3.21	2.18	0.17	ÖD
	2023	5.03a	4.78a	3.20b	4.33	13.93	0.00	**
	Ortalama	4.42a	3.96a	2.94b	3.77	5.75	0.01	*
Birim Taç Hacmine Düşen Meyve Verimi (kg m^{-3})	2022	0.30	0.29	0.22	0.25	1.86	0.21	ÖD
	2023	0.25	0.21	0.20	0.22	2.08	0.18	ÖD
	Ortalama	0.28a	0.22b	0.21b	0.24	3.76	0.04	*
Birim Gövde Kesit Alanına Düşen Meyve Verimi (kg cm^{-2})	2022	0.04	0.03	0.03	0.03	3.32	0.08	ÖD
	2023	0.04a	0.03b	0.02c	0.03	14.26	0.00	**
	Ortalama	0.04a	0.03b	0.03b	0.03	11.72	0.00	**
Dekara İç Meyve Verimi (kg da^{-1} (18 ağaç))	2022	33.13	26.86	22.41	27.47	2.44	0.14	ÖD
	2023	37.97a	36.14a	24.93b	33.01	12.84	0.00	**
	Ortalama	35.55a	31.5a	23.67b	30.24	7.66	0.00	**
Dekara Kabuklu Meyve Verimi (kg da^{-1} (18 ağaç))	2022	68.81	56.48	48.15	57.81	2.18	0.17	ÖD
	2023	90.45a	85.95a	57.65b	78.02	13.93	0.00	**
	Ortalama	79.63a	71.21a	52.90b	67.91	5.75	0.01	*

(**) %1 önemlilik düzeyini göstermektedir. (*) %5 önemlilik düzeyini göstermektedir. ÖD: Önemli değil

Ağaçlar üzerinde yapılan çalışmalarda doğrudan meyve veriminin alınması, aynı olmayan taç hacimleri ve gövde kesit alanlarından dolayı yanıltıcı sonuçlar verebilmesinden dolayı meyve veriminin yanında, birim taç hacmine düşen meyve verimi ve birim gövde kesit alanına düşen meyve verim değerleri konuları da araştırma kapsamında incelenmiştir. Tam sulamaya göre meyve verimi, birim taç hacmine düşen meyve verimi ve birim gövde kesit alanına düşen meyve verimleri %25 su kısıtında sırasıyla %10.41, %20.94 ve %19.44, %50 su kısıtında sırasıyla %33.48, %24.55 ve %33.33 oranlarında azalış göstermişlerdir. Chandler ceviz çeşidi üzerine yürütülen çalışmalarda; 7, 8 ve 9 yıllık ağaçların ortalama verimi $7.03 \text{ kg ağaç}^{-1}$ (Sütyemez ve ark., 2021), 5 ve 6 yıllık ağaçların ortalama verimi $4.77 \text{ kg ağaç}^{-1}$ (Akça ve ark., 2018a), 5, 6 ve 7 yıllık ağaçların ortalama verimi $4.50 \text{ kg ağaç}^{-1}$ ’dan daha düşük (Akça ve ark., 2018b), 6 ve 7 yıllık ağaçların ortalama verimi $0.78\text{-}2.52 \text{ kg ağaç}^{-1}$ aralığında (Acarsoy Bilgin ve ark., 2020a), 5 yıllık ağaçların ortalama verimi $0.77 \text{ kg ağaç}^{-1}$ (Manisa ili, Demirci ilçesi) ve $4.50 \text{ kg ağaç}^{-1}$ (Manisa ili, Saruhanlı ilçesi) aralığında (Acarsoy Bilgin, 2022) olarak elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmalara göre Chandler ceviz çeşidi bulunduğu bölgeye ve ağaç yaşına göre değişik yaş aralıklarında verime sahip olabilmektedir. Koşar ve ark. (2023) tarafından Bursa koşullarında farklı üç anaç (Kaman-1, Serr ve Keles) üzerine aşı 7 yıllık olan Chandler ceviz çeşidinin dekara meyve verimi sırasıyla 96.76 , 89.28 ve 82.46 kg da^{-1} (dekara-22 ağaç) olarak belirlenmiştir. Ertürk ve ark. (2017) yine aynı koşullarda ve ortalama 6 yıllık olan Chandler ceviz çeşidinden dekara iç ceviz verimi 29.60 kg da^{-1} olarak alındığı bildirilmiştir. Bursa koşullarında elde edilen dekara kabuklu ve iç meyve verimi araştırmada elde edilen verimlerle paralellik göstermektedir. Goldhamer ve ark. (1988) farklı sulama suyu düzeyleri ile sulanan ceviz ağaçlarının bitki su tüketim ihtiyacının %33’ ünün karşılanması

halinde verimin %50.67, %66'sının karşılanması halinde ise %35 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Benzer bir araştırmada Fulton ve Burchner (2006) tarafından 2002 ve 2005 yıllarında yürütülmüş ve 3 yıllık araştırma sonucunda 1. gruba göre 2. ve 3. gruptaki ağaçlara sırasıyla %36 ve %46 oranında daha az su verilmiş ve 1. gruba göre 2. ve 3. grup meyve verimindeki azalış %21 ve %31 olarak gerçekleşmiştir. Chen ve ark. (2022) su stresinin ceviz ağaçlarına etkisini araştırdıkları çalışmada; hiç su vermedikleri (DI) konuya ait ağaçtan 794 adet meyve, Çin'de geleneksel olarak çiftçiler tarafından uygulanan sulama suyu miktarı (CI) uygulanan konuya ait ağaçtan 1374 adet meyve ve geleneksel sulamanın iki katı sulama suyu (EI) uygulanan konuya ait ağaçtan 1627 adet meyve elde edildiği bildirilmiştir. Ancak Calvo ve ark. (2022;2023) tarafından yürütülen benzer çalışmada verimde herhangi bir farklılığın ortaya çıkmadığını bunun da toprakta yeterli nem açığının oluşmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Yapılan diğer araştırmalarda farklı sulama suyu düzeylerinin verimi azalttığı (Cohen ve ark., 1997; Ma ve ark., 2014) ifade edilmiştir. Farklı su düzeylerinin meyve verimi üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar ile araştırmada belirlenen sonuçlar benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Morfolojik bulgular

Akın ve Erdem (2018) tarafından farklı sulama suyu düzeylerinin (%50, %75 ve %100) ceviz bitkisi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, taç hacmi sırasıyla 26.06, 38.81 ve 28.26 m³ ve gövde kesit alanı ise sırasıyla 146.51, 148.50 ve 113.30 cm² olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak farklı su düzeylerinin taç hacmine ve gövde kesit alanına etki etmediği ifade edilmiştir. Benzer araştırma Şen ve Erdem (2018) tarafından Badem ağaçları üzerinde yürütülmüş ve aynı sonuç elde edilmiştir. Aynı şekilde deneme konusu olan bitki için Göçmen ve Erdem (2019) tarafından farklı lateral tertip biçimleri ve farklı sulama suyu miktarları ile ceviz ağaçlarında; gövde çapı, gövde kesit alanı, taç yüksekliği, taç genişliği ve taç hacmi değerlerine etkilerini araştırmış ve araştırma sonucunda istatistiksel olarak söz konusu parametrelerin önemli olarak etkilendiği bildirilmiştir. Calvo ve ark. (2022) deneme konusu olan bitki ile iki yıl süreli dört farklı su düzeyinde taç hacmi ve gövde kesit alanlarındaki artışlara etkisini araştırmış ve araştırma sonucunda istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmadığını bu nedenle buna benzer çalışmaların farklı alanlarda yapılmasına ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir. Fulton ve Burchner (2006) tarafından Chandler ceviz çeşidinde su stresinin mevsimlik sürgün büyümesine etkileri araştırılmış ve 1. gruba göre 2. ve 3. grup mevsimlik sürgün uzunluğundaki azalış %5.70 ve %31.40 olarak gerçekleştiği bildirilmiştir. Chen ve ark. (2022) su stresinin ceviz ağaçlarına etkisini araştırdıkları çalışmada; sürgün uzunluğunun en az arttığı konunun aşırı su verilen (EI) konu olduğu ve EI konusuna göre CI konusunda %61.90, DI konusunda ise %24 daha fazla sürgün uzaması olduğunu belirtmişlerdir. Farklı su düzeylerinin ceviz bitkisinin taç hacmi ve gövde kesit alanına etkisinin araştırıldığı yukarıdaki çalışmalarda istatistiksel olarak farklılığın oluşmadığı ancak sürgün uzunluğunun istatistiksel olarak etkilendiği belirlenmiştir. Araştırmada taç hacmi ve gövde kesit alanı artışında mevcut durumun oluşması konular arasındaki meyve yükünün farklılığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Söz konusu yapılan bu çalışmalarda elde edilen sonuçlarla araştırmada bulunan sonuçlar benzerlik göstermiştir. Araştırmada farklı su düzeyleri için elde edilen sürgün uzunlukları tam sulamaya göre sırasıyla %22.58 ve %35.48 oranında azalmıştır. Su stresine göre sürgün uzunluğunda oluşan azalma oranına benzer durum verim değerlerinde de oluşmuştur. Ayrıca, Fulton ve Buchner (2015) mayıs ve haziran aylarında yeni filizlerin büyüdüğü ve bunun ceviz verimi için önemli olduğu ve yetersiz sulama sonucunda çiçek tomurcuğu sayısının düşeceği ve sudaki %20-50 arasındaki su kısıtının verimi ciddi şekilde etkileyeceği ifade edilmiştir.

Çizelge 4. Sulama konularına göre morfolojik bulgulara ait sonuçlar

Table 4. Results of morphological findings according to irrigation issues

Parametreler	Yıl	D1	D2	D3	Ortalama	F	P	Önemlilik
Taç Hacmi (m ³)	2022	12.82	14.22	12.16	13.07	1.12	0.38	ÖD
	2023	20.07ab	23.55a	16.63b	20.08	4.31	0.05	*
	Ortalama	16.45	18.88	14.40	16.58	1.86	0.18	ÖD
Taç Hacmi Yıllık Artış Oranı (%)	2022	88.43	76.52	42.75	69.23	2.29	0.16	ÖD
	2023	59.60	67.45	36.40	54.48	1.32	0.32	ÖD
	Ortalama	74.01a	71.99a	39.58b	61.86	3.51	0.05	*
Gövde Kesit Alanı (cm ²)	2022	106.10	120.66	106.06	110.94	1.13	0.36	ÖD
	2023	136.29b	155.72a	132.37b	141.46	4.24	0.05	*
	Ortalama	121.19	138.19	119.21	126.20	1.98	0.16	ÖD
Gövde Kesit Alanı Yıllık artış oranı %	2022	23.09	19.58	25.48	22.72	0.50	0.62	ÖD
	2023	30.19b	45.98a	26.32b	34.16	6.05	0.02	*
	Ortalama	26.64	32.78	25.90	28.44	0.87	0.44	ÖD
Sürgün Uzunluğu (m)	2022	0.28	0.25	0.20	0.24	2.54	0.13	ÖD
	2023	0.33a	0.24ab	0.21b	0.26	4.67	0.04	*
	Ortalama	0.31a	0.24b	0.20b	0.25	7.46	0.01	**

(**) %1 önemlilik düzeyini göstermektedir. (*) %5 önemlilik düzeyini göstermektedir. ÖD: Önemli değil

Pomolojik ölçümler

Chandler ceviz çeşidinin meyve özellikleri ve boyutları için yapılan bazı çalışmalarda ağırlık, iç ağırlık, randıman, kabuk kalınlığı, meyve boyutları (yükseklik, kalınlık ve en), sırasıyla; 10.27 g, 4.51 g, %44.00, 1.05 mm ve 38.74-31.95-31.63 mm (Çoban, 2020), 9.20 g, 3.90 g, %43.60, 1.17 mm ve 35.70-32.20-31.70 mm (Hassani et al., 2020), 11.74 g, 5.63 g, %48.00, 1.58 mm ve 39.85-33.81-32.09 mm (Acarsoy Bilgin & Mısırlı, 2024), 12.36 g, 5.73 g, %43.92, 1.98 mm ve 39.08-35.11-33.67 mm (Ahi Koşar ve ark., 2023) olarak bulunmuştur. Ertürk ve ark. (2017) şekil indeksinin 1.22 ve meyve şeklinin yuvarlak, Demir ve ark. (2018) şekil indeksinin 1.20 ve meyve şeklinin yuvarlak olduğunu belirlemişlerdir. Cohen ve ark. (1996) tarafından İspanya’da 5 yaşlı Serr ceviz çeşidinin farklı su uygulamalarına karşı meyve verim ve kalitesine etkilerini araştırdıkları çalışmada, meyve kabuk ağırlığının ilk yıl 5.55-5.91 g, ikinci yıl 5.09-5.77 g aralığında olduğu ve ilk yıl istatistiksel bir farklılığın olmadığını ikinci yıl ise en yüksek ağırlığın tam sulamanın yapıldığı konuda oluştuğunu bildirmişlerdir. Guiqing ve ark. (2024) tarafından Çin’de yetişen altı çeşit arasında Çin’de geleneksel olarak çiftçiler tarafından uygulanan sulama suyu miktarı ve geleneksel olarak uygulanan sulama suyu miktarının yarısı kadar uygulanan sulama suyu miktarının meyve ağırlığına, meyve boyutlarına ve meyve büzüşme oranına etkisi araştırılmış ve altı çeşit içinde dört çeşitte istatistiksel bir farklılığın tespit edilmediği sadece iki çeşitte istatistiksel farklılık olduğu belirtilmiştir. Chen ve ark. (2022) su stresinin meyve boyutlarına etkisinin sınırlı olduğunu ifade etmişlerdir. Yürütülen çalışmada meyve boyutlarına su stresinin etkisinin az, ancak meyve ağırlığı ve iç ağırlığa etkisinin fazla olduğu bunun yanında yıllar arasında oluşmuş farklılığın meyve yükü, Mayıs ayı yağış miktarları ve yıllar arasındaki sıcaklık farkı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Yürütülen çalışmada; meyve ağırlığı, iç ağırlık, kabuk ağırlığı ve kabuk kalınlığı yetersiz sulamadan etkilenerek azaldığı, meyve boyutlarının %25 sulama suyu kesintisine kadar etkilenmediği ancak kesintinin %50 olduğunda olumsuz şekilde etkilendiği sonucunu ortaya çıkardığı belirlenmiştir.

Chandler ceviz çeşidini yapılan çalışmalarda meyve iç renginin genel olarak açık ve ekstra açık olduğu bildirilmiştir (Hassani et al.2020; Manthos & Rouskas, 2021; Çoban, 2020). Akça (2012) meyve iç renginin %70-100 aralığında açık olması gerektiğini bildirmiştir.

Acarsoy Bilgin ve ark. (2020b) yapılan araştırmada Chandler ceviz çeşidinin iç kararlık oranının %10-30 aralığında ve iç büzüşme oranının ise %13.33-32.50 aralığında olduğu belirtilmiştir. Guiqing ve ark. (2024) su stresinin meyve

büzüşme oranına etkisini araştırmış ve altı çeşit içinde sadece iki çeşitte istatistiksel farklılık olduğunu bildirmişlerdir. Tam sulamadan sonra içte kararma ve büzüşme oranları artmış ancak meyve rengi su stresinden etkilenmemiştir.

Çizelge 5. Seçilen konularına göre elde edilen meyve özellikleri ve boyutlarına ait sonuçlar

Table 5. Results of fruit characteristics and sizes obtained according to irrigation issues

Parametreler	Yıl	D1	D2	D3	Ortalama	F	P	Önemlilik
Meyve ağırlığı (g)	2022	11.34a	10.06b	9.73b	10.37	8.65	0.01	**
	2023	10.66a	10.28a	9.29b	10.08	6.26	0.02	*
	Ortalama	11.00a	10.17b	9.51c	10.23	12.83	0.00	**
Meyve Kalınlık (mm)	2022	33.71	33.62	32.45	33.25	3.17	0.09	ÖD
	2023	32.78a	33.08a	31.64b	32.50	6.74	0.02	*
	Ortalama	33.24a	33.35a	32.04b	32.88	7.18	0.01	**
Meyve Eni (mm)	2022	32.60	32.50	31.43	32.18	2.39	0.15	ÖD
	2023	32.58	32.61	31.29	31.82	2.73	0.12	ÖD
	Ortalama	32.09ab	32.55a	31.36b	32.00	4.12	0.03	*
Meyve Yüksekliği (mm)	2022	38.49	39.42	37.74	38.55	2.29	0.16	ÖD
	2023	40.22a	40.21a	38.62b	39.68	9.93	0.01	**
	Ortalama	39.36a	39.81a	38.18b	39.16	5.19	0.02	*
İç Ağırlığı (g)	2022	5.44a	4.79b	4.53b	4.92	12.87	0.00	**
	2023	4.48	4.33	4.01	4.27	4.18	0.05	ÖD
	Ortalama	4.96a	4.56ab	4.27b	4.60	5.11	0.02	*
Kabuk Ağırlığı (g)	2022	5.90a	5.27b	5.20b	5.46	5.33	0.03	*
	2023	5.87a	5.53ab	4.93b	5.44	4.86	0.04	*
	Ortalama	5.89a	5.40b	5.06b	5.45	9.65	0.00	**
Kabuk Kalınlığı (mm)	2022	1.40a	1.24b	1.34a	1.32	10.28	0.01	**
	2023	1.42	1.36	1.30	1.36	2.24	0.16	ÖD
	Ortalama	1.41a	1.30b	1.32b	1.34	5.16	0.02	*
Randıman (%)	2022	48.01	47.62	46.56	47.39	4.01	0.06	ÖD
	2023	41.99	42.14	43.14	42.42	0.80	0.48	ÖD
	Ortalama	45.00	44.88	44.85	44.91	0.01	0.99	ÖD
Şekil İndeksi	2022	1.16b	1.19a	1.18ab	1.18	4.96	0.04	*
	2023	1.25a	1.22b	1.23b	1.23	4.98	0.04	*
	Ortalama	1.21	1.21	1.20	589.83	0.02	0.98	ÖD

(**) %1 önemlilik düzeyini göstermektedir. (*) %5 önemlilik düzeyini göstermektedir. ÖD: Önemli değil

Çizelge 6. Meyvede iç renk, içte kararma ve içte büzüşme oranı

Table 6. Internal color, internal darkening and internal shrinkage rate in fruit

Yıl	Uygulama	İç Rengi				İçte Kararma %					İçte büzüşme Oranı %				
		Ekstra Açık	Açık	Orta	Koyu	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2022	D1	75	25	0	0	92	8	0	0	0	67	32	1	0	0
	D2	30	59	10	1	46	48	4	1	1	39	46	11	3	1
	D3	55	39	3	3	76	20	1	0	3	54	42	1	0	3
2023	D1	88	12	0	0	75	24	1	0	0	75	21	4	0	0
	D2	82	18	0	0	66	32	2	0	0	67	32	1	0	0
	D3	94	6	0	0	69	31	0	0	0	62	35	3	0	0

Meyve kimyasal analiz sonuçları

Büyüksolak (2019) Chandler ceviz çeşidine ait bazı özelliklerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada iç ceviz meyvesine ait nem %3.14-3.25, kuru madde %96.74-96.86, kül %1.60-1.70, yağ %61.73-65.91 ve protein içeriği %14.81-17.25 aralığında tespit edilmiştir. Çoban (2020) tarafından deneme konusu olan araştırma bitkisinin yağ içeriği %51.36 ve protein içeriği %14.59 olarak belirlenmiştir. Yapılan bazı diğer çalışmalarda cevizde yağ miktarı %53.58-56.99 (Bayazıt & Sümbül, 2012), %62.60-70.30 (Savage, 2001), %64.33-72.10 (Yi ve ark., 2017) ve protein miktarı %14.08-19.23 ve %13.60-18.10 (Yi ve ark., 2017; Savage, 2001) aralığında olduğu bildirilmiştir. Şen (2017) tarafından cevizde yağ oranının gelen olarak ortalama %65 olduğu bununda bazı çeşitlerde %70'in de üzerine çıkabileceği ve %15.20 oranında da protein olduğu ifade edilmiştir. Yürütülen çalışmada nem, kuru madde, kül, yağ ve protein miktarları ortalamaları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 7. İç ceviz kimyasal içerikleri

Table 7. Results of kernel chemical contents

Parametreler	Yıl	D1	D2	D3	Ortalama	F	P	Önemlilik
Nem Miktarı (%)	2022	3.01b	3.90a	3.63a	3.51	5.81	0.02	*
	2023	3.25	3.03	2.97	3.09	0.56	0.59	ÖD
	Ortalama	3.13	3.47	3.30	3.30	0.90	0.42	ÖD
Kuru Madde Miktarı (%)	2022	96.99a	96.10b	96.37b	96.49	5.81	0.02	*
	2023	95.50	96.97	97.03	96.50	0.96	0.42	ÖD
	Ortalama	96.24	96.54	96.70	96.49	0.25	0.78	ÖD
Kül Miktarı (%)	2022	1.94	2.01	2.04	2.00	0.41	0.68	ÖD
	2023	1.49	1.60	1.68	1.59	0.82	0.47	ÖD
	Ortalama	1.72	1.81	1.86	1.79	0.55	0.59	ÖD
Yağ Miktarı (%)	2022	75.30	70.12	69.26	71.56	2.35	0.15	ÖD
	2023	68.65	68.40	67.89	68.32	0.07	0.94	ÖD
	Ortalama	71.98	69.26	68.58	69.94	1.59	0.23	ÖD
Protein Miktarı (%)	2022	15.39	13.50	13.37	14.09	0.66	0.54	ÖD
	2023	17.65	16.53	16.32	16.83	1.04	0.39	ÖD
	Ortalama	16.52	15.02	14.85	15.46	1.07	0.36	ÖD

(**) %1 önemlilik düzeyini göstermektedir. (*) %5 önemlilik düzeyini göstermektedir. ÖD: Önemli değil

Uygulanan sulama suyu miktarı, dönemlik bitki su tüketimi ve su kullanım etkinliği

2022 yılında D1, D2 ve D3 konuları için sırasıyla 891.00 mm, 669.00 mm ve 446.00 mm sulama suyu miktarı uygulanmış ve 1024.60 mm, 809.60 mm ve 590.60 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Bitki su tüketimi değeri ilk sulamanın yapıldığı 18.06.2022 ve 17.10.2022 tarihinde yapılan hasat zamanına kadar geçen dönemi içermektedir. 2023 yılında ise D1, D2 ve D3 konuları için sırasıyla 944.00 mm, 708.00 mm ve 473.00 mm sulama suyu miktarı uygulanmış ve 928.00 mm, 678.00 mm ve 438.00 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Bitki su tüketimi değeri ilk sulamanın yapıldığı 16.06.2023 ve 22.10.2023 tarihinde yapılan hasat zamanına kadar geçen dönemi içermektedir. Su kullanım etkinliği 2022 ve 2023 yılları için istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Göçmen ve Erdem (2019) tarafından genç ceviz ağaçlarında (1 ve 2 yaşlı) yaptıkları çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından oluşan buharlaşmanın %75, %100 ve %125' inin uygulandığı konularda sulama miktarına göre bitki su tüketimini 2015 yılında 726.10 mm ile 983.90 mm, 2016 yılında da 604.90 mm ile 905.70 mm aralığında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Calvo ve ark. (2022) farklı sulama suyu düzeyi (%50, %75, %100 ve %125) için araştırmanın ilk yılında sırasıyla 340.00, 452.00, 596.00 ve 761.00 mm, ikinci yılında 363, 483, 636 ve 813 mm sulama suyu uygulandığını, bitki su tüketiminin araştırmanın ilk yılında sırasıyla 474.00, 586.00, 730.00 ve 895.00 mm, ikinci yılında 443.00, 563.00, 716.00 ve 893.00 mm olduğunu bildirmişlerdir. Chen ve ark. (2022) Çin'de geleneksel

olarak ceviz ağaçlarının 6 kez sulandığını ve her sulamada ise 1 800.00 m³/hm² sulama suyu uygulandığını bildirmişlerdir.

Çizelge 8. Uygulanan sulama suyu, dönemlik bitki su tüketimi ve su kullanım etkinliği

Table 8. Applied irrigation water, seasonal plant water consumption and water use efficiency

Parametreler	Yıl	D1	D2	D3	Ortalama	F	P	Önemlilik
Sulama suyu miktarı (mm)	2022	891.00	669.00	446.00	668.70			
	2023	944.00	708.00	473.00	708.30			
	Ortalama	917.50a	688.50b	459.50c	688.50	870.70	0.00	**
Dönemlik Bitki Su Tüketimi (mm)	2022	1 024.60	809.60	590.60	808.27			
	2023	1 051.60	830.60	599.60	827.27			
	Ortalama	1 038.1a	820.10b	595.10c	817.77	3294.60	0.00	**
Su Kullanım Etkinliği (kg ağaç-1)	2022	0.004	0.004	0.005	0.004	0.89	0.44	ÖD
	2023	0.005	0.006	0.005	0.005	2.15	0.17	ÖD
	Ortalama	0.004	0.005	0.005	0.005	1.02	0.38	ÖD

(**) %1 önemlilik düzeyini göstermektedir. (*) %5 önemlilik düzeyini göstermektedir. ÖD: Önemli değil

Sonuç olarak; D1: %100, D2: %75 ve D3: %50 olmak üzere farklı düzeylerde uygulanmış sulama suyu miktarının cevizin verim, gelişim ve kalite parametrelerine etkisini araştırmak üzere iki yıl boyunca yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıda farklı değerlendirmelere göre özetlenmiş ve elde edilen sonuçlar ışığında bazı öneriler sunulmuştur.

Elde edilen verimlere ilişkin sonuçlar

Sulama suyu düzeyine ilişkin en yüksek ağaç verimi, birim taç hacmine düşen meyve verimi, gövde kesit alanına düşen meyve verimi, dekara iç ceviz verimi ve dekara kabuklu meyve verimi tam sulamanın yapıldığı D1 konusundan elde edilmiştir. Söz konusu verimler büyükten küçüğe doğru D1, D2 ve D3 konusu şeklinde sıralanmıştır. Sulama suyunda yapılan kısıtlamalar verim azalmalarına neden olmuştur. Ağaç başına elde edilen meyve verimi, birim taç hacmine düşen meyve verimi, gövde kesit alanına düşen meyve verimi, dekara iç ceviz verimi ve dekara kabuklu meyve veriminde D1 konusuna göre sırasıyla D2 konusunda %10.41, %20.94, %19.44, %11.27 ve %10.57, D3 konusunda ise %33.48, %24.55, %30.56, %33.42 ve %33.57 oranında verim azalması olmuştur.

Bitki morfolojisine ilişkin sonuçlar

Tam sulamanın yapıldığı D1 konusunda sürgün uzunluğu ve yıllık taç hacmi artış oranı en fazla artış göstermiş, bunu D2 ve D3 konuları izlemiştir. Yıllık gövde kesit alanı artışında en fazla artış tam sulamaya göre %75 sulamanın yapıldığı D2 konusunda gerçekleşmiş, bunu D1 ve D3 konusu takip etmiştir. Yıllık gövde kesit alanındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Bitki pomolojisine ilişkin sonuçlar

Sulama suyu miktarındaki artış meyve ağırlığı, iç ağırlık, kabuk ağırlığı ve kabuk kalınlığı değerlerinde konulara göre paralel olarak artış sağlamıştır. Araştırmada söz konusu meyve ağırlığı, iç ağırlık, kabuk ağırlığı ve kabuk kalınlığı açısından yapılan değerlendirmede konular D1, D2 ve D3 şeklinde büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Meyve boyutları yönünden istatistiksel olarak D1 ve D2 aynı gruplandırılmış ve D3 ise farklı gruplandırılmıştır. Sulama suyu miktarının %75 ve %100 uygulanması meyve boyutlarına çok fazla etki etmezken, sulama suyu miktarı tam sulamanın yarısı uygulanan D3 konusunda yaklaşık %4'e varan çap azalmaları olmuştur. Meyvede iç renk, içte

kararma ve içte büzüşme tam sulamanın yapıldığı D1 konusunda D2 ve D3 konularına göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Meyvede kimyasal analizlere ilişkin sonuçlar

Sulama suyu miktarındaki değişimin kuru madde miktarı, kül miktarı, protein miktarı ve yağ miktarına istatistiksel olarak etki etmediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak; ceviz bitkisi yıllık bitki su tüketimi 1 000 mm'nin üstünde olması ve ülkemizde kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunmasından dolayı tamamlayıcı sulama suyu uygulanması gerekmektedir. Tam sulama suyu uygulanmadığı takdirde bitki veriminin, bitki gelişiminin ve meyve kalitesinin olumsuz etkilendiği bilinmelidir. Tam sulamaya oranlanarak yapılan %75 sulama suyu uygulamasında %10.40 ve %50 sulama suyu uygulaması konusunda da %33.50 oranında verim kaybı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre sulamanın ceviz bitkisinin veriminde ne denli önemli olduğu ve Türkiye'de elde edilen verim miktarlarının dünya ortalamasının altında seyretmesinin başlıca sebeplerden biri olarak yetersiz sulama suyundan kaynaklandığı ve bu nedenle ekonomik olarak ceviz yetiştiriciliği yapılması düşünülen alanlarda yeterli sulama suyunun bulunması, aksi takdirde sulama suyunun yetersiz olduğu alanlarda ceviz yetiştiriciliğinin yapılmaması, ancak bir miktar verim düşüklüğünün kabul edilmesi halinde su kısıtının %25'i geçmeyecek şekilde yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK danışmanlığında ve Şakir TUNÇ tarafından Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda yürütülen "Farklı Sulama Suyu Kalitesi ve Sulama Düzeylerinin Cevizin (*Juglans regia* L.) Gelişimi, Verimi ve Kalitesine Etkileri" isimli doktora tezine ait sonuçlarının bir bölümünden oluşmaktadır. Tez jürisinde bulunan Prof. Dr. Veli ERDOĞAN ve Prof. Dr. Gülözar Duygu SEMİZ'e teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını ve başvuru anı itibarı ile aynı anda başka bir dergiye veya başka bir yayın merkezine gönderilmediğini veya inceleme altında olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın doktora tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Acarsoy Bilgin, N., Mısırlı, A., & Şen, F. (2020a). Cevizde (cv. Chandler) kompoze mikrobiyal gübre kullanımının verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması. *Ziraat Mühendisliği*, 370, 84-93. <https://doi.org/10.33724/zm.731026>
- Acarsoy Bilgin, N., Yağız, Y., & Mısırlı, A. (2020b). Yapraktan bazı besin elementi uygulamalarının 'Chandler' ceviz çeşidinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Ziraat Mühendisliği*, 371, 51-58. <https://doi.org/10.33724/zm.728414>

- Acarsoy Bilgin, N. (2022). Effects of foliar applications on nutrient concentrations of kernel, pomological properties and yield of 'Chandler' walnut variety at different altitudes. *Journal of Agricultural Sciences*, 28 (4), 603-612. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.925268>
- Acarsoy Bilgin, N., & Mısırlı, A. (2024). "Chandler" ceviz çeşidinde farklı yüksekliklerin fındık özellikleri ve verim üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60 (4), 639-646. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1266186>
- Ahı Koşar, D., Koşar, M., Utku, Ö., Mert, C., & Ertürk, Ü. (2023). The performance of some walnut (*Juglans regia*) cultivars in the conditions of Bursa, Turkey. *Journal of Agricultural Sciences-Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 589-603.
- Akça, Y. (2012). *Ceviz yetiştiriciliği*. Uyum Ajans. Anıt Matbaa. Ankara. ss. 328.
- Akça, Y., Özyurt, İ. K., & Kaplan, E. (2018a). Bazı yerel ve yabancı ceviz çeşitlerinin karşılaştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (JAFAG)*, 35 (3), 290-296. <https://doi.org/10.13002/jafag4449>
- Akça, Y., Özyurt, İ.K., & Kaplan, E. (2018b). Comparison of some local and foreign walnut cultivars. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (3), 290-296. <https://doi.org/10.13002/jafag4449>
- Akin, S., & Erdem, T. (2018). Water use of walnut trees under different irrigation regimes. *Journal of Applied Horticulture*, 20 (1), 60-63.
- Aksoy, A., Kaymak, H.Ç., & Avcioğlu, Ü. (2020). Walnut (*Juglans regia* L.) trade: competition power of turkey with balkan countries. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 20 (4), 11-18.
- Anonymous (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. (Ed: L.A. Richards) US Salinity Lab. Agric. Handbook No:60.
- Anonymous (1976). United states standards for grades of walnuts (*Juglans regia*) in the shell, Department of Agriculture Agricultural, Marketing Service, Fruit and Vegetable Division, Fresh Products Branch, Reprinted- January 1997, USA.
- Anonymous (2024a). FAOSTAT, Word production data. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> by July 24, 2024.
- Anonymous (2024b). TÜİK bitkisel üretim istatistikleri. Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tabloları-2023-53451> by July 24, 2024.
- Anonymous (2024c). Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Bingöl İl Meteoroloji Müdürlüğü, Bingöl.
- Arab, M.M., Askari, H., Aliniaiefard, S., Mokhtassi-Bidgoli, A., Estaji, A., Sadat-Hosseini, M., Sohrabi, S.S., Mesgaran, M.B., Leslie, C.A., Brown, P.J., & Vahdati, K. (2023). Natural variation in photosynthesis and water use efficiency of locally adapted Persian walnut populations under drought stress and recovery. *Plant Physiology and Biochemistry*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107859>
- Ayyıldız, A. (1976). *Sulama suyu kalitesi ve sulamada tuzluluk problemleri*. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Bayazit, S., & Sumbul, A. (2012). Determination of fruit quality and fatty acid composition of Turkish walnut (*Juglans regia*) cultivars and genotypes grown in subtropical climate of eastern Mediterranean region. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14 (3).
- Bülbül, R., Eren, S., Tepeli, E., Uyan, A., Çelik, M.Y., Gültekin, E. & Ayyıldız, Z. (2012). Toprak bitki su ilişkileri ve endüstri ve kültür bitkilerinin sulanması. Adana Zirai Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Adana.
- Büyüksolak, Z.N. (2019). Uşak ili Eşme ilçesinde farklı yükseltilerde yetiştirilen chandler ceviz çeşidi meyvelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta).

- Calvo, F.E., Silvente, S.T., & Trentacoste, E.R. (2023). A mini review of the impacts of deficit irrigation strategies for walnut (*Juglans regia* L.) production in semiarid conditions. *Irrigation Science*, 41 (4), 501-509. <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00815-w>
- Calvo, F.E., Trentacoste, E.R., & Silvente, S.T. (2022). Vegetative growth, yield, and crop water productivity response to different irrigation regimes in high density walnut orchards (*Juglans regia* L.) in a semi-arid environment in Argentina. *Agricultural Water Management*, 274, N.PAG. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107969>
- Calvo, F.E., Silvente, S.T., & Trentacoste, E.R. (2023). Leaf biochemical and kernel metabolite profiles as potential biomarkers of water deficit in walnut (*Juglans regia* L.) cv. chandler. *Sustainability (Switzerland)*, 15 (18). <https://doi.org/10.3390/su151813472>
- Chen, T., Xu, G., Li, J., & Hu, H. (2022). Hydraulic trait variation with tree height affects fruit quality of walnut trees under drought stress. *Agronomy*, 12 (7), 1647. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071647>
- Cohen, M., Valancogne, C., Dayau, S., Ameglio, T., Cruiziat, P., & Archer, P. (1996). Yield and physiological responses of walnut trees in semi-arid conditions: application to irrigation scheduling. *In II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*, 449, 273-280.
- Çakmak, B., & Çolak, M.S. (2018). Climate change, wather resources and food safety. 1. *İnternational GAP Agriculture and Livestock Congres*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye. ss 135-143.
- Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2011). İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 87-95.
- Çiftçi, K., & Gökce, O. (2006). İzmir ve Manisa illerinde ceviz yetiştiriciliğinin sosyo-ekonomik yönü ve sorunları üzerine bir araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 16 (1), 7-17.
- Çoban, İ. (2020). Chandler, kaman-1 ve midland ceviz (*Juglans regia*) çeşitlerinin fenolojik, pomolojik ve biyokimyasal özelliklerinin karşılaştırılması (Master's thesis, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi).
- Demir, B., Sayıncı, B., Çetin, N., Yaman, M., Çömlek, R., Aydın, Y., & Sütyemez M. (2018). Elliptic Fourier based analysis and multivariate approaches for size and shape distinctions of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Grasas Y Aceites*, 69 (4), e271. <https://doi.org/10.3989/gya.0104181>
- Doğan D., & Yıldız, H. (2019). Ceviz yetiştiriciliğine uygun alanlar üzerine iklim değişikliği senaryolarının etkisi. *Alatarım*, 18 (2), 100-107.
- Er, E., Akyüz, B., Öztürk, A., & Serdar, Ü. (2017). Cevizde çeşit değiştirme: kabukaltı aşısı. *Bahçe*, 46 (Özel Sayı 2), 307-312.
- Erdem, T., Şener, M., Çoşkun, Z., Yaşasın, A.S., Yenigün, S.D., Göçmen, E., & Salbaş B. (2018). TÜBİTAK. Proje Grubu: TOVAG Sayfa Sayısı: 135 Proje No: 1140532.
- Ertürk, Ü., Mert, C., Utku, Ö., & Kaya, O. (2017). Bursa koşullarında yetiştirilen yerli ve yabancı ceviz çeşitlerinin meyve özelliklerinin değerlendirilmesi. *Bahçe*, 46 (Özel Sayı 2), 47-52.
- Fulton, A., & Buchner, R. (2006). The effect of water stress on walnut tree growth, productivity and economics. J.UCEC University of California.
- Fulton, A., & Buchner, R. (2015). Drought tip: Drought strategies for California walnut production. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8533>
- Goldhamer, D.A., Beede, R., Sibbett, S., DeJong, T.M., Ramos, D., Phene, R.C., & Doyle, J. (1988). Third year effects of deficit irrigation on walnut tree performance. *Walnut Research Reports*, 42-52.
- Göçmen, E., & Erdem, T. (2019). Tekirdağ koşullarında farklı lateral tertip biçimi ve sulama suyu uygulamalarının genç ceviz ağaçlarının su kullanımı ve vejetatif gelişme parametrelerine etkileri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16 (2), 181-191. <https://doi.org/10.33462/jotaf.534428>
- Guiqing, X., Jinyao, L., Haifang, H., & Tuqiang, C. (2024). Effect of deficit irrigation on physiological, morphological and fruit quality traits of six walnut tree cultivars in the inland area of Central Asia. *Scientia Horticulturae*, 329, N.PAG. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112951>

- Güngör, Y., Erözel, A.Z. & Yıldırım, O. (2018). *Sulama*. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara. ss. 292.
- Hassani, D., Mozaffari, M. R., Soleimani, A., Dastjerdi, R., Rezaee, R., Keshavarzi, M., Vahdati, K., Fahadan, A., & Atefi, J. (2020). Four new Persian walnut cultivars of Iran: Persia, Caspian, Chaldoran, and Alvand. *HortScience horts*, 55 (7), 1162-1163. Retrieved Sep 9, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15044-20>
- Jerszurki, D., Couvreur, V., Hopmans, J., Maxwell, T., Matsumoto, N., Shackel, K., Silva, L.D.C.R., & de Souza, J.L. M. (2017). Impact of root growth and hydraulic conductance on canopy carbon-water relations of young walnut trees (*Juglans regia* L.) under drought. *Scientia Horticulturae*, 226, 342-352. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.051>
- Jiayu, M., Dongjun, Z., Xuedong, Z., Haochen, L., Hang, Y., Nijing, Z., Mengdi, L., Meng, D., Fangdong, G., Huijuan, Z., & Peng, Z. (2024). Genome-wide identification analysis of the 4-Coumarate: CoA ligase (4CL) gene family expression profiles in *Juglans regia* and its wild relatives *J. Mandshurica* resistance and salt stress. *BMC Plant Biology*, 24 (1), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04899-8>
- Kacar, B. (2016). *Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri*. Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). *Bitki analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B., & Katkat, A.V. (2018). *Bitki besleme*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A.V., & Öztürk, Ş. (2020). *Bitki fizyolojisi*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kanber, R. (2015). *Sulama*. Çukurova Üniversitesi Yayınları, Adana.
- Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S., & Yılmaz, N. (2005). Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3 (7), 213-251.
- Kanber, R., Steduto, P., Aydın, Y., Ünlü, M., Özmen, Ç., Özekici, B., Diker, K., & Sezen, M.S. (2004). Damla sulama sistemiyle fertigasyon uygulamalarının antepfıstığında gelişme, verim ve periyodisiteye etkisinin incelenmesi. TÜBİTAK. Proje No:TARP-1825, Adana.
- Kaşka, N., Güleriyüz, M., Kaplankıran, M., Kafkas, S., Ercişli, S., Eşitken, A., ... & Akçay, E. (2005). Türkiye meyveciliğinde üretim hedefleri. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7.
- Koşar, M.B., Koşar, D.A., Sönmez, E., & Ertürk, Ü. (2023). "Chandler" ceviz (*Juglans regia* L.) çeşidinin fenolojik ve pomolojik özellikleri üzerine farklı çöğür anaçlarının etkisi. *Journal of the Institute of Science & Technology / Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 13 (2), 726-735. <https://doi.org/10.21597/jist.1223902>
- Köksal, A.I., Yıldırım, O., Dumanoglu, H., Güneş, N., & Kadayıfçı, A. (1996). Bodur elma çeşitlerinde farklı sulama yöntemi ve sulama suyu miktarlarının gelişme verim ve kaliteye etkisi. TÜBİTAK. Proje No: TOAG-901, Ankara.
- Ma, H.B., Li, M.M., Ren, J.J., Li, B.G., & Qi, G.H. (2014). Effects of different irrigation amounts on water use of precocious walnuts. *Applied Mechanics and Materials*, 651, 1423-1431.
- Manthos, I., & Rouskas, D. (2021). 'Ourania' Walnut. *HortScience horts*, 56 (4), 521-522. Retrieved Sep 9, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15610-20>
- Orman, E., Tosun, İ., Akçay, M.E., Erdoğan, V., & Akça, Y. (2017). Bazı yerli ve yabancı ceviz çeşitlerinde soğuklama süresinin ve dona mukavemetin belirlenmesi. *Bahçe*, 46 (Özel Sayı 2), 313-324.
- Pezikoğlu, F., Öztürk, M., Tosun, İ., & Akça, Y. (2012). Seçilmiş bazı illerde kapama ceviz bahçelerinin üretim ve pazarlama yapısı. *Bahçe*, 41 (2), 23-35.
- Pugnaire, F.I., Sarrano, L., & Pardos, J. (1999). *Constraints by water stress on plant growth*. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York. pp. 271-283.
- Savage, G.P. (2001). Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. *Plant Foods for Human Nutrition*, 56, 75-82.
- Soveili, S., & Khadivi, A. (2023). Selecting the superior late-leaving genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) using morphological and pomological evaluations. *BMC Plant Biology*, 23 (1), 379. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04386-6>

- Sütyemez, M., Bükücü, Ş.B., & Özcan, A. (2021). 'Helete Günesi', a new walnut cultivar with late leafing, early harvest date, and superior nut traits. *Agriculture*, 11 (10), 991. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100991>
- Şen, S.M. (1980). Kuzeydoğu anadolu ve doğu karadeniz bölgesi cevizlerinin seleksiyon yoluyla ıslahı üzerinde araştırmalar, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü (Doçentlik Tezi), Erzurum.
- Şen, S. M., Kazankaya, A., Yarılgac, T. & Doğan, A. (2006). *Bahçeden mutfağa ceviz*. Maji Yayınları, Ankara.
- Şen, S.M. (2017). Cevizin besin değeri ve sağlıklı beslenmedeki önemi. *Bahçe*, 46 (Özel Sayı 2), 1-9.
- Şen, F., Bilgin, S., Özek, E., & Acarsoy Bilgin, N. (2018). Bazı ceviz çeşitlerinin menemen ekolojisinde morfolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 31-39.
- Şen, M.Y., & Erdem, T. (2018). Farklı sulama suyu uygulamalarının badem ağaçlarının su kullanımı ve vegetatif gelişme parametrelerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 86-94.
- Şimşek, H., Akça, Y., Ünlükara, A., & Çekiç, Ç. (2017). Şebin ceviz çeşidinin stres koşullarına dayanımının belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 34 (Ek Sayı), 141-150. <https://doi.org/10.13002/jafag4416>
- Şimşek, M., & Gülsoy, E. (2016). Ceviz ve içerdiği yağ asitlerinin insan sağlığı açısından önemi üzerine yapılan bazı çalışmalar. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 6 (4).
- Taiz, L., Eduardo, Z., Möller, I.M. & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development*. Oxford Publishing. Oxford. pp. 761.
- Vahdati, K., Arab, M.M., Sarikhani, S., Sadat-Hosseini, M., Leslie, C.A., & Brown, P.J. (2020). *Advances in Persian walnut (Juglans regia L.) breeding strategies (Vol. 4)*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5_11
- Yıldırım, Y.E., & Kodal, S. (1998). Ankara koşullarında sulamanın mısır verimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 65-70.
- Yi, J., Sun, Y., Zhu, Z., Liu, N., & Lu, J. (2016). Near-infrared reflectance spectroscopy for the prediction of chemical composition in walnut kernel. *International Journal of Food Properties*, 20 (7), 1633-1642. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1217006>
- Yurtseven, E., Semi, G.D., Avcı, S. & Çolak, M.S. (2020). Tarımda su ve tuzluluk yönetimi. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye*. ss. 119-140.
- Wang, B., Zhang, J., Pei, D., & Yu, L. (2021). Combined effects of water stress and salinity on growth, physiological, and biochemical traits in two walnut genotypes. *Physiologia plantarum*, 172 (1), 176-187. <https://doi.org/10.1111/ppl.13316>

Development of vegan cookies using composite flour and determination of their principal quality characteristics

Kompozit un kullanılarak vegan bisküvilerin geliştirilmesi ve bunların temel kalite özelliklerinin belirlenmesi

Emir Ayşe ÖZER¹ , Neslihan ÖZBULDU¹ , Nasra ÇOBAN¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Hatay, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 07.10.2024 Accepted / Kabul: 20.12.2024 Keywords: Vegan Cookie Principal quality characteristics Response surface method Anahtar Kelimeler: Vegan Kurabiye Temel kalite özellikleri Tepki yüzey yöntemi ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Emir Ayşe ÖZER ayseoz@mkcu.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	The aim of this study was to investigate and optimise the quality characteristics of cookies that can be consumed by vegans and individuals of all age groups. The study was designed by using the Response Surface Method, in which oil mixture (A) and bean flour (B) were selected as independent variables. The maximum and minimum ranges of these variables were determined as 10.0-25.0% for A and 0.0-100.0% for B. Variable A was a 1:1 mixture of olive oil and sunflower oil. Oat flakes and whole wheat flour in a 1.0:1.5 ratio were used in formulations with a variable B of less than 100 g. The effects of oil mixture and composite flour of beans, oat flakes and whole wheat on physical and sensory properties of cookies were investigated. As a result of the experimental design, the optimum production conditions were determined as 25.0 g oil mixture and 24.0 g bean flour. In these production conditions, water activity value was 0.50, diameter value was 4.50, thickness value was 0.65, L* value was 52.00, overall acceptability value was 4.00 and affordability value was 4.00. The desirability value of the optimised cookie was determined as 80%. With this study, a cookie formulation completely free of animal products was developed for individuals of all age groups who have both vegan diet preference and healthy eating awareness. ÖZET Bu çalışmanın amacı, vegan ve her yaş grubundan bireylerin tüketebileceği bisküvilerin kalite özelliklerini incelemek ve optimize etmektir. Çalışma, Tepki Yüzey Yöntemi kullanılarak tasarlanmış ve bağımsız değişken olarak yağ karışımı (A) ve beyaz fasulye unu (B) seçilmiştir. Bu değişkenlerin maksimum ve minimum aralıkları A için %10.0-25.0 ve B için %0.0-100.0 olarak belirlenmiştir. A değişkeni 1:1 oranında zeytinyağı ve ayçiçek yağı karışımıdır. B değişkeninin 100 gramdan az olan formülasyonlarında 1.0:1.5 oranında yulaf gevreği ve tam buğday unu karışımı kullanılmıştır. Yağ karışımı ve fasulye, yulaf gevreği ve tam buğdaydan oluşan kompozit ununun bisküvilerin fiziksel ve duyu özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel tasarım sonucunda, en uygun üretim koşulları 25.0 g yağ karışımı ve 24.0 g fasulye unu olarak belirlenmiştir. Bu üretim koşullarında su aktivitesi değeri 0.50, çap değeri 4.50, kalınlık değeri 0.65, L* değeri 52.00, genel kabul edilebilirlik değeri 4.00 ve satın alınabilirlik değeri 4.00 olarak belirlenmiştir. Optimize edilen bisküvinin arzu edilebilirlik değeri ise %80 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile, hem vegan beslenme tercihinin sahip hem de sağlıklı beslenme bilinci taşıyan her yaş grubundan bireyler için tamamen hayvansal ürünlerden arındırılmış bir bisküvi formülasyonu geliştirilmiştir.
Cite/Atıf	Özer, E.A., Özbuldu, N., & Çoban, N. (2025). Development of vegan cookies using composite flour and determination of their principal quality characteristics. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 125-140. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1562899

INTRODUCTION

Veganism is defined as a lifestyle aimed at preventing the exploitation and harming of animals for food, clothing or other areas (Akbulut & Yeşilkaya, 2021; Hule et al., 2021; Durlu Özkaya et al., 2022). In recent years, the number of individuals adopting a vegan diet is increasing in many countries and this trend is rapidly spreading worldwide (Sakkas et al., 2020; Jakše, 2021; Koeder & Perez-Cueto, 2024). According to surveys, vegan individuals constitute 13% of the population in Asia, 6% of the population in the USA and 4% of the population in Europe (The Vegan Society, 2021; Selinger et al., 2022). In Türkiye, the number of vegan individuals is reported to be below 5% of the population (Güler & Çağlayan, 2021).

The common trait of vegans is that they avoid all foods derived from animals, such as dairy products, meat (including fish, shellfish and insects), eggs and honey (Tunçay, 2018; Koeder & Perez-Cueto, 2024). Therefore, having an adequate and balanced diet in vegan individuals is a very important factor in terms of a healthy diet (Durlu Özkaya et al., 2022; Koeder & Perez-Cueto, 2024). Vegans typically consume legumes and cereals as their primary sources of protein. In addition, oilseeds, vegetables, and fruits play a significant role in their diet. These foods, which constitute the basic elements of a healthy diet, are very important in the prevention of chronic diseases. It has been reported that high consumption of these foods can reduce the risk of diseases such as obesity, diabetes, hypertension, and cancer (Yegen & Aydın, 2018; Akbulut & Yeşilkaya, 2021; Craig et al., 2021). However, when vegans are unable to maintain an adequate and balanced diet, the risk of vitamin B₁₂ and protein deficiency may be unavoidable. In addition to vitamin B₁₂, deficiencies in vitamin D, calcium, zinc, iron, and omega-3 fatty acids may also be observed in these individuals. It has been reported that these deficiencies can be overcome by regular use of supplements (Tunçay, 2018; Akbulut & Yeşilkaya, 2021; Balcı & Göktaş, 2023; Koeder & Perez-Cueto, 2024). In recent years, snack consumption has also increased due to lifestyle changes such as increased awareness of healthy eating and education levels, more women entering the business life, an increase in the number of vegans and the importance of time (Ahmed et al., 2018; Craig et al., 2021; Hule et al., 2021; Durlu Özkaya et al., 2022; Özer et al., 2022). Cookies, as one of these snack products, provide convenience to individuals because they are affordable, readily available, have a long shelf life and are ready to eat. Because of these characteristics, cookies are consumed by people of almost every age group (Nogueira & Steel, 2018; da Silva et al., 2021; Hule et al., 2021; Özer, 2022; Gebremariam et al., 2024).

In recent years, different cookie formulations have been developed to overcome potential deficiencies in the diets of vegan individuals and to contribute to a balanced diet (Budsabun et al., 2019; da Silva et al., 2021; Aksu, 2023; Alexandrino et al., 2023; Pyanikova et al., 2024). In these formulations, vegetable margarines (Breschi et al., 2024), sunflower oil (Hule et al., 2021), palm and soybean oils (Cantele et al., 2022), olive oil (Durlu Özkaya et al., 2022) were used as oil sources. The 2-3% of phenolic compounds present in olive oil have a significant effect on the prevention of cardiovascular diseases (Ganesan et al., 2018; Gorzynik-Debicka et al., 2018). In addition, oleic acid, one of the main components of olive oil, has the potential to reduce LDL cholesterol and triglyceride levels (Akçay & Öngün Yilmaz, 2019). For this reason, it is recommended that olive oil should be included in the daily diet of people of all ages.

As a nutritious and economical food, beans are an important food source in vegan diets. Due to their high protein and fibre content, they support body functions, regulate the digestive system and help balance cholesterol levels. Since it is rich in iron, it contributes to the elimination of iron deficiency in vegans (Suárez-Martínez ve ark., 2015; Marrone ve ark., 2021; Terzi ve ark., 2020; Koeder & Perez-Cueto, 2024, Sánchez-Quezada ve ark., 2024).

Regarding the grains, oats provide energy, lowers cholesterol, supports digestive health and contributes to the immune system thanks to its high carbohydrate and dietary fibre content. Due to its low glycaemic index, it balances blood sugar and provides a feeling of satiety for a long time. As an economical and easily accessible option, oats are

very important in the balanced nutrition plans of vegan individuals (Hule et al., 2021; Thakur ve ark., 2023; Henden ve ark., 2024; Seyhan ve ark., 2024).

Increasing individual demands for healthy eating and popular nutrition trends have also increased the sensitivity in dietary preferences. In this context, the aim of this research was to produce sensory acceptable cookies using a composite flour and vegetable oil mixture. Vegan dietary requirements and easy availability of ingredients were taken into account when formulating the cookies. Consequently, for people of all ages who prefer a vegan diet and are concerned about their health, a cookie recipe was developed and evaluated that is completely free of animal products in this work.

MATERIALS and METHODS

Baked white bean flour (İpek Değirmen, Türkiye), whole wheat flour (Söke, Türkiye), oat flakes (Eti, Türkiye), sunflower oil (Yudum, Türkiye), olive oil (Komili, Türkiye), magnesium, calcium and vitamin D mixture tablets (Altapharma, Germany), sodium and ammonium bicarbonate (Merck, Germany) were used in cookie production. The other ingredients of the cookie formulation (sunflower seeds, turmeric, vanilla, guar gum, salt) were purchased from the local markets located in Hatay province, Türkiye.

Determination of formulations for the production of cookies and experimental design

This study was designed using the Response Surface Method (RSM), which is an experimental design method. Design Expert 7.0 software (Stat-Ease Inc., USA) was used for the response surface methodology. Cookies were designed and optimised using Central Composite Design (CCD) in a response surface method. In this method, the first step was to determine the independent variables that are thought to affect the dependent variables and their levels (Myers et al., 2016). For this purpose, preliminary trials were conducted and a CCD with linear and quadratic models was used to examine the combined effects of two independent variables, oil mixture (A) and bean flour (B). As a result of the preliminary trials, the maximum and minimum amount ranges of the independent variables used in the study were determined to be 10.0-25.0% for the variable A and 0.0-100.0% for the variable B. Variable A was a 1:1 mixture of olive oil and sunflower oil. For formulations with variable B less than 100 g, a 1.0:1.5 mixture of oat flakes and whole wheat flour was used. The dependent variables were selected as water activity, diameter, thickness, spreading rate, colour values (L^* , a^* and b^*) and sensory evaluation (appearance, structural properties, overall acceptability and affordability values).

The production of cookies according to CCD was carried out in 13 productions ($N = 2^k + 2k + n_0$, N is the number of experiments, k is the number of factors and n_0 is the number of replicates) in different combinations of two variables and the production ranges are shown in Table 1.

Table 1. Experimental design used in the production of cookies

Çizelge 1. Kurabiye üretiminde uygulanan deneysel tasarım

Independent variables	Code	-1	0	+1
Oil mixture (g/100 g)	A	10.0	17.5	25.0
Bean flour (g/100 g)	B	0.0	50.0	100.0
Run	A	B		
1	10.0	0.0		
2	17.5	50.0		
3	17.5	50.0		
4	25.0	50.0		
5	10.0	50.0		
6	10.0	100.0		
7	25.0	0.0		
8	17.5	100.0		
9	17.5	0.0		
10	17.5	50.0		
11	17.5	50.0		
12	25.0	100.0		
13	17.5	50.0		

Production of cookies

The cookies were produced according to the American Association of Cereal Chemists (AACC) Method No: 10-54.01 with some modifications (AACC, 2000). First, the amount of bean flour specified in the formulation was mixed with hot water and left to stand for 20 min. Then turmeric (3 g), guar gum (5 g), vanilla (1.5 g), sunflower seeds (15 g), salt (1 g), ammonium bicarbonate (0.5 g), sodium bicarbonate (1 g) and mineral mixture (2 tablets) were added to the bean flour and homogenised by mixing in a blender (Kitchenaid, USA) for 2 min. Oil was added in the amounts determined in the experimental design and mixed for 3 min, scraping every 30 sec. Finally, different amounts of water (30-50%) were added according to the ratios of oil mixture and bean flour. The mixture was again mixed for 2 min by scraping every 30 sec and the kneading process was completed. After resting for 20 minutes at room temperature, the doughs were shaped into discs with a diameter of about 50 mm and a thickness of 5 mm. The cookies were baked at 180°C for 20 min, then turned and baked again for a further 2 min in a household oven (M4256, Simfer, Kayseri, Türkiye) (Figure 1). After the cookies reached room temperature (after approximately 30 min), some of them were used for analysis and some of them were ground in a grinder (Premier PRG 259, Istanbul, Türkiye) and stored in polyethylene containers.



Figure 1. The appearance of functional vegan cookies produced in the study

Şekil 1. Çalışmada üretilen fonksiyonel vegan kurabiyelerin görünümü

Physical analyses of cookies

Water activity analysis

The water activity values of the cookies were determined by using the Novasina LabStart-AW (Switzerland) water activity meter. The ground cookies were transferred to the water activity meter containers and placed in the chamber of the instrument and then measurements were carried out in three parallels at room temperature (Li et al., 2017).

Determination of diameter, thickness and spread ratio

The diameter and thickness of the cookies were measured using callipers (W 2320, Wert, China) according to the AACC Method No: 10-50.05. To determine the diameter and thickness values, measurements were taken at different points of five cookies from each production and the data were recorded. The spread ratio of the cookies was obtained by dividing the diameter value by the thickness value for each cookie (AACC, 2000).

Colour analysis

The CIE L* (lightness), a* (redness/greenness), and b* (yellowness/blueness) colour values of the cookies were determined using a Minolta CM 3600d model colour measuring meter (Cansev et al., 2024).

Sensory analysis of cookies

The sensory evaluation of the cookies was carried out by 10 trained panellists aged between 25 and 45 years, consisting of faculty members and graduate students from the Faculty of Agriculture at Hatay Mustafa Kemal University, Antakya, Hatay, Türkiye. Prior to the study, the panellists were provided with detailed information about the purpose, processes and expected contributions of the research and their participation was entirely voluntary. The evaluation process was conducted in accordance with ethical principles.

The cookies were evaluated in terms of four sensory attributes (appearance, structural characteristics, overall acceptability and affordability) using a 1-5 hedonic scale. For the parameters of appearance, structural characteristics and overall acceptability, the scale was rated as '1 = did not like at all', '3 = liked moderately' and '5 = liked very much'. For the affordability parameter, the expressions '1 = definitely would not buy', '3 = undecided' and '5 = definitely would buy' were used (Özer et al., 2022).

The optimisation of cookies and statistical evaluation

Design Expert 7.0 software was used for regression analysis, analysis of variance and optimisation of the experimental design. Numerical optimisation was used to determine the dependent and independent variables of the cookies and the optimum values of these variables. The method was based on the desirability function (Myers et al., 2016). While performing the optimisation, the maximum and minimum value ranges of the independent variables specified in the experimental design were selected. The dependent variables were the minimum and maximum ranges of water activity, diameter and thickness values, the maximum values of L*, overall acceptability and affordability.

RESULTS and DISCUSSIONS

Physical analysis results of cookies

Water activity values

Cookies can be easily stored for a long time due to their low moisture content and water activity compared to other bakery products (Dizlek, 2020). The water activity values of the cookies were found to be between 0.35 and 0.75 (Figure 2). The water activity values of the cookies were similar to those reported in the literature (Cantele et al., 2022; Alexandrino et al., 2023). The water activity of the cookies decreased as the amount of oil mixture increased (Figure 2) and this decrease was found to be significant ($0.001 < p$). It was found that the cookie with the highest water activity value was the one with the lowest oil content and without bean flour. It was determined that the water activity values of the cookies were higher than those reported in the study of Engi (2024). This is thought to be related to the significant amount of dietary fibre content and water absorption capacity of oats in the cookie composition (Yang ve ark., 2023). This is supported by the fact that the cookie with the lowest water activity was consisted of 100.0% bean flour.

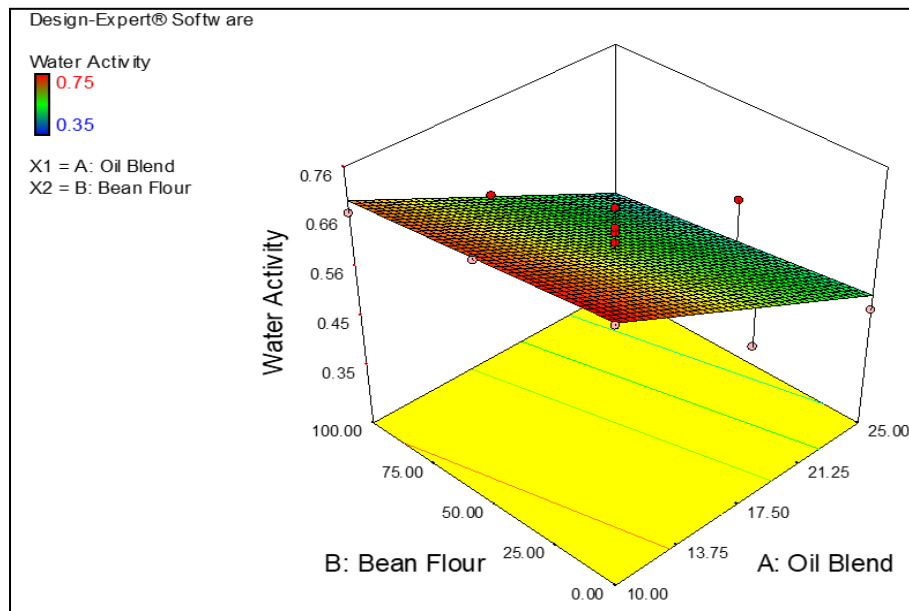


Figure 2. 3D Response Surface Method model plots of the water activity values of cookies

Şekil 2. Bisküvilerin su aktivitesi değerlerinin 3D Tepki Yüzey Yöntemi model grafikleri

Diameter, thickness and spread ratios

Diameter, thickness and spread ratio are important factors in determining the technological quality of cookies. In general, cookies with a large diameter, high spread ratio and low thickness are preferred (Demirel & Demir, 2018; Aydos & Ertaş, 2023; Demirbükür Kavak & Akdeniz, 2023).

The diameter values of the cookies ranged from 4.38 to 4.68 cm (Figure 3). The diameter value of the cookies increased in parallel to the increase in the ratio of bean flour and oil mixture and these increases were found to be insignificant ($p>0.05$). However, the interaction of the bean flour and oil mixture was found to be significant ($p<0.05$). It was found that the ranges of diameter values of the cookies were similar to those reported in the literature (Özer, 2022; Özer et al., 2022).

The thickness values of the cookies were found to be between 0.50 and 0.74 mm (Figure 3). As the bean flour content increased up to 50.0%, the thickness value tended to decrease non-linearly and then showed a slight increase ($p<0.05$). A slight increase in the thickness values was observed with the increase in oil mixture, but this increase was found to be insignificant ($p>0.05$). The range of cookie thickness values was found to be similar to those reported in the literature (Özer et al., 2022; Aydos & Ertaş, 2023; Dada et al., 2023).

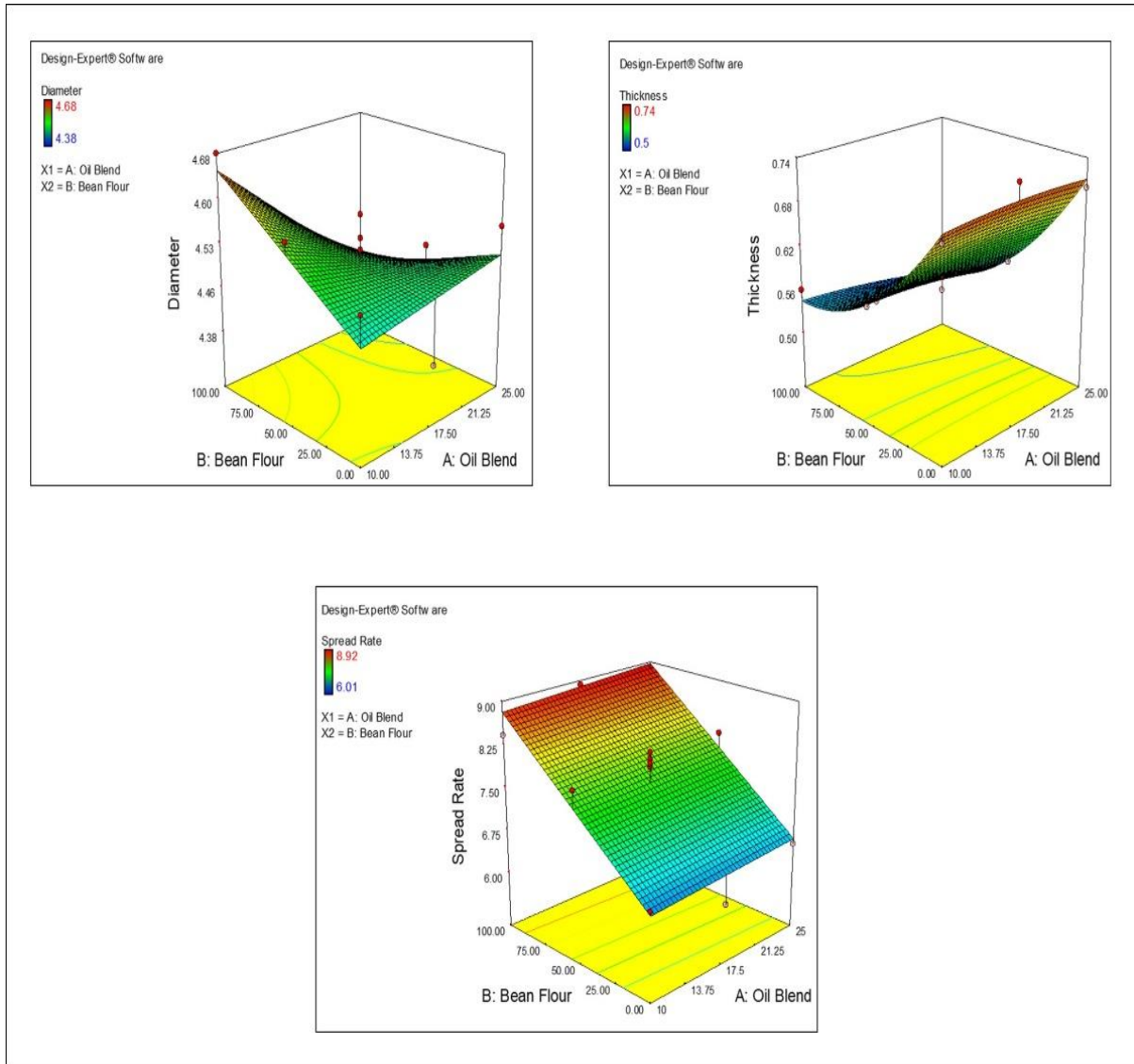


Figure 3. 3D Response Surface Method model plots of diameter, thickness and spread ratio values of cookies

Şekil 3. Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranı değerlerinin 3D Tepki Yüzey Yöntemi model grafikleri

The spread ratio values of the cookies ranged from 6.01 to 8.92 (Figure 3) which increased linearly as the bean flour ratio increased and this increase was found to be significant ($p < 0.0001$). The spread ratio increased with increasing oil mixture (Figure 3); however, this increase was not significant ($p > 0.05$). The spread ratio is related to the viscosity of the cookie dough (Aydos & Ertaş, 2023) and it has been reported that the higher this value is, the higher the acceptance of the cookie (Dada et al., 2023). It was observed that the range of spread ratio values of cookies were similar to those reported in the literature (Özer et al., 2022; Aydos and Ertaş, 2023; Demirbükür Kavak and Akdeniz, 2023).

Colour values

Colour is an important parameter for the overall acceptability of cookies (Dada et al., 2023). The L^* (lightness) values of the cookies ranged from 45.89 to 52.22 (Figure 4). In the analysis, the effect of the bean flour on the L^* value was found to be insignificant ($p > 0.05$), while the effect of the oil mixture was found to be significant ($p < 0.01$). The L^* value decreased as the bean flour ratio increased, but the slope of this reduction decreased when the bean flour ratio was 50.0% and the oil mixture ratio was 10.0%. The L^* value increased as the oil mixture increased, but this increase became less significant after 17.5% oil content (Figure 4). The L^* values of the cookies were found to be consistent with the data reported in other studies on vegan cookies (Cantele et al., 2022; Alexandrino et al., 2023).

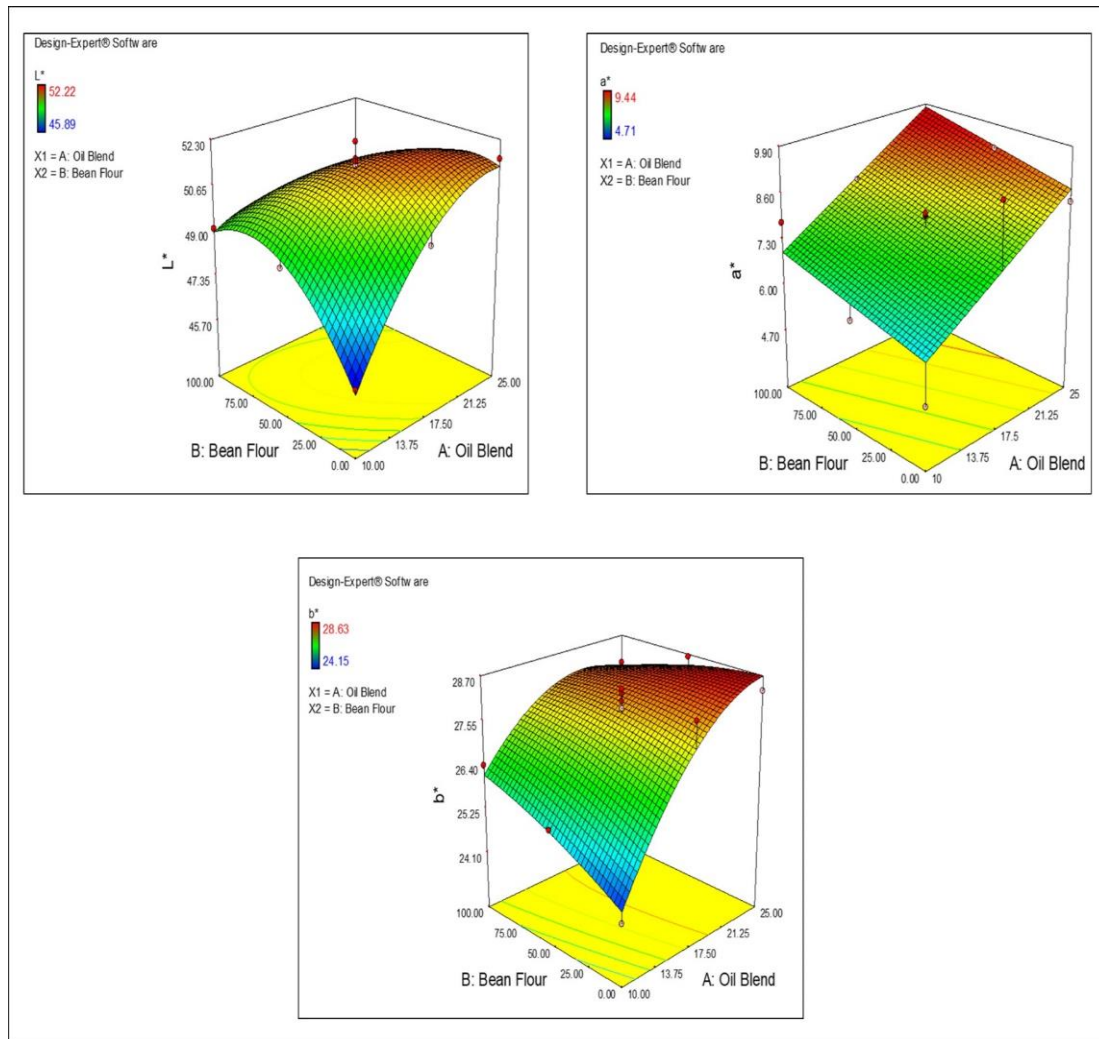


Figure 4. 3D Response Surface Method model plots of L^* , a^* and b^* values of cookies
Şekil 4. Bisküvilerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin 3D Tepki Yüzey Yöntemi model grafikleri

The a^* colour values of the cookies were found to be between 4.71 and 9.44 (Figure 4). While the effect of bean flour on the a^* value was not significant ($p>0.05$), the effect of the oil mixture was significant ($p<0.0001$). A slight increase in the a^* values of the cookies was observed as the bean flour ratio increased, while a linear increase in the a^* values was observed as the oil blend increased (Figure 4). The a^* values of the cookies were found to be compatible with the study on vegan cookies (Breschi et al., 2024).

The b^* values of cookies ranged from 24.15 to 28.63 (Figure 4). While the effect of bean flour on b^* values was found to be insignificant ($p>0.05$), the effect of oil mixture was found to be significant ($p<0.001$). A slight increase in the b^* values of the cookies was observed as the bean flour ratio increased. While a rapid increase in b^* values was observed as the oil mixture increased from 10.0% to 17.5%, a slight increase in b^* values continued as the oil mixture increased from 17.5% to 25.0% (Figure 4). The b^* values of the cookies were found to be compatible with other studies on vegan cookies (Alexandrino et al., 2023).

Sensory evaluation of cookies

In the product development process, sensory acceptability values play an important role in determining how a product is perceived and accepted by the consumers and target market (Loong & Wong, 2018; Byrne, 2020). Consumer acceptance is analysed based on various factors such as product attributes, functionality and pricing strategies (Byrne, 2020; Rai et al., 2023). Therefore, market research and consumer feedback are essential elements of an effective product development processes.

The scores for the appearance of the cookies ranged from 3.78 to 4.78 (Figure 5). In the analysis, the effect of the amount of bean flour on the appearance was found to be significant ($p<0.05$), but the effect of the amount of oil mixture was found to be insignificant ($p>0.05$). It was observed that the scores given for the appearance of the cookies increased as the amount of bean flour and oil mixture increased (Figure 5).

It was observed that the scores for the structural characteristics of the cookies ranged from 3.22 to 4.44 (Figure 5). In the analysis of the structural characteristics, the effect of the amount of bean flour was found to be insignificant ($p>0.05$), while the effect of the amount of oil mixture was found to be significant ($p<0.01$). It was observed that as the amount of oil mixture in the composition of the cookies increased, the scores given to the structural characteristics of the cookies also increased (Figure 5).

The overall acceptability scores of the cookies were found to be between 3.33 and 4.44 (Figure 5). The overall acceptability scores increased with increasing oil mixture ($p<0.01$). The overall acceptability scores decreased as the amount of bean flour increased, but this decrease was not significant ($p>0.05$).

The cookie affordability scores ranged from 3.00 to 4.22 (Figure 5) and these scores increased with increasing oil mixture and this increase was found to be significant ($p<0.01$). Affordability scores decreased as the amount of bean flour increased, but this decrease was not significant ($p>0.05$).

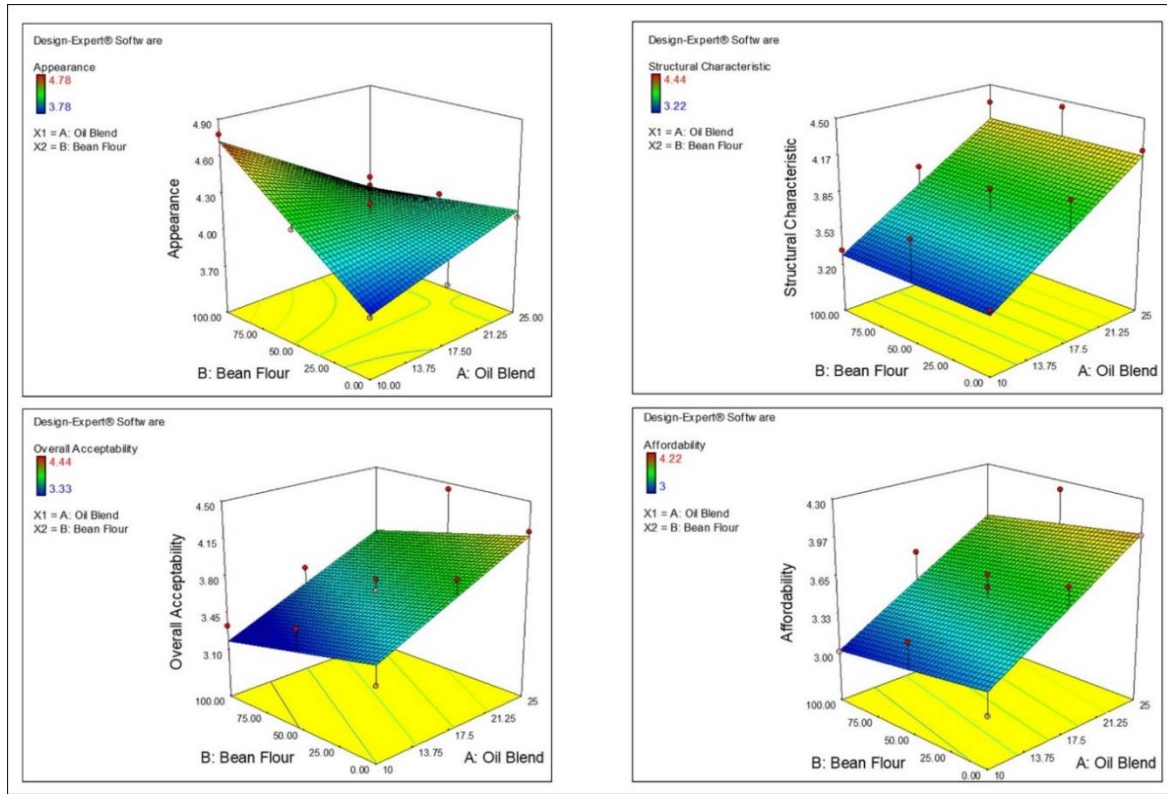


Figure 5. 3D Response Surface Method model plots of sensory evaluation of cookies

Şekil 5. Bisküvilerin duysusal değerdendrimelerinin 3D Tepki Yüzey Yöntemi model grafikleri

Statistical evaluation of cookie analyses

In the context of the physical and sensory analyses of the cookies, the results of the statistical analysis of the independent variables obtained by the Response Surface Method and the equations derived from the coded factors are presented in Table 2. Lack of fit was found to be insignificant ($p > 0.05$) in all models for 11 responses.

The factor A, one of the independent variables, was found to have a significant effect on water activity, L^* , a^* , b^* colour parameters, structural characteristics, overall acceptability, and affordability values (Table 2) ($p < 0.01$). The effect of the factor B was found to be significant on thickness, spread ratio and appearance values ($p < 0.001$). The effect of variables A and B on the diameter values was found to be statistically insignificant and therefore this model was also considered insignificant ($p > 0.05$).

When the equations derived from the coded factors explaining the relationships between the independent variables were analysed, it was found that the variables A and B had a negative linear effect on water activity (Table 2). This showed that as both variables increased, the water activity value decreased.

In the analysis performed on the diameter values, it was observed that variable A had a negative linear effect while variable B had a positive linear effect (Table 2). In addition, the model also included a negative two-way interaction term (oil mixture-bean flour). When the model was evaluated, it was seen that the diameter value decreased as variable A increased, and it increased as variable B increased and both variables had a negative interaction.

In the model explaining the effect of the independent variables on the thickness value, it was determined that variables A and B had negative linear effects (Table 2). In addition, the model includes a negative two-way interaction term (oil mixture-bean flour) and it was found that oil mixture had a negative and bean flour had a positive quadratic effect. This showed that the variables had both a linear and a quadratic effect on the thickness value.

It was also observed that the variables A and B were found to have positive linear effects in the spread ratio analysis (Table 2). Moreover, this model was found to be significant. This shows that an increase in both variables had a positive effect on the spread ratio and the model strongly reflected this effect.

In the model explaining the effect of the independent variables on the L* value, it was determined that variable A had positive linear effects as variable B had negative linear effects (Table 2). In addition, it was found that there was a negative two-way interaction term (oil mixture-bean flour) in the model and both oil mixture and bean flour had negative quadratic effects ($p < 0.001$). These results showed that the variables had both a linear and a quadratic effect on the L* value.

In the analysis of the a* value, variables A and B were found to have positive linear effects and the model was significant (Table 2) ($p < 0.01$). This showed that an increase in both variables had a positive effect on the a* value.

Table 2. Model summaries and analyses of variance (ANOVA) of dependent variables of vegan cookies

Çizelge 2. Vegan kurabiyelerin bağımlı değişkenlerinin model özetleri ve varyans analizleri (ANOVA)

Response	Model	LF	R ²	Adj. R ²	SD	Final equation in terms of coded factors
Water activity	Linear ***	ns	0.75	0.70	0.06	$Water\ Activity = 0.60 - 0.13A - 0.03B$
Diameter	2FI Model ns	ns	0.51	0.34	0.07	$Diameter = 4.51 - 0.05A + 0.02B - 0.08A * B$
Thickness	Quadratic***	ns	0.93	0.88	0.03	$Thickness = 0.58 - 0.01A - 0.09B - 0.01A * B - 0.01A^2 + 0.05B^2$
Spread ratio	Linear ***	ns	0.87	0.84	0.36	$Spread\ Rate = 7.71 + 0.08A + 1.18B$
L*	Quadratic***	ns	0.96	0.94	0.48	$L^* = 51.40 + 0.87A - 0.31B - 1.95A * B - 1.46A^2 - 1.72B^2$
a*	Linear **	ns	0.67	0.61	0.82	$a^* = 7.85 + 1.42A + 0.54B$
b*	Quadratic**	ns	0.88	0.79	0.61	$b^* = 27.91 + 1.46A + 0.19B - 0.66A * B - 0.96A^2 - 0.18B^2$
Appearance	2FI Model *	ns	0.63	0.51	0.19	$Appearance = 4.17 - 0.09A + 0.18B - 0.28A * B$
Structural Characteristic	Linear *	ns	0.55	0.46	0.31	$Structural\ Characteristic = 3.73 + 0.44A + 0.01B$
Overall acceptability	Linear *	ns	0.58	0.50	0.24	$Overall\ Acceptability = 3.68 + 0.33A - 0.16B$
Affordability	Linear **	ns	0.65	0.58	0.24	$Affordability = 3.51 + 0.41A - 0.09B$

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$; LF, Lack of fit; ns—not significant; SD, standart deviation; 2FI Model, Two-Factor Interaction Model.

In the analysis of the b* value, the variables A and B were found to have positive linear effects (Table 2). In addition, a negative two-way interaction term (oil mixture - bean flour) and a negative quadratic effect of both variables were found in the model ($p < 0.01$). These results suggested that the variables had both a linear and a quadratic effect on the b* values.

In the analysis of the appearance, it was found that the variable A had a negative linear effect while the variable B had a positive linear effect (Table 2). In addition, the model also included a negative two-way interaction term (oil mixture-bean meal). This finding showed that the appearance value decreased as variable A increased, and it increased as variable B increased and both variables together resulted in a negative interaction.

In the structural characteristics analysis, variables A and B were found to have positive linear effects and the model was significant (Table 2) ($p < 0.05$). This showed that increasing both variables had a positive effect on the structural properties of the cookies.

A similar trends were observed in the analysis of overall acceptability and affordability values (Table 2). It was found that variable A had a positive linear effect and variable B had a negative linear effect ($p < 0.01$). This showed that the

overall acceptability and affordability values increased as variable A increased and it decreased as variable B increased.

Optimisation of cookies

When optimising the cookies, the optimum production conditions were found to be 25.0 g of oil mixture and 24.0 g of bean flour in the range of values in which the independent variables specified in the experimental design were produced (Figure 6). Under these production conditions, the water activity value was 0.50, the diameter value was 4.50, the thickness value was 0.65, the L* value was 52.00, the overall acceptability value was 4.00 and the affordability value was 4.00. It was found that the desirability value of the optimised cookie under these conditions was 80%.

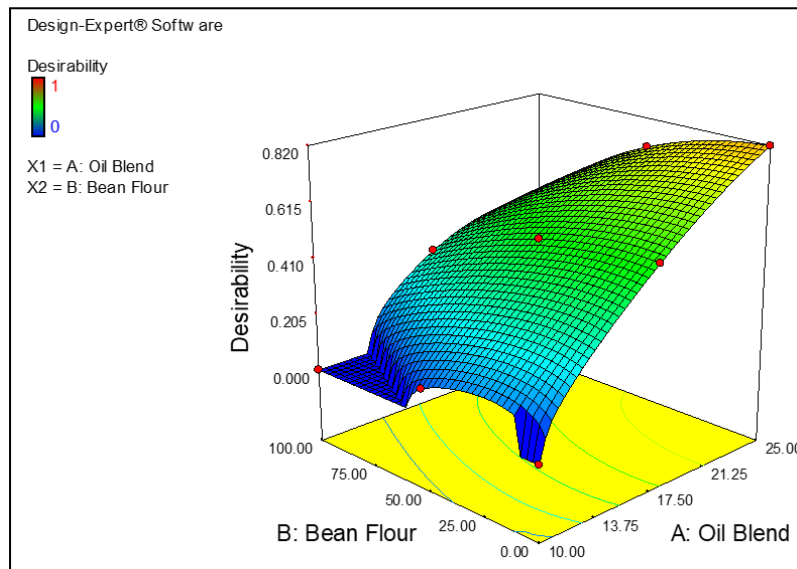


Figure 6. 3D Response Surface Method graph of the effect of independent variables on the desirability value

Şekil 6. Bağımsız değişkenlerin kabul edilebilirlik değerine etkisinin 3D Tepki Yüzey Yöntemi grafiği

In conclusion, this study was conducted considering the healthy eating needs of vegan individuals and the growing vegan population. In the study, vegetable oil mixture and composite flour consisting of bean flour, whole wheat flour and oat flakes were used. Using experimental design, both sugar-free cookie formulations were developed and optimisation of the cookies was carried out. The optimum production conditions were found to be 25.0 g oil mixture and 24.0 g bean flour. Under these production conditions, the water activity value was 0.50, the diameter value was 4.50 cm, the thickness value was 0.65 mm, the L* value was 52.00, the overall acceptability value was 4.00 and the affordability value was 4.00. It was found that the desirability of the optimised cookie was 80%. This formulation has enabled the development of cookie that is completely free of animal products for individuals of all age groups who have both vegan dietary preferences and healthy eating awareness. The sensory evaluation criteria of these cookie formulations were used to determine consumer feedback and demand for cookies made without the use of animal products. Therefore, it is envisaged that this optimised formulation may be used in future studies for fortification applications with health-promoting bioactive components.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest for this study.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

The contribution of the authors is equal.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

Ethical approval is not applicable, because this article does not contain any studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- AACC. (2000). American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC (10th ed.). Saint Paul, Minnesota, USA.
- Ahmed, H., Satheesh, N., & Dibaba, K. (2018). Functional, physical and sensory properties of cookies prepared from okara, red teff and wheat flours. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 10 (1), 23-32. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2018.10.1.05>.
- Akbulut, Ş., & Yeşilkaya, B. (2021). Evaluation of vegan nutrition in regards to health. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 8 (2), 163-168.
- Akçay, B., & Öngün Yılmaz, H. (2019). Protective effects of some functional foods on health (in Turkish). *Journal of Ankara Health Sciences*, 8 (2), 9-19.
- Aksu, S.C. (2023). Sensory analysis of vegan Acibadem cookie produced from Aquafaba in terms of consumers and evaluation of purchasing intention (in Turkish). MSc Thesis, Necmettin Erbakan University, Institute of Social Sciences, Dept. Gastronomy and Culinary Arts, 112 p., Konya.
- Alexandrino, T.D., Nabeshima, E.H., Gastardo, N.A., Sadahira, M.S., Muranyi, I., Eisner, P., & Pacheco, M.T.B. (2023). Plant based proteins as an egg alternative in cookies: using de-oiled sunflower meal and its protein isolate as an emulsifying agent. *Brazilian Journal of Food Technology*, 26, e2023038. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.03823>.
- Aydos, M., & Ertaş, N. (2023). Use of dried medlar fruit (*Mespilus germanica*) powder with different methods in the production of functional biscuits (in Turkish). *Harran Journal of Agricultural and Food Science*, 27 (1), 113-124. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1177638>.
- Balci, T.N., & Göktaş, Z. (2023). A pilot study on comparison of nutritional status of vegans - vegetarians living in Turkey (in Turkish). *Journal of Nutrition and Dietetics*, 51 (1), 50-60. <https://doi.org/10.33076/2023.BDD.1734>.
- Budsabun, T., Panphut, W., & Chansukh, K.K. (2019). Development vegan cookies by using fermented soybean (Tempeh). *2019 International Academic Multidisciplinary Research Conference in Amsterdam*, Netherlands, 43-46.
- Breschi, C., D'Agostino, S., Meneguzzo, F., Zabini, F., Chini, J., Lovatti, L., Tagliavento, L., Guerrini, L., Bellumori, M., Cecchi, L., & Zanoni, B. (2024). Can a fraction of flour and sugar be replaced with fruit by-product extracts in a gluten-free and vegan cookie recipe? *Molecules*, 29 (5), 1102. <https://doi.org/10.3390/molecules29051102>.
- Byrne, D.V. (2020). Current trends in multidisciplinary approaches to understanding consumer preference and acceptance of food products. *Foods*, 9 (10), 1380. <https://doi.org/10.3390/foods9101380>.
- Cansev, Z., Sabuncu, M., Gülkun, G., Ateş, M., Cansev, A., & Şahan, Y. (2024). Physico-chemical and functional properties of cookies enriched with artichoke by-products (in Turkish). *Journal of Food and Feed Science - Technology*, 31, 1-11. <https://doi.org/10.56833/gidaveyem.1368324>.
- Cantele, C., Tedesco, M., Ghirardello, D., Zeppa, G., & Bertolino, M. (2022). Coffee silverskin as a functional ingredient in vegan biscuits: Physicochemical and sensory properties and in vitro bioaccessibility of bioactive compounds. *Foods*, 11 (5), 717. <https://doi.org/10.3390/foods11050717>.

- Craig, W.J., Mangels, A.R., Fresán, U., Marsh, K., Miles, F.L., Saunders, A.V., Haddad, E.H., Heskey, C.E., Johnston, P., Larson-Meyer, E., & Orlich, M. (2021). The safe and effective use of plant-based diets with guidelines for health professionals. *Nutrients*, 13 (11), 4144. <https://doi.org/10.3390/nu13114144>.
- da Silva, S.P., do Valle, A.F., & Perrone, D. (2021). Microencapsulated *Spirulina maxima* biomass as an ingredient for the production of nutritionally enriched and sensorially well-accepted vegan biscuits. *LWT - Food Science and Technology*, 142, 110997. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110997>.
- Dada, M.A., Bello, F.A., Omobulejo, F.O., & Olukunle, F.E. (2023). Nutritional quality and physicochemical properties of biscuit from composite flour of wheat, African yam bean and tigernut. *Heliyon*, 9 (11), e22477. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22477>.
- Demirbükür Kavak, D., & Akdeniz, B. (2023). Use of quince peel for the production of cookie enriched with dietary fibre (in Turkish). *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 23 (6), 1481-1487. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1269471>.
- Demirel, H., & Demir, M.K. (2018). Using albedos obtained from different citrus in cookie production (in Turkish). *The Journal of Food*, 43 (3), 501-511. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18021>.
- Dizlek, H. (2020). Usage potential of various wheat flour samples in cookie (in Turkish). *Electronic Letters on Science & Engineering*, 16 (2), 184-192.
- Durlu Özkaya, F., Güner, D., Akbıyık, T., & Siner, N. (2022). The cookie enhanced under the vegan diet and consumer perception (in Turkish). *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 6 (1), 48-60. <https://doi.org/10.32958/gastoria.978102>.
- Engi, İ. (2024). The effect of different plant protein resources on quality properties of gluten-free biscuit (in Turkish). MSc Thesis, İstanbul Technical University, Institute of Sciences, Dept. of Food Engineering, 105 p., İstanbul.
- Ganesan, K., Sukalingam, K., & Xu, B. (2018). Impact of consumption and cooking manners of vegetable oils on cardiovascular diseases- A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 132-154. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.003>.
- Gebremariam, F.W., Melaku, E.T., Sundramurthy, V.P., & Woldemariam, H.W. (2024). Development of functional cookies form wheat-pumpkin seed based composite flour. *Heliyon*, 10 (2), e24443. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24443>.
- Gorzynik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Gammazza, A.M., Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential health benefits of olive oil and plant polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (3), 686. <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>.
- Güler, O., & Çağlayan, G.D. (2021). How did I become vegan? A phenomenological qualitative research (in Turkish). *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5 (2), 287-304. <https://doi.org/10.32572/guntad.915262>.
- Henden, Y., Gümüş, T., Altan Kemer, D.D., Kaynarca, G.B., & Yücel, E. (2024). Optimizing vegan frozen dessert: The impact of xanthan gum and oat-based milk substitute on rheological and sensory properties of frozen dessert. *Food Chemistry*, 460, 140787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140787>.
- Hule, S., Landge, P., & Maharana, S. (2021). Nutritional enhancement of vegan biscuits using moringa and finger millet. *Annals: Food Science & Technology*, 22 (1), 12-19.
- Jakše, B. (2021). Placing a well-designed vegan diet for Slovenes. *Nutrients*, 13 (12), 4545. <https://doi.org/10.3390/nu13124545>.
- Koeder, C., & Perez-Cueto, F.J.A. (2024). Vegan nutrition: A preliminary guide for health professionals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64 (3), 670-707. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2107997>.
- Li, M., Ma, M., Zhu, K.-X., Guo, X.-N., & Zhou, H.-M. (2017). Delineating the physico-chemical, structural, and water characteristic changes during the deterioration of fresh noodles: Understanding the deterioration mechanisms of fresh noodles. *Food Chemistry*, 216, 374-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.059>

- Loong, C.Y.L., & Wong, C.Y.H. (2018). Chinese steamed bread fortified with green banana flour. *Food Research*, 2 (4), 320-330. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(4\).058](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(4).058).
- Marrone, G., Guerriero, C., Palazzetti, D., Lido, P., Marolla, A., Di Daniele, F., & Noce, A. (2021). Vegan diet health benefits in metabolic syndrome. *Nutrients*, 13 (3), 817; <https://doi.org/10.3390/nu13030817>.
- Myers, R.H., Montgomery, D.C., & Anderson-Cook, C.M. (2016). *Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments* (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc, USA. pp 825.
- Nogueira, A.D.C., & Steel, C.J. (2018). Protein enrichment of biscuits: A review. *Food Reviews International*, 34 (8), 796-809. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1441299>.
- Özer, E.A. (2022). Optimization of gluten free cookies produced with nutritious ingredients: Evaluating a new food product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e16302, 1-10. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16302>.
- Özer, E.A., Özbülü, N., & Özpalas, B. (2022). Optimisation of low-fat high-protein cookie formulation: Effects of using butter and composite flour on nutritional, physical and sensory properties. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 99 (2), 151-163.
- Pyanikova, E., Kovaleva, A., Evdokimova, O., & Ryazantseva, A. (2024). Development of a semi-finished biscuit recipe for vegans. *E3S Web of Conferences*, 548, 02015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454802015>.
- Rai, S., Wai, P.P., Koirala, P., Bromage, S., Nirmal, N.P., Pandiselvam, R., Nor-Khaizura, M.A.R., & Mehta, N.K. (2023). Food product quality, environmental and personal characteristics affecting consumer perception toward food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1222760. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1222760>.
- Sakkas, H., Bozidis, P., Touzios, C., Kolios, D., Athanasiou, G., Athanasopoulou, E., Gerou, I., & Gartzonika, C. (2020). Nutritional status and the influence of the vegan diet on the gut microbiota and human health. *Medicina*, 56 (2), 88. <https://doi.org/10.3390/medicina56020088>.
- Sánchez-Quezada, V., Luzardo-Ocampo, I., Gaytán-Martínez, M., & Loarca-Piña, G. (2024). Physicochemical, nutraceutical, and sensory evaluation of a milk-type plant-based beverage of extruded common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) added with iron. *Food Chemistry*, 453, 139602. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139602>.
- Selinger, E., Neuenschwander, M., Koller, A., Gojda, J., Kühn, T., Schwingshackl, L., Barbaresko, J., & Schlesinger, S. (2022). Evidence of a vegan diet for health benefits and risks—an umbrella review of meta-analyses of observational and clinical studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63 (29), 9926-9936. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2075311>.
- Seyhan, S., Nakilcioğlu, E., & Ötleş, S. (2024). Alternative protein sources of the future: Plants (in Turkish). *Düzce University Journal of Science & Technology*, 12, 153-174. <https://doi.org/10.29130/dubited.1215815>.
- Suárez-Martínez, S.E., Ferriz-Martínez, R.A., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J.E., Carbot, K. de la T., & García-Gasca, T. (2015). Bean seeds: Leading nutraceutical source for human health. *CyTA - Journal of Food*, 14 (1), 131-137. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2015.1063548>.
- Terzi, E., Bilgintürk, M., Gündoğan, R., & Can Karaça, A. (2020). Effect of bean protein isolate on quality characteristics of various food products (in Turkish). *European Journal of Science and Technology*, 20, 152-161. <https://doi.org/10.31590/ejosat.757599>
- The Vegan Society. (2021). Retrieved from <https://www.vegansociety.com/news/media/statistics/worldwide/>. on August 13, 2024.
- Thakur, S., Pandey, A. K., Verma, K., Shrivastava, A., & Singh, N. (2023). Plant-based protein as an alternative to animal proteins: A review of sources, extraction methods and applications. *International Journal of Food Science & Technology*, 59 (1), 488-497. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16663>.
- Tunçay, G.Y. (2018). Health-wise vegan/vegetarianism (in Turkish). *Eurasian Journal of Health Sciences*, 1 (1), 25-29.
- Yang, Z., Xie, C., Bao, Y., Liu, F., Wang, H., & Wang, Y. (2023). Oat: Current state and challenges in plant-based food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 56-71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.02.017>.

Yegen, C., & Aydın, B.O. (2018). Veganism as a postmodern identity and analysis of an online vegan network (in Turkish). *Galatasaray Üniversitesi İletişim Dergisi*, 28, 91-114. <https://doi.org/10.16878/gsuilet.436034>.

Mardin ili ikinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı atdışi mısır (*Zea mays indentata* Sturt.) çeşitlerinin tane verimi ve verim özelliklerinin belirlenmesi

Determination of grain yield and yield characteristics of different some dent corn (*Zea mays indentata* Sturt.) cultivars in Mardin province second crop condition

Mehmet Emin TURAN¹ , Celal YÜCEL² 

¹Şırnak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Şırnak, Türkiye.

²Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 27.11.2024 Accepted / Kabul: 25.12.2024 Anahtar Kelimeler: Mısır (<i>Zea mays indentata</i> Sturt.) Çeşit İkinci ürün Tane verimi Tane kalitesi Keywords: Corn (<i>Zea mays indentata</i> Sturt.) Cultivar Second product Seed yield Seed quality ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Celal YÜCEL celalyucel@sirnak.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Bu çalışma, Mardin/Kızıltepe ekolojik koşullarında yaygın olarak ikinci ürün tarımı yapılan bazı atdışi melez mısır (<i>Zea mays indentata</i> Sturt.) çeşitlerinin (DKC6050, DKC5709, DKC6664, P0900, PR32T83, P1441 ve P0937) tane verimi ve teknolojik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada incelenen özelliklerden koçan uzunluğu hariç, diğer tüm özellikler bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklar bulunmuştur. Çalışmada genotiplere göre değişmekle birlikte %50 tepe püskülü çıkarma süresinin 48.0-57.0 gün, bitki boyunun 217.38-236.80 cm, ilk koçan yüksekliğinin 60.0-66.0 cm, koçan uzunluğunun 18.0-21.0 cm, kocandaki tane sayısının 558.75-760.0 adet, koçan ağırlığının 200.95-230.08 g, koçan tane ağırlığının 169.38-202.43 g, tane koçan oranının %84.29-88.29, bin tane ağırlığının 263.55-311.25 g, hektolitreye ağırlığının 72.40-75.40 kg hl⁻¹, hasatta tanedeki nem değerinin %19.00-23.50, tane veriminin 1252.0-1452.0 kg da⁻¹, nişasta içeriğinin %72.32-77.68 ve ham protein içeriğinin %5.20-5.78 arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırma sonucunda Kızıltepe Mardin ikinci ürün koşullarında P0937 çeşidinin tane verimi bakımından, DKC6664, P0900 ve PR32T83 çeşitlerinin nişasta içeriği bakımından, P1441 ve PR32T83 çeşitlerinin ise HP oranı bakımından ilk sırada yer aldığı saptanmıştır. ABSTRACT In this study, it was carried out to determine the yield and quality components of different seven hybrid dent corn (<i>Zea mays indentata</i> Sturt.) cultivars (DKC6050, DKC5709, DKC6664, P0900, PR32T83, P1441 and P0937) grown as a second crop in Mardin/Kızıltepe ecological conditions. Statistically significant differences were found among the cultivars in terms of all traits, except the ear length, which was examined in the study. In the study, it was determined that days to 50% tasseling was 48.0-57.0 day, plant height was 217.38-236.80 cm, first ear height was 60.0-66.0 cm, ear length was 18.0-21.0 cm, number of grains on per ear was 558.75-760.0, ear weight was 200.95-230.08 g, kernel weight per aer 169.38-202.43 g, kernel/ear rate %84.29-88.29, 1000 kernel weight was 263.55-311.25 g, hectoliter values was 72.40-75.40 kg hl⁻¹, harvest grain moisture was 19.0-23.50.0%, the grain yield was 1.252-1.452 t ha⁻¹, starch ratio was 72.32-77.68% and crude protein ratio 5.20-5.78%, although it varies according to the genotypes. As a result of the research, it was determined that P0937 cultivar ranked first in terms of grain yield, DKC6664, P0900 and PR32T83 cultivars ranked first in terms of starch content, P1441 and PR32T83 cultivars ranked first in terms of crude protein ratio under Kızıltepe Mardin second crop conditions.
Cite/Atıf	Turan, M.E., & Yücel, C. (2025). Mardin ili ikinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı atdışi mısır (<i>Zea mays indentata</i> Sturt.) çeşitlerinin tane verimi ve verim özelliklerinin belirlenmesi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 141-153. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1591973

GİRİŞ

Türkiye’de tane amaçlı mısır ekim alanının yaklaşık 9.58 milyon dekar ve üretiminin ise 9.0 milyon ton, silajlık mısır ekim alanının 5.29 milyon dekar ve üretiminin ise 28.65 milyon ton olduğu ve özellikle son 5 yılda tane mısır ekim alanı ve üretiminde önemli miktarda artışların olduğu görülmektedir (TUIK, 2024). TRC3 bölgesi olarak adlandırılan Mardin, Batman, Şırnak ve Siirt illerinde toplam tane mısır ekim alanı 813 bin dekar ve üretiminin ise 727 bin ton olduğu saptanmıştır. Ayrıca TRC3 bölgesinde 2023 yılında en çok mısır ekim alanı Mardin ilinde 702 bin da, üretiminin 615 bin ton ve dekara verimin ise 877 kg olduğu bildirilmektedir. Silajlık mısır ekim alanının yok denecek kadar az olduğu, bölgedeki mısır tarımının neredeyse tamamı tane üretimi olarak yapılmaktadır (TUIK, 2024).

GAP bölgesinde sulanan alanların artmasına paralel olarak ikinci ürün mısır tarımının ekimi alanı ve üretimi de artmaya başlamıştır. Ekim alanları ile birlikte birim alandan yüksek verim veren yeni çeşitlerin üretime alınmasının yanı sıra, birim alan verimini artıracak farklı kültürel uygulama çalışmaları da devam etmektedir. Özellikle GAP bölgesinde ikinci ürün mısır tarımından farklı toprak işleme çalışmaları (Sesiz ve ark., 2010), farklı gübre dozu (Taş, 2021), ekim sıklığı ve gübre dozu (Ülger ve ark., 1996), ekim zamanı (Saruhan & Öktem, 2021), karık, damlama ve kısıntılı sulama yöntemleri (Şimşek ve ark., 2000; Kırnak ve ark., 2003), sertifikasyon yöntemi ile gübreleme (Saraçoğlu, 2023) gibi çalışmalarla yetiştirme tekniklerinin de geliştirilmesi ile birim alanın daha etkin kullanılması, maliyetlerin düşürülmesi ve sürdürülebilir tarımsal bir faaliyet olarak önemini korumaktadır. Birim alanda yüksek tane verimi ve biyolojik ürün elde edilebilecek bitkilerin yetiştirilmesini ve bu bitkilerin yeni teknolojiye ve gelişmelere uyabilecek özellikte olmasını zorunlu kılmaktadır (Kırtok, 1998).

Mısır (*Zea mays* L), sıcak mevsim bir C4 bitkisidir. Uygun yetiştirme koşullarında yüksek verim veren tahılların başında gelmektedir. GAP bölgesinin, sıcak iklim tahılları için yeterli sıcaklığa sahip olması nedeniyle, mısır tarımı yaygın bir şekilde yapılmaktadır. GAP bölgesinde son yıllarda hibrid mısır çeşitleri ile yapılan çalışmalarda tane veriminin Şanlıurfa koşullarında dekara 779 ile 1546 kg arasında (Taş, 2020, 2021), Mardin koşullarında 621-1229 kg da⁻¹ arasında (Acıbuca, 2021), Diyarbakır koşullarında 1233-1528 kg da⁻¹ arasında (Kılınç ve ark., 2018) ve Diyarbakır ana ürün koşullarında 1279-1580 kg da⁻¹ ve ikinci ürün koşullarında 1082-1502 kg da⁻¹ arasında değiştiği (Alp & Kahraman, 2017), Batman koşullarında 990-1453 kg da⁻¹ ve Mardin koşullarında 865-1365 kg da⁻¹ arasında değiştiği bildirilmektedir (Ekinci & Duman, 2021). Son yıllarda bölgede yapılan çalışmalarda dekara tane veriminin genelde 1500 kg seviyelerine çıktığı görülmektedir.

Mısır üretimi GAP bölgesinde çoğunlukla ikinci ürün olarak, diğer birçok bölgede ana ve ikinci ürün olarak tarımı yapılmaktadır. Özellikle son yıllarda ülkemizin güney sahil bölgelerinde, ikinci ürün mısır ekim alanı giderek azalmaktadır. Bölgede koçan ve sap kurdu zararlı artışı, hasadın gecikmesi sonucu tanedeki nem oranının yüksek olması ve özellikle de yaz döneminde su tüketiminin fazla olması gibi nedenler, ekim alanlarının azalmasının temel sorunları olarak sıralanmaktadır (Anonim, 2020). Ancak GAP bölgesinde mısır tarımında, hastalık ve zararlı popülasyonu bakımından şu ana kadar önemli bir sorun olmadığı, sadece hasatlarının geç döneme kalması nedeni ile hasatta tane nemiminin yüksek olması sorun olabilmektedir. Ancak son yıllarda bölge de hızlı bir şekilde artan kurutma ve silolama tesisleri nedeniyle, yüksek tane nemi önemli bir sorun olmaktan çıkmaktadır.

Mısırdaki yeni geliştirilen hibrid çeşitlerin farklı ekolojik bölgelerde adaptasyon çalışmalarının yapılması önemlidir. Özellikle ikinci ürün tarımı yapılan bölgelerde üreticinin, olgunlaşma konusuna çok dikkat etmesi gerekmektedir. Geç olgunlaşan (geççi) çeşitlerin uygun olmayan koşullarda yetiştirilmesi, verim kayıpları nedeniyle üreticinin zaman zaman gelir kayıplarına neden olmaktadır (Koca & Erekul, 2011).

Son yıllarda artan sera gazlarının yoğunluğuna bağlı olarak artan küresel ısınma ve iklim değişiklikleri nedeniyle mısır yetiştiriciliği için su önemli bir faktör olmaktadır. Bunun yanı sıra artan sıcaklıklar nedeniyle de bazı bölgelerde mısır tarımında önemli sorunlar görülmektedir. Bundan dolayı abiyotik ve biyotik koşullara dayanıklı, yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiş bulunmaktadır. Bundan dolayı geliştirilen yeni çeşitlerin olum sürelerine göre, hangi ekolojik bölgelerde yetiştirilmesinin daha uygun olacağının bilinmesi önemli konuma gelmiş

bulunmaktadır. Ayrıca, bölgede yaygın olarak kışlık tahıllar (buğday-arpa) ve ikinci ürün mısır tarımı yapılmaktadır. Sürekli buğday-mısır tarımı yerine, kış döneminde tek yıllık baklagillerden yağın fiğın ot ve tane amaçlı saf ekimleri (Çil ve ark., 2006; Yücel ve ark., 2006) veya fiğın bazı tahıllarla karışım şeklinde ekimlerinin (Deniz, 2021) yanısıra Kızıltepe ve Mardin bölgesinde kırmızı mercimek (Doğan ve ark., 2014; Doğan & Doğan, 2020) tarımın yaygınlaşması ile ikinci ürün mısır tarımının yapılması sürdürülebilir tarım açısından da önemli olacaktır.

Bu çalışma, Kızıltepe/Mardin bölgesinde ikinci ürün olarak yaygın olarak tarımı yapılan bazı at dişi melez mısır çeşitlerinin tane verimi ve verimle ilişkili özelliklerin belirlenmesinin yanısıra, bazı teknolojik özelliklerin saptanması amacı ile yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırmada 7 farklı at dişi hibrid mısır (*Zea mays indentata* Sturt.) çeşidi kullanılmış olup, kullanılan melez mısır çeşitlerinin adları, olum gün sayıları ve temin edildiği kuruluşlar, Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Melez mısır çeşitlerinin adları ve temin edildiği kuruluşlar

Table 1. Name of the organizations where hybrid corn varieties are supplied

Çeşit Adı	FAO Olum Gün Süresi	Kuruluş Adı
P0900	600-630	Pioneer
P0937	630-650	Pioneer
P1441	630-650	Pioneer
PR32T83	600-650	Pioneer
DKC5709	500-550	Dekalp
DKC6050	600-630	Dekalp
DKC6664	630-650	Dekalp

Araştırma, Mardin ilinin Kızıltepe İlçesinin Katarlı mahallesindeki çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü tarlanın rakımı 498 m olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın kurulduğu alandan alınan toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda; saturasyon % 77 killi, pH’nın 7.30 ve hafif alkali, toplam tuz %0.11 ile tuzsuz, kireç (CaCO_3) %25.79 ile fazla kireçli, organik madde %1.80 ile az, alınabilir fosfor (P_2O_5) 14.2 kg da⁻¹, potasyum (K_2O) 114 kg da⁻¹ ile yüksek olduğu saptanmıştır (Anonim, 2021 a).

Çizelge 2. Mardin ilinin bazı iklim parametreleri

Table 2. Some climate parameters of Mardin province

Parametreler	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort./Toplam
Ort. Sic. (°C)	21.5	31.0	30.0	28.0	19.5	12.0	7.0	20.57
Min. Sic. (°C)	14.0	23.0	22.0	18.0	13.0	7.0	3.0	14.28
Maks. Sic. (°C)	29.0	39.0	38.0	34.0	26.0	17.0	11.0	21.71
Yağış (mm)	3.0	0.3	0.2	1.7	16.5	29.3	36,3	87.29
Nispi Nem (%)	24.0	20.0	21.0	26.0	40.0	57.0	68.0	36.57
Yağmurlu gün (g.)	1.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0	6.0	2.0

Araştırmanın yürütüldüğü bölge iklimi, yazları çok sıcak ve kurak kışları ise ılımandır. Araştırmanın yürütüldüğü 2021 yılı Mardin ilinin haziran-aralık aylarına ait ortalama sıcaklığın 31.0-7.0°C arasında değiştiği, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait ortalama sıcaklığın sırasıyla 31.0 °C, 30.0 °C ve 28.0 °C olduğu ve yetiştirme sezonun ortalama sıcaklığının 20.57 °C olduğu görülmektedir. Bitkilerin yetiştirilme sezonundaki toplam yağışın 87.29 mm olduğu ve bunun büyük çoğunluğunun bitkilerin hasat edildiği döneme denk geldiği görülmektedir (Çizelge 2) (Anonim, 2021b).

Metod

Tarla denemesi, Mardin ilinin Kızıltepe ilçesi Katarlı köyünde yürütülmüştür. Araştırma, 15 Temmuz 2021’de, tesadüf blokları deneme deseninde, 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Araştırmada, her parsel 4 sıra olacak şekilde 5 m uzunluğunda, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde düzenlenmiştir (Ülger ve ark., 1996; Saruhan ve Öktem, 2021). Ekimler, daha önce belirlenen sıralara elle yapılmıştır. Ekimlerde bitkilerin çıkışları için yağmurlama sulama yapılmış ve daha sonrada salma sulama şeklinde devam etmiştir. Ekim öncesi yapılan toprak analiz sonuçları göz önünde bulundurularak dekara saf olarak 8 kg azot ve fosfor olacak şekilde taban gübresi verilmiş ve bitkiler 40-50 cm büyüklüğüne ulaştığında üst gübre olarak saf 18.4 kg daha azot uygulanmıştır (Ülger ve ark., 1996; Taş, 2021). Yetiştirme dönemi boyunca ihtiyaç duyulduğunda sulama yapılmış ve ayrıca zaman zamanda yabancı ot mücadelesi ve çapalama işlemleri de yapılmıştır. Hasat, tanedeki nem oranı belli bir seviyeye geldikten sonra aralık ayı içerisinde elle yapılmıştır. Hasat her parselin ortasındaki iki sıradan olan tüm koçanlar alınıp tanelenmiştir.

Bitkiye ait gözlemler ortadaki 2 sıradan, fenolojik gözlemler tüm sıralardan alınmıştır. Gözlemler, parsellerin orta iki sırasında rastgele seçilen 10 bitki üzerinde yapılmıştır (Yücel, 1993; Kahraman, 2016; Anonim, 2018).

Çalışmada; tepe püskülü çıkarma süresi (gün), bitki boyu (cm), ilk koçan yüksekliği (cm), koçan boyu/uzunluğu (cm), koçanda tane sayısı (adet), koçan ağırlığı (g/koçan), koçan tane ağırlığı (g/koçan), tane/koçan oranı (%), bin tane ağırlığı (g), hektolitreye ağırlığı (kg/hl) ve hasatta tane nemi (%) gibi özellikler belirlenmiştir. Hektolitreye ağırlığı ve tanedeki nem içeriği, elektronik Kett PM-66 marka nem ölçme aleti ile belirlenmiştir.

Her parselde bulunması gereken bitki sayısı ve her parseldeki mevcut bitki sayısı belirlenerek elde edilen tane verimleri, Ülger ve ark. (1986) tarafından belirlenen formüle göre düzeltilerek elde edilmesi gereken tane verimleri hesaplanmıştır. Ayrıca hasatta elektronik nem ölçme aleti ile nem ölçümü yapılmış ve buradan elde edilen değerler kullanılarak % 15’e göre nem düzeltmesi yapılmıştır. Tanedeki ham protein oranı (%) ve tanedeki nişasta oranı (%) NIR (Near Infrared Spektroskopisi) cihazında kuru maddeye göre düzeltilerek bulunmuştur.

Deneme sonunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri JMP istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Yurtsever, 2011).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mısırın tane verimi ile ilişkili incelenen özelliklerde koçan uzunluğu hariç, çiçeklenme süresi, bitki boyu, koçan yüksekliği, koçanda tane sayısı bakımından çeşitler arasından %1 düzeyinde istatistiki olarak önemli farklar saptanmıştır (Çizelge 3).

Tepe püskülü çıkarma süresi (gün): Çeşitlerin %50 tepe püskülü çıkarma süresi ortalamaları 48.0-57.0 gün arasında değiştiği, P0900 ve DKC5709 çeşitlerinin daha erkenci, DKC6664 ve PR32T83 çeşitlerinin ise daha geç çiçeklenme süresine sahip oldukları, diğer genotiplerin ise orta erkenci oldukları belirlenmiştir (Çizelge 3). Araştırmada orta erkenci olan yani FAO 630-650 grubunda yer alan P0937, DKC6664, P1441 ve FAO 600-650 grubunda yer alan PR32T83 çeşitlerinin tane verimi bakımından diğer çeşitlere göre daha önde oldukları görülmektedir. Yücel (1993) olgunlaşma süresi ile tane verimi arasında önemli ve olumlu ilişkilerin bulunduğunu bildirirken, diğer taraftan başka

araştırmacılar tarafından tane verimi ile olgunlaşma süresi arasında olumsuz ve önemsiz ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Coşkun ve ark., 2013; Kılınç ve ark., 2021). Farklı ekolojilerde ve farklı genotiplerle yapılan çalışmalarda, Diyarbakır koşullarında çeşitlerin tepe püskülü çiçeklenme süresinin 49.25-74.7 gün arasında değiştiği bildirilmiştir (Gül ve ark., 1998; Sarikurt, 2005). Tepe püskü çıkarma süresinin Diyarbakır ana ürün koşullarında 62.3-72.0 gün arasında (Kahraman ve ark., 2021), Harran koşullarında 52.50-57.63 gün arasında (Kabakcı & Tanrıverdi, 2000), Muş koşullarında 59.00-72.25 gün arasında (Akan, 2017) değiştiğini bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen çiçeklenme süresinin, önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlardan farklı olduğu ve bunun sebebinin de ana ve ikinci ürün ekimlerine göre farklılık gösterdiği sanılmaktadır.

Bitki boyu (cm): Çeşitlerin bitki boyu ortalamalarının 217.38 ile 236.80 cm arasında değiştiği en yüksek bitki boyu P0937 çeşidinde, en düşük bitki boyu ise DKC5709 çeşidinde saptanmıştır. Araştırmada bitki boyu yüksek olan P0937 ve DKC56664 çeşitlerin, orta erkenci ve birim alan tane verimlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bitki boyu ile çiçeklenme süresi arasında önemli ve olumlu, bitki boyu ile tane verimi arasında ise önemsiz ilişkilerin olduğu bildirilmektedir (Yücel, 1993; Kılınç ve ark., 2021). Farklı ekolojilerde ve farklı mısır çeşitleri ile yapılan önceki çalışmalarda bitki boyunun; Şanlıurfa'da 197.3-332.9 cm arasında değiştiği (Baytekin ve ark., 1997; Kabakcı & Tanrıverdi, 2000; Öktem & Öktem, 2009; Taş, 2020), Diyarbakır koşullarında 175.1-318.0 cm arasında (Gül ve ark., 1998; Sarikurt, 2005; Saruhan ve ark., 2007; Coşkun ve ark., 2013; Kahraman ve ark., 2021) değiştiği bildirilmektedir. Ekinci ve Duman (2021) Mardin Artuklu ve Batman Beşiri ekolojik koşullarında ikinci ürün olarak tarımı yapılan mısırın bitki boyunun 233.8-295.0 cm arasında değiştiğini bildirmektedirler. Akan (2017) Muş koşullarında bitki boyunun 282.15-335.60 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Bitki boyu çeşidin genetik özelliğinden, çevre şartlarından ve farklı tarımsal uygulamalardan etkilenmektedir. Bitki boyu, kullanılan çeşitlerin genetik yapılarına, çevre faktörlerine, ekim zamanına ve sulama miktarına göre değişebilmektedir.

İlk koçan yüksekliği (cm): Çeşitlerin koçan yüksekliği 60.0 ile 66.0 cm arasında değiştiği en düşük koçan yüksekliği PR32T83 çeşidinde, en yüksek koçan yüksekliği ise P0937 çeşidinde saptanırken; DKC6664, DKC5709 ve P1441 çeşitlerinin ise P0937 çeşidi ile istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları görülmektedir. Bitki boyu yüksek olan çeşitlerin genelde koçan yüksekliği de yüksek olarak beklenmektedir. Nitekim Yücel (1993) bitki boyu ile ilk koçan yüksekliği arasında önemli ve olumlu ilişki olduğunu bildirirken, Kılınç ve ark. (2021) tane verimi ile bitki boyu ve ilk koçan yüksekliği arasında olumlu ve önemli ilişkilerin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Mısır çeşitleri ile farklı bölgelerde yapılan önceki çalışmalarda koçan yüksekliğinin; Şanlıurfa koşullarında 89.6-152.5 cm aralığında olduğu saptanmıştır (Baytekin ve ark., 1997; Kabakcı & Tanrıverdi, 2000; Öktem & Öktem, 2009; Coşkun ve ark., 2013). Mardin Artuklu ve Batman Beşiri ikinci ürün ekolojik koşullarında koçan yüksekliğinin 87.99 -115.67 cm (Ekinci & Duman, 2021); Diyarbakır koşullarında 103.5-152.3 cm (Kılınç ve ark., 2021) ve 85.8-156.3 cm arasında (Kahraman ve ark. (2021) değiştiğini tespit etmişlerdir. Akan (2017) Muş koşullarında ilk koçan yüksekliğinin 97.65-132.00 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmada yer alan mısır çeşitlerinden saptanan ilk koçan yüksekliği değerleri, önceki çalışmalardan elde edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Çalışmada yer alan çeşitlerin ilk koçan yüksekliğinin düşük olması, söz konusu çeşitlerin bitki boyu değerlerinin de düşük olmasından kaynaklanmıştır.

Koçan uzunluğu (cm): Çeşitlerin koçan uzunluğu 18.0 ve 21.0 cm arasında değiştiği görülmektedir. Araştırmada koçan uzunluğu bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak bir fark çıkmamasına rağmen, en yüksek tane verimine sahip P0937 çeşidinin en uzun koçan uzunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Kara ve Gür (2019) mısırdaki tane verimi ile koçan boyu/uzunluğu arasında önemli ve pozitif ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir. Çeşitlerin koçan uzunluğunun Diyarbakır koşullarında 14.5-21.6 cm arasında değiştiği bildirilmektedir (Gül ve ark., 1998, Sarikurt, 2005; Saruhan ve ark., 2007). Akan (2017) Muş koşullarında koçan boyunun 17.75–25.15 cm arasında olduğunu

rapor etmiştir. Çalışmamızda saptanan koçan uzunluğu değerlerinin, önceki çalışmalarda saptanan değerler arasında yer aldığı görülmektedir.

Koçanda tane sayısı (adet): Çeşitlerin koçanda tane sayısının 558.75-760.0 adet arasında olduğu, koçanda en fazla tane sayısı DKC6664 çeşidinde elde edilirken, en az tane sayısı ise PR32T83 çeşidin de saptanmıştır. Koçanda tane sayısı verimi etkileyen önemli özelliklerdendir. Mısırdaki tane verimi ile koçanda tane sayısı arasında önemli ve pozitif ilişkilerin olduğu bildirilmektedir (Yücel, 1993; Kahraman, 2016; Kara & Gür, 2019). Ayrıca Kara ve Gür (2019) mısırdaki tane verimine en yüksek pozitif yönde etki eden özelliğin, koçanda tane sayısının olduğunu bildirmişlerdir. Farklı ekolojilerde ve farklı mısır çeşitleri ile yapılan önceki çalışmalarda koçandaki tane sayısının, Diyarbakır koşullarında 520.43-708.43 adet arasında değiştiği saptanmıştır (Sarıkurt, 2005).

Çizelge 3. Mısır çeşitlerinin tane verimi ile ilişkili özellikler

Table 3. Characteristics related to grain yield of corn varieties

Çeşitler	Tepe Çıkarma Süresi (gün)	Püskülü Bitki Boy (cm)	Koçan Yüksekliği (cm)	Koçan Uzunluğu (cm)	Koçanda Tane Sayısı (adet)
DKC5709	49.00 cd*	217.38 e*	64.00 ab*	20.00	580.00 e*
DKC6050	52.00 b	227.50 c	62.00 bc	18.50	656.00 d
DKC6664	57.00 a	234.80 b	64.00 ab	20.50	760.00 a
P0900	48.00 d	227.33 c	62.00 bc	20.00	684.00 c
P0937	51.00 bc	236.80 a	66.00 a	21.00	720.00 b
P1441	53.00 b	227.65 c	63.50 ab	19.00	656.00 d
PR32T83	57.00 a	219.30 d	60.00 c	18.00	558.75 f
Ortalama	52.43	227.25	63.07	19.57	659.25
DK (%)	2.88	0.49	3.02	7.37	1.25
F (Çeşit)	22.08**	163.69**	4.07**	2.31 ^{ÖD}	301.22**

(*) Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre %1 seviyesinde önemli farklılık yoktur.

ÖD: Önemli Değil

Mısırın tane verimi ile ilişkili incelenen özelliklerde bitkideki koçan ağırlığı, koçanda tane ağırlığı, tane/koçan oranı, bin tane ağırlı ve tane verimi bakımından çeşitler arasından %1 düzeyinde istatistiki olarak önemli farklar saptanmıştır (Çizelge 4).

Koçan ağırlığı (g): Araştırmada yer alan çeşitlerin koçan ağırlığı 200.95-230.08 g arasında değişmektedir. Koçan ağırlığı bakımından DKC6664, P0937 ve PR32T83 çeşitleri, diğer çeşitlerden daha yüksek değere sahip olurken, DKC5709 çeşidinin ise en düşük koçan ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada da görüleceği üzere tane verimi yüksek olan çeşitlerin, koçan ağırlığı bakımından ilk sıralarda yer aldıkları görülmektedir. Akan (2017) Muş koşullarında sömek ağırlığının 41.10–96.65 g olduğunu bildirmiştir.

Koçan tane ağırlığı (g): Araştırmada farklı mısır çeşitlerinin koçandaki tane ağırlığının 169.38-202.43 g arasında değiştiği, en yüksek tane ağırlığı P0937 ve DKC6664 çeşitlerinde elde edilirken, DKC5709 çeşidinin ise en düşük koçan tane ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada da görüleceği üzere koçan ağırlığı yüksek olan çeşitlerin,

koçan tane ağırlığı ve tane verimlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Akan (2017) Muş koşullarında koçanda tane ağırlığının 76.64–135.77 g arasında olduğu bildirmiştir.

Tane/koçan oranı (%): Mısır çeşitlerinin tane/koçan oranının %84.29-88.29 arasında değiştiği ve ortalamasının %86.84 olduğu görülmektedir. Tane/koçan oranı bakımından en yüksek değer P0900 çeşidinde saptanırken, DKC5709 çeşidinin ise en düşük tane/koçan ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada da görüleceği üzere koçan ağırlığı yüksek olan çeşitlerin, tane verimlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Akan (2017) Muş koşullarında mısır çeşitlerinin tane koçan oranının %74.33-%79.55 arasında değiştiğini bildirmiştir. Kahraman ve ark. (2021) Diyarbakır ana ürün koşullarında tane/koçan oranının %83.9-89.9 arasında değişimler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bin tane ağırlığı (g): Araştırmada farklı mısır çeşitlerinin bin tane ağırlığının (BTA) 263.55-311.25 g arasında değiştiği saptanmıştır. En düşük BTA DKC5709 çeşidinde, en yüksek değer ise DKC6664 çeşidinde saptanmıştır. Melez mısır çeşitlerinde BTA yüksek olan çeşitlerin tane verimleri de yüksek olmaktadır. Nitekim tane verimi ile BTA arasında önemli ve olumlu ilişkilerin bulunduğu bildirilmektedir (Kahraman; 2016; Aman ve ark., 2020). Farklı ekolojilerde ve çeşitlerle yapılan çalışmalarda melez mısır çeşitlerinin bin tane ağırlığının; Soleymani ve ark. (2011) İsfahan/İran koşullarında 216-285 g arasında; Diyarbakır ana ürün koşullarında 227.4-378.6 g arasında değiştiği bildirilmiştir (Atakul ve ark., 2014; Kahraman ve ark., 2014; Kılınç ve ark., 2014; Kahraman, 2016). Akan (2017) Muş koşullarında melez hibrit mısır çeşitlerinin bin tane ağırlığının 145.50–227.68 g arasında değiştiğini saptamıştır. Kahraman ve ark. (2021) Diyarbakır ana ürün koşullarında bin tane ağırlığının 261.1-331.7 g arasında değişimler gösterdiği saptamışlardır.

Tane verimi (kg da⁻¹): Araştırmada yer alan çeşitlerin tane veriminin 1252.0-1452.0 kg da⁻¹ arasında değiştiği ve çeşit ortalaması 1359 kg/da olarak belirlenmiştir. Araştırmada yer alan P0937 çeşidinde en yüksek ve DKC5709 çeşidinde ise en düşük verimler saptanmıştır. DKC6664, P1441 ve PR32T83 çeşitlerinin, tane verimi bakımında ikinci sırada yer aldıkları ve istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları görülmektedir. Söz konusu çeşitlerin FAO olum sürlerinin 630-650 grubunda yer aldıkları da saptanmıştır. Yücel (1993) Çukurova koşullarında yürütmüş olduğu araştırmada; tane verimi ile olgunlaşma süresi, koçanda tane sayısı, koçan tane verimi, BTA arasında önemli ve olumlu ilişkiler olduğunu saptamıştır. Aman ve ark. (2020) birim alan verimin bitki boyu, koçan uzunluğu ve 100 tane ağırlığı ile önemli ve pozitif bir fenotipik korelasyona sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kara ve Gür (2019) mısırdaki tane verimi ile koçanda tane sayısı, koçan ağırlığı ve koçan boyu arasında önemli ve pozitif ilişkiler belirlerken, Kahraman (2016) tane verimi ile koçanda tane sayısı, koçanda tane ağırlığı, bitkide koçan sayısı, tane/koçan oranı, tek bitki verimi, 1000 tane ağırlığı arasında olumlu ve önemli; tane verimi ile hasatta bitki sayısı, koçan uzunluğu ve hektolitreye ağırlığı arasında % 5'e göre olumlu ve önemli bir ilişki tespit edildiğini bildirmişlerdir. Mısırdaki tane veriminin; Şanlıurfa koşullarında 534-1636 kg da⁻¹ arasında (Baytekin ve ark., 1997; Kabakcı & Tanrıverdi, 2000; Öktem & Öktem, 2009; Coşkun ve ark., 2013; Taş, 2020) değiştiği bildirilmiştir. Diyarbakır koşullarında 486.7-1489.7 kg da⁻¹ arasında (Gül ve ark., 1998); Sarıkurt, 2005; Saruhan ve ark., 2007; Kılınç ve ark., 2018) değiştiği bildirilmiştir. Kahraman ve ark. (2021) Diyarbakır ana ürün koşullarında tane veriminin 719.0-1079.7 kg da⁻¹ arasında, Ekinci ve Duman (2021) Mardin Artuklu ve Batman Beşiri ikinci ürün ekolojik koşullarında genotiplerinin tane veriminin 865.00 -1453.33 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Jagla ve ark (2019) Polanya'da tane veriminin 1009-1185 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, Soleymani ve ark. (2011) İsfahan/İran koşullarında çeşitlere göre değişmekle birlikte tane veriminin 656-747 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmektedirler. Akan (2017) Muş koşullarında tane veriminin 800.70–1193.95 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 4. Mısır çeşitlerinin tane verimi ve verimle ilişkili özellikler

Table 4. Grain yield and related yield characteristics of corn varieties

Çeşitler	Koçan Ağırlığı (g)	Koçan Tane Ağırlığı (g)	Tane/Koçan Oranı (%)	Bin Tane Ağırlığı (g)	Tane Verimi (kg da ⁻¹)
DKC5709	200.95 e ⁺	169.38 f ⁺	84.29 f ⁺	263.55 e ⁺	1252.0 e ⁺
DKC6050	225.83 b	197.03 c	87.25 d	289.25 c	1300.0 d
DKC6664	229.95 a	202.10 a	87.89 c	311.25 a	1394.0 b
P0900	205.18 d	181.15 e	88.29 a	265.88 e	1340.0 c
P0937	229.75 a	202.43 a	88.11 b	292.30 b	1452.0 a
P1441	224.40 c	190.20 d	84.76 e	270.18 d	1388.0 b
PR32T83	230.08 a	200.85 b	87.29 d	309.95 a	1385.0 b
Ortalama	220.88	191.87	86.84	286.05	1359.0
DK (%)	0.189	0.27	0.12	0.56	0.93
F (Çeşit)	3546.01**	2316.75**	973.87**	621.69**	47.36**

(*) Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre %1 seviyesinde önemli farklılık yoktur.

Tane verimi bakımından araştırmada elde edilen bulguların, önceki çalışmalarda elde edilen bulgularla paralellik göstermesine rağmen, bazı çalışmalardan yüksek ve bazı çalışmalardan da düşük olduğu görülmektedir. Bu farklılığın, araştırmalarda yer alan bazı çeşitlerin ve olgunlaşma gün sayılarının farklı olmasının yanı sıra, çeşitlerin yetiştirildiği ana ve ikinci ürün koşullarına, araştırmaların yürütüldüğü yıllardaki iklim ve toprak özellikleri ile birçok özelliğe göre değiştiği düşünülmektedir.

Araştırmada yer alan çeşitlerin bazı teknolojik özelliklerden hektolitreye ağırlığı, hasatta tanedeki nem oranı, nişasta ve ham protein oranı bakımından çeşitler arasında %1 düzeyinde istatistiki olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Hektolitreye ağırlığı (kg hl⁻¹): Çeşitlerin hektolitreye ağırlığı 72.40 ve 75.40 kg hl⁻¹ arasında değişmiştir. DKC6664 çeşidinde en yüksek değer elde edilirken, PR32T83 çeşidinde ise en düşük değer saptanmıştır. Hektolitreye ağırlığının Kahramanmaraş koşullarında 75.63-80.30 kg hl⁻¹ (Özsisli, 2010), Harran ovası koşullarında 74.29-76.08 kg hl⁻¹ (Bengisu, 1998), Muş koşullarında farklı olum (450-700) gruplarına sahip melez hibrit mısır çeşitlerinin hektolitreye ağırlığının 61.72-68.32 kg hl⁻¹ (Akan (2017) arasında değiştiği belirtilmiştir. İkinci ve Duman (2020) araştırmada kullanılan hibrit mısır genotiplerinin hektolitreye ağırlığının 59.53-77.89 kg hl⁻¹ arasında değiştiği, tüm genotiplere ait ortalama hektolitreye ağırlığının ise 67.29 kg hl⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir.

Hasatta tanedeki nem (%): Çeşitlerin tane neminin %19.0 ve 23.50 arasında değiştiği ve ortalama %22.17 olduğu saptanmıştır. Tanedeki nem değerleri bakımında DKC6664, P1441 ve PR32T83 çeşitlerinde, diğer çeşitlere göre daha yüksek değer elde edilirken, en düşük nem miktarı ise P0900 çeşidinde saptanmıştır. Farklı koşullarda ve genotiplerle yapılan çalışmalarda, çeşitlere göre değişmekle birlikte hasatta tane nem içeriğinin; Harran ovasında yürütülen çalışmalarda %13.4-29.47 arasında (Kabakçı & Tanrıverdi, 2000; Öktem & Öktem, 2009; Coşkun ve ark., 2013; Taş, 2020), Kahramanmaraş koşullarında %11.97-13.00 arasında (Özsisli, 2010) ve Muş koşullarında hasatta tane neminin %30.00-36.07 arasında (Akan (2017) değiştiği belirtilmiştir. Jagla ve ark. (2019) Polanya'da tanenin nem içeriğinin %23.50-27.07 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kahraman ve ark. (2021) Diyarbakır ana ürün koşullarında hasatta tanedeki nem içeriğini %7.5-11.8, arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Tane nem içeriği bakımından araştırmada saptanan sonuçların, önceki çalışmalarda yer alan çeşitlerle benzerlik gösterdiği ve bazı çalışmalardan da farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu farklılığın çeşitlerin yetiştirildiği ana ve ikinci ürün koşullarının

farklı olmasının yanısıra, çeşitlerin olgunlaşma ve hasat dönemlerinin farklı olması ve o araştırmaların yürütüldüğü yıllardaki iklim ve toprak özellikleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Niştasta içeriği (%): Araştırmada yer alan çeşitlerin niştasta değerleri %72.32 ve %77.68 arasında değişmektedir. Tanedeki en düşük niştasta değeri DKC5709 çeşidinde saptanırken P0900, DKC6664 ve PR32T83 çeşitlerinin istatistiki olarak aynı grupta ve ilk sıralarda yer aldığı ve diğer çeşitlerden daha yüksek niştasta değerine sahip oldukları saptanmıştır. Kahramanmaraş koşullarında yürütülen araştırmalarda, çeşitlerin niştasta içeriğinin %57.0-63.85 arasında değiştiği belirlenmiştir (Özsisli, 2010; İdikut & Kara, 2013; İdikut ve ark., 2020). Kırtok (1998) mısır tanesinin genel olarak niştasta içeriğinin %61-78 arasında değiştiğini bildirmiştir. Taş (2020) GAP (Akçakale/Şanlıurfa) koşullarında yürütülen araştırmada tane niştasta oranının %58.73-76.30 arasında değiştiğini bildirmektedir. Hartings ve ark. (2008) tanedeki niştasta içeriğinin %58.6-73.1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmada elde edilen bulguların, Kahramanmaraş koşullarında yürütülen çalışmalarda elde edilen bulgulardan yüksek, diğer çalışmalarla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Mısırdaki tane verimi ve niştasta içeriğinin azaldığı çeşitlerde, protein ve yağ oranlarının arttığı, tane verimi ile niştasta içeriği arasında pozitif bir korelasyon olduğu, protein ve yağ içeriği ile negatif bir ilişkinin olduğu rapor edilmiştir (Taş, 2020).

Ham protein oranı (%): Çeşitlerin ham protein değerlerinin %5.20 ile %5.78 arasında değişmiştir. P1441 çeşidinde en yüksek değer elde edilirken, bunu PR32T83 çeşidi izlemiştir. Farklı ekolojilerde ve çeşitlerle yapılan çalışmalarda HP oranının; Harran ovası koşullarında %7.54-8.49 arasında (Bengisu, 1998), Kahramanmaraş koşullarında %7.6-9.6 arasında (Özsisli, 2010; İdikut ve ark., 2020) ve Manisa Alaşehir koşullarında %8.72 ile 14.24 arasında değiştiği bildirilmektedir (Kusaksız & Kutlu Kusaksız, 2018). Kırtok (1998) mısır tanesinde protein içeriğinin genel olarak %6-12 arasında değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca Soleymani ve ark. (2011) İsfahan/İran koşullarında çeşitlerin HP oranının %8.6-9.7 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Hartings ve ark. (2008) yerel mısır genotiplerinin tane protein içeriğinin %8.3-13.7 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Taş (2020) GAP (Akçakale/Şanlıurfa) koşullarında yürütülen araştırmada tanedeki protein oranının %7.67-14.50 arasında değiştiğini belirlemiştir. Muş koşullarında mısır çeşitlerinin ham protein içeriği %5.77-9.99 değerleri arasında değişmiştir (Akan, 2017). HP içeriğinin, önceki çalışmalardan elde edilen bulgulardan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun araştırmada yer alan çeşitlerin farklı olmasından ziyade, araştırmaların yürütüldüğü koşullardaki iklim ve toprak özelliklerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ekinci ve Duman (2020) tanede protein oranının %7.45 - 13.66 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 5. Mısır çeşitlerinin bazı teknolojik özellikleri

Table 5. Some technological characteristics of corn varieties

Çeşitler	Hektolitire Ağırlığı (kg/hl)	Hasatta Tanede Nem (%)	Niştasta (%)	Ham Protein Oranı (%)
DKC5709	72.80 c ⁺	22.50 b ⁺	72.32 c ⁺	5.22 d ⁺
DKC6050	74.50 ab	21.23 c	73.64 c	5.28 d
DKC6664	75.40 a	23.50 a	77.46 a	5.20 d
P0900	74.20 b	19.00 d	77.68 a	5.62 b
P0937	75.10 ab	22.22 b	75.80 b	5.45 c
P1441	74.00 b	23.50 a	75.23 b	5.78 a
PR32T83	72.40 c	23.25 a	77.60 a	5.67 ab
Ortalama	74.06	22.17	75.68	5.46
CV (%)	1.01	2.12	1.27	0.13

(*) Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre %1 seviyesinde önemli farklılık yoktur.

Sonuç olarak; Mardin ili Kızıltepe ilçesi ikinci ürün koşullarında yürütülen araştırmada yer alan mısır çeşitlerinin tane veriminin 1252.0-1452.0 kg da⁻¹, tanenin nişasta içeriğinin %72.32-77.68 ve ham protein içeriğinin %5.20-5.78 arasında değiştiği saptanmıştır. P0937 çeşidinin tane verimi bakımından, DKC6664, P0900 ve PR32T83 çeşitlerinin nişasta içeriği bakımından, P1441 ve PR32T83 çeşitlerinin ise ham protein oranı bakımından ilk sıralarda yer aldığı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre mısır tanesinin kullanım amaçlarına göre farklı çeşit tercihlerinin de yapılabileceği görülmektedir. Ayrıca araştırmanın yürütüldüğü 2021 yılı yetiştirme koşullarında araştırmada yer alan FAO 630-650 olum süresine sahip çeşitlerinin tane verim açısından diğer çeşitlerden daha yüksek performans gösterdikleri de belirlenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Acıbuca, E. (2021). Mardin ili ekolojik şartlarına uygun ikinci ürün tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 64 s.
- Akan, S. (2017). Muş ili ekolojik şartlarına uygun tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 87 s.
- Alp, A., & Kahraman, Ş. (2017) Diyarbakır koşullarında ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilen tane mısırın bazı tarımsal ve teknolojik özelliklerinin Biplot analiz yöntemiyle karşılaştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (4), 507-515. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.299291>
- Aman, J., Bantte, K., Alamerew, S., & Sbhatu, D.B. (2020). Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components of quality protein maize (*Zea mays* L.) hybrids at Jimma, Western Ethiopia. *Hindawi International Journal of Agronomy*, Article ID 9651537, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/9651537>
- Anonim (2018). Sıcak iklim tahılları çeşit tescil raporları kitapçığı. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müd., 31-59, Ankara. https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B1Oklim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR_TEKNIK_TALIMATI.pdf
- Anonim (2020). Mısırdaki kendi kendimize yeterli ülke konumuna gelmeliyiz. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Mısır Raporu, 3 Nisan 2020. <https://www.tmmob.org.tr/icerik/zmo-misirda-kendi-kendimize-yeterli-ulke-konumuna-gelmeliyiz>
- Anonim (2021 a). Deneme alanı toprak analiz sonuçları. HKS Tarımsal ve Arge Laboratuvar Sonucu, Mardin.
- Anonim (2021b). Mardin ili bazı iklim parametreleri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=MARDIN>
- Atakul, Ş., Kahraman, Ş., & Kılınç, S. (2014). Determination of some kernel maize genotypes yield and yield components a main crop in Diyarbakır conditions. *International Mesopotamia Agriculture Congress*, 22-25 September, p.387-392, Diyarbakır.

- Baytekin, H., Bengisu, G., & Okan, M. (1997). Şanlıurfa'da farklı iki lokasyonda ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterlerin saptanması. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*, s.148-152, Samsun.
- Bengisu, A.G. (1998). Harran ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen üç mısır çeşidinde bitki sıklığının verim ve bazı tarımsal karakterlere etkileri üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 138 s.
- Coşkun, Y., Coşkun, A., & Koşar, İ. (2013). Bazı at dişi mısır çeşitlerinin yarı-kurak iklim koşullarında verim performansları. *Ulusal KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, 14-16 Kasım, Konya.
- Çil, A., Çil, A.N., & Yücel, C. (2006). Bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) hatlarının Harran ovası koşullarına adaptasyonu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1/2), 53-61. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.356483>
- Deniz, C. (2021). Harran ovası koşullarında kışlık ara dönemde yetiştirilen yaygın fiğ, tahıl karışımlarında farklı ot hasat dönemlerinin verim ve kalite özelliklerine olan etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 s.
- Doğan, Y., Toğay, Y., & Toğay, N. (2014). Mardin Kızıltepe koşullarında farklı ekim zamanlarının mercimek (*Lens culinaris* Medic.) çeşitlerinde verim ve verim öğelerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (2), 51-58.
- Doğan, S., & Doğan, Y. (2020). Mardin koşullarında kırmızı mercimek (*Lens culinaris* Medik.) genotiplerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7 (9), 23-30.
- Ekinci, R., & Duman, A. (2021). Mardin ve Batman ekolojik koşullarında bazı mısır (*Zea mays* L.) genotiplerinin ikinci ürün olarak performanslarının karşılaştırılması. *Ziraat Mühendisliği* 373, 51-60. <https://doi.org/10.33724/zm.938160>
- Gül, İ., Akıncı, C., & Baytekin, H. (1998). Diyarbakır koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterler ile karakterler arasındaki ilişkilerin saptanması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (3), 1-40.
- Hartings, H., Berardo, N., Mazzinelli, G.F., Valoti, P., Verderio, A., & Motto, M. (2008). Assessment of genetic diversity and relationships among maize (*Zea mays* L.) Italian landraces by morphological traits and AFLP profiling. *Theoretical and Applied Genetics International Journal of Plant Breeding Research*, 117 (6), 831-842. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0823-2>
- İdikut, L., & Kara, S.N. (2013). Tane ürünü için yetiştirilen ikinci ürün mısır çeşitlerinin bazı verim öğeleri ile tane nişasta oranlarının belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16 (1), 8-15.
- İdikut, L., Ekinci, M., & Gençdoğan, C. (2020). Hibrid mısır çeşitlerinin koçan özellikleri ve tane kalite kriterlerinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (2), 142-153. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.767997>
- Jagła, M., Szulc, P., Ambroży-Deregowska, K., Mejza, I., & Kobus-Cisowska, J. (2019). Yielding of two types of maize cultivars in relation to selected agrotechnical factors. *Plant, Soil and Environment*, 65, 416-423. <https://doi.org/10.17221/264/2019-PSE>.
- Kabakçı, Y., & Tanrıverdi, M. (2000). Harran ovasında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek mısır çeşitlerinin belirlenmesi. Harran Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 2000 Yılı Faaliyet Raporu, Akçakale, Şanlıurfa.
- Kahraman, Ş., Kılınç, S., & Atakul, Ş. (2014). Determination of a single hybrid corn genotypes performance in Diyarbakır conditions. *International Mesopotamia Agriculture Congress*, 22-25 September, 380-386 p, Diyarbakır.
- Kahraman, Ş. (2016). Diyarbakır koşullarında ana ve ikinci ürün tane mısır tarımında bazı tarımsal ve teknolojik özellikler üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 167 s.
- Kahraman, Ş., Atakul, Ş., & Kılınç, S. (2021). Diyarbakır ana ürün şartlarında bazı tane mısır çeşit adaylarının verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10 (2), 138-144.

- Kara, B., & Gür, İ. (2019). Trabzon ekolojik koşullarında bazı hibrit atdışi mısır çeşitlerinin (*Zea mays indentata* Sturt) performansları. *Black Sea Journal of Agriculture* 2 (2), 103-108.
- Kılınç, S., Atakul, Ş., & Kahraman, Ş. (2014). Determination of some hybrid maize genotypes adaptation and consistency capabilities. *International Mesopotamia Agriculture Congress*, 22-25 September, 418-423 p., Diyarbakır.
- Kılınç, S., Karademir, Ç., & Ekin, Z. (2018). Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (6), 809-816. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.463813>
- Kılınç, S., Atakul, S., & Kahraman, Ş. (2021). Diyarbakır şartlarında bazı kendilenmiş mısır hatlarının değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 35-46.
- Kırnak, H., Gençdoğan, C., & Değirmenci, V. (2003). Harran ovası koşullarında kısıntılı sulamanın ikinci ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (2), 117-123.
- Kırtok, Y. (1998). *Mısır: Üretimi ve kullanımı*. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul, 448 s.
- Koca, Y.O., & Ereku, O. (2011). Bazı melez mısır çeşitlerinin performanslarının belirlenmesi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 41-45.
- Kusaksız, T., & Kusaksız Kutlu, E. (2018). The performances of some new dent maize (*Zea mays* L.) cultivars grown as main crop in a Mediterranean environment. *Turkish Journal of Field Crops*, 23 (2), 187-194. <https://doi.org/10.17557/tjfc.489616>
- Öktem, A., & Öktem, A.G. (2009). Bazı atdışi hibrit mısır (*Zea mays* L. *indentata*) genotiplerinin Harran ovası koşullarında performanslarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 49-58.
- Özsisli, B. (2010). Kahramanmaraş koşullarında birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilen farklı mısır çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 130 s.
- Saraçoğlu, M. (2023). Fertigasyon yöntemiyle farklı miktarlarda uygulanan azotun mısır bitkisinin (*Zea mays* L. *indentata*) verim ve verim parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 304 s.
- Sarıkurt, B. (2005). Diyarbakır sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterler ile karakterler arası ilişkilerin saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 52 s.
- Saruhan, M.A., & Öktem, A.G. (2021). Diyarbakır koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde morfolojik ve teknolojik özellikler ile tane verimine etkisi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10 (2), 145-154. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bdbad>.
- Saruhan, V., Gül, İ., & Akıncı, C. (2007). A study of adaptation of some corn cultivars as grown second crop. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6 (2), 326-331.
- Sesiz, A., Akıncı, C., & Turgut, M.M. (2010). GAP Bölgesinde ikinci ürün mısır tarımında azaltılmış ve doğrudan ekim uygulamalarının verime etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (3), 203-208.
- Soleymani, A., Khajedin, A.A., & Shahrajabian, M.H. (2011). Grain yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) hybrids in response to planting dates in semi-arid region in Isfahan. *Research on Crops*, 12 (1), 45-52.
- Şimşek, M., Gerçek, S., & Öktem, A. (2000). Farklı sulama yöntemlerinin mısır bitkisinde verim ve su tüketimine etkisi. *GAP 3. Tarım Kongresi*, 2-3 Ekim 2020, s 173-179, Şanlıurfa.
- Taş, T. (2020). Bazı atdışi hibrit mısır (*Zea mays indentata* Sturt) çeşitlerinin tane özellikleri ile tane verimi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 222-233. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol4iss2pp87-98>
- Taş, T. (2021). GAP bölgesi koşullarında hibrit atdışi mısıra (*Zea mays indentata* Sturt.) uygulanan farklı azot gübresi seviyelerinin tane verimi ile kalitesi ve yaprağın klorofil içeriklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8 (3), 655-665. <https://doi.org/10.30910/turkjans.909545>

- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, 2023 Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>. (Erişim Tarihi: 14.11.2024).
- Ülger, A.C. Becker, H.C., & Kahnt, G. (1986). Reaktion verschiedener mais-Inzuchtlinien und Hybriden auf steigendes Stickstoffangebot. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 159 (3), 157-163. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1987.tb00080.x>
- Ülger, A.C., Tansi, V., Sağlamtimur, T., Kizilşimşek, M., Çakır, B., Yücel, C., Baytekin, H., & Öktem, A. (1996). Güneydoğu Anadolu bölgesinde ikinci ürün mısırdaki bitki sıklığı ve azot gübrelemesinin tane ve hasıl verimi ve bazı tarımsal karakterlerine etkisi üzerinde araştırmalar. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma Dairesi Başkanlığı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi 203, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Tarımsal Araştırma İnceleme ve Geliştirme Proje Paketi. Adana.
- Yurtsever, N. (2011). *Deneyisel istatistik metotları*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 121 Teknik Yayın No 56, 800 s.
- Yücel, C. (1993). Çukurova koşullarında yetiştirilen melez mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde bazı kök özellikleri ile tane verimi ve tarımsal özellikler arasındaki ilişkilerin saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 76 s.
- Yücel, C., Çil, A., & Çil, A.N. (2006). Harran ovası koşullarında bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşit ve hatların ot ve tane verimlerinin saptanması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1/2), 63-71.

Lavanta (*Lavandula × intermedia* var. super A.)’da farklı hasat zamanları ve muhafazanın hasat sonrası kalite üzerine etkileri

The effects of different harvest times and storage on lavender (*Lavandula × intermedia* var. super A.) post-harvest quality

Adem DAL¹, Ömür DÜNDAR², Hatice DEMİRCİOĞLU²

¹Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Konya, Türkiye.

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 05.06.2024 Accepted / Kabul: 27.12.2024 Anahtar Kelimeler: Lavanta Muhafaza Kalite Hasat zamanı Keywords: Lavender Storage Quality Harvest time ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Adem DAL adem.dal@tarimorman.gov.tr	Adana ekolojik koşullarında yetiştiriciliği yapılan çiçeklenme başı (25 Mayıs), tam çiçeklenme (5 Haziran) ve çiçeklenme sonu (28 Haziran) dönemlerinde hasat edilen lavanta çiçeklerinde (<i>Lavandula × intermedia</i> var. super A.) farklı muhafaza şartlarının çiçeklerde kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmamızda; hasat edilip oda sıcaklığında kurutulan lavanta çiçekleri 4°C ve 20°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ve %65 oransal nemde 12 ay vakumlu polietilen poşet içerisinde depolanmıştır. Depolama süresince lavantalarda toplam fenol içeriği, çiçek renk değişimi (h°), antioksidant aktivitesi (%), toplam antosiyanin içeriği gibi fiziksel ve kimyasal analizlerinin yanında bu üç dönemde elde edilen uçucu yağlar 4°C’de cam şişede muhafaza edilmiş ve 2 ayda bir yağ bileşenlerine bakılmıştır. Muhafaza sıcaklığı açısından 4°C’de muhafaza edilen kuru çiçeklerin toplam fenol içeriği (714.48 mg gallik asit L⁻¹) ve toplam antosiyanin içeriği (435.28 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) yüksek tespit edilmiş, antioksidan aktivitesi (%90.28) açısından 20°C’de muhafaza edilen kuru çiçekler en iyi değere sahip olduğu belirlenmiştir. Hasat zamanı ve muhafaza koşulları bakımından kuru çiçeklerde, çiçek renk değişimi önemsiz bulunmuş, ancak antioksidan aktivitesi (%90.70) ve toplam antosiyanin içeriği (555.16 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) bakımından tam çiçek devresinde muhafaza edilen kuru çiçeklerde kalite değerleri daha yüksek bulunmuştur. Lavanta bitkisinin tam çiçek devresinde hasatı yapıp kurutulan çiçekler 4°C’de 12 ay süresince depolandığında yağ kalitesi ve kuru çiçek bakımından kalite ölçütlerini daha iyi koruduğu bulunmuştur.
	ABSTRACT In our study conducted to determine the effects of different storage conditions on the quality of lavender flowers (<i>Lavandula × intermedia</i> var. super A.) harvested at the beginning of flowering (May 25), full bloom (June 5) and end of flowering (June 28) periods grown in Adana ecological conditions; lavender flowers harvested and dried at room temperature were stored in vacuumed polyethylene bags for 12 months at two different temperatures, 4°C and 20°C, and 65% relative humidity. During the storage period, in addition to physical and chemical analyses such as total phenol content, flower color change (h°), antioxidant activity (%), total anthocyanin content in lavenders, the essential oils obtained in these three periods were stored in glass bottles at 4°C and their oil components were checked every 2 months. In terms of storage temperature, total phenol content (714.48 mg gallic acid L⁻¹) and total anthocyanin content (435.28 cyanidin-3-glucoside mg L⁻¹) were found to be high in dried flowers preserved at 4°C, and it was determined that dried flowers preserved at 20°C had the best antioxidant activity (90.28%). In terms of harvest time and storage conditions, flower color change was found to be insignificant in dried flowers, but antioxidant activity (90.70%) and total anthocyanin content (555.16 cyanidin-3-glucoside mg L⁻¹) were found to be higher in dried flowers preserved at full bloom stage. It was found that the flowers harvested at full bloom stage of lavender plant and dried preserved the quality criteria better in terms of oil quality and dried flower when stored at 4°C for 12 months.
Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserler herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	
Cite/Atıf	Dal, A., Dündar, Ö., & Demircioğlu, H. (2025). Lavanta (<i>Lavandula × intermedia</i> var. super A.)’da farklı toplama zamanları ve muhafazanın hasat sonrası kalite üzerine etkileri. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 30 (1), 154-166. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1495368

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler eski zamanlardan beri dünya çapında çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Günümüzde uçucu yağlar öncelikle parfüm, kozmetik, ilaç ve gıda endüstrilerinde kullanılmakta, aromaterapide ağrı kesici, sakinleştirici, uykusuzluk giderici, idrar arttırıcı ve romatizma ağrılarını dindirici etkisinden faydalanılmaktadır. Bu nedenle, uçucu yağlar üretebilen bitkiler dünya çapında ekonomik ürünler olarak güçlü bir konuma sahiptir. Labiatae (Lamiaceae) ailesine ait olan ve tıbbi ve aromatik bitkilerden biri olan *Lavandula* cinsi 39'dan fazla türden oluşmaktadır. Lavanta çiçekleri, yaprakları ve dalları bitkisel ilaçlarda, kozmetik endüstrisinde ve mutfak amaçlı kullanılır. Lavanta, Akdeniz bölgesinde doğal olarak büyümesine rağmen, esas olarak uçucu yağlar için Fransa, Türkiye, Çin, Bulgaristan, İspanya, ABD, İngiltere, Avustralya, Portekiz gibi ülkelerde ticari olarak yetiştirilmektedir (Kuş & Duru, 2021).

Lavantanın çiçek ve çiçek saplarından elde edilen uçucu yağlar dünyada en fazla ticareti yapılan 15 uçucu yağlar arasında yer almaktadır (Aslançan, 2011). Ülkemiz 2001 yılındaki yaklaşık 106 milyon dolar olan tıbbi ve aromatik bitkiler ihracatını 2019 yılında 3,5 kat artırarak yaklaşık 371 milyon dolara yükseltmiştir. Türkiye'de 2023 yılı parfümeri sanayinde kullanılan bitkiler gül, adaçayı ve lavanta 111.547 da alanda üretilmekte ve 40.477 ton ürün elde edilmektedir. Lavanta Türkiye'de 2015 yılında 3.200 da alandan 400 ton üretiliyorken bu oran 2023 yılı verilerine göre 52.329 da alanda 9.509 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Lavanta üretiminde Isparta %45,7 ile en fazla paya sahipken bunu %19,1 ile Afyonkarahisar izlemektedir (Anonim, 2024b). İhracata konu olan en önemli uçucu yağlar stearopten, kekik, gül ve portakaldır. Limon, nane, lavanta, portakal ve diğer turuncgiller ise en fazla ithal edilen önemli uçucu yağlardır. Nihayetinde, dünyada tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi hızla artmakta, buna paralel olarak ticaret hacmi de giderek artmaktadır (Temel ve ark., 2018). 2005 yılında Türkiye'nin lavanta yağı ithalatı 221 bin \$ olarak gerçekleşmiş ve her geçen yıl artarak devam etmektedir (Kara, 2011).

Lavanta bitkisi hem tıbbi ve aromatik bitki hem de süs bitkisi olarak üreticilerimize ve ekonomimize büyük derecede gelir katkısı sağlamaktadır. Lavantadan üretilen ürünler insan sağlığı başta olmak üzere ekonomi ve tarım için de önem arz etmektedir. Kuru lavanta çiçekleri en fazla kuru çiçek aranjmanı, aromatik yastıklarda, tezgah ve vitrin süslemelerinde, herbal çay üretiminde, aromaterapi ve hidroterapide (özellikle dinlendirici ve rahatlatıcı banyo sularına daldırılarak veya dökülerek) kullanılmaktadır. Kuru lavanta üretiminde en önemli sorun, kurutma ile birlikte lavanta çiçeklerinde koku yoğunluğunun ve kalitesinin değişmesidir.

Kaliteli bir lavanta uçucu yağı üretiminde kaliteyi etkileyen en önemli unsur, uçucu yağ bileşenlerinin herbadaki dağılımıdır. Lavanta uçucu yağı, herbanın çiçek, çiçek eksen, sap, yaprak uçucu yağlarının bir karışımıdır. Bu herba organlarının uçucu yağ bileşenleri dağılımı farklılık gösterebilmektedir. Uçucu yağ bileşenleri dağılımının organlara göre önemli düzeyde değiştiği, ana sapt ve yaprakta 1,8-cineole, çiçek ekseninde camphor ve çiçekte linalool ana bileşen olarak saptanmıştır (Özel, 2023).

Lavanta uçucu yağında esas olarak bulunan bileşenler linalool ve linalyl acetate'dir. Menemen ekolojik koşullarında Lavandin tipi çeşitler, verim özellikleri açısından lavander tipi çeşitlerin önüne geçerken, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi bakımından Provence tür ve çeşitler arasında ilk sırada yer almıştır. Uçucu yağlarda toplam 28 bileşen tanımlanmıştır. Uçucu yağların ana bileşenleri ve oranları sırası ile linalool, linalyl acetate ve kâfur olmuştur (Karık ve ark, 2017).

İngiliz lavantası olarak da adlandırılan lavenderden (*L. angustifolia*=*L. officinalis*=*L. vera*) en kaliteli lavanta yağı elde edilirken. "Melez lavanta" olarak adlandırılan lavandin (*L. x intermedia*=*L. hybrida*) ise lavandere göre daha yüksek uçucu verimine sahiptir, ancak uçucu yağ kalitesi daha düşüktür. Lavanta %1-3 arasında uçucu yağ oranına sahiptir ve monoterpenler, 1,8 sineol, borneol, linalool, camphor ve linalyl acetate bazı önemli uçucu yağ bileşenleridir (Alaca ve ark, 2020).

Lavantada farklı hasat saatlerinin verim, uçucu yağ ve uçucu yağ verimine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen

çalışmada, uçucu yağ verimi bakımından en yüksek ortalamalar sabah 8'de yapılan, en düşük ortalamalarda saat 14'de yapılan hasattan elde edilmiştir (Sönmez, 2019).

Lavandula intermedia'nın taze olarak hasat edildikten sonra elde edilen bileşenleri linalool (%38,1), camphor (%7,61), Linalyl acetate (%8,87); kuru çiçeklerde ise linalool (%47,47), camphor (%6,67) ve Linalyl acetate (%13,65) olarak belirlenmiştir (Kuş&Duru, 2021).

Farklı ekolojilerde üretilen *Lavandula × intermedia*'nin uçucu yağ bileşenleri üzerine ekolojik faktörlerin etkili olduğu ve 4 farklı ekolojik bölgede uçucu yağ ana bileşenleri linalyl acetate (%1.83-23.54), camphor (%4.48-7.60) ve linalool (%41.34-53.10) olarak belirlenmiştir (Katar ve ark, 2020).

Bu araştırma, Adana ekolojik koşullarında yetiştirilen lavanta (*Lavandula × intermedia* var. super A.) bitkisinde farklı hasat döneminin ve farklı depolama koşullarının kuru çiçek kalitesine ve uçucu yağ kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Lavanta, çok yıllık ve yarı çalimsı formda olup uçucu yağ bakımından önemli bir bitkidir (Kara, 2011). Bitkinin yaşı ilerledikçe alttan üste doğru odunlaşmaya başlayan, 1 m'ye kadar boya sahip çok sayıda dalları mevcuttur. Lavanta yaprakları kısa saplı olup, dallar üzerinde karşılıklı olarak dizilmiş gri-yeşil renge sahiptir. Çiçekler, başak şeklindedir ve 15-20 cm uzunluğundaki sapların uç kısmına doğru sıralanmıştır. Her bir kümede 5-15 adet çiçeğe sahip olan ortalama 5 çiçek kümesi bulunur (Kara, 2011). Bitkide çiçek, sap, gövde ve yapraklarda bulunan küçük tüyler bitkiye has kokusunu verir. Lavantada, küçük tohumlar sonbahar aylarında olgunlaşır (Anonim, 2019). Lavanta bitkisinin ekonomik açıdan ömrü 15 yıldır. Bu deneme, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Derim Sonrası Fizyoloji laboratuvarı ve soğuk hava deposunda 2018-2019 yıllarında yürütülmüştür. Denemede *Lavandula × intermedia* var. super A. Lavanta bitkileri kullanılmıştır. Lavanta bitkileri Adana İli Seyhan İlçesi Kuyumcular Mahallesinde kurulmuş olan 5 dekarlık lavanta tarlasından temin edilmiştir.

Yöntem

Adana ekolojik koşullarında yaklaşık 1 ay çiçeklenme süresi devam eden lavanta bitkisi Mayıs ayının sonunda çiçeklenmeye başlamış olup, Hasat 1 (25 Mayıs, çiçeklenme başı), Hasat 2 (5 Haziran, tam çiçeklenme) ve Hasat 3 (28 Haziran, çiçeklenme sonu) devrelerinde hasat edilmiştir. Hasat edilen lavanta bitkilerinden her dönem için alınan taze çiçekler vakumlu polietilen poşetler içerisinde muhafaza edilmek amacıyla gölgede kurutularak 12 ay boyunca 20°C ve 4°C'de muhafaza edilmiştir.

Farklı koşullarda muhafaza edilen çiçekler üzerinde periyodik olarak ayda bir toplam fenol içeriği (mg gallik asit L⁻¹), çiçek rengi (h°), antioksidant aktivitesi (%), toplam antosiyanin içeriği (Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) gibi fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Çiçek rengi (h°): Hasat zamanlarında ve muhafaza boyunca düzenli olarak ayda bir, L*, a* ve b* değerleri üzerinden Minolta CR-400 model renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilip, sonrasında ise hue açısı (h°) değeri cinsinden ifade edilmiştir.

Toplam fenol içeriği: Toplam fenol içeriği (mg gallik asit L⁻¹) Folin-Ciocalteu yöntemiyle (Cemeroğlu, 2013) belirlenmiştir.

Antioksidant aktivitesi (%): DPPH yöntemiyle (Klimczak ve ark., 2007) belirlenmiştir.

Toplam antosiyanin içeriği (Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹): Spektrofotometrik yöntemle (Gould ve ark, 2000) belirlenmiştir.

Uçucu yağ bileşenleri (%): Farklı hasat zamanlarında elde edilen uçucu yağlar cam şişe içinde, 12 ay boyunca 4°C’de muhafaza edilmiş ve periyodik olarak 2 ayda bir 2 tekrarlı olarak uçucu yağ bileşenleri tespit edilmiştir. Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan GC-MS Laboratuvarında lavanta uçucu yağ örnekleri analiz için Agilent 7000 Series TripleQuad GC/MS cihazında ayrıştırılmıştır.

Deneme her tekerrürde 10 adet başaklı dal olmak üzere 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurularak veriler JMP (5.0.1) paket programında analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıkların saptanmasında LSD (LS Means Differences Student’s t) testi $\alpha=0.05$ önem seviyesine göre sınıflandırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma 2018 yılında Adana İli Seyhan İlçesi Kuyumcular Mahallesindeki 5 da’lık *Lavandula × intermedia* var. super A. Parselinden 3 farklı çiçeklenme döneminde hasat edilen lavanta çiçeklerindeki fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

Toplam fenolik madde içeriği

Farklı zamanlarda hasat edilen ve farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen lavanta bitkisinin toplam fenolik madde içeriği (mg gallik asit L⁻¹) Çizelge 1’de verilmiştir. Lavanta bitkisinin çiçek kısmındaki toplam fenolik madde miktarı hasat zamanına göre farklılık göstermiştir. İstatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmada toplam fenolik madde miktarı her üç hasat zamanında başlangıca göre dalgalanmalar göstererek artan değer almıştır. 4°C’de muhafaza edilen çiçeklerin toplam fenolik madde içeriği (714,48 mg gallik asit L⁻¹) daha yüksek bulunmuştur. Muhafaza süresince toplam fenolik madde içeriği her iki sıcaklık döneminde de dalgalanma göstermiş ve istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş olup, Hasat 3 uygulamasında 4. muhafaza ayından itibaren en üst seviyeye 913.73 mg gallik asit L⁻¹ ulaşmıştır (Çizelge 1).

Lavandula angustifolia’nın çiçeklenme dönemindeki yaprak ve çiçek örneklerinde tanımlanan 9 fenolik bileşiklerin oranları yüksek belirlenmiştir (Özderin, 2022). HPLC ve UV-Visible spektrofotometre yardımıyla bazı tıbbi bitkilerin protein içerikleri, β -karoten, α -tokoferol, ferulik asit ve gallik asit gibi antioksidan içerikleri ve toplam fenolik madde içeriklerinin belirlendiği çalışmada *Lavandula stoechas* L.’de toplam fenolik madde içeriği 927 mg 100 g⁻¹, *Lavandula angustifolia* Miller’ da ise 783 mg 100 g⁻¹ olarak belirlenmiştir (Diken, 2009). Bu çalışmamızda hasat zamanında düşük olan toplam fenolik madde içeriği muhafaza süresi uzadıkça artış göstermiş ve Hasat 3 ortalaması 858.15 mg 100 g⁻¹ olarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Farklı zamanlarda hasat ve farklı muhafaza sıcaklıklarının toplam fenolik madde içeriğine (mg gallik asit L⁻¹) etkileri

Table 1. Effects of different storage temperatures at different harvest times on the total phenolic substance (mg gallic acid L⁻¹) in lavender

Muhafaza Süresi (Ay)	Sıcaklık (°C)						Muhafaza Süre Ort.
	4			20			
	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	
0	208.20±75.75	173.05±29.78	309.18±15.73	208.20±75.72	173.05±29.78	309.18±15.73	230.14g
1	447.21±68.61	913.73±0.00	908.05±9.84	392.59±112.39	848.88±68.82	808.27±26.38	719.79 de
2	537.67±87.40	874.48±67.97	882.59±53.93	514.26±65.53	909.71±6.95	841.00±51.07	759.95 d
3	913.73±0.00	913.73±0.00	913.73±0.00	601.61±17.00	913.73±0.00	893.88±34.38	858.40 bc
4	642.82±73.25	521.83±60.01	913.73±0.00	685.47±79.28	433.58±58.14	913.73±0.00	685.19 e
5	308.58±14.73	589.79±37.38	913.73±0.00	251.38±46.86	576.76±50.09	913.73±0.00	592.33f
6	338.88±5.17	662.97±31.24	913.73±0.00	319.56±23.36	581.53±19.04	913.73±0.00	621.73f
7	406.61±52.10	579.79±30.72	913.73±0.00	359.18±14.94	562.59±11.92	913.73±0.00	622.60f
8	351.15±12.17	534.18±20.84	913.73±0.00	333.73±18.75	470.02±24.87	913.73±0.00	586.09f
9	878.05±30.94	913.73±0.00	913.73±0.00	746.68±72.46	913.73±0.00	913.73±0.00	879.94ab
10	913.73±0.00	913.73±0.00	913.73±0.00	889.56±41.86	913.73±0.00	913.73±0.00	909.70a
11	683.42±122.72	676.23±411.36	913.73±0.00	805.02±121.73	913.73±0.00	912.67±1.84	817.46c
12	816.83±81.16	913.73±0.00	913.73±0.00	794.26±36.65	913.73±0.00	913.73±0.00	877.67ab

Sıcaklık Ort.: 714.48 a (4°C), 694.90 b (20°C); Hasat Ort.: 551.86 c (Hasat 1), 704.07 b (Hasat 2), 858.15 a (Hasat 3)

LSD_{0,05}(MS): 11, LSD_{0,05}(Sic.): 22 LSD_{0,05}(Hasat): 33, MS: Muhafaza Süresi, Sic.: Sıcaklık, ÖD: Önemli değil, ±: standart hata

Antioksidan aktivitesi

Antioksidanlar, serbest radikaller üretebilen bir kimyasal reaksiyon olan oksidasyonu engelleyen bileşiklerdir. Oksidasyon, canlı maddeler de dahil olmak üzere organik bileşiklerin bozulmasına yol açar. Antioksidanlar, gıdaların raf ömürlerini uzatmak için sıklıkla endüstriyel ürünlere eklenir ve, özellikle yağların ve katı yağların bozulmasını önlemede kullanılır (Anonim, 2024b). Ayrıca antioksidanlar stresten kaynaklanan hasarları önleyebilirler. Antioksidanlar, canlıların çok ihtiyaç duyduğu maddelerdir. Canlılar antioksidanlar sayesinde yaşam faaliyetlerini devam ettirir ve vücuttaki metabolik aktivitenin sorunsuz çalışmasına yardımcı olarak canlıları birçok sağlık sorununa karşı (kalp, kanser, damar, katarakt, alzheimer, vb.) korumaktadır. Yenilebilir yabani bitkiler arasında 10 adet için yapılan antioksidan madde aktivitesi (%) analizlerinde en az IC₅₀ değerler sırasıyla 0.28 ve 0.29 mg ml⁻¹ olarak *Salvia hierosolymitana* ve *Coriandrum sativum*'da, en yüksek IC₅₀ değeri 4.59 mg/ml ile *Tetragonolobus palaestinus*'da tespit edilmiştir (Ereifej ve ark., 2015). Hidrodistilasyon yöntemiyle kültüre alınmış lavanta ve yabani *Lavandula mairei* Humbert çeşidinden elde edilen esansiyel yağların GC /MS cihazında uçucu yağ bileşen analizi yapılmış ve yağların içeriğindeki yüksek carvacrol bileşeninin yüksek antioksidan aktivitelerine sebep olabileceği bildirilmiştir (kültür ve yabani bitkileri için sırasıyla %76.61 ve %78.29) (El Hamdaoui ve ark., 2017). Ekoloji ve tür farklılığından kaynaklandığı düşünülmekle birlikte bizim çalışmamızdaki üç ayrı dönemde hasat edilen ve muhafazada bekletilen yağların antioksidan aktivitesi daha yüksek bulunmuştur.

Farklı zamanlarda hasat edilen ve farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen lavanta bitkisinin antioksidant madde aktivitesi başlangıçta %91,41 iken, muhafaza sonunda %92,78 olmuştur. Antioksidant madde aktivitesi genel olarak muhafaza süresince her iki sıcaklıkta dalgalanmalar gösterse de muhafaza sonunda artış göstermiştir. Muhafaza süresi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 20°C sıcaklıkta muhafaza edilen çiçeklerin antioksidant madde aktivitesi (%90,28) 4°C'de muhafaza edilen çiçeklerinkinden (%89,28) daha yüksek bulunmuştur. İstatistiksel olarak sıcaklık önemli bulunmuştur. Lavanta çiçeklerinin farklı hasat zamanında ortalama antioksidant madde aktivitesi Hasat 2'de %90,70, Hasat 3'te %90,61 ve Hasat 1'de %88,02 olarak bulunmuştur. Hasat zamanları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı zamanlarda hasat ve farklı muhafaza sıcaklıklarının antioksidan madde aktivitesine (%) etkileri
 Table 2. Effects of different storage temperatures and different harvest times on the antioxidant substance activity (%) in lavender

Muhafaza Süresi (Ay)	Sıcaklık (°C)						Muhafaza Süre Ort.
	4			20			
	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	
0	91.53±1.02	91.92±0.64	90.79±1.53	91.53±1.02	91.92±0.64	90.79±1.53	91.41abc
1	81.99±9.29	86.45±1.01	82.34±10.88	87.80±1.93	89.72±0.54	90.43±0.43	86.45e
2	81.91±0.77	84.40±3.99	86.31±1.25	82.62±2.45	84.40±1.25	85.67±3.10	84.22f
3	84.26±3.13	89.08±0.44	88.79±0.25	87.02±0.77	88.58±1.42	88.16±0.33	87.65e
4	84.31±1.45	90.62±1.02	92.27±0.72	85.96±1.06	90.32±0.60	92.49±1.60	89.33d
5	82.28±4.96	92.72±0.26	91.37±1.04	90.54±0.23	87.39±3.32	91.29±0.79	89.26d
6	89.34±0.72	91.52±0.85	93.02±1.37	89.49±1.24	92.12±1.03	91.89±0.81	91.23bc
7	89.04±1.24	91.05±0.64	89.79±2.03	88.81±0.26	92.64±0.52	92.27±0.47	90.60cd
8	90.47±0.72	90.92±1.92	90.84±1.24	91.44±1.17	92.83±4.05	89.26±0.34	90.96bc
9	85.52±5.53	92.66±1.05	90.68±1.10	90.11±1.65	91.88±0.53	91.74±0.73	90.43cd
10	88.21±0.44	91.45±0.44	92.30±0.74	89.19±0.37	90.75±1.70	91.81±0.68	90.62cd
11	89.53±0.34	93.09±0.73	92.38±0.40	91.15±1.07	94.19±0.34	92.83±0.51	92.19sb
12	92.57±0.30	91.73±0.68	92.64±0.70	91.99±2.24	93.99±0.67	93.73±1.48	92.78a

Sıcaklık Ort.: 89.28 b (4°C), 90.28 a (20°C), Hasat Ort.: 88.02 b (Hasat 1), 90.70 b (Hasat 2), 90.61 b (Hasat 3)

LSD_{0,05}(MS): 11, LSD_{0,05}(Sic.): 22 LSD_{0,05}(Hasat): 33, MS: Muhafaza Süresi, Sic.: Sıcaklık, ÖD: Önemli değil, ±: standart hata

Antosiyanin içeriği

Farklı zamanlarda hasat edilen ve farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen lavanta bitkisinin muhafaza başlangıcında antosiyanin içeriği 797,39 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹ iken, muhafaza sonunda bu değer 469,49 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹ olmuştur. Antosiyanin içeriği genel olarak muhafaza süresince dalgalı değerler gösterse de muhafaza sonunda azalmıştır. Muhafaza süresi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3). 20°C sıcaklıkta muhafaza edilen çiçeklerin ortalama antosiyanin içeriği (415,26 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) 4°C'de muhafaza edilen çiçeklerin antosiyanin içeriğinden (435,28 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) daha düşük bulunmuştur. İstatistiksel olarak sıcaklık önemli bulunmuştur. Her iki sıcaklıkta muhafaza edilen lavanta çiçeklerinin farklı hasat zamanında ortalama antosiyanin içeriği en yüksek Hasat 2'de (555,16 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) bulunmuştur ve bunu sırasıyla Hasat 3 (408,81 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) ve Hasat 1 (311,83 Siyanidin-3-glikozid mg L⁻¹) izlemiştir. Hasat zamanları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

10 adet yenilebilir yabani bitki için yapılan antosiyanin içeriği analizleri sonucuna göre en düşük antosiyanin içeriği 18.1 mg/100 g ile *Gundelia tournefortii*'de tespit edilmiş olup en yüksek antosiyanin konsantrasyonu ise 100.1 mg/100 g ile *Rumex acetosella* 'da tespit edilmiştir (Ereifej ve ark., 2015).

Çizelge 3. Lavantada hasat zamanının ve muhafaza sıcaklıklarının toplam antosiyanin içeriğine etkileri (Siyanidin-3-glukozid mg L⁻¹)

Table 3. Effects of harvest time and storage temperatures on Anthocyanin content in lavender (cyanidine-3-glucoside mg L⁻¹)

Muhafaza Süresi (Ay)	Sıcaklık (°C)						Muhafaza Süre Ort.
	4			20			
	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	
0	971.75±100.90	722.95±51.2	697.46±94.34	971.75±100.90	722.95±51.29	697.46±94.34	797.39a
1	440.63±78.78	449.57±36.6	196.09±23.63	545.67±31.28	327.30±3.20	172.84±27.78	355.35gh
2	295.76±49.83	365.51±76.7	180.48±13.12	112.52±64.37	416.08±112.38	295.43±60.75	277.63ı
3	149.59±102.6	422.75±8.23	175.93±3.43	166.50±30.97	391.53±11.28	171.86±11.76	246.36ı
4	172.19±102.1	446.48±24.3	454.29±139.21	59.67±78.05	409.09±26.55	428.27±30.80	328.33h
5	179.18±118.0	424.21±57.20	484.04±100.43	353.32±68.24	422.75±57.58	402.26±57.78	377.63fg
6	235.76±64.54	505.51±43.48	399.49±20.49	380.31±114.81	526.32±141.10	394.78±7.82	407.03ef
7	441.12±38.07	428.11±7.72	433.48±25.30	105.20±53.97	400.96±26.61	434.94±18.42	373.97fg
8	296.41±153.6	546.64±22.23	441.44±39.71	427.79±68.31	435.27±10.91	482.58±25.90	438.36de
9	396.24±39.45	496.08±3.68	596.40±3.32	300.80±100.03	421.77±21.24	434.45±19.16	440.96de
10	199.99±81.21	952.32±87.13	361.45±93.19	144.06±3.94	844.03±68.85	468.11±15.58	494.99bc
11	240.64±101.0	980.61±17.05	434.94±68.61	253.81±47.45	766.15±59.86	449.90±33.91	521.01b
12	156.09±101.9	752.65±30.95	451.53±29.40	110.89±83.72	856.55±68.59	489.25±8.95	469.49cd

Sıcaklık Ort.: 435.28 a (4°C), 415.26 b (20°C), Hasat Ort.: 311.83 c (Hasat 1), 555.16 a (Hasat 2), 408.81 b (Hasat 3),

LSD_{0,05}(MS): 11, LSD_{0,05}(Sic.): 22 LSD_{0,05}(Hasat): 33, MS: Muhafaza Süresi, Sic.: Sıcaklık, ÖD: Önemli değil, ±: standart hata

Çiçek rengi

Farklı zamanlarda hasat edilen ve farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen lavanta bitkisinin çiçek rengi Hue açısı değeri tüm hasat dönemlerinde dalgalanma göstermekle birlikte başlangıça göre artan değer almıştır. Lavanta bitkisinin çiçeklerinin renk (h°) değerleri hasat zamanına göre önemli farklılık göstermiş ve istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En düşük h° değeri 84.96 ile Hasat 3’de daha sonra 85.05 ile Hasat 2’de bulunmuş olup, en yüksek h° değeri ise Hasat 1’de 90.78 olarak bulunmuştur. Muhafaza süresinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Muhafaza sıcaklığına göre lavanta ortalama h° açısı değeri 4°C’de 86.22, 20°C’de ise 87.64 olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Tüm hasat dönemlerinde kurutulan lavanta çiçeklerinin kuru kokusu ve rengi muhafaza süresince vakumlu polietilen poşet ile korunduğu bu çalışmada belirlenmiştir.

Çizelge 4. Farklı zamanlarda hasat ve farklı muhafaza sıcaklıklarının çiçek rengine etkileri (h°)

Table 4. Effects of different storage temperatures and different harvest times on the flower color (h°) in lavender

Muhafaza Süresi (Ay)	Sıcaklık (°C)						Muhafaza Süre Ort.
	4			20			
	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	Hasat 1	Hasat 2	Hasat 3	
0	76.45±0.59	79.27±0.90	78.88±1.23	76.45±0.59	79.27±0.90	78.88±1.23	78.20 d
1	94.71±0.21	94.58±6.02	82.76±2.99	93.69±0.34	90.17±3.99	85.51±2.68	90.24 ab
2	91.60±1.71	87.88±1.99	88.86±4.32	89.96±0.61	83.28±21.19	82.80±1.08	87.40abc
3	92.25±1.71	67.06±5.27	89.89±3.39	93.32±1.57	102.97±1.38	84.69±1.82	88.36abc
4	92.41±1.12	86.08±11.26	88.31±7.97	89.42±2.55	84.65±13.12	84.18±1.93	87.51abc
5	93.69±1.23	90.65±6.68	83.72±6.00	92.28±0.87	89.78±1.73	85.81±0.38	89.32abc
6	88.65±0.93	88.75±4.78	89.69±4.71	93.38±1.38	84.85±4.64	83.17±1.58	88.08abc
7	93.29±1.44	85.30±12.16	86.57±2.41	91.90±0.73	83.77±8.03	83.12±1.08	87.32abc
8	91.75±2.49	72.01±32.71	79.29±2.13	91.72±1.54	81.23±5.55	88.95±5.51	84.16 c
9	92.06±1.53	85.21±3.07	91.19±0.58	94.11±1.76	96.37±16.40	86.26±2.82	90.87 a
10	91.14±1.44	56.13±48.58	82.46±1.20	90.45±2.23	101.06±2.71	81.97±3.89	83.87 c
11	93.51±0.96	89.77±8.27	90.71±3.12	91.87±0.70	90.66±7.65	81.66±1.60	89.69 ab
12	93.71±0.50	76.13±6.99	86.36±6.12	86.59±0.22	84.45±8.18	83.20±2.10	85.07bc

Sıcaklık Ort.: 86.22 a (4°C), 87.64 a (20°C), Hasat Ort.: 90.78 a (Hasat 1), 85.05 b (Hasat 2), 84.96 b (Hasat 3),

LSD_{0,05}(MS): 11, LSD_{0,05}(Sic.): 22 LSD_{0,05}(Hasat): 33, MS: Muhafaza Süresi, Sic.: Sıcaklık, ÖD: Önemli değil, ±: standart hata, NS: Nonsignificant

Uçucu yağ bileşenleri

Lavanta uçucu yağında Linalool, Eucalyptol, Camphor ve Linalyl acetate'nin esas olarak bulunan bileşenlerdir, bu çalışmada da ana bileşenler olarak saptanmıştır. Linalool, Eucalyptol, Camphor ve Linalyl acetate, lavanta yağının kalitesini belirleyen en önemli bileşenlerdendir.

Lavandin uçucu yağında % 30 – 45 arasında linalool ve % 20 - 30 arasında linalyl acetate bulunmaktadır (Alaca ve ark, 2020).

Güneşte kurutulan lavandin çiçeklerinde linalyl acetate (% 15.79), linalool (%46.39), olarak tespit edilmiş, lavandin gölgede kurutulduğunda ise linalyl acetate (% 19.86), linalool (% 26.93) ve camphor (% 12.77) olarak belirlenmiştir (Yenikalaycı ve ark, 2023).

Farklı zamanlarda hasat edilen lavantalardan elde edilen yağın uçucu yağ bileşenleri olan Linalool, Eucalyptol, Camphor ve Linalyl acetate'nin oranlarının muhafaza süresince değişimleri belirlenmiştir.

Farklı zamanlarda hasat edilen lavantalardan elde edilen yağın uçucu yağ bileşeni Linalool oranı 12 aylık muhafaza süresince Hasat 1 döneminde %22.14 ile %26.76 arasında, Hasat 2 döneminde %31.69 ile % 38.18 arasında ve Hasat 3 döneminde ise %40.27 ile %44.88 arasında değişim göstermiştir (Şekil 1). Hasat 1 ve Hasat 2 dönemindeki değerler ISO 3515:2002 Lavanta Uçucu Yağ Standartları (Çizelge 5) ile yakın değerler göstermiştir.

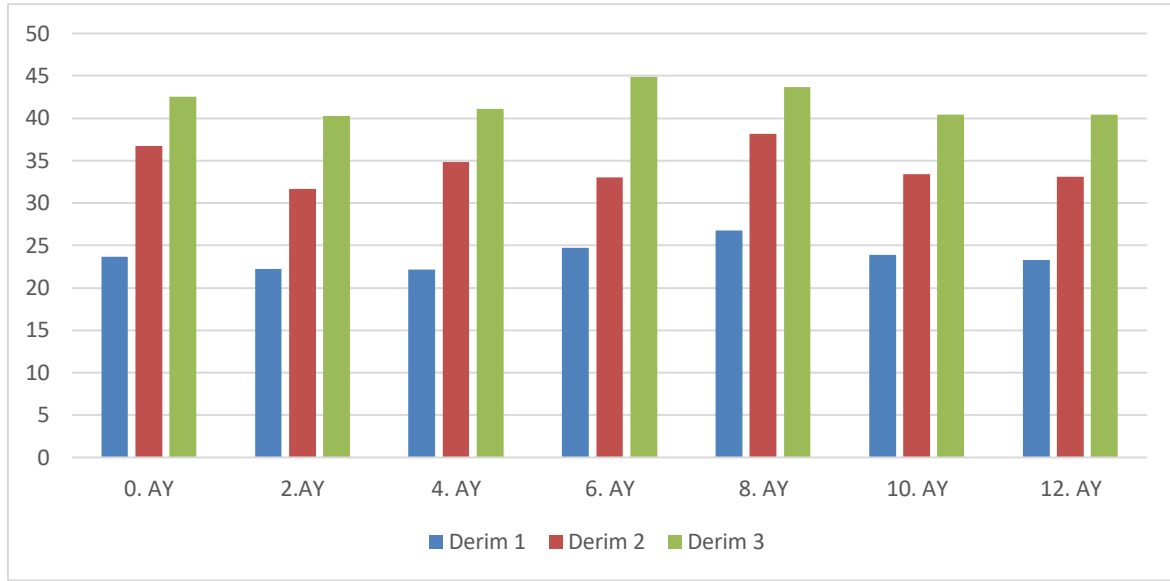
Farklı Lavandin çeşitleri ve bir Lavandin ekotipinin kalite özelliklerinin incelendiği çalışmada Linalool oranı %26,69-34,68 arasında değiştiği belirlenmiştir (Özer ve ark, 2023). Bizim çalışmamızda Hasat 2 döneminde hasat edilen bitkilerin yağ oranı ile yakın değerler tespit edilmiştir.

Farklı zamanlarda hasat edilen lavantalardan elde edilen yağın uçucu yağ bileşeni olan Eucalyptol oranı 12 aylık muhafaza süresince Hasat 1 döneminde %22.14 ile %26.76 arasında, Hasat 2 döneminde %31.69 ile % 38.18 arasında ve Hasat 3 döneminde ise %40.27 ile %44.88 arasında değişim göstermiştir (Şekil 2).

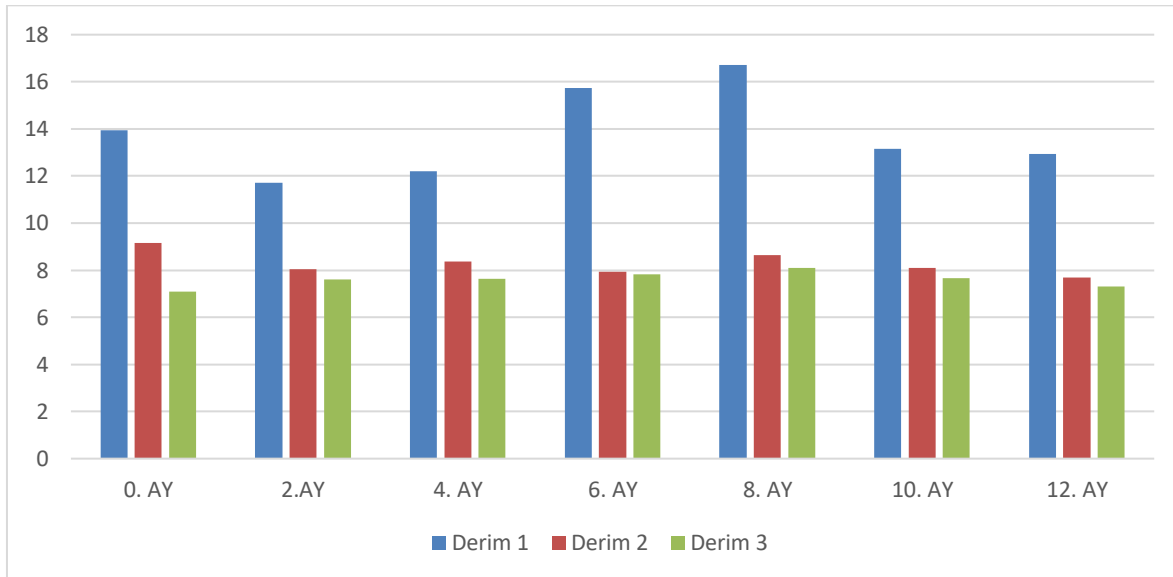
Farklı zamanlarda hasat edilen lavantalardan elde edilen yağın uçucu yağ bileşeni olan Camphor oranı 12 aylık muhafaza süresince Hasat 1 döneminde %22.14 ile %26.76 arasında, Hasat 2 döneminde %31.69 ile % 38.18 arasında ve Hasat 3 döneminde ise %40.27 ile %44.88 arasında değişim göstermiştir (Şekil 3). Çizelge 5'e göre yüksek değerler göstermiştir.

Farklı Lavandin çeşitleri ve bir Lavandin ekotipinin kalite özelliklerinin incelendiği çalışmada camphor oranı %6,02-12,27 arasında değiştiği belirlenmiştir (Özer ve ark, 2023). Bizim çalışmamızda daha yüksek Camphor oranı bulunmuştur ve bu farklılığın sebebinin ekolojik ve çeşit farkından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

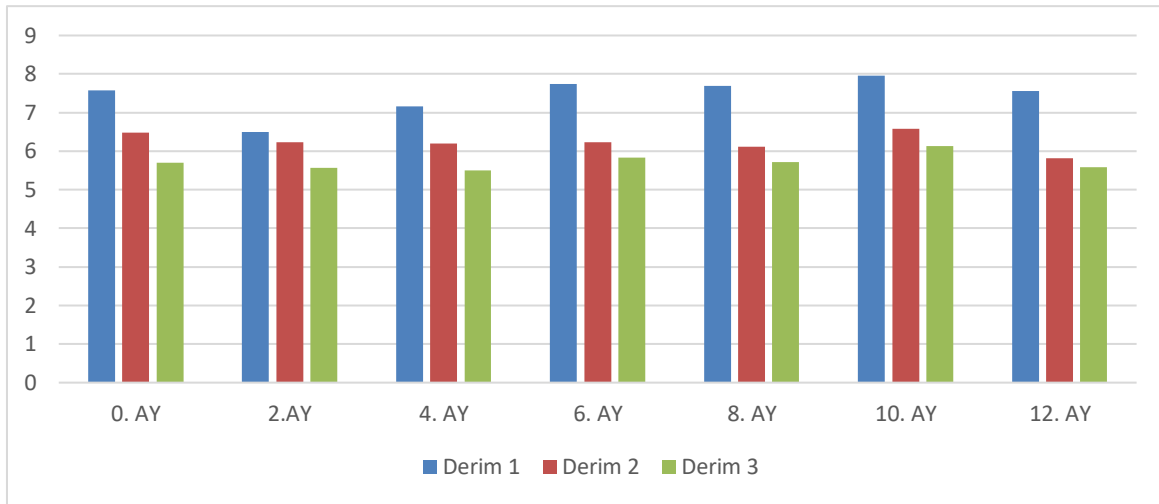
Farklı zamanlarda hasat edilen lavantalardan elde edilen yağın uçucu yağ bileşeni olan Linalyl acetate oranı 12 aylık muhafaza süresince Hasat 1 döneminde %22.14 ile %26.76 arasında, Hasat 2 döneminde %31.69 ile % 38.18 arasında ve Hasat 3 döneminde ise %40.27 ile %44.88 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4). Çizelge 5'e göre daha düşük değerler göstermiştir.



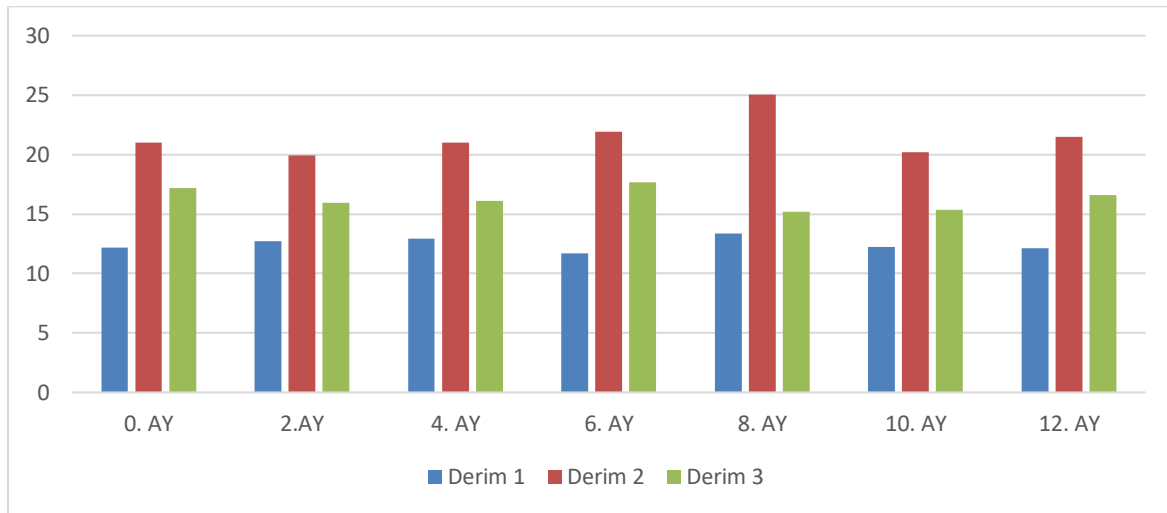
Şekil 1. Muhafaza süresi boyunca çiçeklenme dönemleri arasındaki % Linalool oranı değişimi
 Figure 1. Linalool ratio (%) change between flowering periods during the storage period



Şekil 2. Muhafaza süresi boyunca çiçeklenme dönemleri arasındaki % Eucalyptol oranı değişimi
 Figure 2. Eucalyptol ratio(%) change between flowering periods during the storage period



Şekil 3. Muhafaza süresi boyunca çiçeklenme dönemleri arasındaki % Camphor oranı değişimi
Figure 3. Camphor ratio (%) change between flowering periods during the storage period



Şekil 4. Muhafaza süresi boyunca çiçeklenme dönemleri arasındaki % Linalyl acetate oranı değişimi
Figure 4. Linalyl acetate ratio (%) change between flowering periods during the preservation period

Çizelge 5. ISO 3515:2002 lavanta uçucu yağ standartları (%)

Table 5. ISO 3515:2002 lavender essential oil standards (%)

BİLEŞEN	LAVANDER (ISO 3515:2002)
3-Octanone	0-2
Trans β -Ocimene	1.5-6
Camphor	0-0.5
Lavandulol	0.3-
Lavanduly acetate	2-
Linalool	25-38
Linalyl acetat	25-45
α -Terpineol	0-1
Limonene	0-0.5
Cis β -Ocimene	4-10
1.8-Sineol	0-1.0

L. angustifolia'dan elde edilen bu uçucu yağ, GC-MS kullanılarak analiz edilmiş olup 34 bileşik saptanmıştır. Uçucu yağda ana bileşenler olarak; linalool (%47.66), linalyl acetate (%7.65) ve camphor (%6.46) tespit edilmiştir (Kızılay&Şarer, 2022). Tür ve çeşitlere bağlı olarak Linalool oranı %20.70-53.29, linalyl acetate oranı %1.55-54.58 ve Camphor oranı %3.1-11.54 arasında değişim göstermiştir (Karık ve ark, 2017).

Farlı lavandin (*L. angustifolia* Sevtapolis ve *L. angustifolia* Hemus) ve levander (*L. intermedia* Süper A. çeşitlerinin uçucu yağ bileşenlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada linalyl acetate oranı *L. intermedia* Süper A.'da %30,39 bulunmuş ve bizim çalışmamızdaki Hasat 2 dönemiyle benzerlik göstermiştir (Çolak&Çelik, 2023).

Consolida orientalis bitkisinin yaprak ve çiçeklerinin renklerine, çiçeklenme özelliklerine giberellik asidin etkisinin araştırıldığı çalışmada; kontrol uygulamasına göre (303.84) 250 mg L⁻¹ (302.59) ve 500 mg L⁻¹ (299.95) dozlarındaki GA3 uygulaması çiçeklerin daha açık renkli ve parlak görünmesini sağlayan L* parlaklık değerini arttırdığını, böylece taç yaprakların daha açık renkli görünmesine neden olduğu saptanmıştır (Karagüzel ve Mansuroğlu, 2003). Batı Anadolu'da Lavanta (*L. × intermedia* süper A.)'nın tam çiçeklenme döneminde hasat edilerek elde edilen uçucu yağ bileşenlerinde Linalool oranı %36.80, Eucalyptol oranı %4.051, Camphor oranı %5.26 ve Linalyl acetate oranı %33.087 olarak belirlenmiştir (Kıvrak, 2018). Yeni hasat edilmiş ve hava ile kurutulmuş lavanta (*Lavandula angustifolia* subs. *angustifolia*) ve lavandin (*Lavandula × intermedia* var. super A.) uçucu yağ bileşenlerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği çalışmada, hasattan sonra kurutma işleminde linalyl acetate oranının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma ile hasattan sonra kurutma işlemi ile birlikte uçucu yağ bileşenlerinde önemli değişiklikler olduğu belirlenmiştir (Kuş & Duru, 2021).

Sonuç olarak; lavanta bitkisinin tüm dünyada ilaç, kozmetik sanayi, parfüm sanayi, gıda ve süs bitkisi gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Son zamanlarda ülkemizde de kullanım alanının artmasına paralel olarak tarımı ve üretimi de her geçen gün artış göstermektedir. Lavantanın yağ ve çiçek kalitesinin belirlenmesi ve artırılması amacıyla devamlı olarak yeni bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Bununla birlikte görselliğinden en iyi şekilde faydalanmanın yanısıra arılar içinde önemli bir nektar kaynağı olması sebebiyle çiçeklerin yaklaşık %80-90 kısmının kuruduğu, çiçeklenme sonunda hasat edilmesi önemli bir ayrıntıdır. Ancak Adana ekolojisinde üretilen lavanta bitkisinin (*Lavandula × intermedia* var. super A.) tam çiçeklenme döneminde hasat edilen çiçekler kuru olarak vakumlu poşet içinde 4°C'de 12 ay muhafaza edildiğinde kalite değerlerini koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm hasat dönemlerinde elde edilen uçucu yağlar 4°C'de 12 ay muhafaza edildiğinde uçucu yağ bileşen oranları korunmuştur. Bu denemede, Adana ekolojisinde yetiştiriciliği yapılan lavanta bitkisinin (*Lavandula × intermedia* var super A.) en iyi kalitede pazarlanabilmesi için tam çiçek döneminde hasat edilen ve kurutulan çiçeklerinin vakumlu poşet içinde ve her hasattan elde edilen yağların 4°C sıcaklıkta 12 ay muhafaza edilebileceği önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi BAP birimine FYL-2018-10560 nolu Yüksek Lisans projesine sağladığı maddi destekten dolayı teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Alaca, K., Baştürk, A., Soysona Ar, Ö., & Ocak, E. (2022). Lavanta uçucu yağlarının kimyasal bileşimi ve antimikrobiyal aktivitesi. *5th International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development*, Ankara, Türkiye, 13 - 15 Kasım 2020, ss.76-77. Cilt: 10 Sayı: 2, 554 - 562, 20.06.2022.
- Anonim (2019). <https://www.saglikaktuel.com/> (Erişim tarihi: 20 Eylül 2019).
- Anonim (2024a). https://denizli.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Download/Lifletler/BK_Lavanta.pdf (Erişim Tarihi: 08.10.2024).
- Anonim (2024b). <https://www.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: 11.10.2024).
- Anonim (2024c). <https://en.wikipedia.org/> (Erişim tarihi: 12.10.2024).
- Aslançan, H. (2011). Bazı lavanta (*Lavandula × intermedia*. emeric×loisel.) ekotip ve çeşitlerinin Isparta koşullarında tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 58 s.
- Ayran Çolak, İ., & Çelik, S.A. (2023). Determination of essential oil yields and composition lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) cultivated in Tuzlukçu, Konya. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37 (3), 582-588 <https://doi.org/10.15316/SJAIFS.2023.055>
- Cemeroğlu, B.S. (2013). *Gıda analizleri*. Bizim Grup Basımevi, Ankara. 480 s.
- Diken, M.E. (2009). Bazı şifalı bitkilerin antioksidan içerikleri. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 93 s.
- El Hamdaoui, A., Msanda, F., Boubaker, H., Leach, D., Bombarda, I., Vanloot, P., El Aouad, N., Abbad, A., Boudyache, H., Achemchem, F., Elmoslih, A., Ait Ben Aoumar, A., & El Mousadik, A. (2018). Essential oil composition, antioxidant and antibacterial activities of wild and cultivated *Lavandula mairei* Humbert. *Biochemical Systematics and Ecology* 76, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2017.11.004>
- Ereifej, K.I., Feng, H., Rababah, T., Almajwal, A., Alu'datt, M., Gammoh, S.I., & Oweis, L.I. (2015). Chemical composition, phenolics, anthocyanins concentration and antioxidant activity of ten wild edible plants. *Food and Nutrition Sciences*, 6 (07), 581. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.67061>
- Gould, K.S., Markham, K.R., Smith, R.H., & Goris, J.J. (2000). Functional role of anthocyanins in the leaves of *Quintinia serrata* A. Cunn. *Journal of Experimental Botany*, 51 (347), 1107-1115. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.347.1107>
- Kara, N. (2011). Uçucu yağ üretimine uygun lavanta (*lavandula spp.*) çeşitlerinin belirlenmesi ve mikroçoğaltım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 178 s.
- Karagüzel, O., & Mansuroğlu, S. (2003). Giberellik asidin doğal hazeranların (*Consolida orientalis*) çiçeklenme özellikleri ile yaprak ve çiçek renklerine etkisi. *Bahçe*, 32 (1-2), 15-22.
- Karık, Ü., Çiçek, F., Çınar, O. (2017). Menemen ekolojik koşullarında lavanta (*Lavandula spp.*) tür ve çeşitlerinin morfolojik, verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TURKEY. *ANADOLU J. of AARI*, 27 (1), 17 – 28 MFAL.
- Katar, D., Can, M., & Katar, N. (2020). Farklı lokasyonların lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.)'de uçucu yağ oranı ve kimyasal kompozisyonu üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 6 (3), 546-553.

- Kıvrak, Ş. (2018). Essential oil composition and antioxidant activities of eight cultivars of Lavender and Lavandin from western Anatolia. *Industrial Crops and Products*, 117, 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.089>
- Kızılay, H., & Şarer, E. (2022). *Lavandula angustifolia* miller uçucu yağı üzerinde farmakognozik araştırmalar. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 554-562. <https://doi.org/10.33715/inonusaglik.1094835>
- Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M., & Gliszczynska-Świgło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (3-4), 313-322. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.012>
- Kuş, Ç., & Duru, M.E. (2021). Effect of post-harvest drying times on chemical components of essential oils of *lavandula angustifolia* and *L. intermedia* species. *European Journal of Science and Technology*, 21, 501-505. <https://doi.org/10.31590/ejosat.855500>
- Özderin, S. (2022). Analysis of phenolic compounds in flowers and leaves of English Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) using UPLC-ESI-MS/MS . *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (2) , 96-101. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1109914>
- Özel, A. (2023). Lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.)’de morfogenetik varyabilitenin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 166-174. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1212906>
- Özer, P.C., Ferahoğlu, E., & Kırıcı, S. (2023). Çukurova koşullarında lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.) ekotip ve çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 17-33.
- Temel, M., Tinmaz, A.B., Öztürk, M., & Gündüz, O. (2018). Dünyada ve Türkiye’de tıbbi-aromatik bitkilerin üretimi ve ticareti. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 198-214. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.473036>
- TÜİK (2024). <https://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 11.10.2024).
- Yenikalaycı, A., Bozarı, S., & Kurt, F. (2023). Lavanta (*Lavandula × intermedia* Emeric Ex Loisel) bitkisinin gölgede ve güneşte kurutulmasının uçucu yağ kalitesi üzerine etkisi. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 1-9. <https://doi.org/10.57244/dfbd.1215782>

Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin Fen Bilimleri alanında uygulanabilme olanağı üzerine bir araştırma: Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği örneği

A study on the possibility of applicability of One Sample Wilcoxon Signed Rank Test in science: Small ruminant breeding example

Murat ÇİMEN¹ 

¹CMN Statistics and Scientific Research Center, Çorum, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 21.11.2024 Accepted / Kabul: 31.12.2024 Anahtar Kelimeler: Küçükbaş Hayvansal üretim Veri One sample wilcoxon signed rank testi Keywords: Small ruminant Livestock production Data One sample wilcoxon signed rank test ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Murat ÇİMEN mcimen19@gmail.com Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Hayvansal üretim ile ilgili çalışmalardan elde edilen veriler uygun istatistik yöntemler kullanılarak analiz edilmelidir. Bu çalışmada, belli bir referans değere göre yapılan karşılaştırmalarda, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin kullanım olanağı gösterilmeye çalışılmıştır. Küçükbaş hayvanlar için bildirilen hayvan sayıları, süt üretim miktarları ve oransal değerleri TÜİK bünyesinden elde edilmiştir. Mevcut çalışmada koyun ve keçi sayıları bakımından 2002 yılı için bildirilen sayısal değerlerin, 2014-2023 yıllarına ait değerlere göre düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Süt verimi içinde benzer seviyede sonuçlar elde edilmiştir. Ancak koyunlardan elde edilen süt veriminin toplam süt üretimine göre karşılaştırılmasıyla elde edilen oransal değerler 2002 yılı için 2014-2023 yıllarına göre yüksek seviyede bulunurken, keçilerde söz konusu yıllar arasında oransal bir fark gözlenmemiştir. Keçilerde yıllara göre mutlak artışlar olmasına rağmen, oransal değişimlerin görülmemesinin nedeni olarak, keçilerden elde edilen sütün, toplam süt üretimiyle kıyaslanması sonucunda düşük düzeylerde kalmış olması gösterilebilir. Adı geçen küçükbaş hayvanlara ait 2002 yılı verilerinin, 2014-2023 yılı verilerine göre düşük bulunması, zamanla verimsel iyileşmelerin olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak küçükbaş hayvan verilerinde, fen bilimleri alanında yapılacak çalışmalarda, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin optimum sonuçlar verebildiği gözlenmiştir. ABSTRACT Data obtained from studies on animal production should be analyzed using appropriate statistical methods. In this study, the possibility of using the One Sample Wilcoxon Signed Rank Test was tried to be shown in comparisons made according to a certain reference value. The animal numbers, milk production amounts and proportional values reported for small ruminants were obtained from TÜİK. In the current study, it was observed that the numerical values reported for 2002 in terms of sheep and goat numbers were at a low level compared to the values for the years 2014-2023. Similar results were obtained for milk yield. However, while the proportional values obtained by comparing the milk yield obtained from sheep to the total milk production were found to be at a high level for 2002 compared to the years 2014-2023, no proportional difference was observed for goats between the years in question. Although there were absolute increases in goats according to years, the reason why proportional changes were not observed can be shown as the fact that the milk obtained from goats remained at low levels as a result of comparison with the total milk production. The fact that the data of the mentioned small ruminants in 2002 were found to be lower than the data of the years 2014-2023 shows that there have been efficiency improvements over time. As a result, it has been observed that the One Sample Wilcoxon Signed Rank Test can give optimum results in studies to be conducted in the field of science on small ruminant data.
Cite/Atıf	Çimen, M. (2025). Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin Fen Bilimleri alanında uygulanabilme olanağı üzerine bir araştırma: Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği örneği. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 167-178. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1589114

GİRİŞ

Hayvan yetiştiriciliği, tarımsal üretim içinde vazgeçilmez bir öneme sahiptir (Alev, 2018). Hayvansal üretim, bitkisel üretimden elde edilen ürünlerle yapılmaktadır. Ülkemiz topraklarından en iyi şekilde yararlanılması ve üretici refahının artırılmasında, hayvancılık faaliyetlerinin önemi büyüktür (Şeker & Köseman, 2015). Hayvansal üretim içerisinde de süt üretimi büyük önem taşımaktadır. 2030 yılına yaklaşıldığında süte olan talebin dünya genelinde 2 kat artacağı bildirilmektedir (Hocquette & Gigli, 2005). Bu nedenle, ülkemizde süt ürünleri üretimini artırmaya yönelik politikalara ağırlık verilmesi gerekmektedir (Aydın & Keskin, 2018). Süt üretiminin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılırken, süt üretiminde kullanılan verilere ait değişimlerin güncel olarak raporlanacağı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırmalarda, sadece miktar ve oran bazında verileri vermekle kalmayıp, farklı istatistik yöntemler kullanılarak yıllara göre görülebilecek dalgalanmaların muhtemel nedenleri ve çözüm önerilerine yönelik çıkarımlar yapılarak literatüre katkı sağlanmalıdır. İhtiyaç duyulan bu tip veriler, genelde Türkiye İstatistik Kurumunda ham veriler olarak bulunmaktadır. Bu veriler kullanılarak 5, 10 veya 20 yıl önceki bir yıl referans alınarak bu yıla göre ilerleyen yıllardaki değişimlerin ne düzeyde olduğu ve bu değişimlerin istenen yönde olup olmadığı ele alınıp incelenmelidir. Literatürde, bu şekilde bir incelemenin yapıldığı araştırmalara rastlanılmamıştır. Zira, bunun için Tek Örnek T Testi veya Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin kullanılması gereklidir.

Literatürde kalkınma planlarının analizlerine yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Ancak bu araştırmalarda, genelde ham veriler üzerinden yorumlar yapılmakta veya çıkarımsal istatistik yöntemleri yerine basit tanımlayıcı istatistikler tercih edilmektedir (Toprakçı & Bakır, 2018; Öner, 2019). Oysa ki özellikle 5 yıllık kalkınma planlarında, ülkenin geçen süre zarfında önceki kalkınma planları verilerine göre ne düzeyde değişimlerin olduğunun belirlenmesinde, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi uygun bir istatistiki yöntemdir. Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi, parametrik olmayan bir test yöntemi olup, süreksiz değişkenlerin analizinde ve sürekli veri özelliğinde olup normal dağılım göstermeyen ve n sayısının yeterli olmadığı ($n < 30$) durumlarda Tek Örnek T Testi yerine kullanılan parametrik olmayan bir test yöntemidir (Çimen, 2015; 2016). 10 veya 20 yıllık değişimlerin dikkate alındığı ve incelenecek veri seti 10 veya 20 veriden oluşması durumunda, yıllara göre değişimlerin tespitinde Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi uygulamak gerekmektedir. N sayısı 30'un altında olduğunda, referans değerle karşılaştırmada Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin kullanımı zorunlu olmaktadır (Hinton ve ark., 2004). Ülkemizde hayvansal üretim alanında Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi kullanılarak belli bir zaman dilimi verileri referans alınarak diğer zaman dilimlerine ait verilerin karşılaştırıldığı araştırmalara literatürde rastlanılmamıştır. Bunda da muhtemelen adı geçen istatistik yöntemin fazla tanınmaması ve eldeki veri setlerine en uygun istatistikî yöntemin belirlenmesindeki güçlükler etkili olmaktadır.

Bu araştırma ile hayvansal üretim alanında belli bir gruba ait verilerin, tek bir referans değere göre karşılaştırılacağı durumlarda, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi kullanılmasının nasıl bir katkı sağlayacağını gösterilmesi amaçlanmıştır. Hayvansal üretim alanında yapılacak benzer araştırmalarda kullanılacak uygun istatistik yöntemi tanıtmak amacıyla bu araştırma ele alınmıştır. Böylece Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin kullanıldığı yeni araştırmaların literatüre kazandırılması da hedeflenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Veri elde edilmesi ve düzenlenmesi

Araştırmada küçükbaş hayvan türleri (koyun ve keçi) için bildirilen hayvan sayısı, süt üretim miktarı ve oransal değerler 2002 yılı ile 2014-2023 yılları arasındaki TÜİK kayıtlarından elde edilmiştir (TÜİK, 2024). 2002 yılı öncesi çiğ süt üretim miktarı, TÜİK veri paylaşım sayfasında mevcut olmadığından, başlangıç referans değeri olarak 2002 yılı baz alınmıştır. Süt üretimine ait oransal değerler, küçükbaş hayvanlardan elde edilen süt miktarının, büyükbaş ve küçükbaş hayvanlardan elde edilen toplam süt miktarına oranlanması ile elde edilmiştir.

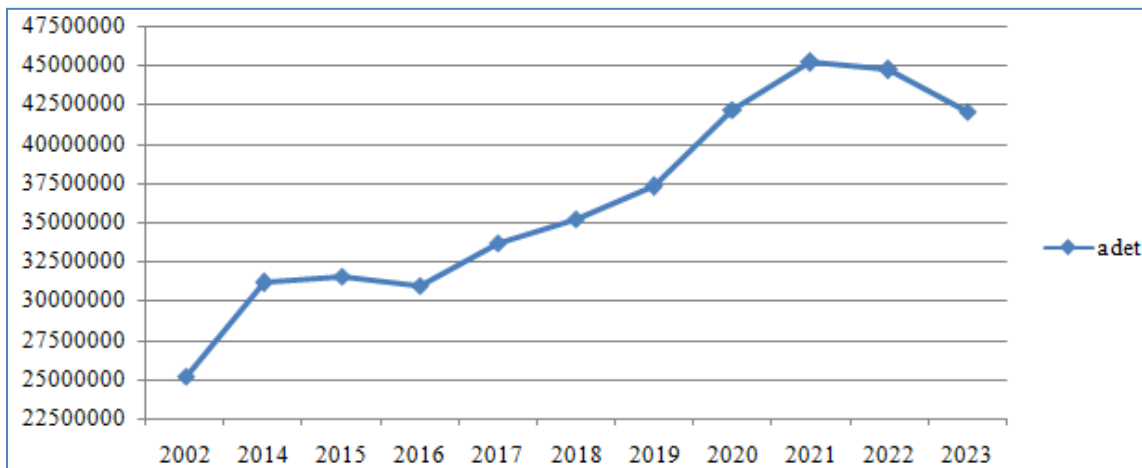
İstatistiki analiz yöntemi

Araştırmada 2002 yılına ait referans değerlere göre 2014-2023 yılları arasında elde edilen verilerin karşılaştırılmasında Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi kullanılmıştır. 2002 yılına ait referans değerleri ile 2014-2023 yılları arasındaki verilerin karşılaştırılmasında, Tek Örnek T testi yerine, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin kullanılmasında, n sayılarının 30'un altında olması belirleyici olmuştur. N'nin, "n<30" olduğu durumlarda, parametrik olmayan testler tercih edilmektedir (Kaps & Lamberson, 2004; Box ve ark., 2005). Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi, bir örneğin medyanı ile varsayılan medyan değeri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur. Parametrik testlerden farklı olarak; ortalama değer, standart sapma veya standart hata kullanılmaz. Zira, parametrik olmayan testlerde, ortalamalar üzerinden değil, medyan değerleri üzerinden işlem yapılır. Rank değerleri verileri karşılaştırmada yardımcı olmak için bunların göreceli konumlarını belirler (Hollander ve ark., 2015). Yıllara göre değişimin, ortalama değer olarak olmasada medyan değeri üzerinden yorumlanabilmesinin, parametrik testlerin şartlarını sağlamayan veriler için mümkün olduğu belirtilmektedir (Ryabko, 2019). Bu bilgi ışığında, yıllara ait verilerin analizinde, parametrik olmayan testler grubunda yer alan Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi yöntem olarak belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen verilerin analizinde SPSS 18 paket programı kullanılmıştır (Ntoumanis, 2005).

Verilerin SPSS programına girişinde variable view kısmından muamele gruplarının isimleri girilirken, data view kısmından muamele gruplarına ait sayısal veriler girilir. Daha sonra Analyze yazan kısımdan Nonparametric Tests>LegacyDialogs>2 Related Samples kısımlarına girilir. Bağımsız değişkenler Test pairs bölümüne aktarıldıktan sonra, Wilcoxon yazan pencere işaretlenir ve ok butonuna basılarak analiz sonucuna ulaşılır (Çimen, 2015).

BULGULAR ve TARTIŞMA

TÜİK kayıtlarından elde edilen verilere göre koyun sayılarının yıllara göre değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Koyun sayılarının yıllara göre değişimi

Figure 1. Change in sheep numbers over the years

Şekil 1 incelendiğinde, 2002 yılında 25 milyon civarında olan koyun sayısının, 2023 yılına gelindiğinde 42 milyona kadar yükseldiği görülmektedir. Şekil 1 de görülen bu rakamsal değişimlerin istatistiki olarak ne düzeyde farklılık arz ettiğini gösteren Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu Çizelge 1'de verilmiştir.

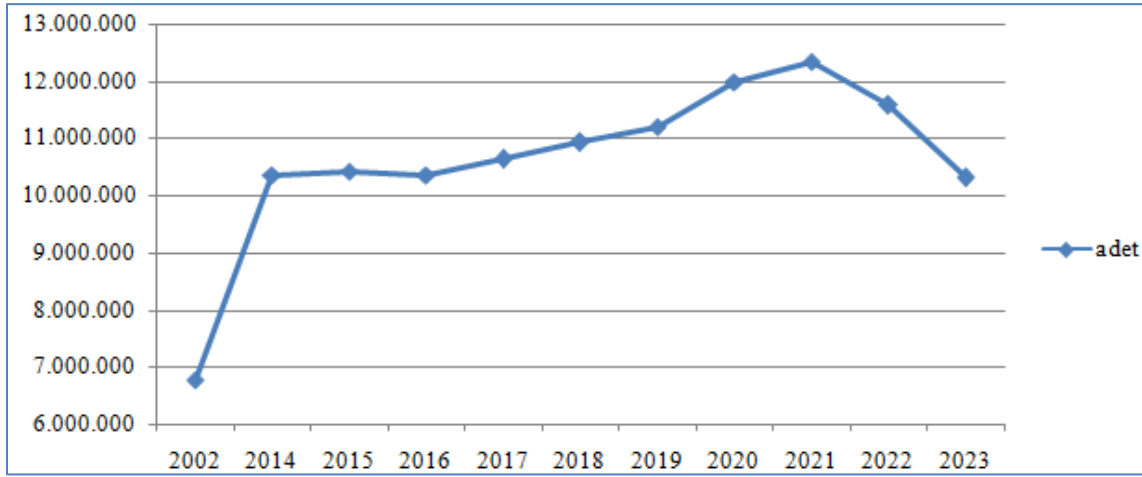
Çizelge 1. Koyun sayılarına ait Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu

Table 1. One sample wilcoxon signed rank test analysis result of sheep numbers

		N	Ortalama Rank	Rankların Toplamı
2002 yılı ve 2014-2023 yılları	Negatif Ranklar	11	6.00	66.00
	Pozitif Ranklar	0	0.00	0.00
	Bağlantılar	0		
	Toplam	11		
Test istatistiği		2002 yılı ve 2014-2023 yılları		
Z değeri		-2.934		
p değeri		0.003		

Çizelge 1’de, 2002 yılı için bildirilen 25.173.706 referans değerine göre 2014-2023 yıllarına ait son 10 yıllık koyun sayısında anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p=0.003$). Buna göre son 10 yılda koyun sayısında 2002 yılına göre önemli miktarda artış olduğu söylenebilir. Sevinç ve ark. (2022)’nin, ülkemizde 2009 yılından sonra koyun varlığında belirgin bir artış olduğunu bildirmiş olmaları araştırma bulgularını desteklemektedir.

Şekil 2’de yıllara göre keçi sayılarının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2. Keçi sayılarının yıllara göre değişimi
Figure 2. Change in goat numbers over the years

Şekil 2’den de görüldüğü üzere, 2002 yılındaki 6.78 milyonluk keçi varlığı, 2023 yılı itibarıyla 10 milyonun üzerine çıkmıştır. Çizelge 2’de ise Şekil 2’de yıllara göre görülen bu sayısal değişimlerdeki farklılıkların ne düzeyde anlamlı olduğu görülmektedir.

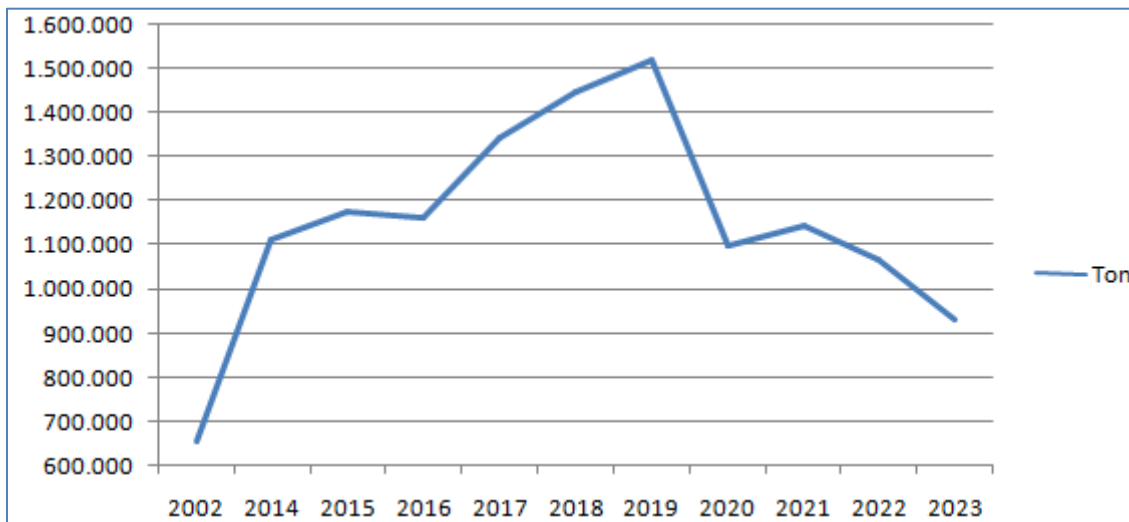
Çizelge 1. Keçi sayılarına ait Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu

Table 1. One sample wilcoxon signed rank test analysis result of goat numbers basins

		N	Ortalama Rank	Rankların Toplamı
2002 yılı ve 2014-2023 yılları	Negatif Ranklar	11	6.00	66.00
	Pozitif Ranklar	0	0.00	0.00
	Bağlantılar	0		
	Toplam	11		
Test Statistics				
2002 yılı ve 2014-2023 yılları				
Z değeri		-2.934		
p değeri		0.003		

Çizelge 2’deki analiz sonuçlarına göre, 2002 yılı için bildirilen 6.780.094 referans değerine göre 2014-2023 yıllarına ait keçi sayılarında anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p=0.003$). Buna göre son 10 yılda, keçi sayısı 2002 yılına göre önemli düzeyde artış göstermiştir. Sevinç ve ark. (2022)’nın, ülkemizde 2009 yılından sonra keçi varlıklarında belirgin bir artış olduğunu belirtmiş olmaları bulguları destekler niteliktedir. 2009 yılından sonra küçükbaş hayvan sayılarında görülen artışlarda kamu tarafından sağlanan desteklerin etkili olduğu bildirilmektedir (Oral & Yıldız, 2023).

Küçükbaş hayvan sayılarındaki belirgin artışlarda, ilerleyen yıllarda Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde terörün azalmasına paralel olarak küçükbaş hayvancılığın canlanması da etkili olmuş olabilir. Zira, küçükbaş hayvanların %83.1’i (%46.3 koyun, %36.8 keçi) Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yetiştirilmektedir (Anonim, 2015). Bu bölgelerde hayvansal üretim bitkisel üretime oranla daha fazla öneme sahiptir (Esen, 2017). Göç veren bölgelerdeki halkın, köylerine tekrar dönmelerini sağlamak amacıyla devlet eliyle birçok proje uygulamıştır. Bunların en önemlilerinin başında köye dönüş ve rehabilitasyon projesi gelmektedir (Duru & Yiğit, 2014). Bu proje Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde terör nedeniyle köylerinden ayrılan insanların, gönüllü olarak tekrar geri dönmelerini sağlamak amacıyla yapılmıştır. İçişleri Bakanlığınca 1999 yılından itibaren 14 ilde uygulanan projede, köyüne dönmek isteyenlere iş ve barınma imkânı sağlanması ile köy alt yapılarının iyileştirilmesi hedeflenmiştir (Kurban & Yeğen, 2012). Devletin bu tip olumlu politikalarının, yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı hayvan sayılarının artışında ayrıca etkili olmuş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3. Yıllara göre koyun sütü üretim miktarları (ton)

Figure 3. Sheep milk production amounts by year (tons)

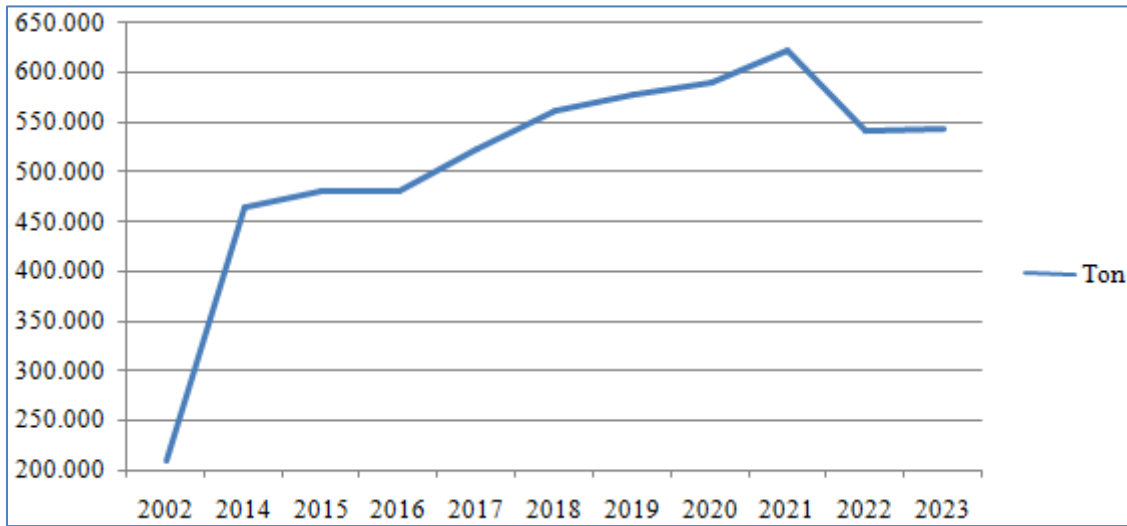
Şekil 3 incelendiğinde, 2002 yılında 657 bin ton olan koyun sütü miktarı, 2019 yılına gelindiğinde, 1.5 milyon tona ulaşmıştır. Bu yıldan sonra 2023 yılına kadar bir düşüş eğiliminin olduğu ve 2023 yılına gelindiğinde, mevcut üretimin 1 milyon tonun altına düştüğü dikkat çekmektedir. İlerleyen yıllarda dalgalanmalar gözlenmekle birlikte, 2002 yılından sonraki yıllara ait verilerde görülen bu değişimlerin, 2002 yılı referans değerine göre istatistik olarak anlamlı olduğu söylenebilir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Koyun süt verimi Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu

Table 3. Sheep milk yield one sample wilcoxon signed rank test analysis result

		N	Ortalama Rank	Rankların Toplamı
2002 yılı ve 2014-2023 yılları	Negatif Ranklar	11	6.00	66.00
	Pozitif Ranklar	0	0.00	0.00
	Bağlantılar	0		
	Toplam	11		
Test istatistiği				
	2002 yılı ve 2014-2023 yılları			
Z değeri	-2.934			
p değeri	0.003			

Çizelge 3'teki analiz sonuçlarına göre, 2002 yılı için bildirilen 657.388 ton referans değerine göre 2014-2023 yıllarına ait koyun süt verimlerinde anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p=0.003$). Bu sonuçlara göre son 10 yılda koyun süt verimlerinde 2002 yılına göre önemli miktarda artış gözlemlendiği söylenebilir. Diğer bir ifade ile 2002 yılından sonraki yıllar arasında artış ve azalışlar görülmekle birlikte, bu artış ve azalışları gösteren veriler bütün olarak değerlendirildiğinde, referans değer olarak alınan 2002 yılı verisine göre anlamlı düzeyde yüksektir.



Şekil 4. Yıllara göre keçi sütü üretim miktarları (ton)
Figure 4. Goat milk production amounts by year (tons)

Keçilerden elde edilen süt miktarı, 2002 yılında 200 bin ton civarında iken, 2021 yılına ulaşıldığında 600 bin tonun üzerine çıkmıştır. Ancak 2023 yılına gelindiğinde mevcut üretimin 543 bin tona gerilediği görülmektedir (Şekil 4). 2019 yılında en yüksek değerine ulaşan koyun sütünün ve 2021 yılında yine zirveyi bulan keçi sütünün, sonraki yıllarda neden düşüşe geçtiği iyice araştırılıp nedenleri tespit edilmelidir. Küçükbaş hayvan işletmelerinin küçük ve zayıf işletmeler olmasının yanı sıra girdi, üretim, değerlendirme ve pazarlama aşamalarındaki olumsuzluklar, üreticinin pazar fiyatından düşük pay almasına ve üretimden vazgeçmesine neden olduğu ve bununda ilerleyen

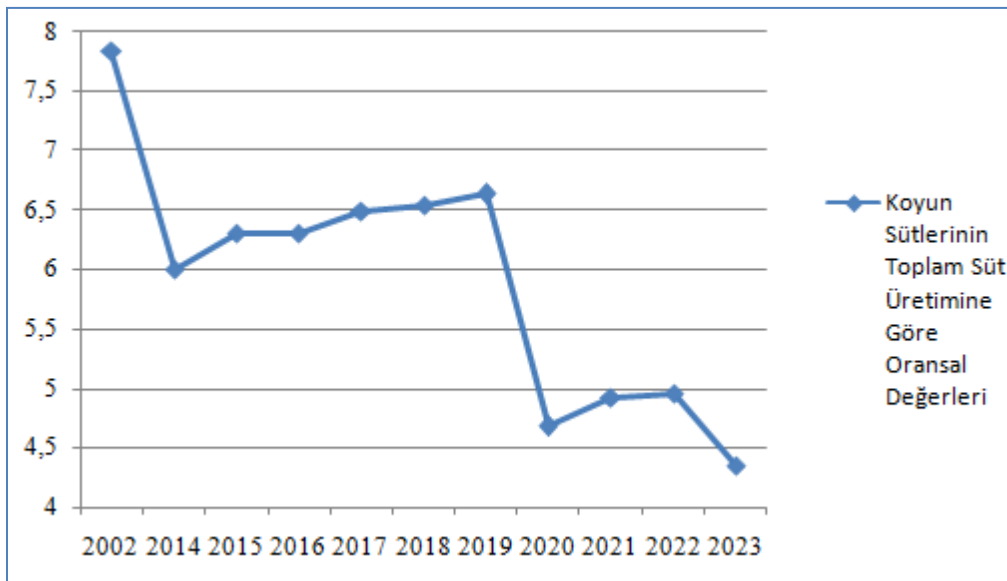
yıllarda hayvan sayılarında ve ürün miktarlarında düşüşe neden olduğu bildirilmektedir (Ertuğrul ve ark., 2010). 2009 yılından sonra hayvan sayılarında ve ürün miktarlarında görülen belirgin artışta devlet tarafından yapılan destekler etkili olmuştur (Oral & Yıldız, 2023). Bu tip desteklemelerin artarak devam etmesi küçükbaş hayvancılığın sürdürülebilir olması açısından önemlidir.

Çizelge 4. Keçi süt verimi Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu

Table 4. Goat milk yield one sample wilcoxon signed rank test analysis result

		N	Ortalama Rank	Rankların Toplamı
2002 yılı ve 2014-2023 yılları	Negatif Ranklar	11	6.00	66.00
	Pozitif Ranklar	0	0.00	0.00
	Bağlantılar	0		
	Toplam	11		
Test istatistiği				
2002 yılı ve 2014-2023 yılları				
Z değeri	-2.934			
p değeri	0.003			

Çizelge 4'te, 2002 yılı için bildirilen 209.621 ton referans değeri esas alındığında, 2014-2023 yıllarına ait keçi sütü miktarının, anlamlı bir farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir ($p=0.003$). Bu sonuçlara göre son 10 yılda keçi sütü miktarlarında 2002 yılına göre önemli oranda artışlar kaydedildiği görülmektedir.



Şekil 5. Koyun sütlerinin toplam süt üretimine göre oransal değerleri (%)

Figure 5. Proportional values of sheep milk according to total milk production (%)

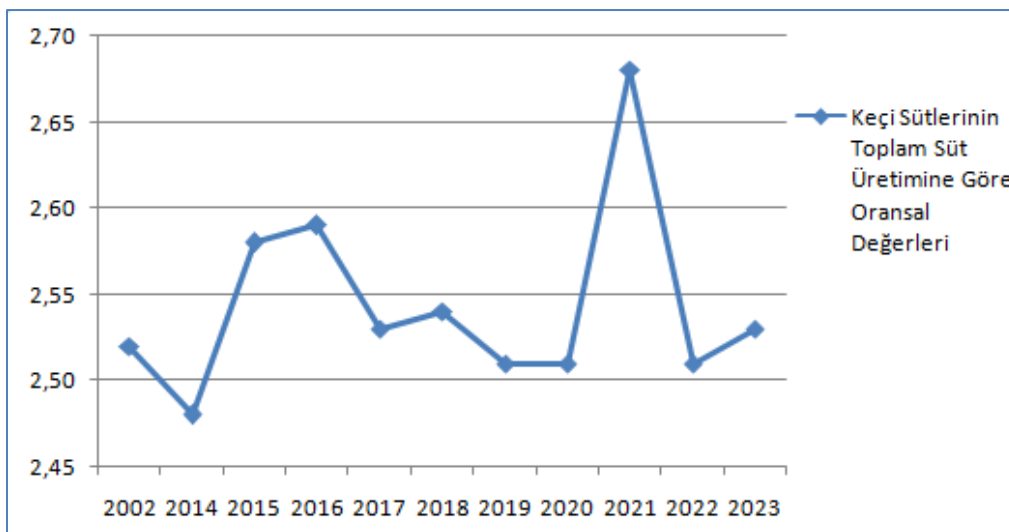
Koyunlardan elde edilen süt miktarı, 2002 yılında toplam süt üretiminin yaklaşık %8'ini oluştururken, 2023 yılında bu oran yarı yarıya düşerek yaklaşık % 4 seviyelerine gerilemiştir (Şekil 5). Devletin süt üretim politikalarında sığırcılığa ağırlık vermesi, ıslah çalışmaları ve destekler gibi konularda sığırcılığın daha önde olması (Akman, 2012; Tüney Bebek & Keskin, 2018) küçükbaş hayvanlardan elde edilen süt miktarları açısından belirgin oranlarda artışların görülmemesinde etken olduğu söylenebilir.

Çizelge 5. Koyun süt verimi oransal değerlerinin Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu

Table 5. One sample wilcoxon signed rank test analysis result of sheep milk yield proportional values

		N	Ortalama Rank	Rankların toplamı
2002 yılı ve 2014-2023 yılları	Negatif Ranklar	0	0.00	0.00
	Pozitif Ranklar	11	6.00	66.00
	Bağlantılar	0		
	Toplam	11		
Test İstatistiği				
	2002 yılı ve 2014-2023 yılları			
Z değeri	-2.937			
p değeri	0.003			

2002 yılı için bildirilen %7.84 referans değerine göre 2014-2023 yıllarına ait koyun sütü miktarına ait oransal değerlerin anlamlı bir farklılık ($p=0.003$) oluşturduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Bu sonuçlara göre son 10 yılda koyun sütü üretiminin toplam süt üretimine göre oransal değerleri bakımından 2002 yılına göre önemli oranda azalışlar gösterdiği söylenebilir. Araştırmamızda 2002 yılından sonra koyun sütü üretiminde miktarsal artış görülmüş olmasına rağmen, bu artışlar toplam süt üretiminin gerisinde kaldığı için toplam süt üretimine göre oransal azalışlar görülmüştür. Sevinç ve ark. (2022)'nin yaptıkları regresyon analizi sonuçlarına göre 2002 yılı verileri ile başlayan çalışmalarında, küçükbaş hayvan sayıları ve ürünlerinde 2009 yılından sonra yıllara göre düzenli bir artış görüldüğü belirtilmiş ve bu artışın 2030 yılına doğru devam etmesinin beklendiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada geleceğe göre yapılan tahminde regresyon modelinden faydalanılmakla birlikte, ayrıca Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi uygulanmış olsaydı 2002 yılına göre sonraki yıllardaki değişimin istatistikî olarak ne düzeyde olduğunun belirlenmesi mümkün olabilirdi. Böylece 2002 yılından verilerin elde edildiği son yıla kadar değişimlerin istatistikî olarak anlamlılığı konusunda bir fikre ulaşılabiliirdi. Yapılan bu çalışmada, sonradan yapılacak araştırmalarda, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi kullanılarak farklı yorumların getirilmesinin önemi vurgulanmaktadır. Bilimsel araştırma tasarımı, uygulama, sonuç edinimi ve yorumlama aşamalarının araştırma hipotezine uygun bir şekilde tamamlanması için uygun analiz yönteminin belirlenmesi esastır (Thalberg, 2024). İstatistik analiz çıktısından elde edilen sonuçlar araştırma hipotezini etkileyecek ve araştırmanın çıkarımsal sonuçlarını yönlendirecektir (Rutherford & Kim, 2022). Bu nedenle bilinen standart istatistik yöntemlerle birlikte, alternatif istatistik yöntemlerin kullanılması, araştırma sonuçlarına farklı bakış açısı kazandırabilecektir (Yuan ve ark., 2019).



Şekil 6. Keçi sütlerinin toplam süt üretimine göre oransal değerleri (%)

Figure 6. Proportional values of goat milk according to total milk production (%)

Şekil 6'da görüldüğü üzere, yıllara göre toplam süt üretiminin yaklaşık %2.5'ini oluşturan keçi sütünün toplam üretime katkıları bakımından yıllar arasında iniş çıkışlar olmasına rağmen belirgin bir artış ya da azalıştan söz etmek mümkün görünmemektedir. Keçi sütü üretim miktarının, 2002 yılına göre 2014 ve sonraki yıllarda önemli miktarda artış göstermesine rağmen, oransal olarak farklılık görülmemesinin nedeni, keçi sütü üretim miktarının toplam süt üretimine göre çok düşük düzeyde kalmasıdır. Koyunlarda sağım sezonu boyunca 2002 yılında hayvan başına 48 kg süt elde edilirken, 2014 yılından sonra bu rakamın 80 kg a yaklaştığı bildirilmektedir (TUİK, 2024). Keçilerde ise 2002 yılında hayvan başına yaklaşık 60 kg dan 2014 ve sonrası dönemlerde 100 kg civarına yükseldiği bildirilmektedir (TUİK, 2024). Koyun ve keçilerde süt verimi bakımından 2002 yılına göre sonraki yıllarda hayvan başına %66 civarında bir artış görülmüştür. Koyun ve keçilerde sütçü ve yerli ırk bazında yeterli kayıtlar bulunmadığından, koyun ve keçi sütlerindeki artışın nedeninin genetik değişimlere (ıslah) göre açıklanması mümkün olamamaktadır. Küçükbaş hayvan sütlerine yönelik pazar şartlarının ilerleyen yıllarda nispeten de olsa gelişmiş olabileceği, devlet desteklerinin azda olsa artışı, koyun ve keçi ırklarında sütçü ırkların nispeten artmış olabileceği ihtimalinin, süt üretimlerinde görülen miktarsal artışlarda etkili olmuş olabileceği düşünülebilir. Küçükbaş hayvan sütlerinin 2002 yılından sonraki ilerleyen yıllarda, toplam süt üretimindeki oransal payının, istenen düzeyde yüksek olmadığı araştırma sonuçlarından görülmektedir. Küçükbaş hayvan sütlerine olan talebin, ilerleyen yıllarda dahada artacağı göz önüne alındığında, mevcut üretimlerin artırılmasında gerekli önlemlerin alınmasının aciliyeti araştırma sonuçlarından da anlaşılmaktadır. Küçükbaş hayvan sütünün mevcut seviyelerinin artırılmasında, gerek hayvanlara yönelik besleme düzenlemelerinin iyileştirilmesi ve gereksede seleksiyon gibi ıslah çalışmalarına ağırlık verilmesinin, ilerleyen yıllarda ihtiyaç duyulan üretime ulaşmada etkili olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 6. Keçi süt verimi oransal değerlerinin Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi analiz sonucu

Table 6. One sample wilcoxon signed rank test analysis result of goat milk yield proportional values

		N	Ortalama Rank	Rankların toplamı
2002 yılı ve 2014-2023 yılları	Negatif Ranklar	6	6.50	39.00
	Pozitif Ranklar	5	6.40	27.00
	Bağlantılar	0		
	Toplam	11		
Test istatistiği		2002 yılı ve 2014-2023 yılları		
Z değeri		-0.539		
p değeri		0.590		

2002 yılı için bildirilen %2.52 referans değeri esas alındığında, 2014-2023 yıllarına ait keçi sütü miktarına ait oransal değerlerin anlamlı bir farklılık ($p=0.590$) göstermediği tespit edilmiştir (Çizelge 6). 2002 yılına göre 2014 ve sonrası yıllarda, miktar bazında önemli artış görülse de bu artış, toplam süt üretimi artışı içinde çok düşük düzeyde kalmıştır. Toplam süt üretimine göre gerçekleşen bu düşük seviyedeki artış, oransal anlamda yıllara göre değişimlerde önemli bir farklılığın görülmemesinde etken olmuştur. Araştırmada veri seti 30'dan az olduğu için parametrik test yöntemi olan Tek Örnek t testi yerine, parametrik olmayan Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi uygulanması zorunluluğu doğduğu önceki paragraflarda belirtilmişti. Bu araştırmadan farklı olarak N'nin, 30'un üstüne çıktığı veri setlerinde Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi yerine Tek Örnek T Testi tercih edilmelidir (Sheskin, 2011). Zira, parametrik test sonuçları, parametrik olmayan test sonuçlarına göre daha avantajlı ve güvenilir olmaktadır (Mahsin, 2022). Verilerin istatistik analizinde, parametrik testlerin kullanılması durumunda, ortalama ve standart hata gibi tanımlayıcı istatistikler verilirken, ortalamaların ve değişimlerin hakkında net bir bilgi edinme imkânı olabilmektedir. Parametrik olmayan testlerin kullanılması durumunda ise tanımlayıcı istatistikler olarak; ortalama yerine medyan, standart hata yerine veri setindeki en büyük değerle en küçük değer arasındaki farkı ifade eden rank değerleri kullanıldığından, ortalama değer bazında değişimler hakkında yorum yapılamamaktadır (Ott & Longnecker, 2021).

Verilerin ortalama değer olarak değişimleri noktasında bir fikir elde edilememesi, parametrik olmayan testlerin dezavantajlarından biridir (Jung, 2018). Ancak yıllara göre değişimlerin ortalama değer olarak olmasada, medyan değeri üzerinden yorumlanabilmesinin mümkün olması istatistikî olarak büyük bir kazançtır (Ryabko, 2019). Parametrik olmayan test yöntemleri kullanılarak Rank değerleri üzerinden yorumların yapıldığı çalışmalar literatürde sıklıkla görülmektedir (Mamenko & Potiannyk, 2021). Mevcut araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin, belli bir yıl referans alınarak sonraki yıllara ait veri setlerinde görülen değişimlerin yorumlanmasında etkili olduğu söylenebilir. Bu nedenle belirli bir yıl referans değeri alınarak, bu yıla göre sonraki yılların verilerinde değişimlerin belirlenmesinde bu yöntem kullanışlı olabilir. Böylece 5 yıllık kalkınma planlarında bir önceki kalkınma planının son dilimindeki değeri referans noktası kabul edilerek bir sonraki kalkınma planında verilerin ne düzeyde değişim gösterdiği ve kalkınma planlarının veriler üzerinden istenen seviyeye ulaşım ulaşılmadığı gibi sorulara yanıt bulma açısından bu yöntemin avantajlı olacağı ifade edilebilir.

Sonuç olarak; farklı hayvan türlerinde, en yüksek verimi alabilmek üzere, iller ve bölgeler bazında süt üretimindeki yıllık değişimlerin detaylı olarak belirlenmesi için adı geçen istatistik yönteminin kullanılarak yapılacak yeni araştırmalara ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. İl veya bölgenin mevcut durumuna göre hayvansal üretim stratejik planlamaları yapılarak uygulamaya aktarılmalıdır. İl ve bölgelerin iklim ve mera şartları, işletme yapıları üzerinden net bilgiler elde edilerek mevcut duruma en uygun hayvan türü ve ırklar belirlenerek, buna göre bir teşvik planlaması ve saha takibi yapılmalıdır. Aksi takdirde, yıllara göre ani üretim dalgalanmalarının önüne geçmek mümkün olmayabilir. AB ülkelerinin küçükbaş hayvanlardan elde edilen gerek et, gerekse süt üretimi kapasiteleri talebin gerisindedir. Ülkemiz küçükbaş hayvan sayısı itibarı ile bu açığı kapatabilecek potansiyele sahiptir (Aras, 2015). Bu nedenle mevcut durumdaki hayvan sayıları ve ürün miktarlarındaki yetersizliklerin önüne geçmek için acil tedbirler alınmalıdır. Sevinç ve ark. (2022)'nin ülkemizde 2009 yılından sonra 2030 yılına doğru küçükbaş hayvan sayılarında artış olma eğiliminin olduğunu belirtmeleri, küçükbaş hayvancılığının geleceği açısından umut vermektedir. Hayvan sayılarının son yıllarda artış göstermesine rağmen, et ve süt gibi küçükbaş hayvan ürünlerinde artış görülmediğinin belirtilmesi (Semerci & Çelik, 2016) üzerinde durulması gereken önemli bir husustur.

Araştırma sonuçlarına göre Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin, küçükbaş hayvan verilerinde kullanılması ile belli bir yıla ait referans değeri baz alınarak sonraki yıllara ait verilerin karşılaştırılması sonucunda görülecek farklılıklara göre sağlıklı istatistikî yorumların yapılabilirdiği görülmüştür. Aksi takdirde istatistik analiz yapılmadan ham sayısal veriler üzerinden yapılacak yorumların hatalı olabileceği söylenebilir. Ancak ne yazık ki bu araştırmadaki veri setlerine benzer verilerin ele alındığı bazı araştırmalarda (Öztornacı, 2013; Çalışkan, 2021) referans yıla göre istatistik karşılaştırmalar yapılmadan, sadece ham sayısal veriler üzerinden sonuçlara ulaşıldığı dikkati çekmektedir. Buda güvenilir bilgilerin elde edilmesinin önüne geçmektedir. Bu tip araştırmalarda Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testi kullanılarak istatistikî sonuçlara göre değerlendirmeler yapıldığında, daha doğru yorumlar elde edinilebilir. İstatistikî analiz yapılmadan ham veriler üzerinden yapılan yorumlara şüpheyle yaklaşılmaktadır ve bilimsel açıdan kabul edilebilir nitelikte değildir (Newbold ve ark., 2012; Jebb ve ark., 2017). Bu makalede, izlenecek doğru istatistik yöntemin önemini vurgulanmasının yanı sıra, Tek Örnek Wilcoxon İşaretli Rank Testinin benzer araştırmalarda kullanılmasının yorumlara sağlayacağı farklı bakış açısının da izahına çalışılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Araştırma tek yazarlıdır.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Akman, N. (2012). AB ve Türkiye’de danışmanlık sistemleri ve süt sığırları işletmelerinin yönetimi. Aydın ili damızlık sığır yetiştiricileri birliği. Kitap. Cilt 2. 162 sayfa. ISBN: 978-975-01517-4-3 (2.c).
- Alev, N. (2018). Avrupa Birliği ve Türkiye’de hayvancılık sektörünün genel ekonomik durumu. *G.Ü. İslâhiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 2 (2), 57-76.
- Anonim (2015). Doğu ve Güneydoğunun hayvancılıktaki ağırlığı. Türkiye Ziraat Odaları Birliği. <http://www.tzob.org.tr/basin-odasi/dogu-ve-guneydogu-nunhayvanciliktaki-agirligi>. (Erişim, 26.06.2024)
- Aras, İ. (2015). Küçükbaş hayvancılık sektör raporu. Mevlana Kalkınma Ajansı. Hayvancılık sektör raporları. Kitap. 42 sayfa.
- Aydın, M.K., & Keskin, M. (2018). Muğla ilinde küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapısal özellikleri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31 (3), 317-323. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.428577>
- Box, G.E.P., Hunter, J.S., & Hunter, W.G. (2005). Statistics for experimenters. design, innovation, and discovery. Second Edition. Wiley inter science. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. ISBN-13 978-0471-71813-0.
- Çalışkan, A. (2021). Büyükbaş hayvancılık işletmelerinin muhasebeleştirilme sürecinin incelenmesi: Tms-41 bobifrs bölüm-7 ve vuk açısından karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. 134 sayfa. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe ve Finansman Bilim Dalı, Karaman.
- Çimen, M. (2015). Fen ve sağlık bilimleri alanlarında spss uygulamalı veri analizi. Palme Yayıncılık, Yayın No: 905, ISBN: 978-605-355-366-3. Sıhhiye, Ankara.
- Çimen, M. (2016). Mühendislik verilerinde tek örnek için parametrik ve parametrik olmayan testler. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 29, 67-77.
- Duru, H., & Yiğit, M. (2014). Terör ve terörle mücadelede doğan zararların karşılanması hakkında kanun, uygulanması ve etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9 (2), 123-149.
- Ertuğrul, M., Savaş, T., Dellal, G., Taşkın, T., Koyuncu, M., Cengiz, F., Dağ, B., Koncağül, S., & Pehlivan, E. (2010). Türkiye küçükbaş hayvancılığının iyileştirilmesi. *TMMOB ZMO 7. Teknik Kongresi*, Ankara.
- Esen, F. (2017). Bingöl ilinde büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık faaliyetleri. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7 (1), 83-100.
- Hinton, P.R., Brownlow, C., McMurray, I., & Cozens, B. (2004). Spss explained. ISBN: 0-233-64259-7. New York NY 10016. USA.
- Hocquette, J.F., & Gigli, S. (2005). The challenge of quality. In: Hocquette J.F., Gigli, S. (Eds). Indicators of milk and beef quality. EAAP Pub. No:112, Wageningen Academic Publishers. Wageningen, Netherland, pp.13-22.
- Hollander, M., Wolfe, D.A., & Chicken, E. (2015). Nonparametric statistical methods. John Wiley&Sons, Inc. ISBN: 9780470387375. <https://doi.org/10.1002/9781119196037>
- Jebb, A.T., Parrigon, S., & Woo, S.E. (2017). Exploratory data analysis as a foundation of inductive research. *Human Resource Management Review*, 27 (2), 265-276. <https://doi.org/10.37896/jxu16.3/001>
- Jung, Y.M. (2018). Data analysis in quantitative research, In: Liangputtong, P. (eds) Handbook of research methods in health social sciences. Springer, Singapore. ISBN: 978-981-10-5251-4.
- Kaps, M., & Lamberson, W.R. (2004). Biostatistics for animal science. CABI Publishing. ISBN 0 85199 820 8. UK
- Kurban, D., & Yeğen, M. (2012). Adaletin kıyısında: ‘zorunlu’ göç sonrasında devlet ve körtler, 166 sayfa. İstanbul: TESEV Yayınları. ISBN:978-605-5832-95-7. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4068.3600>

- Mahsin, M. (2022). Data analysis techniques for quantitative study, In: Islam, M.R., Khan, N.A., Baikady, R. (eds) Principles of social research methodology. Springer, Singapore. ISBN: 978-981-19-5441-2.
- Mamenko, O., & Potiannyk, S. (2021). Rank non-parametric correlation analysis of indicators of heavy metal transition from blood to cow's milk to assess its environmental safety. *Scientific Horizons*, 24 (5), 35-45. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(5\).2021](https://doi.org/10.48077/scihor.24(5).2021)
- Newbold, P., Carlson, W., & Thorne, B. (2012). Statistics for business and economics, Eighth Edition. Pearson Education. ISBN10 : 0273767062.
- Ntoumanis, N. (2005). A step-by-step guide to spss for sport and exercise studies. Published in the USA and Canada by Routledge Inc. ISBN: 0-415-24978-3. (Print Edition) 29 West 35 th Street, New York, NY 10001
- Oral, H.H., & Yıldız, F. (2023). Muş ilinde küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin son 30 yıldaki değişimi ve sürdürülebilirliği. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11 (3), 121-134. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.532-545.5829>
- Ott, R., & Longnecker, M. (2021). An introduction to statistical methods and data analysis, Cengage Learning. 7 th Ed. Pp. 1296. ISBN-10: 0357670620
- Öner, Ş. (2019). Amaç ve politikalar açısından yerel yönetimler: onuncu ve on birinci kalkınma planları karşılaştırmalı analizi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2 (3), 645-664. <https://doi.org/10.33712/mana.634837>
- Öztornacı, B. (2013). Türkiye’de kırmızı et arzının analizi. Yüksek Lisans Tezi. 105 sayfa. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Adana.
- Ryabko, D. (2019). Asymptotic nonparametric statistical analysis of stationary time series. Springer Cham. First Edition. Pp 77. ISBN: 978-3-030-12563-9.
- Rutherford, A., & Kim, J.H. (2022). The art of statistical thinking: detect misinformation, understand the world deeper, and make better decisions. (Advanced Thinking Skills),. First Edition. ARB Publications. ISBN: 9798358180710.
- Semerci, A., & Çelik, A.D. (2016). Türkiye’de küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin genel durumu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 182-196.
- Sevinç, G., Şahin, Z., & Aydoğdu, M.H. (2022). Türkiye’nin küçükbaş hayvan varlığı ile süt üretimindeki gelişmelerin son dönemlerdeki trend analizi. *Academic Social Resources Journal*, 7 (35), 377-384.
- Sheskin, D.J. (2011). Handbook of parametric and non-parametric statistical procedures, Fifth Edition. Taylor and Francis Group. 6000 Broken South Parkway NW Suite 300 Boca Raton. FL. 33487-2742. ISBN: 978-1-4398-5801-1.
- Şeker, İ., & Köseman, A. (2015). Elazığ ilinde büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık faaliyetleri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4 (1), 36-44.
- Thalberg, M. (2024). Statistical analysis: Methods and techniques for data interpretation. Independently pub. ISBN-13:979-8325377037.
- Toprakçı, E., & Bakır, D. (2018). Eğitim alanı açısından 10. kalkınma planı, 2018 yılı programı ve meb stratejik planının uyumluğunun incelenmesi. *Millî Eğitim*, 48 (222), 103-126.
- TÜİK. (2024). Türkiye istatistik kurumu. 2002-2024 yılları arası küçükbaş hayvancılık verileri. Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim, 23.06.2024)
- Tüney Bebek, D., & Keskin, M. (2018). Mersin ilinde koyun yetiştiriciliğinin mevcut durumu bazı verim ve yapısal özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 23 (2), 315-323. ISSN:1300-9362.
- Yuan, I., Topjian, A.A., Kurth, C.D., Kirschen, M.P., Ward, C.G., Zhang, B., & Mensinger, J.L. (2019). Guide to the statistical analysis plan. *Pediatric Anesthesia*, 29 (3), 1-15. <https://doi.org/10.1111/pan.13576>

Şanlıurfa ilinde buğday üretiminde kuraklık sigortasını etkileyen faktörler

Factors affecting agricultural insurance in wheat production in Şanlıurfa Province

Alanur ADIN¹ , Remziye ÖZEL² 

¹Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye.

²Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 06.12.2024 Accepted / Kabul: 15.01.2025 Anahtar Kelimeler: Buğday Risk Tarımsal sigorta Lojistik regresyon Şanlıurfa Keywords: Wheat Risk Agricultural insurance Logistic regression Şanlıurfa ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Remziye ÖZEL rozeli@harran.edu.tr	İnsan beslenmesinde oldukça önemli bir yer teşkil eden buğday tarımı, sulı tarım alanlarında münavebeye girmekle birlikte kuru tarımın yaygın olduğu bölgelerde kışlık tahıl olarak üretilmektedir. Kuraklığın yaşandığı dönemlerde ise ekonomik kayıpların yanı sıra ana besin kaynağı olduğu için gıda sıkıntıları baş göstermektedir. Gerek kuraklık gerekse diğer risk faktörlerine karşı üreticiyi koruyacak en etkili araç ise tarım sigortalarıdır. Bu çalışma da Şanlıurfa ilinde buğday tarımı yapan işletmelerin 2017 yılında kapsama alınan ilçe bazlı kuraklık sigortası yapmalarında etkili olan faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın verileri, Şanlıurfa ilinde 200 çiftçiden anket yolu ile elde edilmiştir. Araştırmada; girdi ve ürün fiyatlarındaki değişimler gibi ekonomik dışsallıkların, yetersiz ve aşırı yağış gibi doğal ve çevresel dışsallıkların en önemli risk faktörleri olduğu belirlenmiştir. Ancak üreticilerin sigorta yaptırmaya eğilimlerini önemli derecede etkileyen etmenin; faiz oranlarının yüksekliği ve borçlanma ile gelen risk faktörüne karşı, kredi alırken sigortalılığın getirdiği faiz indiriminden yararlanma olanağı olduğu saptanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde lojistik regresyon analizi yönteminden yararlanılmış olup çiftçi yaşı, eğitimi, deneyimi, arazisinin genişliği, tarımdan elde ettiği gelir, medeni hali, bitkisel faaliyetleri, üretici örgütüne üyelikleri, değişken olarak kullanılmıştır. Buğday ekiliş alanı, çiftçinin eğitimi ve kooperatiflere üye olma durumu anlamlı bulunmuştur.
Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	ABSTRACT Wheat farming, which has a very important place in human nutrition, is produced as winter grain in regions where dry farming is widespread, while it is rotated in irrigated farming areas. In times of drought, food shortages occur as well as economic losses since it is the main food source. The most effective tool to protect producers against both drought and other risk factors is agricultural insurance. This study aims to determine the factors that are effective in making district-based drought insurance in 2017 by enterprises engaged in wheat farming in Şanlıurfa province. A survey was conducted on 200 farmers selected through sampling in Şanlıurfa province. In the study, it was determined that economic externalities such as changes in input and product prices, natural and environmental externalities such as insufficient and excessive rainfall are the most important risk factors. However, it was determined that the factor that significantly affects producers' tendency to have insurance is the opportunity to benefit from the interest rate discount brought by insurance when taking out a loan, against the risk factor of high interest rates and borrowing. Logistic regression analysis method was used in the evaluation of the data and the farmer's age, education, experience, land size, income from agriculture, marital status, plant activities, membership in producer organizations were used as variables. Wheat planting area, farmer's education and membership in cooperatives were found to be significant.
Cite/Atıf	Adın, A., & Özel, R. (2025). Şanlıurfa ilinde buğday üretiminde kuraklık sigortasını etkileyen faktörler. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 30 (1), 179-186. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1597258

GİRİŞ

Türkiye’de tarım sektörü önemli bir paya sahiptir. Bu sektörün üretim süresinden hasat sonrasına kadar karşılaşılabileceği risklere karşı korunması önem arz etmektedir. Bu işletmelerin riskleri devredebileceği sigorta mekanizmaları devreye girmektedir. Sigorta en genel tanımıyla bireylerin ve işletmelerin karşılaşılabilecekleri olası riskleri olumsuz sonuçlarını ortadan kaldırmak veya azaltmak amacıyla oluşturulan risk yönetim sistemi olarak tanımlanabilir (Keskinkılıç, 2013).

Gelişmiş ülkeler maruz kaldıkları doğal, sosyal, ekonomik, kişisel, politik riskler sebebiyle, yıllardır teknolojinin de yardımıyla teknik koruma önlemleri geliştirmişlerdir. Ancak bu gelişmiş teknik koruma önlemleri de sektörün karşılaştığı tehlikelerin olumsuzluklarının uzaklaştırılmasında kifayetsiz olamamıştır. Tarımsal faaliyetlerde karşı karşıya gelinen bilhassa doğal risklerin olumsuz tesirlerinin asgariye düşürülebilmesi sadece etkili bir risk yönetimiyle mümkün olabilmektedir. Artık, dünya genelinde tarımsal faaliyetler konusunda tüm teknik önlemlerden sonra gelen en başarılı risk yönetimi tarımsal sigortalardır (Sevim, 2010).

Kendine özgü özelliklerinden dolayı tarım sektörü, risk ve belirsizliklerle sürekli karşı karşıyadır. Bunların başında, tarım sektöründe üreticilerin en çok etkilendiği doğal riskler gelmektedir. Doğal riskler; dolu, don, kuraklık, fırtına gibi üreticilerin kontrolünde olmayan hava koşullarına bağlı oluşan risk çeşididir. Bu bağlamda tarım “üstü açık fabrika” olarak da nitelendirilmektedir (Alay, 2012).

Tarım sigortası; tarım sektöründe risk ve belirsizliklerden oluşabilecek hasarların ödenmesini temel alarak, üreticilerin emeğini güvence altına alan bir sistemdir (İsel, 2010). Bu sigorta sisteminin amacı, üreticilerin risk ve belirsizlikler sebebiyle ürünlerinde oluşabilecek zarar ve kayıpların kısmen de olsa karşılanmasını güvence altına alıp, bu kapsamda sigorta primlerinin belli bir kısmının devlet tarafından ödenerek, üreticileri uzun vadede gelir istikrarına kavuşturup ve bu sayede tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır (Perçin, 2011). Aynı zamanda tarım sigortasının en önemli amacı aynı risk ve belirsizliklerle uğraşan üreticilerin ödemiş oldukları primlerle oluşturulacak, fonlarla hasara uğrayan üreticilerin hasarlarının karşılanmasıdır (Dinler ve ark., 2005).

Göçebe hayattan vazgeçmenin göstergesi olan buğday tarımı hem dünya genelinde ve Türkiye’de ekim alanlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. İnsanoğlunun beslenmesinde önemli bir yere sahip olan buğday, ana besin kaynağı olarak görülmektedir. Buğdayın atalarının ilk defa Göbeklitepe çevresinde görüldüğü belirlenmiştir (Özberk ve ark., 2016).

Buğday tarımında genellikle kuraklık yaşandığı dönemlerde oldukça önemli düzeylerde iktisadi zayıflıklar yaşanmaktadır. Türkiye’nin yıllık ortalama yağışı 574mm iken, Güneydoğu Anadolu bölgesi’nin ortalama yağışı 320.4 mm’dir (UHK, 2018). Kuraklıkla gelen stresin buğdayda gelişmeye ve verime tesiri; söz konusu kuraklığın hangi gelişim evresinde olduğu, şiddet ve süreyle ilgilidir (Öztürk, 1999).

Tarım, risk ve belirsizliklerden en fazla etkilenen faaliyetlerin başında yer almaktadır. Bundan dolayı, gelişmiş ülkeler, tarımda iklimle ilgili negatif dışsallıklarla yaşanan gelirdeki kayıpları telafi edebilecek, sigortalamaya yönelmektedirler. Tarım sigortaları, risk yönetim yöntemi olup, üretimde sürekliliği sağlayabilen, dolayısıyla ürün fiyatlarında, üretici gelirlerinde istikrar sağlamada etkili olan bir yöntemdir. Ancak Türkiye’de tarımsa sigorta uygulamalarının arzulan seviyeye geldiği söylenemez. Bunun nedenleri arasında, sigorta alanında faaliyette bulunan kurum ve kuruluşlara güven oluşmamış olması, teknik eksiklikler, uzman bilirkişi eksikliği, tazminat ödemelerinin beklentiden uzak olması vb etmenler önemli nedenler arasında gösterilmektedir (Akçaöz ve ark., 2006).

Türkiye’de tarımsal üretim faaliyetleri ile ilgili sigorta konusunda sigortalama işlemleri Cumhuriyetin ilk zamanlarında başlamıştır. Konuyla alakalı ilk çalışmalar 1937 tarihli, 3202 sayılı T.C. Ziraat Bankası yasasında geçmiş olup, 1938 yılında Köy ve Ziraat kongresi’nde tartışılmıştır (Sümer ve Polat, 2016). AB üyeliğine geçiş sürecinde bazı AB ülkelerinin tarımsal sigortalama uygulamaları incelenmiştir ve 2005 tarihli 5363 sayılı Tarım Sigortaları Kanunu yürürlüğe girmiştir. TARSİM, meydana gelebilecek risk faktörlerinin tespiti ve yaşanması sonucu meydana gelen

hasarla ilgili tazminat ödemelerinin münferit bir yerden yapılması, sigorta içeriğinin yetkinleştirilmesi ve sigortalama işinin benimsenmesi amacıyla kurulmuştur. Kanun kapsamında, kuru tarım arazilerinde kışlık ana ürünlerde (buğday, arpa, çavdar, nohut, kırmızı mercimek, yeşil mercimek, yulaf, tritikale) sertifikalı tohum üretimleri ve ürün olarak üretimleri esnasında, oluşan verim kayıpları; TARSİM ve TÜİK'in verileri baz alınıp, ilçe eşik verim değeri göz önünde bulundurularak (ilçe ortalama veriminin %70'i) güvenceye alınır (TARSİM, 2018). Kuraklığın yanı sıra, aşırı yağış, dolu, don, yangın, heyelan, sel, deprem vb ürünlerde verim kaybına neden olan risk faktörleri de teminat kapsamındadır. Ürünün, üretim yapılan ilçedeki ortalama verimi, ürünün fiyatı baz alınarak ve poliçedeki esaslar dikkate alınarak sigorta bedeli belirlenmektedir.

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde, buğday tarımı yapan üreticilerin sigorta yaptırmaları ve sigorta yaptırmada isteklilikleri incelenmiştir. Çalışma konusu ile ilgili literatür taraması yapıldığında araştırma bölgesinde buğday üretiminin önemli bir konumda yer almasına rağmen, buğday tarımı yapan işletmelerin tarım sigortası yapmalarında etkili olan faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmaların yetersiz olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda çalışmanın birincil verilere dayanması ve kapsamının geniş olması çalışmayı özgün kılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Şanlıurfa iline bağlı ilçelerde buğday buğday tarımı yapan üreticilerle anket yöntemiyle elde edilen veriler araştırmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Ayrıca, TARSİM yetkili temsilcileriyle yüz yüze görüşülerek edinilen bilgilerden ve konuyla ilgili yürütülmüş olan çalışmalardan yararlanılmıştır.

Araştırmanın örnek hacmi T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı İl Bazında Ürün Sulu-Kuru Raporu verilerine göre buğday tarımı yapan üreticilerin sayısı dikkate alınarak "Oransal Örneklem Yöntemi" ile belirlenmiştir. Oransal Örneklem Yöntemi (Newbold, 1995) kullanılarak;

$$n = \frac{N * p * q}{(N - 1) * \sigma_p^2 + p * q} = \frac{11897 * 0.5 * 0.5}{(11897 - 1) * 0.001502 + 0.5 * 0.5} \cong 165$$

$$\sigma_p^2 = \left(\frac{r}{Z_{\alpha/2}} \right)^2 = \left(\frac{0.1}{2.58} \right)^2 = 0.001502$$

n: Örnek büyüklüğü,

N: Popülasyondaki üretici sayısı,

σ_p^2 : Oranın varyansı,

r: Ortalamadan izin verilen hata payı (%10),

$Z_{\alpha/2}$: z cetvel değeri

p: İncelenen olayın meydana gelme olasılığı olarak ifade edilmektedir.

Burada %99 güven aralığında ($z = 2.58$) ve ortalamadan %10 sapma ile anket yapılacak üretici sayısı 165 olarak belirlenmiştir. Yapılacak anketlerin %20'si kadar (33 adet) ilave anket yapılmış ve analizlerde toplam 200 anketin verileri değerlendirilmiştir.

Elde edilen verilerin analizinde ortalama ve yüzde dağılımının yanısıra Lojistik Regresyon Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Lojistik regresyon yöntemi, özellikle son yıllarda bilimsel çalışmaların çözümlenmesi için sık kullanılmış ve öne çıkan modellerden biri olmuştur (Yavuz, 2010). Lojistik regresyon analizi; bağımlı ve bağımsız değişkenler arası ilişkiyi, minimum değişkenle uyumlu halde betimleyebilen bir model kurmakta kullanılır (Çokluk, 2010). Başka bir ifade ile, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arası matematiksel ilişkiyi analiz etmek için, yaygın olarak kullanılmaktadır (Yazgı, 2017).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada, üreticileri %96.5'inin erkek üreticiler olduğu ve %95'inin evli olduğu saptanmıştır. Üreticilerin, ortalama yaşının 47.44, ilçe bazlı kuraklık verim sigortası yaptıran çiftçilerin ortalama 45.9, yaptırmayanların ise ortalama 47.7 yaşında olduğu belirlenmiştir. Tümer (2011) benzer konuda yürüttüğü bir araştırmada üreticilerin ortalama 49.95 yaşında olduğunu belirtmiştir.

Araştırmada ilçe bazlı kuraklık verim sigortası olan çiftçilerin %37.5'inin ilkokul, %28.1'inin ortaokul düzeyinde eğitilmiş olduğu belirlenmiştir. Söz konusu sigortayı yaptırmamış olan çiftçilerin ise %34.5'inin ilkokul, %22.6'sının lise düzeyinde eğitilmiş olduğu saptanmıştır. Taşçı ve ark. (2014), tarım sigortaları ile ilgili yapmış oldukları bir çalışmada, sigorta yaptıran ve yaptırmayan çiftçilerin %60'dan fazlasının ilkokul düzeyinde eğitilmiş olduklarını belirtmişlerdir.

Çalışmada, sigorta yaptıran işletmecilerin %40.6'sı SGK'lı, %31.3'ü Bağ-Kur'ludur. Sigorta yaptırmayan işletmecilerin ise %37.7'si SGK'lı, %25'i Bağ-Kur'lu ve %22.2'si gibi önemli bir kesim her hangi bir sosyal güvenceye sahip değildir. Tümer (2011) bitkisel ürün sigortası konusunda yürüttüğü bir araştırmada, işletmecilerin %78.38'inin SGK'lı olduğunu belirtmiştir.

Araştırmada üreticilerin %78.0'inin çiftçi kayıt sistemine üye olduğu saptanmıştır. Kayıtlı olmayan işletmeciler ise genel olarak arazi genişliği itibarıyla küçük tarım işletmeleridir.

Çalışmada, sigorta yaptıran işletmecilerin %87.5'sinin üretici örgütleri üyesi varken, yaptırmayanların %73.2'sinin üretici örgütleri üyesi olmadığı saptanmıştır. İşletmecilere, üyeliklerinin olduğu örgütler sorulduğunda ise %74'ünün ziraat odası, %18'inin kooperatif, %3.5'inin üretici-yetiştirici birlikleri üyeliklerinin olduğu belirlenmiştir. Antalya ilinde yapılan bir çalışmada, serada üretim yapan üreticilerden sigorta yaptıranların %57.38'inin üretici örgütlerine üyeliklerinin olduğu, sigorta yaptırmayanların ise %31.15'inin üyesi olmadığı belirlenmiştir (Sayın ve ark., 2011).

Çalışmada, sigorta yaptıran çiftçilerin tarımsal faaliyetlerinde yeniliklere daha açık olduğu belirlenmiştir. Nitekim buğdayda kuraklık sigortası yaptıran üreticilerin %9.37'sinin, deneyimlemediği gübreleri kullanma, aspir, kimyon vb bitkileri ekme, daha önce kullanmadığı tohumluk çeşitlerini deneme veya farklı mücadele yöntemlerini deneme gibi yeniliklere açık olduğu belirlenmiştir. Sigorta yaptırmayanların ise sadece % 2.97'sinin yeniliklere açık olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Yapılan bir çalışmada, tarım sigortası yaptıran çiftçilerin yeniliklere daha açık olduklarını belirlenmiştir (Pezikoğlu ve ark, 2012).

Çizelge 1. Üreticilerin tarımsal faaliyetlerde yeniliklere açık olma durumu

Table 1. The state of producers being open to innovations in agricultural activities

Tarımda yenilikleri deneme	Sigorta yaptıran		Sigorta yaptırmayan		Genel Ortalama	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
Evet	3	9.37	5	2.97	8	4.00
Hayır	29	90.63	163	97.03	192	96.00
Toplam	32	100.0	168	100.0	200	100.0

Çalışmada, çiftçilere buğday tarımında karşılaşılan ve etkili olan risk faktörlerini derecelendirerek değerlendirmeleri istenmiştir. Söz konusu faktörler tarımsal üretim faaliyetindeki bir takım dışsallıklardan yola çıkılarak hazırlanmıştır. Girdi maliyetlerinin ve ürün fiyatlarının değişiminin en önemli risk kaynağı olduğu, sırasıyla yeterli yağışın olmaması ve hastalık ve zararlıların varlığı takip eden risk kaynakları olduğu belirlenmiştir. Borçlanmanın, dolayısıyla da borç faizlerindeki değişimin, aşırı yağışların ve meydana gelen sel baskınlarının, hükümet politikalarındaki değişimlerin önemli risk kaynakları olduğu saptanmıştır. Çiftçilerin %91.5'i girdi maliyetindeki değişimleri, %91.0'i ürün

fiyatlarındaki değişimleri, %85.0'i borçlanma durumunu, %88.4'ü hastalık ve zararlıları %82.0'si yağış yetersizliği risk faktörlerini birinci derecede önemli bulmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Buğday üreticilerinin üretimde karşılaşılabilecek risk faktörlerini önem derecesine göre değerlendirmesi
Table 2. Wheat producers' evaluation of risk factors which may be encountered in production according to their level of importance

Risk kaynakları	Çok Önemli	Önemli	Orta Derece Önemli	Önemsiz	Çok Önemsiz	Toplam	Ortalama
Girdi maliyetindeki değişme	183	16	1	0	0	200	4.9
Ürün fiyatlarındaki değişme	182	15	3	0	0	200	4.9
Yetersiz yağış	164	27	6	1	2	200	4.8
Hastalık ve zararlı	176	14	5	3	2	200	4.8
Borçlanma durumu	171	10	13	6	0	200	4.7
Faiz oranındaki değişme	133	28	27	10	2	200	4.4
Fazla yağış ve sel baskını	92	72	25	5	6	200	4.2
Hükümet politikalarındaki değişim	105	37	36	7	15	200	4.1
Don olması	74	58	52	9	7	200	3.9
Yangın	18	35	104	34	9	200	3.1
İşgücü sağlamadaki sorunlar	15	29	98	48	10	200	3.0
Hırsızlık	9	19	101	52	19	200	2.7
Yeterli alet ve makine olmayışı	29	7	101	18	5	200	2.6

Bu çalışmada, ilçe bazlı kuraklık verim sigortası yaptıran buğday üreticilerine nedenleri sorulmuştur ve birden fazla neden belirtmelerine fırsat verilmiştir. Üreticilerin önemli bir kısmının (%71.87) kredi faiz oranlarındaki destekten yararlanmak için sigorta yaptırdığı belirlenmiştir. Ayrıca üreticilerin %25'i buğday tarımında daha önceki dönemlerde kuraklık zararı yaşadığını belirtmiş olup sigorta yapma nedenleri arasında göstermişlerdir (Çizelge 3). İpekçioğlu ve ark. (2010), yürüttükleri bir çalışmada, çiftçilerin %50'sinin daha önceki dönemlerde tarımsal üretim faaliyetinde zarar yaşadıkları için sigorta yaptırdıkları sonucunu elde etmişlerdir.

Çizelge 3. İşletmecilerin ilçe bazlı kuraklık sigortasını yaptırma nedenleri
Table 3. Reasons why producers obtain district-based drought insurance

Sigorta yaptırma nedeni	Kişi	%
Kredi alırken faiz indiriminden faydalaniyorum	23	71.87
Geçmişte kuraklık zararı yaşadığım için	8	25.00
Sigortalamanın önemli olduğunu düşünüyorum	3	9.37
Toplam	32	100.0

Çalışmada, sigorta yaptırmayan işletmecilerin %74.4'ünün hasarın eksiksiz olarak ödeneceği inancına sahip olmadığı, %61.9'unun prim bedellerinin fazla olduğunu düşündüğü, %49.1'inin ise sigorta kuruluşlarına güveninin olmadığı saptanmıştır. İşletmecilerin %40.9'u ise kendileri tedbir aldığını düşündüğü için sigorta yaptırmaya ihtiyacı duymadıklarını belirtmişlerdir. Aslan ve ark (2012) yürüttükleri bir çalışmada, sigorta yaptırmayan işletmecilerde (%47.54) primlerin yüksek, gelirlerin ise düşük olması nedenlerini belirlemişlerdir.

Kuraklık sigortası ile ilgili lojistik regresyon modelinin ($\alpha=0.01$ için) istatistiki olarak anlamlı olduğu ve modelin tahmin başarısının %86 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Üreticilerin eğitim düzeyinin sigortalama eğilimini olumlu yönde etkilediği ve yüksekokul veya üniversite mezunu üreticilerin diğer üreticilere göre kuraklıkla ilgili sigorta yaptırmaya meylinin arttığı belirlenmiştir. Yüksekokul veya üniversite mezunu olanların kuraklık sigortası yaptırmaya olasılığı diğerlerine göre %19.5 daha fazladır.

Örgütlenmenin sigorta yaptırmaya eğilimi üzerine olumlu yönde etkili olduğu ve tarımsal kooperatiflere üye üreticilerin tarım sigortası yaptırmaya olasılığının, diğer üreticilere göre %12.7 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak ziraat odasına üye olan üreticilerle üye olmayan üreticiler arasında zirai sigorta yaptırmaya meyli bakımından bir farkın olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4. Kuraklık sigortası lojistik regresyon tahmin modeli

Table 4. Logistic regression estimation model of drought insurance

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>Eğim</i>
Const	-2.15679***	0.675936	-3.191	
BugdayArazi	0.0145364***	0.00519978	2.796	0.00161945
Tarım Disi Gelir	-1.89253e-05	1.58728e-05	-1.192	-2.10841e-06
Tarımsal Gelir	-6.26801e-05***	2.25945e-05	-2.774	-0.000069829
Univ. Eğitim	1.26805**	0.559277	2.267	0.194995
Bitkisel	-0.407963	0.551284	-0.7400	-0.0493595
Medeni	-0.973074	1.14681	-0.8485	-0.0783341
Koop Uye	0.917926*	0.484826	1.893	0.126696
Ziraat Oda	0.121799	0.526187	0.2315	0.0132786
Mean dependent var	0.160000	S.D. dependent var		0.367526
McFadden R-squared	0.132834	Adjusted R-squared		0.030484
Log-likelihood	-76.25338	Akaike criterion		170.5068
Schwarz criterion	200.1916	Hannan-Quinn		182.5198

Number of cases 'correctly predicted' = 172 (86.0%)

f(beta'x) at mean of independent vars = 0.368

Likelihood ratio test: Chi-square (8) = 23.3612 [0.0029]

Buğday ekilen arazinin genişledikçe kuraklıkla ilgili sigortalama meylinin arttığı belirlenmiştir. Ancak, tarımsal geliri yüksek olan üreticilerin tarımsal amaçlı sigorta yatırma meylinin düştüğü belirlenmiştir. Tarımsal gelir 1000 TL arttığında, tarım sigortası yatırma eğilimi %6.9 azalmaktadır. Tarımsal olmayan faaliyetlerden elde edilen gelir beklenen işarete sahip olmakla birlikte istatistiki açıdan anlamlılık taşımadığı belirlenmiştir.

İncelenen işletmelerden bazılarının sadece bitkisel üretim yaptığı, bazılarının ise bitkisel üretimin yanı sıra hayvansal üretim faaliyetinde de bulunduğu belirlenmiştir. Kuraklık sigortası yaptırmaya eğilimi bakımından her iki grupta yer alan işletmeler arasında bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak çalışmada, kuraklık sigortası yaptıran üreticilerin kararları üzerinde tarımsal amaçlı kredilerin kullanımlarında uygulanan sübvansiyonlar en etkili unsur olarak belirlenmiştir. Nitekim üreticilerin önemli bir kısmı için kredilere ödedikleri faizlerin oranları oldukça önemlidir. 2017 yılında başlayan kuraklık sigortası konusunda üreticileri teşvik etmek amacıyla, sigorta yaptıranlara tarımsal kredi kullanırken %5'lik sübvansiyonlu krediden yararlanma avantajının sunulması sigorta yaptırmaya eğiliminin başlaması ve yaygınlaştırılması için başarılı bir politika aracı olmuştur. Ancak Tarımsal kredi kullanan işletmeciler, zamanında kredi borcunu ödeyememeleri durumunda işletmecinin hesabına yatan kuraklık hasar ödemesi alacaklı banka tarafından el konabilmektedir. Bu durumlarla ilgili olarak yeterli bilgilendirme yapılmayan işletmeciler, TARSİM'in sigortalamada zarar ziyarı ödemediği düşüncesi ile bir sonraki aşamada sigorta yapmaktan vazgeçmektedir. Üreticinin gözünde öncelikli olarak kazanımlarından çok kaybedeceklerinin önemli olduğu gerçeği ile hareket ederek, tarım bankacılığı alanının daha da yaygınlaştırılarak uzman kadronun istihdam edilmesi teşvik amaçlı bu tür politika araçlarının başarısını artıracaktır.

Bu çalışma ile Şanlıurfa ilinde buğday tarımı yapan işletmelerin kuraklık sigortası yaptırmaya süreçlerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi için lojistik regresyon analizinin yardımıyla, üreticilerin sahip olduğu özelliklerden bireysel özellikler incelenip değerlendirilmiştir. Lojistik regresyon analizi uygulanan sekiz değişkenden dördü istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bu bağlamda üreticilerin eğitim düzeyi, tarımsal kooperatiflere üyelik durumu, buğday ekimi yaptıkları arazi genişliği ve işletmelerin yıllık tarımsal gelirinin işletmelerin buğdayda kuraklık sigortası yaptırmalarında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çiftçiler kooperatif üyeliğinden dolayı özel bankalardan, tarım kredi kooperatiflerinden ve ziraat bankalarından sübvansiyonlu krediden yararlanmaktadır. Bu nedenle çiftçilerin, tarımsal amaçlı kooperatiflere üye oldukları takdirde, tarım sigortası yaptırmaya ihtimalinin de artacağı saptanmıştır. Kooperatife üye olma durumu sigorta yaptırmaya karar vermede etkili olan diğer bir değişkendir. Üretici örgütlerinin ve örgütlenmenin desteklenmesi, dolaylı olarak sigortalamada başarıyı artıracaktır.

Tarımsal faaliyetlerde yeniliklere açık olma durumu ile sigorta yapma konusundaki tutum ve davranışları karşılaştırıldığında, sigorta yaptıran işletmecilerin daha yenilikçi oldukları saptanmıştır. Üreticinin eğitim düzeyinin de yeniliklere açık olma durumunu da desteklediği belirlenmiştir.

Üreticilerde yerleşmiş bir sigorta bilinci oluşmamış ise geçici bir takım bürokratik sorunlar sigorta yaptırmakta üreticiyi caydırıcı unsur olarak ortaya çıkabilmektedir. Öncelikli olarak tarım sigortaları ile ilgili eğitim- yayım çalışmaları yürütülmelidir. Bu durumda teşvik edici politika araçları olmasa bile sigorta yaptırmaya alışkanlığı yerleşmiş ve süreklilik kazanmış olacaktır.

Bu çalışma ile, özellikle kuru tarım alanlarında faaliyette bulunan üreticilerin tarım sigortası yaptırmaya hususunda tutum ve davranışlarını belirleme konusunda katkıda bulunmak hedeflenmiştir. Ancak konu ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda, özellikle tarım sigortasında başarı sağlamış ülkelerin üretim, toplumsal ve hukuki koşulları incelenerek uygulama ve sonuçları araştırılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (19122 numaralı proje) tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışma için etik onay ve izin Harran Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'ndan alınmıştır. Toplantı tarihi 20/10/2018, karar no: 2018/53

KAYNAKLAR

- Akçaöz, H., Özkan, B., & Kızılay, H. (2006). Antalya ilinde tarımsal üretimde risk yönetimi ve tarım sigortası uygulamaları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (2), 93-103.
- Alay, Ö. (2012). Kastamonu ili Tarım Kredi Kooperatiflerinde tarım sigortaları uygulamalarının değerlendirilmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.

- Aslan, A., Atay, S., & Paksoy, M. (2012). Malatya ilinde bitkisel ürün sigortaları uygulamalarına çiftçilerin yaklaşımı. *10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*.
- Dinler, T., Yaltırık, A., Çetin, B., Özkan B., Gülçubuk, B., Sürmeli, E., Ekmen, E., Saner, G., Akçaöz, H., Uysal, Ö.K., Karaslan, S., & Kıymaz, T. (2005). Tarımda risk yönetimi ve tarım sigortaları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, Ankara, s.5-12.
- İpekçioğlu, Ş., Işgın, T., Monis, T., Saner, G., & Bilgiç, A. (2010). Güneydoğu Anadolu bölgesinde devlet destekli bitkisel ürün sigortası yaptırma istekliliğinin belirlenmesi. *Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 22-24 Eylül 2010, Bildiriler Kitabı 1. Cilt, s:259-265.
- İsel, M. (2010). AB ortaklık sürecinde Türkiye'nin tarım politikaları ve buna bağlı olarak değişen tarım sigortalarının (TARSİM) incelenip değerlendirilmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 77s.
- Keskinkılıç, K. (2013). Tarım sigortacılığı: Dünya ve Türkiye'deki uygulamaların değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 107s.
- Newbold, P. (1995). *Statistics for business and economics*. Fourth Edition, Prentice Hall.
- Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ., & Atlı, A. (2016). Buğday genetik kaynaklarından yerel ve kültür çeşitlerine; Türkiye'de buğday ve ekmek. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (2), 218-233.
- Öztürk, A. (1999). Kuraklığın kışık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (1), 531-540.
- Perçin, E. (2011). Geleneksel tarım sigortaları ile devlet destekli tarım sigortaları uygulamalarının karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 62s.
- Pezikoğlu, F., Ergun, M.E., Öztürk, M., Altıntaş, A., & Uçar, M. (2012). Bursa ilinde bitkisel ürün sigortası uygulamalarına yönelik çiftçi yaklaşımı. *10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, 1098-1102.
- Sayın, B., Çelikyurt, M.A., & Kaya, N. (2014). Üretici gözüyle tarım sigortası uygulamaları: Antalya örneği. *XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, Samsun.
- Sevim, U. (2010). Türkiye'de tarım sigortalarında tarım sigortaları havuzu ve TARSİM uygulaması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 171s.
- Sümer, G., & Polat, Y. (2016). Dünyada tarım sigortaları uygulamaları ve TARSİM. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 236-263.
- TARSİM (2018). A'dan Z'ye TARSİM. www.tarsim.gov.tr/trsmWeb/subpage (Erişim tarihi: 29.10.2019).
- Taşcı, R., Karabak, S., Demirtaş, R., & Gülçubuk, B. (2014). Ankara, Çorum ve Kayseri illerinde çiftçilerin risk yönetimi ve tarım sigortası uygulamaları. *XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, 3-5 Eylül 2014, Samsun
- Tümer, E.İ. (2011). Bitkisel ürün sigortası yaptırma isteğinin belirlenmesi: Tokat ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (2), 153-157.
- UHK. (2018). Ülkesel Hububat Rekolte Değerlendirme Raporu. Ulusal Hububat Konseyi.
- Yavuz, G.G. (2010). Polatlı ilçesinde üreticilerin tarım sigortası yaptırmaya karar verme sürecinde etkili olan faktörlerin analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 128s.
- Yazgı, E.F. (2017). Türkiye'de tarım sigortası uygulamaları, uygulamada karşılaşılan sorunlar ve alternatif model arayışı. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 108s.

Determination of antifungal effects of boron products against fungal disease agents causing rots in carrots

Havuçlarda çürümelere sebep olan bazı fungal hastalık etmenlerine karşı bor ürünlerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi

Murat KARACA¹ , Emine Mine SOYLU¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Antakya-Hatay, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 24.11.2024 Accepted / Kabul: 20.01.2025 Keywords: Carrot Postharvest diseases <i>Geotrichum</i> <i>Fusarium</i> <i>Alternaria</i> Anahtar Kelimeler: Havuç Depo hastalıkları <i>Geotrichum</i> <i>Fusarium</i> <i>Alternaria</i> ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: E. Mine SOYLU msoylu@mku.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	In this study, antifungal effects of boron products were investigated against <i>Geotrichum candidum</i>, <i>Alternaria alternata</i>, <i>Fusarium solani</i>, <i>Fusarium avenaceum</i> which cause postharvest rots in carrots. For boric acid, 0.05, 0.1, 0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 %; for borax, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 %; for borax 0,1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0%; for borik acid + borax mixture 0.05+0.1, 0.1+0.2, 0.2+0.4, 0.3+0.6, 0.4+0.8, 0.5+1.0% concentrations were used. Mycelial and conidia germination decreased linearly with increasing concentrations of the chemicals used. Boric acid and borax at different doses completely inhibited the mycelial growth of <i>G. candidum</i> and <i>F. solani</i>, while <i>A. alternata</i> and <i>F. avenaceum</i> were not completely inhibited. When both components were used as a mixture, they showed activity against <i>G. candidum</i> and <i>F. solani</i> at the relatively lower doses, but activity against <i>F. avenaceum</i> and <i>A. alternata</i> were lowest. Boric acid and borax at different concentrations completely inhibited spore germination of fungal agents apart from <i>A. alternata</i>. Boron products and mixtures significantly reduced the mycelial weights developed in liquid culture. In semi <i>in vivo</i> conditions, boron products were found to be more effective against <i>F. solani</i>, either singly or in mixtures, than their therapeutic properties. The results obtained showed that boron products are promising applications against soil-borne diseases that are problematic in carrots. ÖZET Bu çalışmada, havuçlarda hasat sonrası çürümelere sebep olan <i>Geotrichum candidum</i>, <i>Alternaria alternata</i>, <i>Fusarium solani</i>, <i>Fusarium avenaceum</i> hastalık etmenlerine karşı bor ürünlerinin antifungal etkileri araştırılmıştır. Borik asit uygulamasında %0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5; boraks için %0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 ve borik asit + boraks karışımı için ise %0.05+0.1, 0.1+0.2, 0.2+0.4, 0.3+0.6, 0.4+0.8, 0.5+1.0 konsantrasyonlarında misel gelişim ve konidi çimlenmesinin engellenmesindeki antifungal etkileri incelenmiştir. Kullanılan kimyasalların konsantrasyonlardaki artış oranlarına paralel olarak misel ve konidi çimlenmesinde doğrusal olarak azalmalar kaydedilmiştir. Borik asit ve boraks kullanılan farklı dozlarda <i>G. candidum</i> ve <i>F. solani</i>'nin misel gelişimini tamamen engellerken, <i>A. alternata</i> ve <i>F. avenaceum</i> misel gelişimini tamamen engellenememiştir. Her iki bileşen karışım halinde kullanıldığında <i>G. candidum</i> ve <i>F. solani</i>'ye karşı nispeten daha düşük dozda etkinlik gösterirken, <i>F. avenaceum</i> ve <i>A. alternata</i>'ya karşı etkinlikleri düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Borik asit ve boraks farklı konsantrasyonlarında <i>A. alternata</i> dışındaki fungal etmenlerin spor çimlenmesini tamamen engellemiştir. Bor ürünleri ve karışımların sıvı kültürde gelişen misel ağırlıklarını önemli düzeyde düşürmüştür. Yarı <i>in vivo</i> koşullarda bor ürünlerinin teksele veya karışım halinde <i>F. solani</i> etmenine karşı koruyucu özelliğinin tedavi edici özelliğine kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bor ürünlerinin havuçta sorun olan toprak kökenli hastalıklara karşı umut verici uygulama olduğunu göstermiştir.
Cite/Atıf	Karaca, M., & Söylü, E.M. (2025). Determination of antifungal effects of boron products against fungal disease agents causing rot in carrots. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 187-201. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1590731

INTRODUCTION

Carrot (*Daucus carota* var. *sativus*), a member of the Umbelliferae-Apiaceae family, is native to Central Asia and the Middle East (Kasap, 2010). According to the Food and Agriculture Organization (FAO), the total world production of carrots is 41,666,714 tonnes grown on 1,096,000 ha (FAO, 2021). Turkey ranks 12th among the carrot producing countries in the world with a production of 788,578 tonnes on an area of 10,159 ha (TÜİK, 2022).

In Turkey, carrots are stored by different methods such as leaving them in the field after harvesting, burying them in pits and storing them in cold stores (Tatlıdil, 2000). Carrot plant and root are affected by many biotic and abiotic factors both during the growth period in field conditions and after harvest in packing house and storage. Among the biotic factors, weeds, fungal, bacterial and viral pathogens are the most important limiting factors (Üremiş et al., 2020). The most important fungal diseases causing yield and quality losses in carrots are Fusarium dry rot (*Fusarium avenaceum*), Phytophthora root rot (*Phytophthora megasperma*), black rot (*Alternaria radicina*, *Pythium violae*, *Rhizoctonia solani*), white rot (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia minor*), crater rot (*Rhizoctonia carotae*), root collar rot (*Rhizoctonia solani*), purple root rot (*Fusarium* spp., *Helicobasidium brebissonii*, *Rhizoctonia solani*) Cercospora leaf blight (*Cercospora carotae*), powdery mildew (*Erysiphe heraclei*), Alternaria leaf blight (*Alternaria dauci*), sour rot (*Geotrichum candidum*) (Davis & Raid, 2002; Koike et al, 2007; Horita & Hatta, 2016; Hameed et al., 2019; Favaro et al., 2024; Latvala et al., 2024). It has been determined that there are fungal pathogens that cause significant product loss and reduce product quality in carrots grown and stored in our country as well as worldwide (Yanmaz, 1994; Tülek & Dolar, 2011). *Geotrichum candidum* (sour rot), *Botrytis cinerea* (grey mould), *Chalara elegans* (black root rot) *Rhizoctonia carotae* (crater rot), *Penicillium* spp. (blue mold), *Aspergillus niger* (sooty rot), *Mycocentrospora acerina* (licorice rot), *Candida* spp. (yeast rot), and *Rhizopus oryzae* (Rhizopus soft rot) are common fungal disease agents encountered as post-harvest diseases. Apart from these disease agents; *Alternaria radicina* (black rot), *Fusarium* spp. (Fusarium dry rot), *Sclerotinia sclerotiorum* (white rot), and *Pectobacterium caratovora* subs. *caratovora* (bacterial soft rot) cause economic losses in carrots under storage conditions (Tülek & Dolar, 2011; Soylu et al., 2022a; Pascouau et al., 2023). Crater rot disease caused by *Rhizoctonia carotae* (Kurt et al., 2004) and leaf blight caused by *Alternaria dauci* (Soylu et al., 2005) were reported in carrot cultivation areas in Hatay province.

Although physical and chemical control methods are used in different countries against the disease agents of carrots in warehouses (Lockhart & Delbridge, 1972; Heltoft & Thomsen, 2023), there is no registered fungicides for these diseases in Turkey. However, environmentally friendly control strategies have been implemented against post-harvest fungal disease agents worldwide as an alternative to chemicals (Soylu et al., 2010; Kordowska-Wiater et al., 2012; de Lima et al., 2016; Soylu et al., 2021; Soylu et al., 2022b; Atay & Soylu, 2023; Kara et al., 2024; Oğuz et al., 2024; Uysal et al., 2024). During the washing process of carrots, some synthetic chemicals such as sodium hypochloride and chlorine gas can be mixed with water containing 50-100 ppm of active chlorine (Yıldız & Yıldız, 1999). The use of SOPP (Sodium-Orthophenylphenylphenate) alone or in a mixture with 0.1 M potassium carbonate was found to be an effective method of preventing the mycelial growth of the crater rot disease agent *Rhizoctonia carotae* (Ricker & Punja, 1991). One study compared treatments with potassium carbonate, sodium bicarbonate, ammonium bicarbonate and water were compared for disease control. When carrot slices and roots artificially wounded and inoculated with the fungal disease agent *Chalara elegans* disease agent were immersed in 0.1 or 0.05 M calcium propanoate ($\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})$) and potassium solutions, it was found that disease development was reduced compared to treatments with standard sodium hypochlorite (NaClO). Sodium bicarbonate (NaHCO_3), potassium carbonate (K_2CO_3) and ammonium bicarbonate (NH_4HCO_3) applications were more found to be more effective in controlling the disease than water applications. However, it was reported that these applications were not economically viable (Punja & Gaye, 1993). Ozone applications in warehouses were found to be effective in reducing the symptoms caused by white rot and lead mould disease agents. Türkkkan (2019) evaluated the efficacy of

ammonium, calcium, potassium and sodium salts as possible alternatives to synthetic fungicides in the control of *Geotrichum candidum*, which causes sour rot in carrots. Although there are studies on the antifungal activity of boron derivatives against the citrus sour rot disease agent *Geotrichum citri-aurantii* (Kurt et al., 2018; Gedik, 2019), there are no studies on the antifungal activity of boron and its products against fungal disease agents in carrot fruit. In this study, the antifungal activities of environmentally friendly boron derivatives were determined against *Fusarium avenaceum* (*F. avenaceum*), *Geotrichum candidum* (*G. candidum*), *Fusarium solani* (*F. solani*) and *Alternaria alternata* (*A. alternata*).

MATERIALS and METHODS

Fungal isolates and chemicals

F. avenaceum, *G. candidum*, *F. solani* and *A. alternata* isolates, obtained from diseased carrot plants grown in the region, identified and maintained in the fungal culture collection of Hatay Mustafa Kemal University Plant Health Application and Research Center, were used in the study. Boric acid and borax, which were used as boron products in the experiment, were obtained from the National Boron Research Institute of Turkey (Boren, 2014). The technical specifications of the chemicals used are given in Table 1

Table 1 Technical characteristics of the chemicals used in the trials

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan kimyasalların teknik özellikleri

Chemicals	Formulations	Content	Value (min)	pH
Borik asit	H ₃ BO ₃	B ₂ O ₃	%56.25	5.13
		Safiyet	%99.90	
Boraks Dekahidrat	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	B ₂ O ₃	%36.50	9.19
		Safiyet	%99.90	

Antifungal effect of boron products on mycelial growth of fungal agents under in vitro conditions

The *in vitro* antifungal activity of the boron products used in the study was determined on Potato Dextrose Agar (PDA) media at different concentrations by inhibiting the mycelial growth of fungal agents (Kurt et al., 2020). Stock solutions containing different concentrations of boric acid (0.5%, 1, 1, 2, 3, 4, 5); borax (1%, 2, 4, 6, 8, 10) and boric acid + borax mixture (0.5%+1, 1+2, 2+4, 3+6, 4+8, 5+10) were used against *F. avenaceum*, *G. candidum*, *F. solani* and *A. alternata* isolates. One ml of each of these stocks was mixed with 9 ml of PDA medium at 50 °C and poured into petri dishes. Mycelial discs of 5 mm diameter were cut with a cork borer from 7-day-old fungal cultures. These agar discs were placed in the centre of the Petri dishes. The mycelial part was in contact with the agar surface. The petri dishes were incubated at 25°C for 5-7 days and the inhibition rates were calculated by measuring the radial growth (mm) of the fungal isolates on each petri dish. PDA medium without boron products was used as a control. The experiment was repeated twice with 3 Petri dishes for each concentration.

Antifungal effect of boron products on conidial germination of fungal agents under in vitro conditions

The antifungal effects of boron products on conidial germination of *F. avenaceum*, *G. candidum*, *F. solani* and *A. alternata* isolates were also determined using stock doses. For this purpose, the different doses prepared as above were added to water agar (WA) media containing Petri plates. Conidial suspension was prepared from 7-day-old fresh fungal cultures.

To prepare the conidial suspension, sterile distilled water was added to the fungal isolates in the petri dish and the conidia were allowed to pass into the water with the help of a spoon and filtered using sterile cheesecloth. The concentration of the conidial suspension obtained was calculated using haemocytometer (Bright-line,

HausserScientific, Horskam, PA, USA) and adjusted to 1×10^6 conidia/ml. From the prepared conidial suspensions, 100 μ l were taken with a micropipette and transferred to WA Petri dishes containing different doses of boron products. After transfer, the suspension was spread on the medium using a sterile baguette. WA medium without boron products was used as control. The experiment was repeated twice with 3 petri dishes for each concentration. All treatments were incubated for 8 hours in the dark at 25°C. After 8 hours, germinated and non-germinated conidia were counted under a light microscope. The spore was considered germinated when the length of the germ tube was 1.5 times the diameter of the conidia. For germination rate, 100 conidia were counted microscopically for each replicate at each concentration (Qin et al., 2003).

Antifungal effect of boron products on mycelial growth of fungal agents in liquid media under in vitro conditions

The antifungal effect of boron products on mycelial growth of *F. avenaceum*, *G. candidum*, *F. solani* and *A. alternata* was also determined in liquid Potato Dextrose Broth (PDB) containing different concentrations of boron products (Figure 1). In the experiment, 4% for boric acid, 3% for borax and 1+2% for boric acid+borax were used, which gave the highest inhibition without blackening of the carrots. Five discs (5 mm in diameter) were cut with a cork borer from 7-day-old pure fungal cultures and into placed in liquid PDB media containing different doses and incubated in a rotary shaker incubator at 25 °C, 100 rpm for 7 days. PDB medium without boron treatment was used as control. Each treatment was carried out in 3 replicates. At the end of the incubation, the mycelia developed in the media were filtered using sterile cheese cloth. The mycelia remaining on the cheese cloth were weighed on a precision balance and recorded.

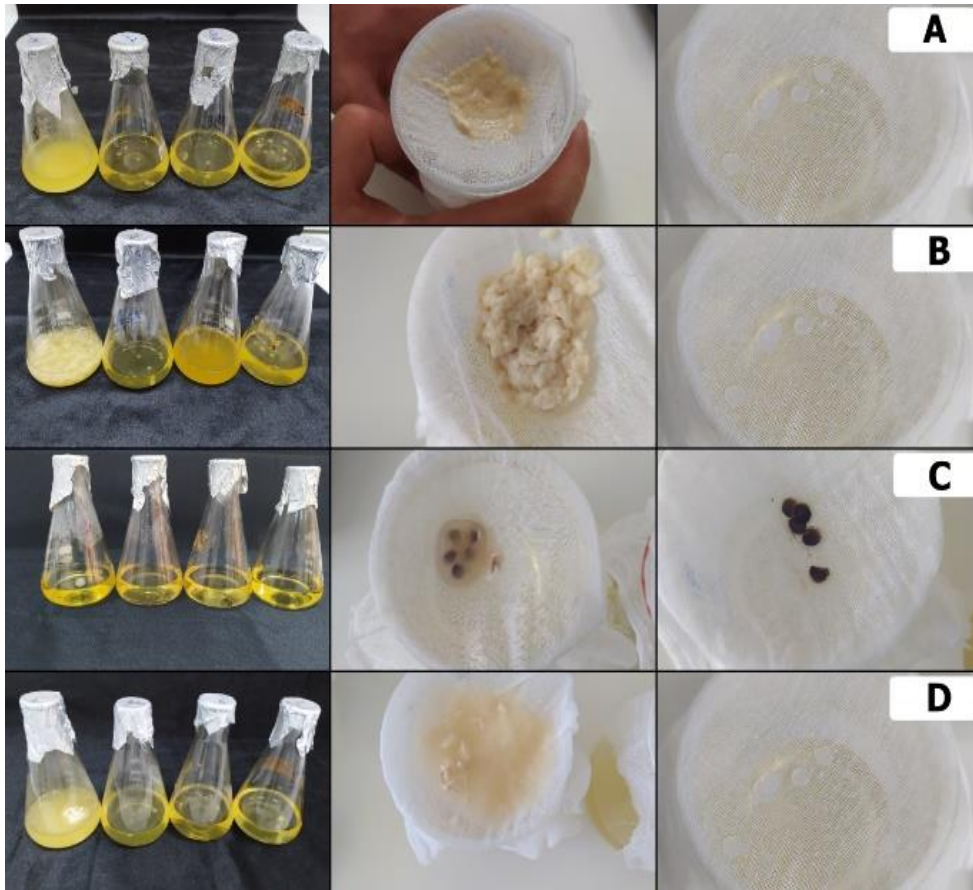


Figure 1. Antifungal effect of different boron applications on mycelial growth of A) *Geotrichum candidum*, B) *Fusarium avenaceum*, C) *Alternaria alternata*, D) *Fusarium solani* in liquid PDB medium (arrows)

Şekil 1. Farklı bor uygulamalarının sıvı PDB besi yerinde A) *Geotrichum candidum*, B) *Fusarium avenaceum*, C) *Alternaria alternata*, D) *Fusarium solani* izolatlarının misel gelişimi üzerine antifungal etkisi (ok)

Protective and therapeutic efficacy of boron products in preventing disease development under controlled conditions

Only *F. solani* isolate was used in this experiment. The protective and curative (therapeutic) ability of different boron applications on carrot fruit rot caused by the disease agent was determined. Fresh healthy carrots used in the experiment were sliced and placed in the sterile petri plates. In the experiment, 4% for boric acid, 3% for borax, 1+2% for boric acid+borax were used as boron products, which did not blacken the carrots and gave the highest inhibition in *in vitro* experiments. The experiment was carried out in two stages.

In the first stage (protective effect), disinfected carrot slices were sprayed with different concentrations of boron products and then 7-day-old fungal isolates were cut with a cork-borer and 5 mm discs were placed in the middle of the carrot slices. Three carrot slices were placed in each petri dish, sterile blotting paper was used to create a moist environment in the petri dishes, the blotting paper was moistened with sterile distilled water and the petri dishes were sealed tightly with parafilm.

In the second stage (therapeutic), discs of the pathogen were first placed on the carrot slices and after 48 hours of incubation boron products at the concentrations were sprayed to cover the carrot slices. For the positive control, the pathogen was inoculated and for the negative control, a disc was taken from the pathogen-free PDA medium and placed on the carrot slices. Both stages were incubated at room temperature for 7 days and mycelial growth on carrots was observed and recorded.

Statistical analysis

In vitro experiments were performed using the randomised plot design with 3 replicates at each concentration. In the experiments conducted under controlled conditions, the percentage effects of the data were determined in the randomised plot experimental design, and all data obtained were subjected to analysis of variance by one-way ANOVA using the SPSS statistical software program. Differences between treatments were compared using Duncan's Multiple Comparison Test at 5% significance level.

RESULTS and DISCUSSIONS**Antifungal effect of boron products on mycelial growth of fungal agents under *in vitro* conditions**

The antifungal effect of boron products on the mycelial growth of fungal agents under *in vitro* conditions was determined on PDA medium containing different doses of boric acid, borax and their mixtures (Figure 2). While the mycelial growth of *G. candidum* and *F. solani* was completely inhibited in the media tested containing different doses of boric acid, borax and their mixtures, the mycelial growth of *F. avenaceum* and *A. alternata* isolates was not completely inhibited at any of the doses tested (Table 2). The mycelial growth of the *G. candidum* isolate was inhibited at 0.3% doses of boric acid and 0.4% doses of borax, while the mycelial growth of the *F. solani* isolate was 100% inhibited at 0.5% doses of boric acid and 0.2% doses of borax. In petri dishes containing a mixture of boric acid and borax, mycelial growth of *G. candidum* and *F. solani* isolates was 100% suppressed at the dose of 0.1%+0.2% (Table 2, Figure 3).

Mycelial growth of *A. alternata* and *F. avenaceum* isolates was not completely inhibited in the media containing the highest doses of boric acid (0.5%), borax (1.0%) and their mixtures (0.5%+1.0%). At the highest dose of boric acid (0.5%), mycelial growth of the *A. alternata* isolate was 41.18% and that of *F. avenaceum* was 60.78%; mycelial growth of the *A. alternata* isolate was 60.78% and that of *F. avenaceum* by 80.78% at the 1.0% dose of borax; the mycelial growth of *A. alternata* isolate was inhibited by 51.37% and that of *F. avenaceum* isolate by 91.37% at the 0.5%+1.0% dose of the mixtures (Table 2, Figure 3).

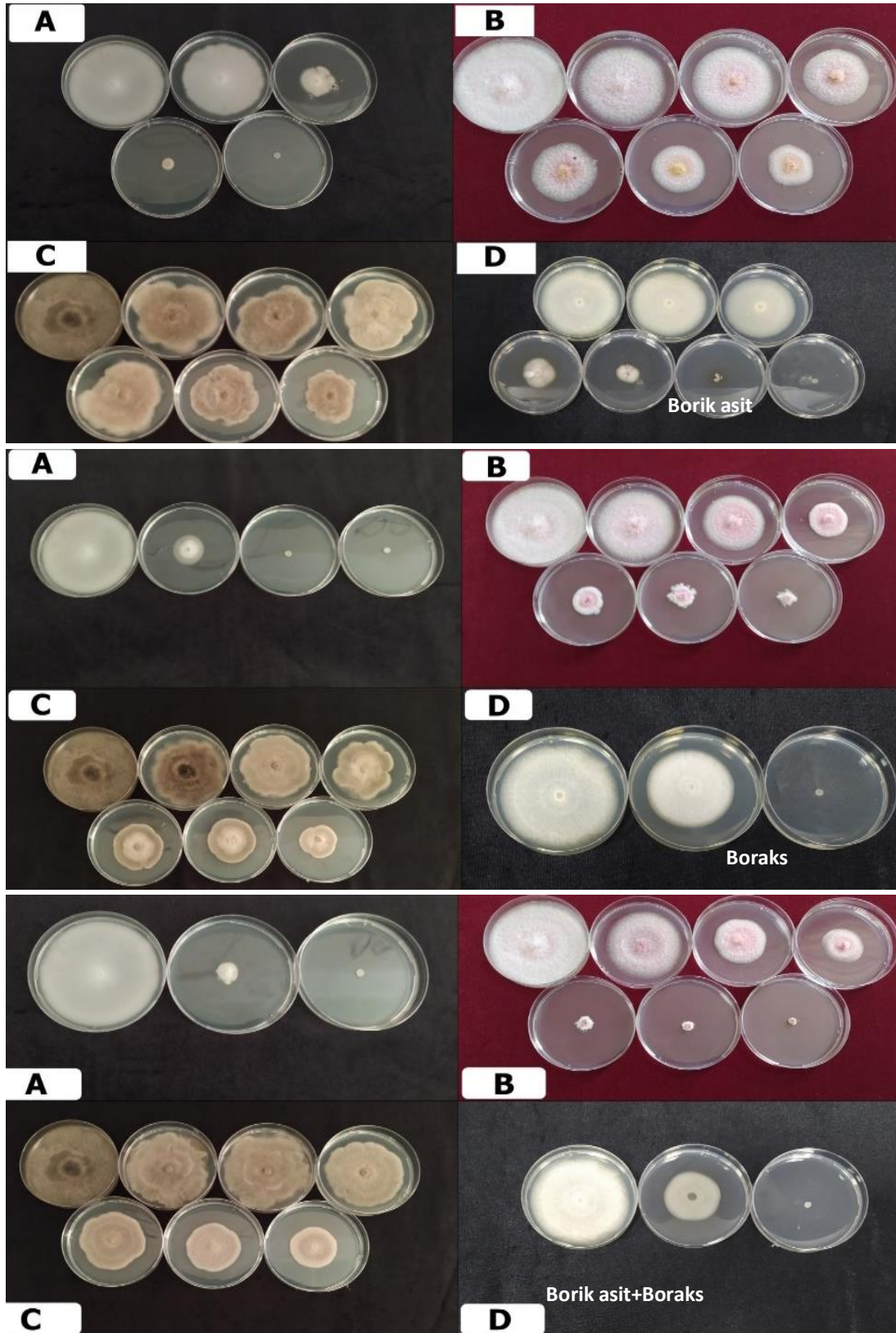


Figure 2. Inhibition of mycelial growth of A) *Geotrichum candidum*, B) *Fusarium avenaceum*, C) *Alternaria alternata*, D) *Fusarium solani* isolates in petri dishes containing different doses of boric acid, borax and their mixtures

Şekil 2. Farklı dozlarda borik asit, boraks ve karışımları içeren petrilerde A) *Geotrichum candidum*, B) *Fusarium avenaceum*, C) *Alternaria alternata*, D) *Fusarium solani* izolatlarının misel gelişimlerinin engellenmesi

Table 2. Mycelial growth (mm) of fungal disease agents in petri dishes containing different doses of boric acid, borax and their mixtures

Çizelge 2. Farklı dozlarda borik asit, boraks ve karışımları içeren petrilerde fungal hastalık etmenlerin misel gelişimi (mm)

	Doses (%)	Fungal agents and mycelail growth (mm)			
		<i>G. candidum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>A. alternata</i>
Boric acid	0.00	85.00e*	85.00g	85.00f	85.00e
	0.05	75.00d	74.00f	67.67e	78.33d
	0.1	33.00c	68.00e	63.33d	69.33c
	0.2	11.67b	33.00d	49.67c	68.00c
	0.3	0.00a	20.00c	47.67c	67.67c
	0.4	0.00a	8.00b	39.67b	57.67b
	0.5	0.00a	0.00a	33.33a	50.00a
Borax	0.0	85.00d	85.00c	85.00g	85.00g
	0.1	30.67c	55.33b	72.33f	76.00f
	0.2	7.67b	0.00a	53.00e	69.67e
	0.4	0.00a	0.00a	32.33d	64.00d
	0.6	0.00a	0.00a	25.67c	50.00c
	0.8	0.00a	0.00a	21.33b	43.67b
	1.0	0.00a	0.00a	16.33a	33.33a
Boric acid + Borax	0.0	85.00c	85.00c	85.00g	85.00g
	0.05+0.1	19.33b	40.33b	61.33f	78.00f
	0.1+0.2	0.00a	0.00a	44.67e	79.00e
	0.2+0.4	0.00a	0.00a	33.67d	68.67d
	0.3+0.6	0.00a	0.00a	15.67c	60.33c
	0.4+0.8	0.00a	0.00a	11.33b	50.00b
	0.5+1	0.00a	0.00a	7.33a	41.33a

** Different small letters next to the mean values in the each column indicate that the difference between the doses is statistically significant according to Duncan's Multiple Comparison Test (P<0.05).

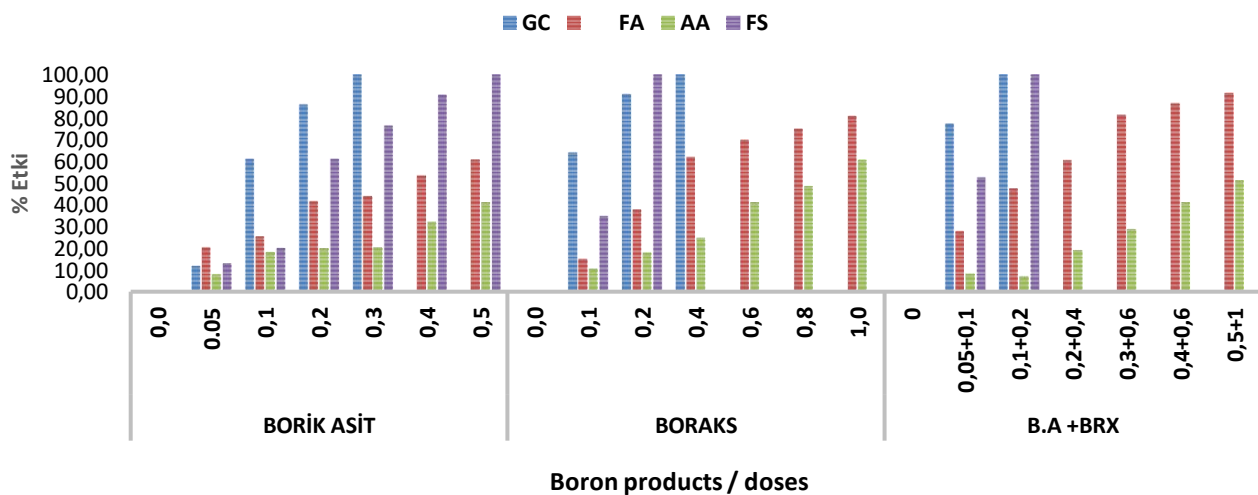


Figure 3. Antifungal activity of boron products at different doses on % inhibition of mycelial growth of *Geotrichum candidum* (GC), *Fusarium avenaceum* (FA), *Alternaria alternata* (AA) and *Fusarium solani* (FS)

Şekil 3. Bor ürünlerinin farklı dozlarda *Geotrichum candidum* (GC), *Fusarium avenaceum* (FA), *Alternaria alternata* (AA) ve *Fusarium solani* (FS) misel gelişiminin % engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri

Antifungal effect of boron products on conidial germination of fungal agents under in vitro conditions

The conidial germination of *G. candidum*, *F. solani* and *F. avenaceum* isolates was inhibited by 100% at different doses in the media to which different boron products and mixtures were added (Table 3). *A. alternata* conidia were inhibited by 100% at the highest dose of boric acid (0.5%). However, *A. alternata* conidia were inhibited by 79% at the highest doses of borax and its mixtures used (Table 3, Figure 4).

The germination of conidia of *G. candidum*, *F. solani*, *F. avenaceum* and *A. alternata* isolates was completely prevented at 0.2%, 0.4%, 0.5% and 0.5% doses of boric acid, respectively (Table 3). The doses of borax that completely prevented the germination of conidia of *G. candidum*, *F. solani* and *F. avenaceum* isolates were 0.2%, 0.4% and 0.4%, respectively (Table 3). The doses of boric acid and borax mixtures that completely inhibited the germination of conidia of *G. candidum*, *F. solani* and *F. avenaceum* isolates were determined to be 0.05+0.1%, 0.1+0.2% and 0.4+0.8%, respectively (Table 3).

Borax (1.0%) and its mixtures (0.5+1.0%) were only able to inhibit conidial germination of the *A. alternata* isolate by 79% at the highest doses used (Table 3, Figure 4).

Table 3. Conidial germination (%) of fungal disease agents in petri dishes containing different doses of boric acid, borax and their mixtures

Çizelge 3. Farklı dozlarda borik asit, boraks ve karışımları içeren petrilere fungal hastalık etmenlerin konidi çimlenmesi (%)

	Doses (%)	Fungal agents			
		<i>G. candidum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>A. alternata</i>
Boric acid	0.00	100.00c*	100.00f	100.00d	100.00g
	0.05	100.00c	67.00e	100.00d	77.00f
	0.1	61.66b	51.66d	100.00d	63.00e
	0.2	0.00a	32.00c	100.00d	54.33d
	0.3	0.00a	14.00b	71.00c	45.00c
	0.4	0.00a	0.00a	41.00b	39.33b
	0.5	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
Borax	0.0	100.00c	100.00c	100.00b	100.00g
	0.1	25.00b	100.00c	100.00b	91.00f
	0.2	0.00a	26.33b	100.00b	71.00e
	0.4	0.00a	0.00a	0.00a	65.00d
	0.6	0.00a	0.00a	0.00a	31.33c
	0.8	0.00a	0.00a	0.00a	25.66b
	1.0	0.00a	0.00a	0.00a	21.00a
Boric acid + Borax	0.0	100.00b	100.00c	100.00f	100.00f
	0.05+0.1	0.00a	27.66b	98.00e	100.00f
	0.1+0.2	0.00a	0.00a	25.00d	84.33e
	0.2+0.4	0.00a	0.00a	10.66c	56.66d
	0.3+0.6	0.00a	0.00a	4.00b	30.33c
	0.4+0.8	0.00a	0.00a	0.00a	27.66b
	0.5+1	0.00a	0.00a	0.00a	21.00a

** Different small letters next to the mean values in the column indicate that the difference between the doses is statistically significant according to Duncan's Multiple Comparison Test (P<0.05).

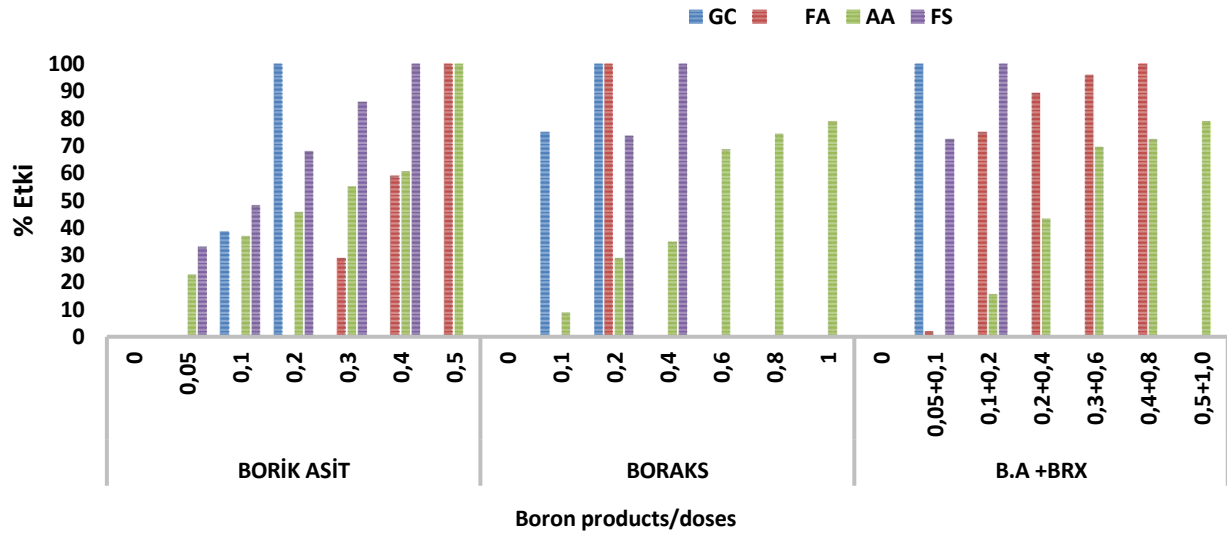


Figure 4. Antifungal activity of boron products at different doses on % inhibition of conidial germination of *Geotrichum candidum* (GC), *Fusarium avenaceum* (FA), *Alternaria alternata* (AA) and *Fusarium solani* (FS)

Şekil 4. Bor ürünlerinin farklı dozlarda *Geotrichum candidum* (GC), *Fusarium avenaceum* (FA), *Alternaria alternata* (AA) ve *Fusarium solani* (FS) konidi çimlenmesinin % engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri

The results obtained from the efficacy studies of boron products on the inhibition of conidial germination of fungi are considered to be in agreement with the previously published studies (Thomidis and Exadaktylou, 2010; Li et al., 2012) which reported that the prevention of fruit rot development is probably due to the direct toxic activity of boron on conidia as well as the promotion of defence mechanisms in the treated plants. In a similar study, when the effects of different boron products on arthroconidia germination of *G. citri-aurantii* were investigated, the highest antifungal effect (92.7% inhibitions) was obtained with borax application which was followed by boric acid+borax mixture with 90.3% effect. The lowest antifungal effect (31.2% inhibition) was found in boric acid application (Gür, 2015).

Antifungal effect of boron products on mycelial growth of fungal agents in liquid media under in vitro conditions

The antifungal effect on the inhibition of mycelial growth of *F. avenaceum*, *G. candidum*, *F. solani* and *A. alternata* isolates was also determined in liquid PDB media containing different doses of boron products and mixtures (Table 4, Figure 5). Different boron products and mixtures completely inhibited the mycelial growth of *G. candidum* and *F. solani* isolates at the doses applied. These treatments inhibited the mycelial growth of *F. avenaceum* isolate by 99.6% and *A. alternata* isolate by 90.5-96.1% (Table 4, Figure 5).

Table 4. Antifungal effect of different boron applications on mycelial growth (mg) in liquid PDB medium

Çizelge 4. Farklı bor uygulamalarının sıvı PDB besi yerinde misel gelişimi (mg) üzerine antifungal etkisi

Treatments	Fungal isolates adn mycelial growth (mg)			
	<i>G. candidum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>A. alternata</i>
Control	1730.0b*	7000.0b	7880.0b	2310.0d
%0.5 Boric acid	0.0a	0.0a	20.0a	80.0b
%1.0 Borax	0.0a	0.0a	30.0a	40.0a
%0.5 Boric acid + %1.0 Borax	0.0a	0.0a	30.0a	90.0b

** Different small letters next to the mean values in the column indicate that the difference between the doses is statistically significant according to Duncan's Multiple Comparison Test ($P < 0.05$).

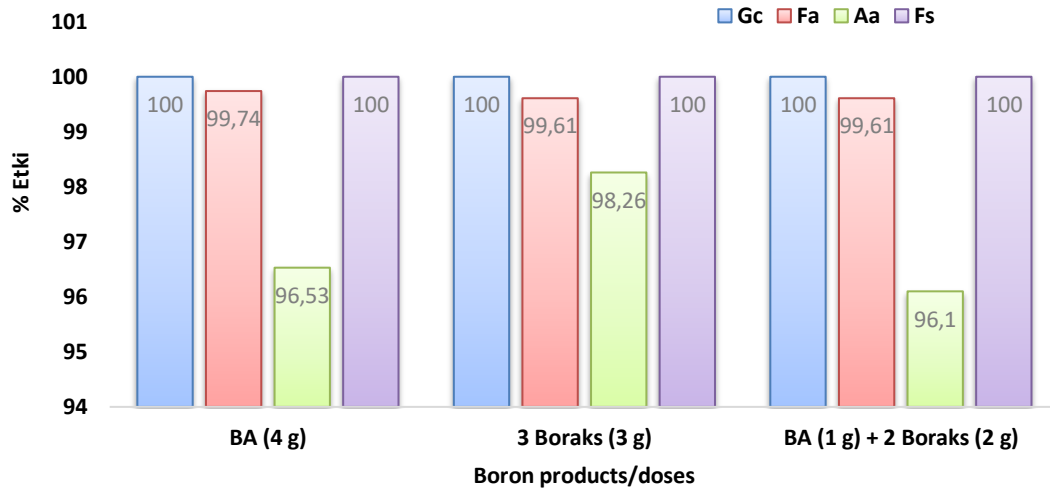


Figure 5. Antifungal activity of boron products on % inhibition of mycelial growth of *Geotrichum candidum* (Gc), *Fusarium avenaceum* (Fa), *Alternaria alternata* (Aa) and *Fusarium solani* (Fs) in liquid PDB medium

Şekil 5. Bor ürünlerinin sıvı PDB besi yeri içerisinde *Geotrichum candidum* (GC), *Fusarium avenaceum* (FA), *Alternaria alternata* (AA) ve *Fusarium solani* (FS) misel gelişimin % engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri

Determination of protective and therapeutic properties of boron products under controlled conditions

The protective and therapeutic efficacy of different boron products in preventing disease symptoms caused by *F. solani* was determined at different doses (Figure 6). On carrot slices treated with boric acid, borax and the mixture, the suppression of disease development was higher in the protective efficacy compared to the therapeutic efficacy (Table 5, Figure 7). Disease symptoms caused by *F. solani* were prevented by 35.5% by borax, 57.41% by boric acid and 54.85% by the mixture on carrot slices where protective efficacy was tested (Figure 7). Disease symptoms caused by *F. solani* were prevented by 9.6% by borax, by 17.42% by boric acid and by 22.5% by the mixture on carrot slices where therapeutic efficacy was tested (Figure 7).

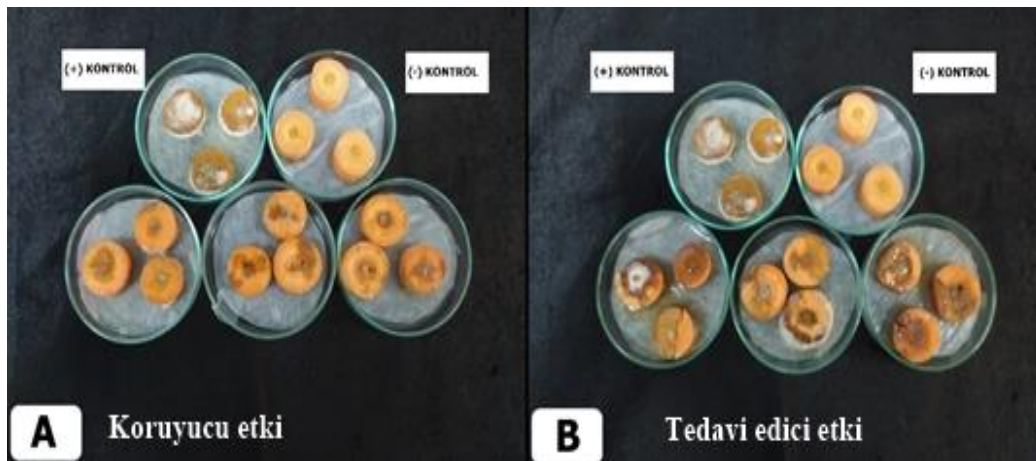


Figure 6. Lesion development caused by *Fusarium solani* in carrot slices where different doses of boron products were applied (A: protective effect; B: therapeutic effect)

Şekil 6. Bor ürünlerinin farklı dozlarının uygulandığı havuç dilimlerinde *Fusarium solani*'nin oluşturduğu lezyon gelişimi (A: koruyucu etki; B: tedavi edici etki)

Table 5. Protective and therapeutic effects of different boron products on the inhibition of lesion development (mm) caused by *Fusarium solani* infection on carrot slices

Çizelge 5. Farklı bor ürünlerinin havuç dilimleri üzerinde *Fusarium solani* enfeksiyonu sonucu ortaya çıkan lezyon gelişiminin (mm) engellenmesi üzerine olan koruyucu ve tedavi edici etkisi

Doses (%)	Protective	Therapeutic
0.0	25.83c*	25.83c
Boric acid (4 gr)	11.00a	21.33a
Boric acid (1 gr) + Borax (2 gr)	11.66a	20.00a
Borax (3 gr)	16.66b	23.33b

* Different small letters next to the mean values in the column indicate that the difference between the doses is statistically significant according to Duncan's Multiple Comparison Test ($P < 0.05$).

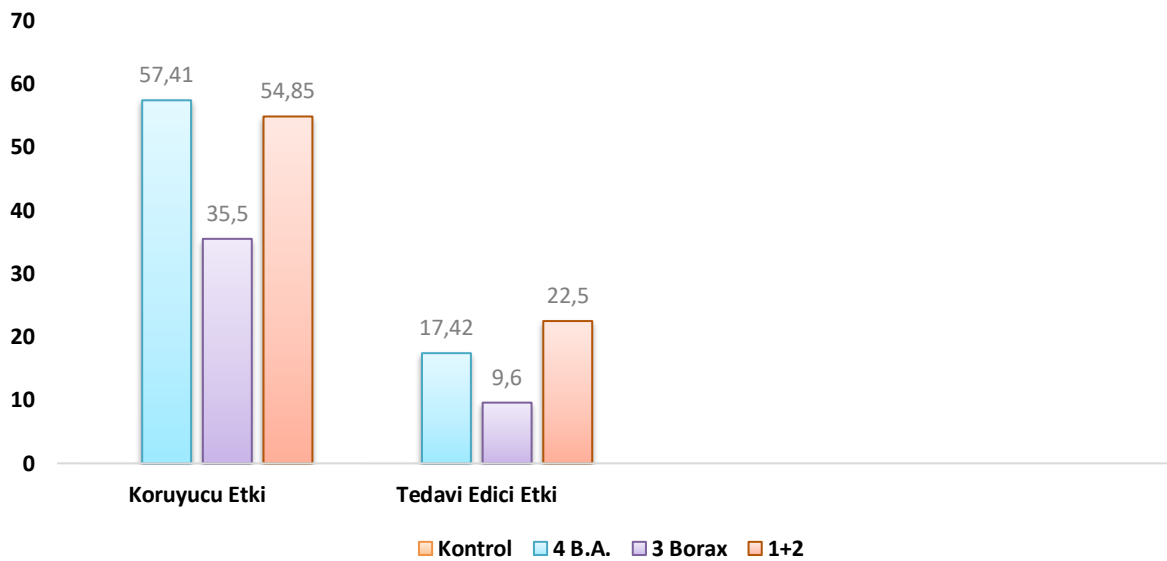


Figure 7. Protective and therapeutic effects of different boron products on the inhibition of lesion development (%) caused by *Fusarium solani* infection on carrot slices

Şekil 7. Farklı bor ürünlerinin havuç dilimleri üzerinde *Fusarium solani* enfeksiyonu sonucu ortaya çıkan lezyon gelişiminin (%) engellenmesi üzerine olan koruyucu ve tedavi edici etkisi

In previous studies, *in vitro* mycelial growth of *G. candidum* on carrot was completely inhibited by ammonium bicarbonate and carbonate; calcium oxide; potassium benzoate, carbonate and sorbate; sodium benzoate, carbonate and fluoride (2% w/v). Potassium bicarbonate and sodium bicarbonate also reduced mycelial growth by 77.78% and 90.60%, respectively (Türkkan, 2019). The antifungal activity of boron products against citrus sour rot disease caused by *G. citri-aurantii* was investigated under *in vitro* and semi *in vivo* conditions (Gür, 2015). In this study, 15 g, 30 g and 45 g doses of Etidot-67 and a single dose of boric acid + borax mixture were used as treatments. The highest efficacy was observed with 97.8% in the 45 g dose of Etidot-67 with boric acid + borax mixture (30+60g). Li et al. (2012) investigated the therapeutic and protective activities of borax and potassium tetraborate against dry rot disease in potato tubers. According to their results, although borax and potassium tetraborate had significant therapeutic effect, they had no protective activity against the potato tuber dry rot agent *Fusarium sulphureum*. In a study investigating the potential of boron to promote defense mechanism(s) in plants (Thomidis & Exadaktylou, 2010), it was reported that boron chemical reduced the susceptibility of fruit to infection by *Monilinia* conidia, resulting in the reduction of small cracks in the cuticle tissue on the fruit surface. It was also reported that the fruit

infection rate by *Monilinia laxa* decreased with increasing doses of boron applied to the leaves. In addition, it was suggested that the percentage of fruit infection caused by fungi belonging to the genus *Monilinia* could probably be reduced at the highest level (below the toxicity level) by maintaining the boron content in the fruit. In a related study, it was reported that boron applied after flowering reduced the incidence of *Gloeosporium* rot in apples during storage (Wojcik et al., 1997).

In this study, the antifungal activities of boron products were investigated under *in vitro* and controlled semi *in vivo* conditions in the control of *G. candidum*, *A. alternata*, *F. solani*, and *F. avenaceum*, fungal disease agents causing significant post-harvest losses in carrot. It was found that the antifungal activity of boron products increased significantly in parallel with increasing doses in the inhibition of mycelial growth and conidial germination of the tested disease agents. Compared to the single application of boron products, the antifungal activities of the mixtures were realized at higher rates at lower doses. In semi *in vivo* studies, no statistical difference was observed between the efficacy of boric acid applied as a single product and when applied as a mixture. The protective efficacy of the applications was found to be more effective than the therapeutic efficacy.

When all the results are evaluated together, boric acid and borax alone or boric acid + borax mixtures can be a reliable, environmentally friendly alternative to pesticides in packing houses and warehouses because they are effective against rot in stored carrots. However, since high concentrations cause blackening of carrots, it would be better to use boron products together with antagonistic bacterial isolates (Gedik, 2019), potassium salts (Kurt et al. 2018) or essential oils. Turkey has rich resources of boron products. As boron products are cheaper and more reliable than pesticides, they will have an important place in the future in the control of postharvest fungal pathogens.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was produced from Murat KARACA's Master's Thesis. This study was supported by Hatay Mustafa Kemal University Scientific Research Projects Coordination Unit "Project No: 20.YL.023". Author would like to thank Dr. Aysun UYSAL, for her great support during experimental studies.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

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

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

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

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

This article does not require ethical approval as there are no studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- Atay, M., & Soylu, S. (2023). Kurutmalık Biber meyvelerinde iç çürüklüğüne neden olan fungal etmenlere karşı bitki uçucu yağlarının *in vitro* antifungal etkileri. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 26, 76-89. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1085859>
- Boren (2014). Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü. www.boren.gov.tr (Accession date 15.09.2024).
- Davis, R.M., & Raid, R.N. (2002). Crown, Root and Wilt Diseases. In: R. M. Davis and R. N. Raid (Eds.), *Compendium of Umbelliferous Crop Diseases*, APS press, USA, pp 25-40.

- de Lima, C.B., Rentschler, L.L.A., Bueno, J.T., & Boaventura, A.C. (2016). Plant extracts and essential oils on the control of *Alternaria alternata*, *Alternaria dauci* and on the germination and emergence of carrot seeds (*Daucus carota* L.). *Ciencia Rural*, 46 (5), 764-770. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141660>
- FAO (2021). FAOSTAT, Word Production data. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> by October 15, 2024.
- Favaro, M.A., Maumary, R.L., Lutz, A., Soressi, M.C., Del Valle, E., & Fernandez, L.N. (2024). Fusarium species causing dry rot of carrot in central Argentina. *Journal of Phytopathology*, 172, Article Number: e13396. <https://doi.org/10.1111/jph.13396>
- Gedik, M. (2019). Turunçgillerde derim sonrası ekşi çürüklük hastalığı etmeni *Geotrichum citri-aurantii*'ye karşı antagonist bakteriler ve bor ürünlerinin antifungal etkileri. Yüksek Lisans Tezi (Ulusal Tez Merkezi, Tez No:526227), Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Hatay, 68 s.
- Gür, H. (2015). Turunçgillerde derim sonrası ekşi çürüklük hastalığı etmeni *Geotrichum citri-aurantii*'ye karşı bor ürünlerinin antifungal etkileri. Yüksek Lisans Tezi (Ulusal Tez Merkezi, Tez No:382525), Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Hatay, 95 s.
- Hameed, A., Alam, M.W., Rehman, A., Naveed, K., Atiq, M., Rajput, N.A., Sarfraz, S., Liaqat, N., & Tahir, F.A. (2019). First report of *Geotrichum candidum* causing postharvest sour rot of carrot in Punjab, Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, 101, 763-763. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-00227-w>
- Heltoft, P., & Thomsen, M.G. (2023). Effect of maturity and temperature during storage in carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*) on storage diseases after long time storage. *Acta Horticulturae*, 1363, 193-198. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1363.29>
- Horita, H., & Hatta, Y. (2016). Sour rot of carrot caused by *Geotrichum candidum* in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, 82, 65-68. <https://doi.org/10.1007/s10327-015-0638-3>
- Kara, M., Soylu, S., Soylu, E.M., Uysal, A., Kurt, Ş., & Türkmen, M. (2024). Determination of the antifungal activity of wood vinegar (pyroligneous acid) against the onion bulb rot disease agent *Fusarium proliferatum*, chemical composition and its effect on the bacterial community in the soil. *Gesunde Pflanzen*, 76, 75-85. <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00931-3>
- Kasap, H. (2010). Sebzeçilik. Samsun İl Tarım Müdürlüğü, Çiftçi Eğitimi ve Yayın Şubesi, 60 s.
- Koike, S.T., Gladders, P., & Paulus, A.O. (2007). *Vegetable Diseases: A Colour Handbook*, Manson Publishing, London, pp. 95-115.
- Kordowska-Wiater, M., Wagner, A., Hetman, B. (2012). Efficacy of *Candida melibiosica* for control of post-harvest fungal diseases of carrot (*Daucus carota* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 11, 55-65.
- Kurt, S., Soylu, E.M., Soylu, S., & Tok, F.M. (2004). First report of crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* on carrots in Turkey. *Plant Pathology*, 54, 251-252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2004.01150.x>
- Kurt, Ş., Soylu, E.M., Uysal, A., Kara, M., & Soylu, S. (2018). Turunçgillerde derim sonrası ekşi çürüklük hastalığı (*Geotrichum citri-aurantii*)'na karşı bor türevlerinin etkileri. *International Erdemli Symposium*, 19-21 April, 2018. p. 248.
- Kurt, Ş., Soylu, S., Uysal, A., Soylu, E.M., & Kara, M. (2020). Ceviz gövde kanseri hastalığı etmeni *Botryosphaeria dothidea*'nın tanılanması ve bazı fungusitlerin hastalık etmenine karşı *in vitro* antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25, 46-56. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.686111>
- Latvala, S., Haapalainen, M., Karisto, P., Kivijärvi, P., Jääskeläinen, O., & Suojala-Ahlfors, T. (2024). Changes in the prevalence of fungal species causing post-harvest diseases of carrot in Finland. *Annals of Applied Biology*, 185, 23-35. <https://doi.org/10.1111/aab.12908>

- Li, Y., Yang, Z., Bi, Y., Zhang, J., & Wang, D. (2012). Antifungal effect of borates against *Fusarium sulphureum* on potato tubers and its possible mechanisms of action. *Postharvest Biology and Technology*, 74, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.06.016>
- Lockhart, C.L., & Delbridge, R.W. (1972). Control of storage diseases of carrots by washing, grading, and postharvest fungicide treatments. *Canadian Plant Disease Survey*, 52 (4), 140-142.
- Oğuz, M., Gümüş, Y., & Soylu, S. (2024). *In vitro* antifungal effects of various essential oils against *Aspergillus crown rot* of peanut. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12 (s1), 2128-2133, <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12is1.2128-2133.7152>.
- Pascouau, C., Chateau, C., Bastide, F., Le Moullec-Rieu, T., Guillemette, T., Hamon, B., Aligon, S., Cailleau, A., Sochard, D., Gombert, J., Morel, E., Laurent, E., Sérandat, I., Berruyer, R., & Poupard, P. (2023). Characterization and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolates causing root and collar rot on carrot. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 45, 76-91. <https://doi.org/10.1080/07060661.2022.2103737>
- Punja, Z.K., & Gaye, M.M. (1993). Influence of postharvest handling practices and dip treatments on development of black root rot on fresh market carrots. *Plant Diseases*, 77, 989-995.
- Qin, G.Z., Tian, S.P., Xu, Y., & Wan, Y.K. (2003). Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in sweet cherry fruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62 (3), 147-154. [https://doi.org/10.1016/S0885-5765\(03\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0885-5765(03)00046-8)
- Ricker, M.D., & Punja, Z.K. (1991). Influence of fungicide and chemical salt dip treatments on crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* in long-term storage. *Plant Diseases*, 75, 470-474.
- Soylu, E.M., Kurt, Ş., & Soylu, S. (2010). *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *International Journal of Food Microbiology*, 143, 183-189. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.08.015>
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, E.M., Üremiş, İ., Sertkaya, E., Bozkurt, İ.A., & Öztürk, M. (2022a). Amik ovası havuç ekim alanlarında sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25, 1326-1340. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1015936>
- Soylu, S., Kara, M., Soylu, E.M., Uysal, A., & Kurt, Ş. (2022b). *Geotrichum citri-aurantii*'nin sebep olduğu turuncgil ekşi çürüklük hastalığının biyolojik mücadelesinde endofit bakterilerin biyokontrol potansiyellerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19, 177-191. <https://doi.org/10.33462/jotaf.944704>
- Soylu, S., Kurt, S., Soylu, E.M. & Tok, F.M. (2005). First report of *Alternaria* leaf blight caused by *Alternaria dauci* on carrot in Turkey. *Plant Pathology*, 54, 252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01124.x>
- Tatlıdil, F.F. (2000). Beypazarı ilçesinde farklı muhafaza yöntemlerinin havuç maliyetine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 38-44. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000947
- Thomidis, T., & Exadaktylou, E. (2010). Effect of boron on the development of brown rot (*Monilinia laxa*) on peaches. *Crop Protection*, 6, 572-576. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.023>
- TÜİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 22.06.2023).
- Tülek, S., & Dolar, F.S. (2011). Havuçlarda görülen depo hastalıkları ve yönetimi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (2), 187-198. http://ziraatdergi.gop.edu.tr/Makaleler/1492647431_187-198.pdf
- Türkkan, M. (2019). Effect of various salts on the growth and development of *Geotrichum candidum*, the causal agent of carrot sour rot. *Journal of Phytopathology*, 167, 230-239. <https://doi.org/10.1111/jph.12790>
- Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, S., Kara, M., & Soylu, E.M. (2024). Turuncgil bahçelerinde meyve dökümüne neden olan fungal patojenlerin tanısı ve bazı bileşiklerinin antifungal etkileri. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 27 (6), 1401-1413. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1457700>
- Üremiş, İ., Soylu, S., Kurt, Ş., Soylu, E.M., & Sertkaya, E. (2020). Hatay ili havuç ekim alanlarında bulunan yabancı ot türleri, yaygınlıkları, yoğunlukları ve durumlarının değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17, 211-228. <https://doi.org/10.33462/jotaf.645336>

- Wojcik, P., Mika, A., & Cieslinski, G. (1997). Effect of boron fertilization of apple trees (*Malus domestica* Borth.) on yield and fruit quality. *Acta Agrobotanica*, 50, 111-124. (English abstract) <https://pbsociety.org.pl/journals/index.php/aa/article/view/aa.1997.014/1990>
- Yanmaz, R. (1994). Havuç Yetiştiriciliği. *Standard Dergisi*, 34 (Özel Sayı), 21-22.
- Yıldız, M., & Yıldız, F. (1999). *Hasat sonrası hastalık yönetimi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Bornava, 64 sayfa.

Türkiye's peach and nectarine exports: An empirical analysis with normalized revealed comparative advantage (NRCA) indexes

Türkiye'nin şeftali ve nektarin ihracatı: Normalleştirilmiş açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük (NRCA) endeksleri ile ampirik bir analiz

Muhammed Fatih AYDEMİR¹ 

¹Bursa Uludağ University, Vocational School of Social Sciences, Department of Foreign Trade, Bursa, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 02.10.2024 Accepted / Kabul: 21.01.2025 Keywords: Peach and nectarine Export Competitiveness Normalized revealed comparative advantage (NRCA) Anahtar Kelimeler: Şeftali ve nektarin İhracat Rekabet gücü Normalleştirilmiş açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler (NRCA) ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Muhammed Fatih AYDEMİR mfaydemir@uludag.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	The objective of this study was to examine the competitiveness of Türkiye in peach and nectarine exports through the use of normalized revealed comparative advantage (NRCA) indexes, encompassing cross-product group, cross-country, and cross-period comparisons. For this purpose, calculations were made based on HS-6 coded peach and nectarine, apricot, cherry, sour cherry and plum foreign trade data of Türkiye, Spain, the USA, Chile, Italy and Greece for 2001-2023. The study indicates that Türkiye's comparative advantage in peaches and nectarines increased significantly after 2016. The cross-product group comparison indicates that Türkiye has a competitive advantage in peaches and nectarines relative to other stone fruit exports, including apricots, cherries, and plums. However, especially in recent years, Türkiye has been at a comparative disadvantage in peach and nectarine exports relative to cherries. Regarding cross-country comparison, Türkiye has a comparative advantage over other major peach and nectarine exporters (Italy, Chile, USA and Greece). On the other hand, Türkiye has a comparative disadvantage compared to Spain, the world's largest exporter of peaches and nectarines. In terms of periodic comparison results, Türkiye has increased its competitiveness during the analysis period compared to previous years. To maintain and stabilize competitiveness, more exports are needed to different markets, particularly Canada, Mexico, Switzerland, the United Kingdom, Belgium, Germany and Saudi Arabia. ÖZET Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin şeftali ve nektarin ihracatındaki rekabet gücünü normalleştirilmiş açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük (NRCA) endeksleri (çapraz ürün grubu, çapraz ülke ve dönemsel karşılaştırmalar) ile analiz etmektir. Bu amaçla, 2001-2023 dönemine ait Türkiye, İspanya, ABD, Şili, İtalya ve Yunanistan'ın HS-6 Kodlu şeftali ve nektarin, kayısı, kiraz, vişne ve erik dış ticareti verileri üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmaya göre, Türkiye'nin şeftali ve nektarindeki karşılaştırmalı üstünlüğü 2016 yılından sonra önemli derecede artmıştır. Çapraz ürün grubu karşılaştırmasına göre, Türkiye'nin şeftali ve nektarinde diğer sert çekirdekli yaş meyve (kayısı, vişne ve erik) ihracatına karşı rekabet üstünlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, özellikle son yıllarda kiraza göre Türkiye'nin şeftali ve nektarin ihracatında karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu tespit edilmiştir. Çapraz ülke karşılaştırması açısından; Türkiye'nin, şeftali ve nektarin ihraç eden diğer başlıca ülkeler (İtalya, Şili, ABD ve Yunanistan) karşısında karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu görülmüştür. Buna karşın, dünyanın en çok şeftali ve nektarin ihracatı yapan İspanya'ya göre karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu anlaşılmıştır. Dönemsel karşılaştırma sonuçları açısından Türkiye analiz dönemi boyunca önceki yıllara göre rekabet gücünü arttırmıştır. Rekabet gücünün korunması ve daha istikrarlı hale getirilebilmesi için başta Kanada, Meksika, İsviçre, Birleşik Krallık, Belçika, Almanya ve Suudi Arabistan olmak üzere farklı pazarlara daha fazla ihracat yapılması gerekmektedir.
Cite/Atıf	Aydemir, F.M. (2025). Türkiye's peach and nectarine exports: An empirical analysis with normalized revealed comparative advantage (NRCA) indexes. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 202-215. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1560294

INTRODUCTION

Peach and nectarine, which are in the stone fruits group, are of significant importance for human health and nutrition due to the vitamins and antioxidants they contain (Gündoğdu, 2024; Serra et al., 2020), as well as for national economies (Okan & Engindeniz, 2016). Peaches and nectarines are typically consumed fresh and can also be utilized as raw materials in the food processing industry (Engindeniz & Çukur, 2003; Vural & Çakan, 2021). Peaches and nectarines can be canned in syrup and processed as fruit juice concentrate and purée (Birinci & Er, 2006). Furthermore, they can be employed in the production of jam and marmalade and certain varieties can be dried and utilized (Şeker et al., 2013; Serra et al., 2020).

In terms of temperate fruit species, peach production is the second most significant after apple production on a global scale. Approximately 1.5 million hectares of cultivated land worldwide are dedicated to the production of peaches and nectarines (Bucur et al., 2023). The ease with which peach and nectarine can be cultivated, coupled with their early fruit set and long harvest period, has contributed to their widespread cultivation (Geçer, 2020). However, there has been a decline in the production of these fruits from temperate to cold climates (Kuden et al., 2018). Nectarines represent approximately one-third of the peach and nectarine species (Bucur et al., 2023). Despite the lower yield of nectarines in comparison to peaches, consumer preference has shifted towards nectarines over time due to their hairless structure (Pakyürek & Yazıcı, 2024). As reported by FAOSTAT (2024a), the leading producers of peaches and nectarines worldwide in 2022 were China (16,800,000 tons), Italy (1,151,490 tons), Türkiye (1,008,185 tons), Greece (894,510 tons) and Spain (870,720 tons). In other words, China is by far the most important producer of peaches and nectarines in the world, while Türkiye is in third place. However, although peach and nectarine production has increased over the years, market saturation has started to occur in some important markets, particularly in the EU (European Union) and the USA (United States of America). The reasons for this are the increased competition from other fruits such as tropical fruits (e.g. bananas and pineapples), increased labor costs and labor shortages, and small-sized supplies instead of large-sized supplies. Additionally, unmet consumer expectations and poor fruit quality have been identified as contributing factors to reduced peach and nectarine consumption (Minas et al., 2018). This has led to declines in peach and nectarine production in major producing countries such as Spain, Italy and the USA (Manganaris et al., 2022). However, demand for peaches and nectarines in other markets is still significant.

While peaches and nectarines are of significant importance for domestic consumption, their exports also provide considerable benefits to the national economy. In this context, the importance of competitiveness in Türkiye's peach and nectarine exports becomes evident. In order to achieve competitiveness in exports, a country must specialise in a particular product or product group and increase its production capacity. In order to achieve a comparative advantage in a particular product group, it is necessary to ensure a consistent increase in exports of that product.

A substantial body of research has been conducted to evaluate Türkiye's comparative advantage in the context of fresh and stone fruits. Some of these studies include fresh fruits and vegetables (Berk et al., 2016), oranges, tangerines, lemons and fresh apricots (Özdemir & Kösekahyaoğlu, 2019), cherries (Çelik et al., 2019), peaches (Bayav & Çetinbaş, 2021), fresh and dried apricots (Süyün, 2021), and stone fruits (Duru et al., 2022). Nevertheless, it was discovered that the “normalized revealed comparative advantage” (NRCA) index was employed in a limited number of studies. These include the Standard International Trade Classification (SITC) Rev.3 single-digit sectors (Mete & Akbulut Yıldız, 2019), pharmacology (Demir, 2020), agricultural products (Aboud & Şahinli, 2021) and various sectors according to technology intensities (Demir et al., 2024). Regarding the fruits, NRCA indexes are employed solely in the context of hazelnuts (Demir, 2022). Nevertheless, an examination of the extant literature reveals that no studies have been employed on the NRCA indexes to assess Türkiye's competitiveness in peach and nectarine exports.

This study employs NRCA indexes to ascertain Türkiye's comparative advantage in the peach and nectarine product group, to evaluate it in comparison with other stone fruits (apricot, cherry, sour cherry, and plum), and to assess it in comparison with the leading peach and nectarine exporting countries and to determine the evolution of Türkiye's comparative advantage in peach and nectarine exports over time. This study differs from previous studies, particularly in terms of its approach to comparing the comparative advantage of peach and nectarine with that of other stone fruits and determining the periodic comparative advantage. In this regard, the findings of this study are anticipated to provide insights that will inform future research in this field and contribute to the development of policies that will facilitate the growth of fruit exports.

MATERIALS and METHODS

Material

In this study, data were obtained according to the various types of NRCA indexes. The data period was based on 2001 to 2023. In the case of the periodic NRCA index, the period 2002-2023 was calculated by comparing 2001 with 2002 by the methodology employed in the latter year. Concurrently, an analysis was provided which contrasts and compares the peach and nectarine with other stone fruits. In this context, the Harmonized System (HS)-6 coded product descriptions of peach, nectarine, and other stone fruits are provided in Table 1 for reference.

Table 1. HS-6 Classification of peaches, nectarines and other stone fruits

Çizelge 1. Şeftali ve nektarin ile diğer sert çekirdekli meyvelerin HS-6 sınıflandırması

HS-6 Code	Product Description
080910	Fresh apricots
080920*	Fresh cherries
080921**	Fresh sour cherries " <i>Prunus cerasus</i> "
080929**	Fresh cherries (excl. Sour cherries)
080930	Fresh peaches, incl. Nectarines
080940	Fresh plums and sloes

*2011 and before, **2012 and later (Duru et al., 2022)

As illustrated in Table 1, before 2011, both cherries and sour cherries were classified under the same HS-6 code. However, since 2012, these two types of fruit have been assigned different HS-6 codes. This distinction was taken into account in the present study. Furthermore, comparisons were made with Spain, the USA, Chile, Italy, and Greece, as the countries that export the most peaches and nectarines through the NRCA cross-country comparison, to gain insight into the export patterns of these countries. In this context, data on the foreign trade of peaches, nectarines, apricots, cherries, sour cherries, and plums in Türkiye, Spain, the USA, Chile, Italy, and Greece for the period between 2001 and 2023 were obtained from Trade Map (2024) and FAOSTAT (2024b).

Method

The “normalized revealed comparative advantage” (NRCA) index was proposed by Yu et al. (2009) to overcome the asymmetry problem of the “revealed comparative advantage” (RCA) index. The NRCA index is capable of elucidating the extent and comparison of comparative advantage across product groups, countries, and different periods. Consequently, the NRCA index is capable of illustrating the trade trajectory of a given country. In other words, it can identify which types of goods have the potential to be marketable at a given point in time (Demir, 2020). Moreover, this index is a frequently-utilized method for measuring a country's or product group's comparative advantage (Saki et al., 2019). The NRCA index is regarded as an appropriate index for measuring comparative

advantage, as it assesses the extent to which a country's exports diverge from the global export market (Hasan et al., 2024).

The main idea behind the NRCA index is that each country or product is neutral in terms of comparative advantage (Yu et al., 2009). From this perspective, it is not feasible for a single country to achieve a comparative advantage in all product groups. For example, when Türkiye gains a comparative advantage in the peach and nectarine product group, it implies that another country loses its comparative advantage in this product group. The NRCA index is shown in Equation 1 (Yu et al., 2009).

$$NRCA_j^i = \frac{\Delta E_j^i}{E} = \frac{E_j^i}{E} - \left(\frac{E_j \times E^i}{E \times E} \right) \quad \text{Eq.(1)}$$

where,

E_j^i : Country i's total export of product group j,

E_j : World exports of product group j,

E^i : Total exports of country i,

E : Total world exports.

The NRCA is comprised of both positive and negative values. The presence of positive values indicates a comparative advantage, whereas negative values indicate a comparative disadvantage. When the value is equal to 0, there is no comparative advantage or disadvantage (Hasan et al., 2024). Furthermore, Yu et al. (2009) derived distinct NRCA indexes to facilitate cross-product group comparison, cross-country comparison, and cross-period comparison. The indexes are provided in the following section.

In order to facilitate a comparison of the cross-product groups of a given country, the disparity between the NRCA values of two distinct product groups can be elucidated through the application of the following calculation, as illustrated in equation 2.

$$\Delta NRCA_{1-2}^i = NRCA_1^i - NRCA_2^i = \frac{E^i}{E} \left[\left(\frac{E_1^i}{E^i} - \frac{E_1}{E} \right) - \left(\frac{E_2^i}{E^i} - \frac{E_2}{E} \right) \right] \quad \text{Eq.(2)}$$

where,

$\Delta NRCA_{1-2}^i$: Cross-product group comparison of NRCA scores which compares a country's relative level of specialization in two product groups,

E^i : Total exports of country i,

E : Total world exports,

E_1^i : Country i's exports of product group 1,

E_1 : Total world exports of product group 1,

E_2^i : Country i's exports of product group 2,

E_2 : Total world exports of product group 2.

$\Delta NRCA_{1-2}^i > 0$ or ($\Delta NRCA_{1-2}^i < 0$) indicates that the relative specialization level of country i in product group 1 is stronger or (weaker) than the specialization level in product group 2 relative to the world average specialization level in product group 1. Therefore, it indicates that country i has a stronger or (weaker) comparative advantage in product group 1 than in product group 2 (Yu et al., 2009).

In order to facilitate a comparison between countries within a given product group, the difference between the NRCA values of country 1 and country 2 can be calculated as follows (Equation 3):

$$\Delta NRCA_i^{1-2} = NRCA_j^1 - NRCA_j^2 = \frac{E_j}{E} \left[\left(\frac{E_1^1}{E_j} - \frac{E^1}{E} \right) - \left(\frac{E_2^2}{E_j} - \frac{E^2}{E} \right) \right] \quad \text{Eq.(3)}$$

where,

$\Delta NRCA_i^{1-2}$: Comparison of two countries in product group j,

E_j : World total exports of product group j,

E : Total world exports,

E_j^1 : Country 1's exports of product group j,

E^1 : Total exports of country 1,

E_j^2 : Country 2's exports of product group j,

E^2 : Total exports of country 2.

The condition ($\Delta NRCA_i^{1-2} > 0$ or $\Delta NRCA_i^{1-2} < 0$) indicates that country 1's export performance in product group j is superior to or inferior to that of country 2, respectively. The ratio $\left(\frac{E_j^1}{E_j} - \frac{E^1}{E}\right)$ is more or less favorable than country 2's export performance in product group j, represented by the ratio $\left(\frac{E_j^2}{E_j} - \frac{E^2}{E}\right)$. The relative export performance of country 2 in product group j is therefore stronger or weaker. Therefore, it can be concluded that country 1 has a stronger or (weaker) comparative advantage in product group j than country 2 (Yu et al., 2009).

The properties of NRCA, including total, average value, and distribution, remain constant over time. Nevertheless, it is possible to make comparisons between NRCA values on a periodic basis. The change in NRCA index values between the t + 1 and t periods is illustrated in equation 4:

$$\Delta NRCA_{j,t+1}^i = NRCA_{j,t+1}^i - NRCA_{j,t}^i = \left(\frac{E_{j,t+1}^i}{E_{t+1}} - \frac{E_{j,t}^i}{E_t}\right) - \left(\frac{E_t^i E_{j,t}}{E_t E_t} - \frac{E_{t+1}^i E_{j,t+1}}{E_{t+1} E_{t+1}}\right) \quad \text{Eq.(4)}$$

where,

$\Delta NRCA_{j,t+1}^i$: The change in the export level of country i in product group j between t+1 and t,

$E_{j,t+1}^i$: World total exports of product group j in period t+1,

E_{t+1} : World total merchandise exports in period t+1,

$E_{j,t}^i$: Country i's exports of product group j in period t,

E_t : World total merchandise exports in period t,

E_t^i : Total merchandise exports of country i in period t,

$E_{j,t}$: Total world exports of product group j in period t,

E_{t+1}^i : Total merchandise exports of country i in period t+1.

$\left(\frac{E_{j,t+1}^i}{E_{t+1}} - \frac{E_{j,t}^i}{E_t}\right)$, which indicates the change in the level of exports of country i in product group j between t+1 and t.

The expected exports in product group j if comparative advantage is neutral in period t and t+1, respectively, are represented by $\frac{E_t^i E_{j,t}}{E_t E_t}$ and $\frac{E_{t+1}^i E_{j,t+1}}{E_{t+1} E_{t+1}}$. Therefore, the expression $\left(\frac{E_t^i E_{j,t}}{E_t E_t} - \frac{E_{t+1}^i E_{j,t+1}}{E_{t+1} E_{t+1}}\right)$ quantifies the variation in country i's anticipated exports of product group j, in order to maintain the neutral state of comparative advantage between periods t and t+1. Consequently, a period-by-period comparison of comparative advantage permits the assessment of the change in a country's exports of a specific product group in relation to the anticipated shift in exports of that product group in the absence of any comparative advantage. When $\Delta NRCA_{j,t+1}^i > 0$, it can be inferred that country i's comparative advantage in product group j has increased between periods t and t+1. $\Delta NRCA_{j,t+1}^i < 0$ indicates a decline in country i's comparative advantage in product group j between periods t and t+1 (Yu et al., 2009; Demir, 2020).

RESULTS and DISCUSSIONS

This study, which examines Türkiye's comparative advantage in peach and nectarine exports, initially presents the export values and subsequently presents the findings with different NRCA indexes. In order to more clearly express the findings, figures are used, given the relatively low resulting value. In this context, the export data of the world, Türkiye and the leading countries in exports are presented in Table 2.

As illustrated in Table 2, global exports of peaches and nectarines more than doubled from 2001 to 2023. The countries that exported the greatest quantities of peaches and nectarines were Spain, Türkiye, Italy, the USA, Chile and Greece. Türkiye experienced a notable increase in peach and nectarine exports during this period, ranking second in 2023. It was also found that about one fifth of Türkiye's peach and nectarine production is exported. Nevertheless, Türkiye's contribution to global peach and nectarine exports is approaching 9%. In addition to the export values, Table 3 also presents the quantities exported.

Table 2. Global exports of peaches and nectarines and leading countries in terms of export value (in thousands of US dollars)

Çizelge 2. Şeftali ve nektarin dünya ihracatı ve ihracat değeri bakımından öne çıkan ülkeler (bin ABD Doları)

	World	Spain	Türkiye	Italy	The USA	Chile	Greece
2001	974956	264456	6620	277067	128138	71765	66703
2002	1004927	307054	8076	248502	121109	70248	50810
2003	1330290	506641	24293	347040	118621	74606	14502
2004	1143242	345417	11838	309865	111718	86220	58011
2005	1321738	448427	20600	323004	130586	80082	60878
2006	1606626	599947	22877	390437	132260	77998	64504
2007	1735517	629738	15935	437066	150237	81279	70757
2008	2150864	785999	36711	501111	178792	100195	129664
2009	1784130	696169	23906	331729	151411	84585	76198
2010	2141583	836496	28815	395795	170480	89357	108886
2011	2063902	797068	21668	322343	159562	97050	88577
2012	2290022	832935	28050	372204	184100	96329	132319
2013	2480956	1019938	27796	363480	180580	100330	110580
2014	2274294	963814	34952	239014	191452	78042	113561
2015	2225682	902310	38924	231374	153881	98634	80723
2016	2123648	876214	25698	225216	147846	103049	93260
2017	2227126	900873	69783	192821	126931	91762	88026
2018	2234776	938038	87135	194464	134632	113101	98137
2019	2198627	859608	89784	148771	131614	113935	87313
2020	2403935	971151	152146	125189	123421	134537	115871
2021	2581080	1105172	169125	164628	160191	118475	57465
2022	2474815	917340	199419	205491	148632	139964	102093
2023	2326066	949632	202599	127587	145601	142475	100966

As illustrated in Table 3, global exports of peaches and nectarines reached their highest level in 2017 and have since exhibited a general decline. Spain was the foremost exporter of peaches and nectarines, while Türkiye ranked second in terms of export volumes. During this period, the quantity of peaches and nectarines exported by Italy, the USA and Greece exhibited a notable decline, while Chile's exports demonstrated a degree of volatility. Türkiye was the only country whose export volumes increased significantly.

Table 3. Peach and nectarine world and country export quantities (in tons)*

*Çizelge 3. Şeftali ve nektarin dünya ve ülke ihracat miktarları (ton bazında)**

	World	Spain	Türkiye	Greece	Chile	Italy	The USA
2001	1230987	275612	23681	142797	85664	408601	152958
2002	1351217	385368	27579	99963	92291	399397	154408
2003	1185239	401838	44305	15370	102003	327668	110090
2004	1187246	239429	20153	98175	114392	407421	113561
2005	1465007	423611	39301	103385	109555	425978	132741
2006	1505554	545188	39123	80845	96899	359947	96855
2007	1492595	520694	18995	82784	97590	372699	117327
2008	1607007	564622	42930	112212	111640	330375	134583
2009	1629568	591262	32279	87451	96035	358751	96696
2010	1714028	589620	41326	117471	91914	359780	115081
2011	1805671	661677	32857	109470	100308	349085	105842
2012	1864888	646841	43540	155345	94768	369320	101013
2013	1871678	758276	34147	112877	88010	295838	105391
2014	2009324	843301	39413	166874	48317	262412	90785
2015	2257146	857690	50490	148045	82765	269204	77768
2016	2110428	819649	50639	168693	93061	228459	83494
2017	2331112	933752	88811	186009	83635	223243	56803
2018	1961538	743403	126814	159741	98766	159692	70575
2019	2072234	828812	105331	163557	100624	157152	72680
2020	1819530	654279	163381	155467	103196	78075	61723
2021	1795435	690901	170422	58966	96456	98252	84162
2022	1758148	539747	204210	126778	111088	140414	62193
2023	1610708	610031	225959	118037	107462	79720	46630

*Trade Map (2024) and ComTradePlus (2025)

Despite China's significant contribution to global peach and nectarine production, the volume and monetary value of exports have remained relatively modest, with the majority of the output consumed domestically. Consequently, China is not included in either table. Nevertheless, a contraction in domestic demand could make China the most important exporter in the world's peach and nectarine market. Table 4 presents the export values and quantities of peaches and nectarines, in addition to the export values per unit of these fruits.

Table 4 illustrates a notable surge in the unit value of global peach and nectarine exports. Despite an increase in the value of peaches exported from Türkiye per unit, this remained relatively low in comparison to the global average for peaches and nectarines. This also suggests that Türkiye is attempting to expand its export market by offering competitive pricing.

Table 4. Peach and nectarine export values per unit for the world and countries (in US Dollars/Tons)*

*Çizelge 4. Ülkelerin ve dünyanın birim başına şeftali ve nektarin ihracat değerleri (ABD Doları/ton)**

	World	The USA	Italy	Spain	Chile	Türkiye	Greece
2001	792	838	678	960	838	280	467
2002	744	784	622	797	761	293	508
2003	1122	1077	1059	1261	731	548	944
2004	963	984	761	1443	754	587	591

Table 4 (devamı). Peach and nectarine export values per unit for the world and countries (in US Dollars/Tons)*

Çizelge 4 (continued). Ülkelerin ve dünyanın birim başına şeftali ve nektarin ihracat değerleri (ABD Doları/ton)*

	World	The USA	Italy	Spain	Chile	Türkiye	Greece
2005	902	984	758	1059	731	524	589
2009	1095	1566	925	1177	881	741	871
2010	1249	1481	1100	1419	972	697	927
2011	1143	1508	923	1205	968	659	809
2012	1228	1823	1008	1288	1016	644	852
2013	1326	1713	1229	1345	1140	814	980
2014	1132	2109	911	1143	1615	887	681
2015	986	1979	859	1052	1192	771	545
2016	1006	1771	986	1069	1107	507	553
2017	955	2235	864	965	1097	786	473
2018	1139	1908	1218	1262	1145	687	614
2019	1061	1811	947	1037	1132	852	534
2020	1321	2000	1603	1484	1304	931	745
2021	1438	1903	1676	1600	1228	992	975
2022	1408	2390	1463	1700	1260	977	805
2023	1444	3122	1600	1557	1326	897	855

*Source: Trade Map (2024) and ComTradePlus (2025)

In 2023, the following countries were identified as the top importers and net importers of peaches (Trade Map, 2024): Germany, the Russian Federation, the (UK) United Kingdom, France, Canada, Mexico, Switzerland, Belgium, Romania and Saudi Arabia. Among these countries, Canada, Mexico, Switzerland, the UK, Belgium, Germany and Saudi Arabia are notable for their high import value per unit of peach and nectarine. Conversely, the majority of Türkiye's peach and nectarine exports are destined for the Russian Federation, Romania, Ukraine, Iraq and Belarus, where the import value per unit is comparatively lower. The values of the NRCA accounts are presented after the information on the foreign trade of peaches and nectarines between Türkiye and other countries. Figure 1 illustrates the NRCA values of Türkiye in the peach and nectarine product group.

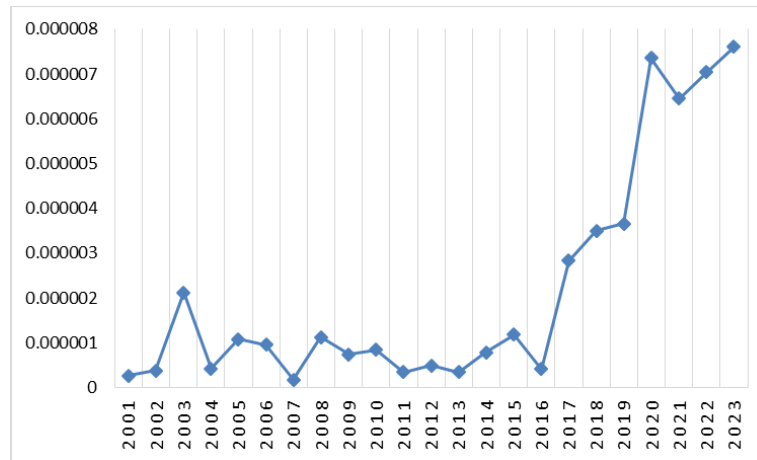


Figure 1. NRCA values for Türkiye's peach and nectarine exports

Şekil 1. Türkiye'nin şeftali ve nektarin ihracatında NRCA değerleri

Source: Author's calculations

As illustrated in Figure 1, the NRCA values of Türkiye's peach and nectarine exports demonstrated a positive trend until 2016, after which there was a notable surge in NRCA values. In this regard, Türkiye has a distinct competitive advantage in peach and nectarine exports, growing significantly. In accordance with the findings of Bayav and Çetinbaş (2021), it was discerned that the comparative advantage in peach and nectarine exhibited a notable increase over the years, exceeding the projected growth observed in the aforementioned study.

Secondly, the analysis concentrated on Türkiye's competitive advantage in the production of peaches and nectarines, as well as other stone fruits, including apricots, cherries, sour cherries, and cherry plums, with the exception of sour cherries. However, the data set revealed that cherries (including sour cherries) were included until 2012 under HS code 080920. Since 2012, data pertaining to cherries with HS code 080929 and sour cherries with HS code 080921 have been subjected to separate analysis. Accordingly, the product group comparison is analysed in two distinct time periods: 2001-2011 and 2012-2023. With regard to this matter, Figure 2 presents the findings for the years 2001-2011.

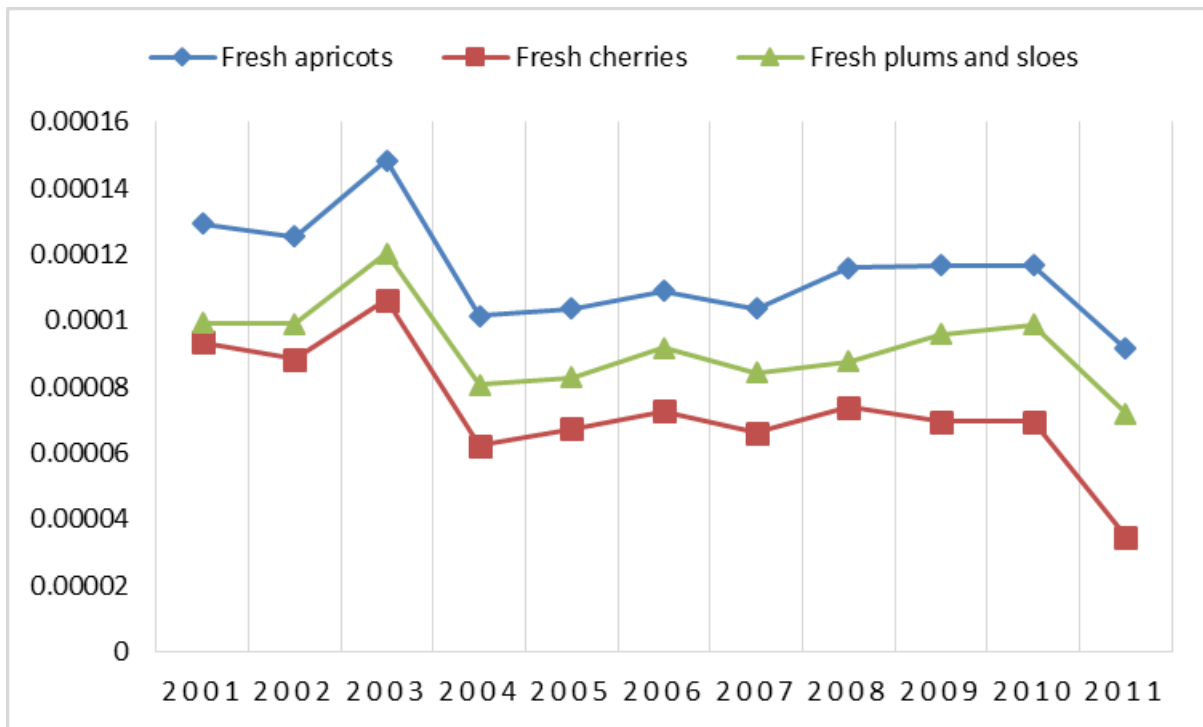


Figure 2. Türkiye's cross-product NRCA values (2001-2011)

Şekil 2. NRCA çapraz ürün grubu değerleri (2001-2011)

Source: Author's calculations

As illustrated in Figure 2, the cross-product group results revealed a positive and decreasing NRCA value trend over the 2001-2011 period. This indicates that Türkiye's relative specialisation level in peach and nectarine is more pronounced than that observed in the second product group (apricot, cherry including cherry and plum) in comparison to the global average specialisation level in peach and nectarine. In other words, Türkiye exhibits a stronger comparative advantage in the peach and nectarine product group than in the second product group (apricot, cherry including sour cherry and plum). Nevertheless, the comparative advantage of the peach and nectarine product group vis-à-vis other product groups exhibited a decline over the period in question. Figure 3 presents the findings for the period between 2012 and 2023.

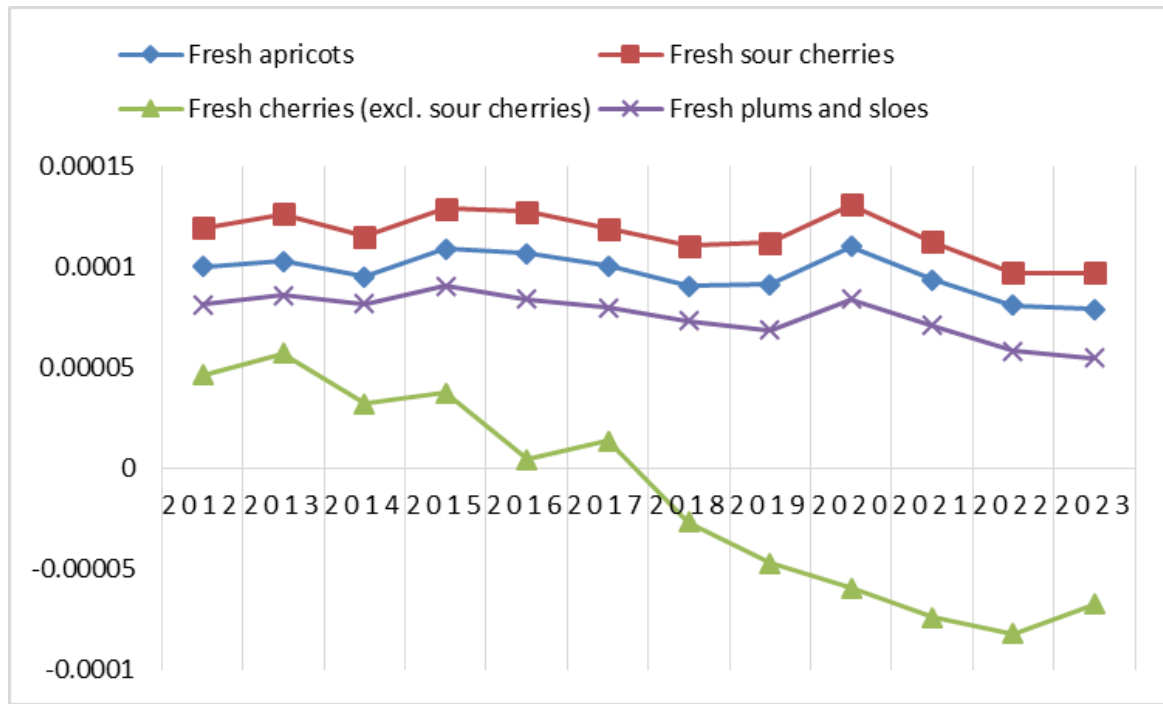


Figure 3. Türkiye's cross-product NRCA values (2012-2023)

Şekil 3. Türkiye'nin çapraz ürün grubu NRCA değerleri (2012-2023)

Source: Author's calculations

According to the cross-product group results in Figure 3, Türkiye's comparative advantage in peach and nectarine exports is higher than that of apricot, sour cherry and plum product groups in 2012-2023. On the other hand, in the period 2012-2017, the peach and nectarine product group was found to have a comparative advantage over the cherry product group. On the other hand, it was determined that the peach and nectarine product group had a comparative disadvantage against cherry in 2018-2023.

Based on the increase in comparative advantage in peach and nectarine, it appears that competitiveness has increased in stone fruit groups, consistent with Duru et al. (2022). However, despite Çelik et al. (2019) asserting that Türkiye's comparative advantage in cherry production has diminished over time, the current study has revealed that the comparative advantage of cherry over other stone fruits has, in fact, increased. The comparative advantage of cherry over peach and nectarine can be attributed to its higher export value and income per unit kilogram.

Despite the fact that a considerable proportion of sour cherry production is utilised as a raw material in the food industry, resulting in a reduction in exports, there has not been a notable decline in the comparative advantage of sour cherries. Given that the utilisation of sour cherries as a raw material in the food industry confers greater added value than additional exports, the absence of a substantial enhancement in the comparative advantage of this fruit is not regarded as unfavourable. Furthermore, this study diverges from the findings of Duru et al. (2022), which indicated that the comparative advantage of peach and nectarine exhibited a more pronounced increase than that of apricot and plum. Moreover, as previously indicated by Süygün (2021), the results of this study are in alignment with the conclusion that the competitiveness of fresh apricot is considerable.

The current study demonstrates that Türkiye's comparative advantage in the peach and nectarine product group is contingent upon an analysis of the leading peach and nectarine exporting countries. In addition to Türkiye, the remaining four countries in the top five are Spain, the USA, Chile, Italy and Greece. The results of the analysis conducted within this framework are presented in Figure 4.

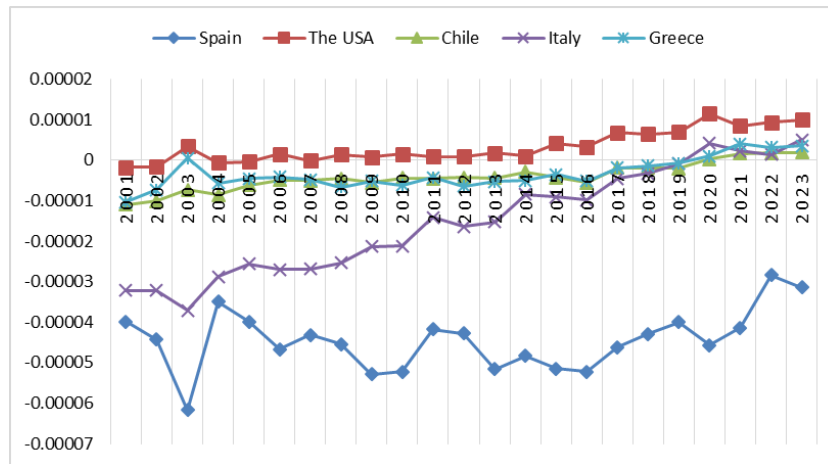


Figure 4. NRCA cross-country comparison values

Şekil 4. NRCA çapraz ülke karşılaştırması değerleri

Source: Author's calculations

Figure 4 illustrates that Türkiye has increased its competitive position in the global peach and nectarine market, as reflected in the rising exports of these commodities to other countries. In comparison to leading peach and nectarine exporters, including Spain, the USA, Chile, Italy and Greece, Türkiye has witnessed a positive trend, with its exports growing consistently over time. With the exception of 2001, 2002, 2004, 2005 and 2007, Türkiye enjoyed a comparative advantage in peaches and nectarines relative to the USA but was at a comparative disadvantage vis-à-vis Spain. Conversely, prior to 2019, Türkiye was at a comparative disadvantage in peaches and nectarines relative to Chile, Italy and Greece. From 2020 onwards, Türkiye has exhibited a comparative advantage in peaches and nectarines relative to Chile, Italy, and Greece. Furthermore, the NRCA values for Türkiye's cyclical comparative advantage are illustrated in Figure 5.

In contrast with the approach taken by Bayav and Çetinbaş (2021), a comparative ranking was conducted for the world's leading exporters of peaches and nectarines. In this context, Türkiye has become the second country with the highest comparative advantage in the world after Spain as of 2021. However, the difference between the comparative advantage of Türkiye and that of Chile, Greece and Italy remained limited. In particular, Greece and Italy stand out as more significant competitors, given that they produced and exported peaches and nectarines during similar periods to Türkiye.

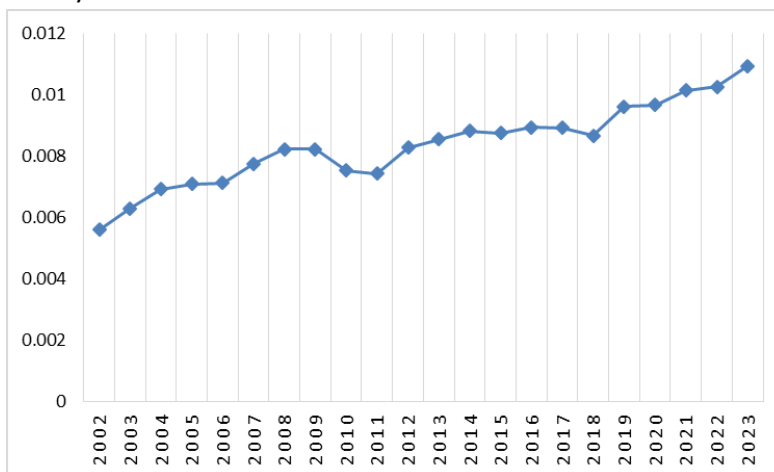


Figure 5. Periodic NRCA comparison values

Şekil 5. Dönemsel NRCA karşılaştırma değerleri

Source: Author's calculations

Figure 5 illustrates that Türkiye's exports in the peach and nectarine product group exhibit both positive and increasing periodic NRCA values. In this context, it can be seen that Türkiye has increased its comparative advantage in the peach and nectarine product group over the course of the period under review. It is noteworthy that in the years 2010, 2011 and 2018, the periodic NRCA values exhibited a decreasing rate of increase. In this context, it was observed that Türkiye maintained its comparative advantage in peach and nectarine exports by increasing them. Türkiye has experienced significant growth in peach and nectarine production, resulting in a competitive position in the global market. In comparison to other stone fruits, Türkiye possesses a comparative advantage in the apricot, cherry, and plum product categories, while exhibiting a comparative disadvantage in the cherry product category. Additionally, Türkiye has consistently ranked second after Spain in global competitiveness since 2019. However, to ensure a robust competitive position, Türkiye must diversify its market. A notable aspect of Türkiye's trade dynamics is the disproportionate concentration of its peach and nectarine exports, which are primarily directed towards Russia, accounting for approximately 71% of total exports. The imposition of import restrictions by Russia could have a deleterious effect on Türkiye's competitiveness in the global market. To mitigate these risks and ensure sustainable competitiveness, it is recommended that Türkiye focus on diversifying its export markets, targeting countries with higher net import values such as Canada, Mexico, Switzerland, the UK, Belgium, Germany, and Saudi Arabia. Simultaneously, to increase competitiveness, Türkiye should focus on improving production quality, harvesting at optimal ripeness, and developing efficient storage facilities. To facilitate the exportation of peaches and nectarines over a longer period, it is imperative to cultivate early-maturing varieties in warmer regions and late-maturing species in cooler areas. Furthermore, it is crucial to expand the nectarine selection, particularly for consumer groups with a low propensity to consume peaches due to their hairy structure. Consequently, it is recommended that Türkiye prioritize the production, distribution, and promotion of peach and nectarine varieties that align with consumer preferences, rather than engaging in price competition.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The author(s) declare no conflict of interest for this study.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

All processes were carried out by the corresponding author.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

Ethical approval is not applicable because this article does not contain any studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- Aboud, A., & Şahinli, M.A. (2021). Analysis of the competitiveness of Turkey's agricultural sector and the consistency amongst alternative measures. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21 (3), 15-28.
- Bayav, A., & Çetinbaş, M. (2021). Peach production and foreign trade of Turkey: current situation, forecasting and analysis of competitiveness. *ANADOLU Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 31 (2), 212-225. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1033597>
- Berk, A., Bal, T., & Uçum, İ. (2016). Turkey's competitive situation in foreign trade of fresh fruits and vegetables. *XII. National Agricultural Economics Congress*, May 25-27, Isparta, Turkey. pp. 1321-1328.
- Birinci, A., & Er, K. (2006). A study on economic comparison and marketing of organic and conventional peach production in Karacabey town of Bursa province. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 12 (1), 19-30.

- Bucur, A., Butcaru, A.C., Mihai, C.A., & Stănică, F. (2023). Peach and nectarine fruit characterization for several new cultivars grown in the Bucharest area. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 67 (2), 25-32.
- ComTradePlus. (2025). Trade Data (exports). Retrieved from <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow?Frequency=A&Flows=X&CommodityCodes=080930&Partners=0&Reporters=all&period=all&AggregateBy=none&BreakdownMode=plus> by January 19, 2025.
- Çelik, Z., Saçtı, H., & Adanacioğlu, H. (2019). Trends in foreign trade of cherry and Turkey's comparative advantage. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29, 41-53. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.474794>
- Demir, G., Aydın, Ü., & Utkulu, U. (2024). Measuring the competitiveness of Türkiye's industries against the European Union according to the technology intensity: an evaluation within the framework of the Customs Union revision. *Ege Academic Review*, 24 (2), 249-268. <https://doi.org/10.21121/eab.1380681>
- Demir, M.A. (2020). The effect of Turkey's comparative advantage in pharmaceutical industry on the export of the sector: Time series analysis. *Bingöl University Journal of Social Sciences Institute*, 10 (20), 509-530. <https://doi.org/10.29029/busbed.737635>
- Demir, M.A. (2022). Competitiveness of hazelnut in Turkey for the period 2016-2021: Analysis with three variations of normalized revealed comparative advantage. *Research of Financial Economic and Social Studies*, 7 (4), 907-914. <https://doi.org/10.29106/fesa.1178221>
- Duru, S., Hayran, S., & Gül, A. (2022). Production of stone fruit in Turkey and evaluation of competitiveness power on export. *Bahçe*, 51 (1), 29-36. <https://doi.org/10.53471/bahce.1019023>
- Engindeniz, S., & Çukur, F. (2003). A research on technical and economic analysis of peach production in Kemalpaşa, İzmir. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 40 (2), 65-72.
- FAOSTAT. (2024a). Countries by commodity (production). Retrieved from https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity by July 10, 2024.
- FAOSTAT. (2024b). Countries by commodity (exports). Retrieved from https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports by August 03, 2024.
- Geçer, M.K. (2020). Biochemical content in fruits of peach and nectarine cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44 (5), 500-505.
- Gündoğdu, M.A. (2024). Chemical composition of fruit and its importance for human health. Ş. Murat, G. Engin and Pakyürek M. (Eds.), *Peach nectarine cultivation*. Iksad Publications, Ankara. pp. 3-16. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13214066>
- Hasan, M.R., Swazan, I.S., & Das, D. (2024). Beyond the seams: evaluating competitiveness and comparative advantage in Vietnam's apparel industry. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 17 (1), 4-28. <https://doi.org/10.1108/JCEFTS-10-2023-0050>
- Kuden, A.B., Comlekcioglu, S., Sarier, K., Imrak, B. & Kuden, A. (2018). Peach breeding studies in Turkey and the evaluation of peach and nectarine hybrids. In: Soneji J. (Eds.), *Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops*. IntechOpen Limited, London, pp. 315-454.
- Manganaris, G.A., Minas, I., Cirilli, M., Torres, R., Bassi, D., & Costa, G. (2022). Peach for the future: A specialty crop revisited. *Scientia Horticulturae*, 305, 111390. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111390>
- Mete, E., & Akbulut Yıldız, G. (2019). Normalized revealed comparative advantages index: an application on chosen sectors of Turkey. *I. International Conference on Empirical Economics and Social Sciences (ICEESS' 19)*, June 20-21-22, 2019, Bandırma, Turkey. pp. 531-540.
- Minas, I.S., Tanou, G., & Molassiotis, A. (2018). Environmental and orchard bases of peach fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 235, 307-322. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.028>
- Okan, N., & Engindeniz, S. (2016). A research on valuation of peach orchards by the income capitalization approach in Selçuk district of İzmir. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 53 (2), 139-146. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.388861>

- Özdemir, M.B., & Kösekahyaoğlu, L. (2019). Analysis of Turkey's comparative export performance and competitiveness in orange, satsuma, lemon and fresh apricot. *ASSAM International Refereed Journal*, 6 (14), 84-105.
- Pakyürek, M., & Yazıcı, K. (2024). Morphological and botanical features of peach nectarine. Ş. Murat, G. Engin and Pakyürek M. (Eds.), *Peach nectarine cultivation*. Iksad Publications, Ankara. pp. 17-32. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13214207>
- Saki, Z., Moore, M., Kandilov, I., Rothenberg, L., & Godfrey, A.B. (2019). Revealed comparative advantage for US textiles and apparel. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 29 (4), 462-478. <https://doi.org/10.1108/CR-03-2018-0025>
- Serra, S., Anthony, B., Masia, A., Giovannini, D., & Musacchi, S. (2020). Determination of biochemical composition in peach (*Prunus persica* L. Batsch) accessions characterized by different flesh color and textural typologies. *Foods*, 9 (10), 1452. <https://doi.org/10.3390/foods9101452>
- Süyğün, M.S. (2021). Turkey's international competitiveness in fresh and dried apricot products. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 10 (20), 72-80.
- Şeker, M., Kaçan, A., Gür, E., Ekinci, N., & Gündoğdu, M.A. (2013). Investigation of aromatic compounds of peach and nectarine varieties grown in Canakkale ecological conditions. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 6 (1), 62-67.
- Trade Map. (2024). Trade statistics for international business development. Retrieved from <https://www.trademap.org/> by August July 15, 2024.
- Vural, H., & Çakan, V.A. (2021). Economic analysis and marketing margins of the peach market in Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature*, 24 (2), 379-387. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogan.vi.746725>
- Yu, R., Cai, J., & Leung, P. (2009). The normalized revealed comparative advantage index. *The Annals of Regional Science*, 43, 267-282. <https://doi.org/10.1007/s00168-008-0213-3>

Inter-and intrageneration associations for agronomic traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) tarımsal özellikler için generasyonlar arası ve generasyon içi ilişkiler

Taner TOPUZ¹, Volkan Mehmet ÇINAR², Aydın ÜNAY³

¹University of Aydın Adnan Menderes, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydın, Türkiye.

²Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Postdoctoral Researcher, Aydın, Türkiye.

³Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 15.12.2024 Accepted / Kabul: 11.02.2025 Keywords: Bulk population Correlation Fiber quality Selection Yield Anahtar Kelimeler: Bulk popülasyonu Korelasyon Lif kalitesi Seleksiyon Verim ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Aydın ÜNAY aunay@adu.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Estimating the performance of late-generation populations in early generations increases breeding achievement but reduces effort. The primary objective of this study was to estimate the extent to which the genetic potentials of the character are transmitted to the next generations through intergenerational correlation. Simple Pearson correlations between traits studied both within and between generations in F₃, F₄, and F₅ multiparental cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) hybrids were evaluated. Thirteen different hybrid combinations were arranged in a split-plot design in 2022 for the F₃ and F₄ generations and in 2023 for the F₄ and F₅ generations. Basic statistics for generations indicated a decrease in minimum, maximum and mean values from F₃ to F₅ for all traits except fiber fineness. Intergenerational correlations were calculated between F₃ and F₄, and F₄ and F₅. Significant intergenerational correlations were positive for fiber length, fiber strength and seed index and negative for plant height in both F_{3:4} and F_{4:5}. Significant and positive correlations were recorded for seed cotton yield, ginning out-turn and fiber fineness only in F_{4:5}. It was concluded that many of the F₄ populations with desirable values also performed well in the F₅ generation. Intrageneration correlations indicated that increasing boll number and boll weight for high yield and decreasing seed index for high ginning yield can be effective for selection. ÖZET İleri generasyonlardaki popülasyonların performansını erken generasyonlarda tahmin etmek işgücünü azaltarak ıslah başarısını artırmaktadır. İncelenen özelliklerin genetik potansiyellerinin generasyonlar arası korelasyon yoluyla sonraki generasyonlara ne ölçüde aktarıldığını tahmin etmek bu çalışmanın temel amacıydı. Pamukta (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) F₃, F₄ ve F₅ çok ebeveynli melezlerde basit korelasyon kullanılarak verim, verim bileşenleri ve lif kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiler hem generasyonlar içinde hem de generasyonlar arasında araştırılmıştır. 2022 yılında F₃ ve F₄, 2023 yılında ise F₄ ve F₅ generasyonlarında 13 farklı melez kombinasyon Bölünmüş Parseller Deneme Deseninde ekilmiştir. Generasyonlara ilişkin temel istatistikler lif inceliği dışında tüm özellikler için F₃ ten F₅ doğru minimum, maksimum ve ortalama değerlerdeki azalışı gösterdi. F₃-F₄ ve F₄-F₅ olmak üzere generasyonlar arası korelasyonlar saptandı. Generasyonlar arası önemli korelasyonlar, hem F_{3:4} hem de F_{4:5} de lif uzunluğu, lif dayanıklılığı ve tohum indeksi için pozitif, ancak bitki boyu için negatif bulunmuştur. Pozitif ve önemli korelasyonlar sadece F_{4:5}'te kütlü pamuk verimi, çırcır randımanı ve lif inceliği için saptanmıştır. Üstün özelliklere sahip F₄ popülasyonlarının çoğunun F₅ generasyonunda da iyi performans sergilediği sonucuna varılmıştır. Generasyon içi korelasyonlar yüksek verim için koza sayısı ve koza ağırlığının artırılmasının ve yüksek çırcır randımanı için tohum indeksinin azaltılmasının seleksiyon için etkili olabileceğini göstermiştir.
Cite/Atıf	Topuz, T., Çınar, V.M., & Ünay, A. (2025). Inter-and intrageneration associations for agronomic traits in cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.). <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 216-225. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1601818

INTRODUCTION

The breeding objectives of cotton, the world's most important natural fiber source, have focused on developing new cotton varieties with high yield, superior fiber quality traits, earliness (Yang et al., 2023), and tolerance to biotic and abiotic stresses (Kamburova et al., 2022). The narrowing of the germplasm genetic base in cotton makes breeding difficult (Anam et al., 2024).

As in all cultivated plants, the general steps of classical breeding in cotton are shown as the creation/combination of variability, selection, evaluation, and variety registration (Acquaah, 2015). It was emphasized that the most commonly used selection methods in cotton breeding are pedigree, reselection, and bulk (Bowman, 2000). The pedigree selection method allows the selection of the best traits with high heritability, whereas to improve traits with low heritability, such as yield, the bulk-pedigree method is applied and selection is performed in later generations (Wynne & Gregory, 1981).

Breeding performance increases when the probability of success of populations in later generations is estimated in early generations (Barut, 1998). Percy (2003) compared pedigree and bulk populations and found that F_2 and pedigree-developed advanced population traits were weakly correlated. The weak correlations between early-generation yield test and later-generation performance test yields were explained by the breeder's selection for fiber quality (Jones & Smith, 2006). It has been reported that if unsuitable lines are discarded as a result of early generation selection for lint percentage, yield, and quality and the selected lines are better evaluated in later generations, a line that breaks the negative relationship between yield and fiber quality characteristics can be obtained (Clement et al., 2015).

It was emphasized that genetic degradation, defective segregation, selective elimination of desirable genes during self-fertilization, and high epistasis level could be the reason for the negative correlation between yield components and fiber quality traits in developed populations (Saha et al., 2004; Zhang et al., 2014). It was stated that the values of the correlation coefficients changed as we progressed from F_3 to F_4 , the link between high yield and low quality was broken and yield progressed from F_2 to F_4 without a decrease in quality (Preetha & Raveendren, 2008).

To breed cotton genotypes with high yield and quality, it is necessary to identify yield components that are governed by few genes, have high heritability, and have significant relationships with yield. Several studies with homozygous-homogeneous genotypes have revealed the relationships between traits, but there are very few studies in the segregated generations such as F_3 , F_4 , and F_5 . Therefore, this study aimed to discover the inter-generation correlations in terms of traits and the relationships between traits within generations.

MATERIALS and METHODS

The breeding of the hybrid combinations constituting the material of the study was initiated with a 4×3 reciprocal line $\times$ tester mating design. According to the results of F_2 generation, diallel crosses were made between the best 10 hybrid combinations. Population characteristics have been described in previous studies (Balci et al., 2021). This study was initiated with the best F_3 seeds as a result of recurrent selection. The study included bulk populations of 13 different hybrid combinations (Table 1) in F_3 and F_4 generations in 2022 and F_4 and F_5 generations in 2023. In 2021, half of the F_3 seeds obtained were planted and the other half were reserved. Likewise, half of the F_4 seeds obtained in 2022 were planted and F_5 seeds were obtained, while half were reserved for F_4 and F_5 plantings. Thus, trials of two different years, $F_{3:4}$ and $F_{4:5}$, were arranged according to a split-block design with 3 replications. In both years, hybrid combinations were placed in single-row and 6 m long plots. Sowing was performed in the first half of May with 0.7 m $\times$ 0.12 m of sowing norm. Cultural practices such as fertilization, irrigation, and pesticides were carried out following cotton cultivation in the Aegean Region.

Meteorological data for the years of the study demonstrated that mean, maximum, and minimum temperatures were higher than long-term temperatures in 2022 (Table 2). Although 2023 temperatures fluctuated, average and maximum temperatures were generally below long-term temperatures, whereas minimum temperatures increased. The April-June period of 2023 was rainy compared to the long term and 2022. The study was conducted in soil with a clayey-loamy texture. The alkaline soil characteristics showed that salt level and organic nitrogen were low, while phosphorus and potassium were high.

Table 1. Code and pedigrees of the hybrids in the study

Çizelge 1. Çalışmada yer alan melez kombinasyonları soyağaçları

Code	Pedigree
I	(Julia × ST-468) × (Gloria × Carisma)
II	(Carisma × Carmen) × (Gloria × Flash)
III	(Carmen × ST-468) × (ST-468 × Claudia)
IV	(ST-468 × Claudia) × (Gloria × Flash)
V	(Julia × ST-468) × (Carmen × Carisma)
VI	(Julia × ST-468) × (Gloria × Flash)
VII	(Gloria × Flash) × (Gloria × Flash)
VIII	(Julia × ST-468) × (ST-468 × Claudia)
IX	(Carmen × ST-468) × (Gloria × Carmen)
X	(Julia × ST-468) × (Julia × ST-468)
XI	(Carisma × Carmen) × (Gloria × Carisma)
XII	(Carmen × Carisma) × (Julia × ST-468)
XIII	(Julia × ST-468) × (Carmen × ST-468)

Table 2. Temperature and precipitation data for the trial years and long-term

Çizelge 2. Deneme yıllarına ve uzun döneme ait sıcaklık ve yağış verileri

	Mean Temp. (°C)			Maximum Temp. (°C)			Minimum Temp. (°C)			Total Precipitation (mm)		
	Long	2022	2023	Long	2022	2023	Long	2022	2023	Long	2022	2023
April	16.18	18.00	15.90	30.48	33.10	26.50	5.27	5.40	5.80	50.22	16.10	53.80
May	21.13	22.60	20.40	35.64	38.10	36.00	9.58	10.20	10.00	37.43	15.50	73.40
June	25.89	27.00	25.60	39.82	38.50	35.80	14.15	18.80	16.20	12.71	70.40	48.80
July	28.62	30.06	31.00	41.34	41.10	40.00	17.87	20.60	19.00	3.43	0.00	4.70
August	28.00	28.89	19.20	40.73	40.60	38.10	18.03	20.80	21.90	3.26	0.03	2.50
September	23.94	25.11	26.50	37.59	38.00	36.50	12.99	11.60	19.90	12.54	0.00	31.10
October	18.83	20.51	21.50	32.81	36.90	28.80	7.72	10.50	18.10	40.02	0.03	6.00

Source: Turkish State Meteorological Service

Each plot was represented by 20 consecutive plants in the harvest period (November 8, 2022, and November 18, 2023). Plant height (cm), monopodial branches per plant (MBN), sympodial branches per plant (SBN), boll number per plant (BN), and boll weight (BW; g) were recorded. The seed cotton yield per plant (SCY) of individual plants was weighed and the mean was calculated (g plant⁻¹). In the plots where 20 plants were bulked, ginning out-turn (GOT; %) was determined in the set obtained by bulking single plant seed cotton yields. Fiber fineness (FF; mic), fiber length (FL; mm), and fiber strength (FS; g tex⁻¹) were determined with the device of HVI-1000 (High Volume Instruments) in the fiber analysis laboratory of Nazilli Cotton Research Institute. Basic statistics were calculated using Microsoft Excel®. Correlation coefficients and graphs were obtained with the 'ggally' package (Schloerke et al., 2018) in the R studio (R Studio Team, 2020).

RESULTS and DISCUSSIONS

Seed cotton yield per plant ranged from 46.4 g (F_4 in 2023) to 100.8 g (F_3) and average SCY reduced from F_3 to F_5 (Table 3). The decrease in GOT, FL, FS, BN, BW, SI, and PH from F_3 to F_5 was generally reflected in the minimum, maximum, and mean values. FF remained constant at about 4.8 mic. between generations. When the effect of the year is neglected from F_3 generation to F_5 generation, a negative improvement is observed in all traits examined except fiber fineness with the effect of homozygosity. From F_3 generation to F_5 generation, when the effect of year is ignored, a negative development is observed in all traits examined except fiber fineness with the effect of homozygosity. It can be said that especially the decrease in the number of fruit branches and the number of bolls brings along the decrease in SCY (Worley et al., 1974; Constable & Bange, 2015). From early generations to later generations, variability and performance decrease due to homozygosity and inbreeding depression (Meredith et al., 1979; Cole et al., 2009). In order to examine these changes in more detail, it was concluded that it is useful to evaluate the intergenerational and intra-generational relationships.

Table 3. Summary basic statistics for generations

Çizelge 3. Generasyonlara ilişkin temel istatistikler

Year		SCY (g plant ⁻¹)	GOT (%)	FL (mm)	FF (mic.)	FS (g tex ⁻¹)	BN	BW (g)	SI (g)	PH (cm)	MBN	SBN	
2022	F3	Min.	63.0	41.2	29.6	4.6	31.4	10.8	5.8	9.8	66.3	0.8	7.9
		Max.	100.8	43.9	31.5	5.1	34.7	13.4	8.3	11.2	77.7	1.4	9.3
		Ave.	87.0	42.6	30.5	4.8	33.1	12.0	7.3	10.6	72.4	1.0	8.5
	F4	Min.	73.7	40.4	29.2	4.5	31.4	10.8	5.7	10.4	63.6	0.8	7.7
		Max.	101.1	42.7	31.5	5.2	33.9	13.7	8.4	11.6	75.3	1.1	9.3
		Ave.	89.3	41.9	30.2	4.9	32.6	12.3	7.3	11.0	70.8	0.9	8.3
2023	F4	Min.	46.4	39.7	28.3	4.6	29.1	7.9	5.8	9.2	54.5	0.5	6.2
		Max.	80.1	42.1	30.8	5.0	33.4	12.4	7.5	10.8	69.4	1.3	7.4
		Ave.	67.0	41.0	29.3	4.8	31.1	10.4	6.5	9.8	63.6	0.9	6.8
	F5	Min.	54.9	39.1	27.4	4.5	29.2	8.3	5.1	9.2	61.1	0.8	5.6
		Max.	82.2	42.7	30.2	5.3	33.7	13.0	7.8	11.5	75.6	1.5	6.4
		Ave.	68.8	40.6	29.1	4.8	31.4	10.5	6.7	10.0	66.0	1.1	6.1

SCY: Seed cotton yield per plant, GOT: Ginning out-turn, FL: Fiber length, FF: Fiber fineness, FS: Fiber strength, BN: Boll number per plant, BW: Boll weight, SI: Seed index, PH: Plant height, MBN: Monopodial branches per plant, SBN: Sympodial branches per plant.

There was a significant and positive intergeneration correlation coefficient in $F_{4:5}$ for seed cotton yield but a non-significant correlation coefficient in $F_{3:4}$ (Table 4). Similarly, intergeneration correlations for fiber length, fiber strength, and seed index were positive and significant but negative and significant for plant height at both $F_{3:4}$ and $F_{4:5}$. In addition, significant and positive correlation coefficients were found only at $F_{4:5}$ for fiber fineness, but significant and negative correlation coefficients were found only at $F_{3:4}$ for the number of monopodial branches. The fact that the intergenerational correlations found for each trait were different from each other for some traits was explained as the genotypes were not stable and heterozygosity was continued (Abbas et al., 2015; Patil et al., 2017). Inter-generation correlations between $F_{3:4}$ were generally lower than those between $F_{4:5}$. Most of the F_4 populations with high yield and quality traits also performed favorably in the F_5 generation. This result indicated the effectiveness and reliability of bulk selection for these characters (Kumar et al., 2020). On the other hand, for

plant height, it was concluded that short genotypes in F_3 may be tall in F_5 or vice versa. Significant and positive intergenerational correlations were reported as an indication of heritability (Lungu et al., 1990; Hannachi et al., 2017; Yadav et al., 2020). Alkuddsi et al. (2013), found positive and significant correlation coefficients for fiber length, fiber fineness, and uniformity between selected F_3 lines and F_5 progeny.

Table 4. Intergeneration correlation coefficients for observed traits in $F_{3:4}$ and $F_{4:5}$

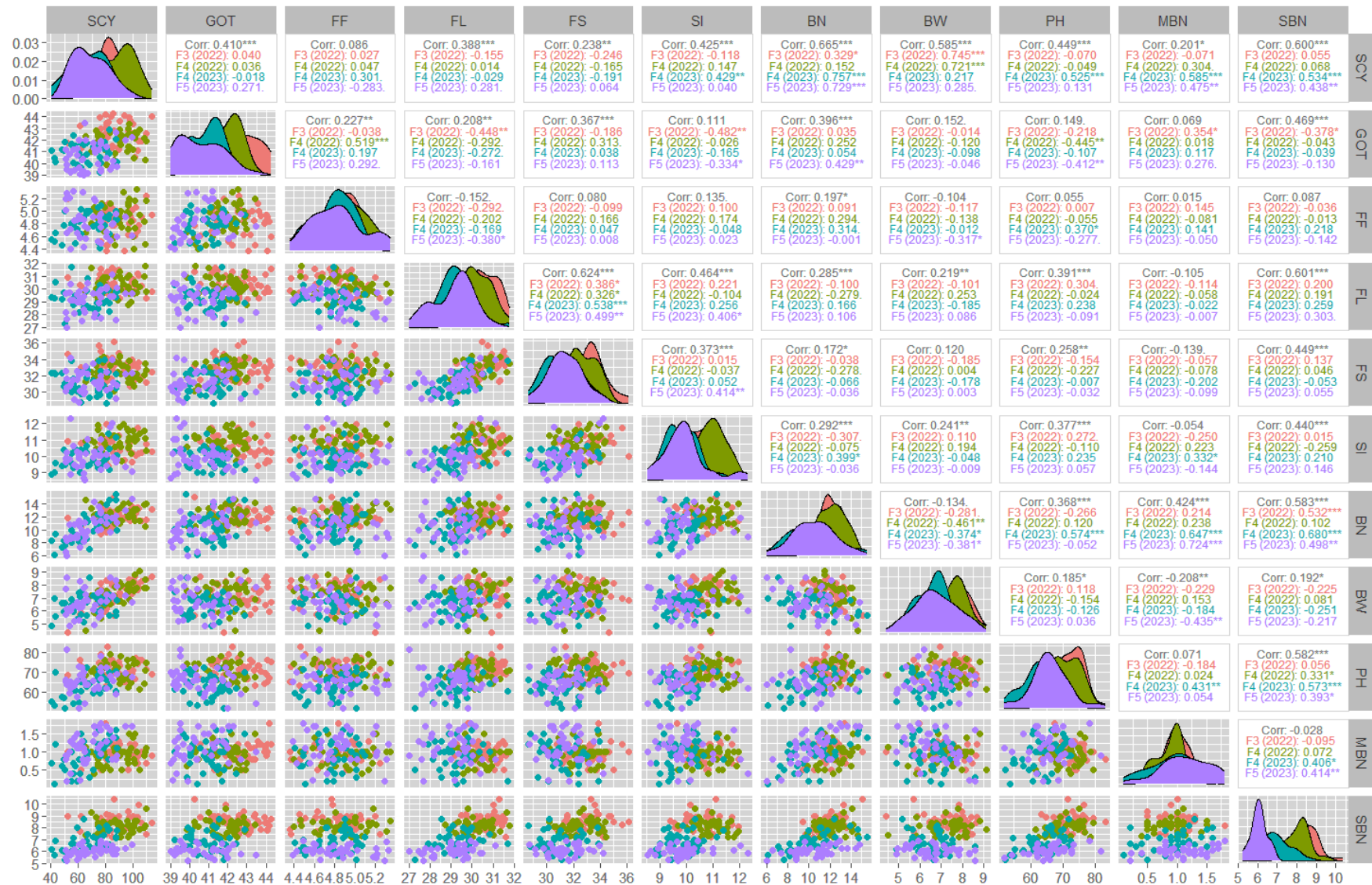
Çizelge 4. $F_{3:4}$ ve $F_{4:5}$ 'te gözlemlenen özellikler için generasyonlar arası korelasyon katsayıları

Trait	Generation	
	$F_{3:4}$	$F_{4:5}$
SCY (g plant ⁻¹)	0.221	0.457**
GOT (%)	-0.020	0.476**
FL (mm)	0.574**	0.711**
FF (mic)	0.163	0.625**
FS (g tex ⁻¹)	0.515**	0.726**
BN	-0.021	-0.119
BW (g)	0.050	0.208
SI (g)	0.651**	0.525**
PH (cm)	-0.432**	-0.486**
MBN	-0.354**	-0.050
SBN	0.213	0.090

* and ** indicate significance at 5% and 1% level, respectively. SCY: Seed cotton yield per plant, GOT: Ginning out-turn, FL: Fiber length, FF: Fiber fineness, FS: Fiber strength, BN: Boll number per plant, BW: Boll weight, SI: Seed index, PH: Plant height, MBN: Monopodial branches per plant, SBN: Sympodial branches per plant.

In the sum of four sets (F_3 and $F_4 + F_4$ and F_5), significant and positive correlation coefficients were found between seed cotton yield and all traits except fiber fineness (Figure 1). It was observed that the boll number, sympodial branches per plant, and monopodial branches per plant had positive and significant correlations with seed cotton yield in $F_{4:5}$, whereas boll weight was realized in $F_{3:4}$. It was reported that selection based on boll number and sympodial branches per plant and boll weight would be beneficial for cotton yield (Rauf et al., 2004; Soomro et al., 2008; Salahuddin et al., 2010). Boll number, sympodial branches per plant, and monopodial branches per plant became prominent with homozygotization. The most effective yield components on yield were determined as boll number and boll weight in early generation (Soliman et al., 2023), ginning out-turn, and fiber length within fiber traits in F_5 generation (Rasheed et al., 2020). Our study findings are consistent with the results of both groups of researchers.

It was reported that ginning out-turn made the greatest contribution to the performance of genotypes in seed cotton yield and was the most important indicator among yield components (Desalegn, 2016). Ginning out-turn had negative and significant correlation coefficients with sympodial branches per plant, fiber length, and plant height in F_3 generation; significant and positive correlation coefficients with boll number in F_5 generation, while it exhibited significant and negative correlations with seed index in both F_3 and F_5 generations. At the same time, there was generally a positive correlation between ginning out-turn and fiber fineness, which was significant in the F_4 generation. The above-mentioned associations indicate that types with short height, and few sympodial branches but carrying many bolls on one sympodial branch will increase the ginning out-turn but this will lead to short and thick fibers. In parallel with our study results, Monisha et al. (2018) reported a negative correlation between ginning yield and plant height, seed index, and all fiber traits. In contrast, Yaqoob et al. (2016), Malik (2018), and Nawaz et al. (2019) found positive and positive correlation coefficients between ginning yield and plant height, monopodial branches per plant, sympodial branches per plant, fiber fineness, and fiber strength.



Seed cotton yield (SCY), ginning out-turn (GOT), fiber length (FL), fiber fineness (FF), fiber strength (FS), boll number per plant (BN), boll weight (BW), seed index (SI), plant height (PH), number of monopodial branches (MBN), number of sympodial branches (SBN).

Figure 1. Correlation matrix among traits
Şekil 1. Özellikler arasındaki korelasyon matrisi

The negative relationships of fiber fineness with boll weight and fiber length were significant only in F_5 . It was concluded that heavy bolls positively thinned the fibers, but not both long and fine fibers together. Previous studies have shown that the selection of coarse fibers increases fiber length and fiber strength (Echekwu, 2001). It was emphasized that the selection of genotypes with higher micronaire values indirectly leads to genotypes with fibers of the highest maturity (Reis et al., 2017). There were positive and significant relationships between fiber length and sympodial branches per plant, plant height, boll weight, boll number, seed index, and fiber strength in the sum of four sets ($F_{3:4} + F_{4:5}$), while the positive and significant relationship between fiber length and fiber strength in all generations was noteworthy. The positive and important association between fiber length and fiber strength has been emphasized in many studies (Rao & Gopinath, 2013; Shruti et al., 2020; Çetin & Güvercin, 2022). It was observed that fiber length was positively correlated with a large number of yield components and that long and strong fiber traits were directed together. Fiber strength was significantly and positively correlated with sympodial branches per plant, plant height, boll number, and seed index in all sets, while the relationship with seed index was significant only in F_5 . In line with our results, the positive and significant effect of seed index on fiber strength has been emphasized in previous studies (Snider et al., 2016; Rathinavel et al., 2017; Nawaz et al., 2019). It was determined that the boll number increased with the increase in plant height, monopodial branches per plant, and sympodial branches per plant, but the increase in the boll number decreased the boll weight.

In conclusion, the study demonstrated that inter-generation correlations between $F_{3:5}$ were found to be higher. Most of the F_3 populations with high yield and fiber quality also performed well in the F_5 generation due to the effectiveness of bulk selection. Also, it was shown that selection based on boll number and sympodial branches per plant and boll weight would be beneficial for seed cotton yield. For the ginning out-turn, it was determined that the seed index should be reduced. However, it was recommended that the optimum values should not be exceeded due to the negative effects of the increase in the mentioned yield components, especially on fiber length and fiber strength.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper was derived from Taner Topuz's PhD thesis.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this manuscript.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

The authors declare that their contributions are equal.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

Ethical approval is not applicable, because this article does not contain any studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- Abbas, H.G., Abid Mahmood, A.M., & Qurban Ali, Q.A. (2015). Genetic variability and correlation analysis for various yield traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Agricultural Research (Lahore)*, 53 (4), 481-490.
- Acquaah, G. (2015). Conventional plant breeding principles and techniques. In J. Al-Khayri, S. Jain & D. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Breeding, Biotechnology and Molecular Tools* (pp. 115-118). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22521-0_5

- Alkuddsi, Y., Patil, S.S., Manjula, S.M., Patil, B.C., Nadaf, H.L., & Nandihali, B.S. (2013). Identifying of extra-long staple suitable lines (*Gossypium barbadense* L.) with improved fiber qualities to release new lines as an alternative for Suvin variety of Barbados. *Cotton Genomics and Genetics*, 4 (1), 1-12. <https://doi.org/10.5376/cgg.2013.04.0001>
- Anam, H., Shakeel, A., Saeed, A., Khan, A.I., Jabran, M., Iqbal, S., Abbas, A., & Ali, M.A. (2024). Assessment of genetic diversity in Bt cotton germplasm using multivariate analysis. *Phytopathogen omics and Disease Control*, 3 (2), 267-275. <https://doi.org/10.22194/Pdc/3.1035>
- Balci, S., Cinar, V.M., & Unay, A. (2021). The effects of modified recurrent selection on fiber characteristics and neps in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Anadolu, J. of AARI*, 31 (2), 137-142.
- Barut, A. (1998). *Early generation bulk testing for predicting F_{4:5} line performance in cotton*. [Master's thesis, Mississippi State University].
- Bowman, D.T. (2000). Attributes of public and private cotton breeding programs. *Journal of Cotton Science*, 4 (2), 130-136.
- Çetin, M.D., & Güvercin, R.Ş. (2022). Comparison of yield and fiber properties by correlation, biplot and cluster analysis in some cotton (*Gossypium hirsutum* L.) hybrids. *Romanian Agricultural Research*, 39, 205-220.
- Clement, J.D., Constable, G.A., Stiller, W.N., & Liu, S.M. (2015). Early generation selection strategies for breeding better combinations of cotton yield and fibre quality. *Field Crops Research*, 172, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.11.009>
- Cole, C.B., Bowman, D.T., Bourland, F.M., Caldwell, W.D., Campbell, B.T., Fraser, D.E., & Weaver, D.B. (2009). Impact of heterozygosity and heterogeneity on cotton lint yield stability. *Crop Science*, 49 (5), 1577-1585. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.08.0450>
- Constable, G.A., & Bange, M.P. (2015). The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research*, 182, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.017>
- Desalegn, Z. (2016). High ginning out turn and the improvement of Ethiopian cotton production. In *World Cotton Research Conference-6Goiânia-Goiás, Brazil* (pp. 2-6).
- Echekwu, C.A. (2001). Correlations and correlated responses in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Tropicultura*, 19 (4), 210-212.
- Hannachi, A., Fellahi, Z., Rabti, B., Guendouz, A., & Bouzerzour, H. (2017). Combining ability and gene action estimates for some yield attributes in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9 (3), 1519-1534. <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i3.17>
- Jones, D.G., & Smith, C.W. (2006). Early generation testing in upland cotton. *Crop Science*, 46 (1), 1-5. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0517>
- Kamburova, V., Salakhutdinov, I., & Abdurakhmonov, I.Y. (2022). Cotton breeding in the view of abiotic and biotic stresses: challenges and perspectives. In Y. I. Abdurakhmonov (Ed.), *Cotton*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104761>
- Kumar, S.V., Kumar, M., Singh, V., Sheokand, R.N., & Kumar, P. (2020). Regression analysis and inter generation trait association in F3 and F4 generation of wheat. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 11 (1), 45-53.
- Lungu, D.M., Kaltsikes, P.J., & Larter, E.N. (1990). Intra-and intergeneration relationships among yield, its components and other related characteristics in spring wheat. *Euphytica*, 45, 139-153. <https://doi.org/10.1007/BF00033281>
- Malik, T.A. (2018). Correlation for economic traits in upland cotton. *Acta Scientific Agriculture*, 2 (10), 59-62.
- Meredith Jr, W.R. (1979). Inbreeding depression of selected F₃ cotton progenies¹. *Crop Science*, 19 (1), 86-88. <https://doi.org/10.2135/cropsci1979.0011183X001900010020x>
- Monisha, K., Premalatha, N., Sakthivel, N., & Kumar, M. (2018). Genetic variability and correlation studies in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9 (3), 1053-1059.

- Nawaz, S., Malik, T.A., Ahmad, F., & Imran, H.M. (2019). Correlation of some morphological traits in upland cotton (*G. hirsutum* L.). *International Journal of Scientific & Research Publications (IJSRP)*, 9 (3), 144-147. <http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.9.03.2019.p8725>
- Patil, A.E., Deosarkar, D.B., & Kalyankar, S.V. (2017). Impact of genotype x environment interaction on the heterosis and stability for seed-cotton yield on heterozygous and homozygous genotypes in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 77 (01), 119-125. <https://doi.org/10.5958/0975-6906.2017.00016.0>
- Percy, R.G. (2003). Comparison of bulk F₂ performance testing and pedigree selection in thirty pima cotton populations. *Journal of Cotton Science*, 7, 170-178.
- Preetha, S., & Raveendren, T.S. (2008). Genetic appraisal of yield and fibre quality traits in cotton using interspecific F₂, F₃ and F₄ population. *International Journal of Integrative Biology*, 3 (2), 136-142.
- R Studio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA; 2020. Available from: <http://www.rstudio.com/32>
- Rao, P.J.M., & Gopinath, M. (2013). Association analysis of yield and fibre quality characters in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7 (8), 787-790.
- Rasheed, A., Haidar, S., & Hameed, A. (2020). Establishment of selection criteria for fibre quality characters in segregating F₄ and F₅ generations of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 52 (5), 1777-1783. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-5\(23\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-5(23))
- Rathinavel, K., Kavitha, H., & Priyadharshini, C. (2017). Assessment of genetic variability and correlation analysis of seed and seed cotton yield attributing traits of tetraploid cotton genotypes (*G. hirsutum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8 (4), 1275-1283.
- Rauf, S., Khan, T.M., Sadaqat, H.A., & Khan, A.I. (2004). Correlation and path coefficient analysis of yield components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Agriculture & Biology*, 6 (4), 686-688.
- Reis, M.C., Cardoso, D.B.O., Silva Júnior, E.G., Gomes, B.C., Pereira, L.T.G., Gomes, D.A., & Sousa, L.B. (2017). Correlation among traits as criterion of cotton genotypes indirect selection. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3), 1-9.
- Saha, S., Wu, J., Jenkins, J.N., McCarty Jr, J.C., Gutierrez, O.A., Stelly, D.M., Percy, R.G., & Raska, D.A. (2004). Effect of chromosome substitutions from *Gossypium barbadense* L. 3-79 into *G. hirsutum* L. TM-1 on agronomic and fiber traits. *Journal of Cotton Science*, 8, 162-169.
- Salahuddin, S., Abro, S., Rehman, A., & Iqbal, K. (2010). Correlation analysis of seed cotton yield with some quantitative traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42 (6), 3799-3805.
- Schloerke, B., Crowley, J., Cook, D., Briatte, F., Marbach, M., Thoen, E., Elberg, A., & Larmarange, J. (2018). Package 'ggally'. Extension to 'ggplot2', 713. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/GGally/index.html>
- Shruti, Sowmya, H.C., Nidagundi, J.M., Lokesh, R., Arunkumar, B., & Murthy, S.M. (2020). Correlation and path coefficient analysis for seed cotton yield, yield attributing and fibre quality traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9 (2), 200-207. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.902.025>
- Snider, J.L., Collins, G.D., Whitaker, J., Chapman, K.D., & Horn, P. (2016). The impact of seed size and chemical composition on seedling vigor, yield, and fiber quality of cotton in five production environments. *Field Crops Research*, 193, 186-195. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.05.002>
- Soliman, A.M., Elshamy, A.I., & Mahmoud, B.A. (2023). Response to selection for lint yield in F₂ and F₃ populations of Egyptian cotton hybrid. *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 27 (2), 247-268. <https://doi.org/10.12816/ejpb.2023.314390>
- Soomro, Z.A., Larik, A.S., Kumbhar, M.B., Khan, N.U., & Panhwar, N.A. (2008). Correlation and path analysis in hybrid cotton. *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, 40 (1), 49-56.

- Worley, S., Culp, T.W., & Harrell, D.C. (1974). The relative contributions of yield components to lint yield of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Euphytica*, 23 (2), 399-403. <https://doi.org/10.1007/BF00035885>
- Wynne, J.C., & Gregory, W.C. (1981). Peanut breeding. *Advances in Agronomy*, 34, 39-72. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60884-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60884-6)
- Yadav, S., Singh, V., Yashveer, S., & Kumar, M. (2020). Regression analysis, heritability and inter-generation correlation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*, 8 (4), 306-312. <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.8240>
- Yang, Z., Gao, C., Zhang, Y., Yan, Q., Hu, W., Yang, L., Wang, Z., & Li, F. (2023). Recent progression and future perspectives in cotton genomic breeding. *Journal of Integrative Plant Biology*, 65 (2), 548-569. <https://doi.org/10.1111/jipb.13388>
- Yaqoob, M., Fiaz, S., & Ijaz, B. (2016). Correlation analysis for yield and fiber quality traits in upland cotton. *Communications in Plant Sciences*, 6 (3-4), 55-60.
- Zhang, J., Percy, R.G., & McCarty, J.C. (2014). Introgression genetics and breeding between Upland and Pima cotton: A review. *Euphytica*, 198, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1094-4>

Analysis of net farm income and constraints faced by okra farmers, North West, Nigeria

Kuzey Batı, Nijerya'daki bamya çiftçilerinin karşılaştığı net çiftlik geliri ve kısıtlamaların analizi

Olugbenga Omotayo ALABI¹, Ibrahim MAHARAZU², Adam Abubakar MOHAMMED¹, Akeem Olusola AJIBOLA¹, Adem OCHENI³

¹University of Abuja, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Gwagwalada-Abuja, Nigeria.

²Kaduna State University (KASU), Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Kaduna State, Nigeria.

³University of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Makurdi, Benue State, Nigeria.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 11.12.2024 Accepted / Kabul: 11.02.2025 Keywords: Net Farm Income Constraints Okra Producers Kendall's Coefficient of Concordance North West Nigeria Anahtar Kelimeler: Beklentiler Kısıtlamalar Bamya Üreticileri Kendall'in Uyum Katsayısı Kuzey Batı Nijerya ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Olugbenga Omotayo ALABI omotayoalabi@yahoo.com Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	This study analyzed the net farm income and constraints faced by okra farmers, in North West, Nigeria. A multi-stage sampling technique was utilized. In the fourth-stage, a proportional and random sampling technique was employed to select 200 okra producers. Primary data were used for this study. The data were evaluated using descriptive statistics, farm budgeting techniques, and Kendall's concordance of statistics. The mean age of respondents was 47 years. The total variable cost (TVC) in okra farming was calculated at 331878.61 Naira per hectare, accounting for 82.97% of the total cost. Similarly, the total fixed cost (TFC) was calculated at 68141.04 Naira per hectare, accounting for 17.03% of the total cost. The gross margin (GM) and net farm income(NFI) were estimated at 688141.39 and 620000.35 Naira per hectare, respectively. This means that okra farming is profitable. The RORI (rate of return on investment) or (return per Naira invested) in okra farming was estimated at 1.55. This implies that for every one Naira invested into okra farming, approximately 1.55 Naira is made as revenue. The high cost of fertilizer had the highest average rank score of 10.88 among the constraints faced by okra producers, while the high transportation cost had the lowest average rank score of 6.79. Credit should be provided to okra farmers at the single interest rate, devoid of cumbersome administrative procedures. ÖZET Bu çalışmada, Kuzey Batı, Nijerya'daki bamya çiftçilerinin karşılaştığı net çiftlik gelirini ve kısıtlamaları analiz edilmiştir. Çok aşamalı örnekleme tekniği kullanılmıştır. Dördüncü aşamada 200 bamya üreticisini seçmek için orantılı ve tesadüfi örnekleme tekniği uygulandı. Bu çalışma için birincil veriler kullanılmıştır. Veriler tanımlayıcı istatistikler, çiftlik bütçeleme tekniği ve Kendall'in uyum istatistikleri kullanılarak değerlendirildi. Ankete katılanların yaş ortalaması 47 idi. Bamya yetiştiriciliğinde toplam değişken maliyet (TVC) hektar başına 331878.61 Naira olarak hesaplandı ve bu, toplam maliyetin %82.97'sini oluşturdu. Benzer şekilde toplam sabit maliyet (TFC) hektar başına 68141.04 Naira olarak hesaplandı ve bu toplam maliyetin %17.03'ünü oluşturuyordu. Brüt kar marjı (GM) ve net çiftlik gelirinin (NFI) sırasıyla hektar başına 688141.39 ve 620000.35 Naira olduğu tahmin edildi. Bu da bamya çiftçiliğinin karlı olduğu anlamına geliyor. Bamya çiftçiliğinde RORI (yatırım getirisi oranı) veya (yatırım yapılan Naira başına getiri) 1.55 olarak tahmin edildi. Bu, Naira'nın bamya çiftçiliğine yaptığı her yatırım için yaklaşık 1.55 Naira gelir elde edildiği anlamına geliyor. Bamya üreticilerinin karşılaştıkları kısıtlar arasında en yüksek ortalama sıralama puanı 10,88 ile gübre maliyetinin yüksek olduğu, en düşük sıralama puanının ise 6.79 ile yüksek nakliye maliyeti olduğu görüldü. Bamya çiftçilerine hantal idari prosedürlerinden arındırılmış, tek faiz oranıyla kredi sağlanmalıdır.
Cite/Atıf	Alabi, O.O., Maharazu, I., Mohammed, A.A., Ajibola, A.O., & Ocheni, A. (2025). Analysis of net farm income and constraints faced by okra farmers, North West, Nigeria. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 226-236. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1599662

INTRODUCTION

Okra (*Abelmoschus esculentus*) is the most significant vegetable crop commonly grown in the tropics for human consumption (Babatunde et al., 2007). The okra and other vegetables are among the stable food items whose farming has continued to increase in most countries across the globe (Udoh & Akpan, 2007). The okra fruit can be eaten in processed form, in a cooked form or may be eaten in raw form (Adiaha, 2017). Okra plays a meaningful role in the economy of a nation, in addition to its contribution to dietary and nutritional role. The fresh okra fruits are a good source of vitamins, plant protein, and minerals (Eke et al., 2008). Okra farming is a good source of income and employment for small and limited resource farmers (Ndaeyo et al., 2007). Okra farming serves as a source of earnings for marketers, labourers, and producers (Alimi, 2004). Okra farming as a small-scale activity can financially equip the producers especially those with limited access to land, with little capital and those working under labour constraints. The cash provided by okra farming contributes greatly to food security at the household status and it helps the producers to attain a degree of self-reliance within the budget of the family (Osalusi et al., 2019). According to Tegar et al. (2018) the economic return of vegetables such as okra is preferable to any other crops, the output per unit area is high, it leads to the generation of income, expands employment and it's a preferable choice of crop diversification because if properly managed can produce high productivity and much higher returns per a unit area.

The previous studies of Kshash and Oda (2022) evaluated economics of okra production in Al-Qasim District, Babylon Province, Iraq. A random sampling approach was used to select 120 okra farmers. The result shows that approximately 47% of okra farmers were within the age bracket of 30 – 45 years. The overall average returns and profit per hectare of okra farming varied with farm size, but okra farming was profitable. Medium farms (655 \$ ha⁻¹) had the highest profit followed by large farms (4837 \$ ha⁻¹) and small farms (3358 \$ ha⁻¹).

The study of Vikesh et al. (2018) analyzed economics of cost and return of okra in Middle Gujarat. A multi-stage sampling approach was adopted to select a total of 120 okra growers. The result shows that out of the total cost of cultivation, maximum share was of cost of seed (15.40%) followed by human labour (14.96%), manure (11.22%), plant protection chemicals (10.29%), fertilizer (9.54%), tractor charges (5.33%), irrigation cost (1.25%), depreciation (1.24%), looking to the cost, return and input-output ratio, it is concluded that okra cultivation was profitable vegetable crop in middle Gujarat condition.

The studies of Radhi and Barbaz (2021) investigated economics of okra production functions in Nineveh Governorate. A random sampling approach was used to select 100 okra farmers, Cobb-Douglas production function was used. The result shows that the productivity elasticity of capital was 0.88, which is positive value, and is higher than the productivity of elasticity of the labour resource which amounted to about 0.158, which signifies that the production of the crop depends greatly on the provision of capital. The farmers use extensively the technology represented by seeds, fertilizer, and pesticides. The return to capacity in the estimated production function, the total output elasticity, which is the sum of the production elasticities of the productive suppliers amounted to 1.046 which is greater than one, this indicates an increase in the return to capacity, this is an evidence that they are working within the first stage of the production process, this enhances the possibility of expanding the cultivation of the crop.

Table 1 shows the okra production and planting area in Nigeria and the world within the period of 2012 to 2023. Nigeria in 2021, 2022, and 2023 produced approximately 1803030 tons, 1844242.17 tons, and 1874730.35 tons of okra, which represents 17.06 % , 16.42%, and 16.26% of the world output, respectively (Figure 1). Similarly, in Nigeria, the okra area in 2021, 2022, and 2023 approximately 1567439 hectares, 1793831 hectares, and 2043104 hectares, respectively (Figure 2). The world output of okra in 2021 , 2022 and 2023 approximately 10713521.45 tons, 112326577.08 tons, and 11523291.49 tons, respectively (Figure 1). The world area of okra in 2021, 2022 and 2023 approximately 2492950 hectares, 2682813 hectares, and 2949566 hectares, respectively (Figure 2) (FAO,

2025). The major okra producing countries in the world is shown in Figure 3. India, Nigeria, and Mali produces approximately 7158000 tons, 1874730 tons, and 759511 tons of okra, and occupies the first, second, and third position, respectively in terms of world ranking. Okra productivity and profitability in Nigeria are low due to traditional farming methods, land fragmentation, poor irrigation facilities, non-availability of credit, mis-use of modern agricultural technology, and the impact of climate change (Chandio et al., 2017). According to Kshash and Oda (2022), vegetables such as okra farming are the most remunerative agricultural activity for marginal and small farmers, it is the main source of farm income for limited and small resource farmers. There is an increased demand for vegetable crops such as okra, with increased demand, there is low productivity due to the constraints faced by okra farmers, inefficient use of availability, and difficulty in obtaining economic resources. According to Nwaobiala and Ogbonna (2014) okra farming has been widely practiced because of its significance to economic development and can be seen in almost every market in Nigeria. Alimi (2005) reported that the highest ranked constraints to okra farming were high perishability during the rainy which is the peak season, low output prices, moisture stress, and lack of cultivable farmland in the dry season. According to Farinde et al. (2006) who documented that there are two different seasons for okra farming, the rainy and dry seasons. During the dry season, the okra fruits are low in quantities, expensive and scarce. In the peak season, the rainy season, it is produced in large quantities. Bamire and Oke (2003) noted that the output was higher during the peak rainy season, while the higher total revenue was obtained under the dry season conditions.

Table 1. Okra production and planting area in Nigeria and the world between 2012 and 2023

Çizelge 1. 2012-2023 yılları arasında Nijerya ve dünyada bamya üretim ve ekim alanı

Year	Okra Production in Nigeria (tons)	Okra Production in the World (tons)	Okra Area in Nigeria (ha)	Okra Planting Area in the World (ha)
2023	1874730.35	11523291.49	2043104	2949566
2022	1844242.17	11236577.08	1793831	2682813
2021	1803030	10713521.45	1567439	2492950
2020	1758180	10591363.31	1473150	2429741
2019	1718170	10010556.05	1430860	2385942
2018	1682120	9640340.53	1395130	2312258
2017	1561900	9267352	1301600	2161508
2016	1461600	8936340.52	1338600	2212108
2015	2067900	9331024.19	1859900	2729331
2014	2039500	9890209.51	1095400	1884605
2013	1886200	9741237.81	1089800	1870429
2012	1999200	9790560.93	1060200	1831366

Source: FAO (2025)

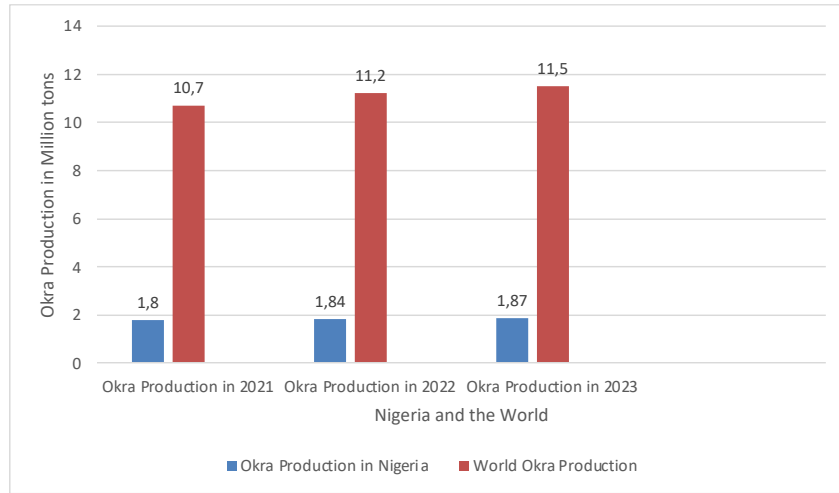


Figure 1. The okra production in Nigeria and the world

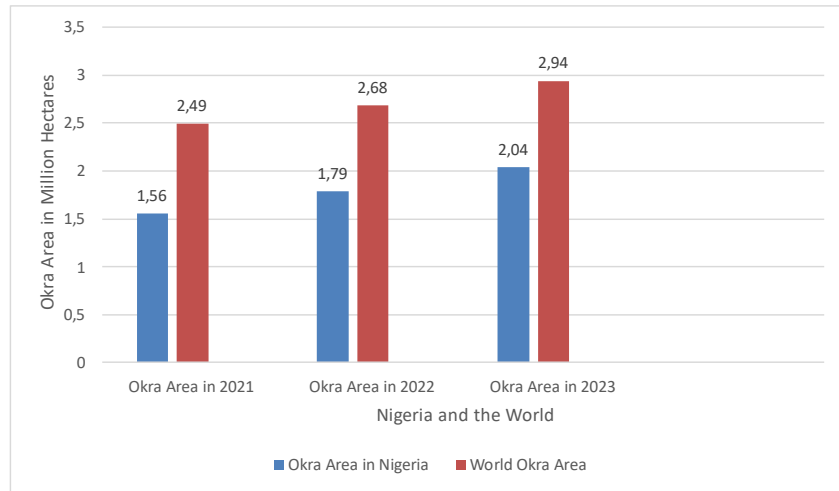
Şekil 1. Nijerya ve dünyada bamya üretimi

Figure 2. The okra area in Nigeria and the world (2023)

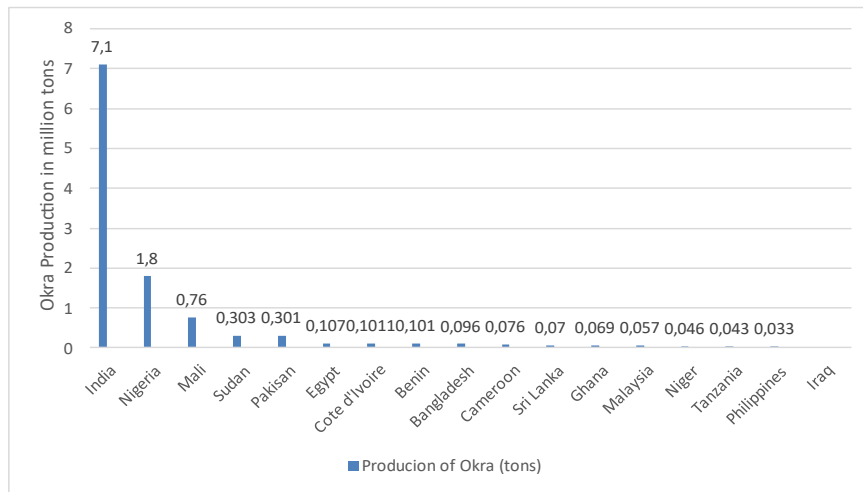
Şekil 2. Nijerya ve dünyada bamya alanı (2023)

Figure 3. The major okra producing countries in the world

Şekil 3. Dünyada bamya üreten başlıca ülkeler

Objectives of the study

The major aim of the research is to analyzed the net farm income and constraints faced by okra farmers in North West, Nigeria. Specifically, the objectives include to:

- (i) describe the socio-economic profiles of okra producers,
- (ii) evaluate the net farm income and hence the profitability of okra farming, and
- (iii) determine the constraints faced by okra producers.

MATERIALS and METHODS

This study was carried out in North West which consists of Kano and Kaduna States, Nigeria. The sample frame of okra producers approximates 400 respondents. This study employed a multi-stage sampling method. The fourth-stage of the multi-stage sampling technique employed the use of proportionate and random sampling techniques to select the total sample number of okra producers which approximates 200 respondents. This comprise 100 smallholder okra producers each from Kano and Kaduna States, respectively. Primary sources of data were used based on a well-designed questionnaire that was subjected to a reliability and validity test. This sample number was evaluated based on the established formula of Yamane (1967) as follows:

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} = \frac{400}{1+400(0.05^2)} = 200 \quad (1)$$

Where,

n = The Sample Number

N = The Total Number of Okra Producers (Number for the 2 States)

e = 5%

The data obtained were evaluated using descriptive statistics, farm budgeting techniques, and Kendall's coefficient of concordance.

Farm budgetary technique

Gross Margin Analysis is one of the farm budgetary methods and it can be explained as the difference between the gross farm income (GFI) and total variable cost (TVC):

$$GM = \sum_{i=1}^n P_i Q_i - \sum_{j=1}^n P_j X_j \quad (2)$$

$$GM = TR - TVC \quad (3)$$

Where,

GM means the Gross Margin (₦)

TR means the Total Revenue (₦)

TVC is the Total Variable Cost (₦)

NFI = Gross Margin (GM) – Total Fixed Cost (TFC)

$$NFI = \sum_{i=1}^n P_i Q_i - \sum_{j=1}^n P_j X_j - K \quad (4)$$

Where,

NFI = Net Farm Income measured in Naira

GM= Gross Margin measured in Naira

P_i = Price of Okra Output i^{th} ₦/Kg

Q_i = Quantity of Okra Output i^{th} (Kg)

P_j = Price of Input j^{th} (₦/Kg)

X_j = Quantity of Input j^{th} used (Kg)

K = Total Fixed Cost (TFC)

Depreciation of assets

The straight line depreciation method is specified as:

$$D = \frac{P-S}{N} \quad (5)$$

Where,

D= Depreciation of Farm Production Assets (Naira)

P= Purchase Cost of Farm Asset (Naira)

S means the Salvage Value of Farm Asset (Naira)

N means the Number of Years of the life span of the Farm Asset (Years)

Financial analysis

The formula of Gross Margin Ratio (GMR) is stated as:

$$GMR = \frac{\text{Gross Margin}}{\text{Total Revenue}} = \frac{GM}{TR} \quad (6)$$

The operating ratio (OR) is defined thus:

$$OR = \frac{TVC}{GI} \quad (7)$$

Where, OR is the Operating Ratio (Units); TVC means the Total Variable Cost (Naira); GI is the Gross Income in Naira.

The rate of return invested per naira is stated thus;

$$RORI = \frac{NI}{TC} \quad (8)$$

Where, RORI means the Rate of Return per Naira Invested (Units); NI is the Net income from Okra Farming in Naira; TC is the Total Cost in Naira.

Kendalls' coefficient of concordance (W)

Kendalls' Coefficient or statistics of Concordance (W) is stated below:

$$W = \frac{12S}{M^3(n^3-n)-MT} \quad (9)$$

Where,

n = Number of Attributes or Objects that is Evaluated by Respondents

m = Number of Respondents

S = Sum Overall Subjects

T = Correction Factor estimated for Tied Ranks

$$T = \sum_{k=1}^g (t_k^3 - t_k) \quad (10)$$

Where,

t_k = Number for Tied Ranks for each (k) in 'g' Groups of Ties

Friedmans' Chi Square (χ^2)

$$\chi^2 = m(n-1)W \quad (11)$$

RESULTS and DISCUSSIONS**Socio-economic profiles of okra producers**

The summary profile of okra producers is presented in Table 2. About 94% of okra producers were married. On average, the okra producers were 47 years of age. This shows that they are young, strong, energetic, and resourceful. This relates to the fact that they will be able to adopt innovations, research findings, and new farm technologies. This result is similar to the outcome of Ekunwe et al. (2018) who obtained an average age of 48 years among okra producers in Delta State in Nigeria.

Table 2. Summary profiles of okra producers

Çizelge 2. Summary profiles of okra producers

Variables	Unit of Measurement	$\bar{X}_i$	SD
Marital Status	Married, 1; Otherwise, 0	0.94	0.48
Age	Years	47	9.17
Sex	Male, 1; Otherwise, 0	0.81	0.36
Farm Size	Hectare	1.17	0.42
Household Size	Number	9	3.22
Formal Education	Years	12	3.17
Member of Cooperatives	Member, 1; Otherwise, 0	0.82	0.43
Farming Experience	Years	12	4.01

Source: Field Survey (2024)

The result agrees with the outcome of Alabi et al. (2023) who obtained an average of 46 years among okra farmers in Kaduna state, Nigeria. Approximately 81% of okra producers were male, while 19% of okra producers were female. The okra producers were small-scale farmers with a mean farm size of 1.17 hectares of farm land. This result is similar to the outcome of Nwaobiala and Ogbonna (2014) who obtained an average farm size of 1.07 hectares among okra producers in Enugu state, Nigeria. The household size was estimated at an average of 9 people (SD = 3.22) per household. This outcome agrees with the result of Ume at al. (2018) who obtained an average of 6 people per household among okra farmers south east, Nigeria. The okra producers are literate, and can read and write with an average of 12 years of attending school education. Approximately 82% (SD = 0.43) are members of cooperative organizations, this enables them to share ideas and information, access credit, and sell their okra produce in bulk. They had about 12 years' of experience in okra farming. This result is similar to the outcome of Ekunwe et al. (2018) who obtained an average farming experience of 20 years among okra producers in Delta State, Nigeria.

Analysis of net farm income and profitability of okra farming

The net farm income and profitability in okra cultivation calculated by cost and return analyses approximated by the farm budgeting technique in okra cultivation are shown in Table 3. The various costs spent and revenue obtained in okra farming were based on the current market survey. The total variable cost (TVC) was evaluated at 331878.61 Naira per hectare and this included 82.97% of the total cost. The total fixed cost (TFC) was evaluated at 68141.04 Naira per hectare, and this included for 17.03% of the total cost. The total cost is the addition of the TVC and the TFC, and this was estimated at 400019.65 Naira per hectare. The GM and NFI in okra production were estimated at 688141.39 Naira and 620000.35 Naira, respectively. This shows that the okra production in the area was profitable. The GMR and RORI were calculated at 0.674 and 1.55, respectively. The GMR of 0.674 shows that for every one Naira invested in okra farming, approximately 67 Kobo covered interest, profits, depreciation, and other expenses (marketing and administrative costs). This can be further explained to mean that the okra farmers retained 67.4% after accounting for the production cost. That implies that 67.4 % of each Naira earned in okra farming contributes to covering other expenses and generating net profit. The RORI or return per Naira invested in okra farming was estimated at 1.55. This means that for every Naira invested into okra farming, approximately 1.55 Naira is made as revenue, that is 0.55 Naira is realized as profit. This result is similar to the outcome of Alabi et al. (2023) who obtained a gross margin ratio (GMR) of 0.86 Naira among okra farmers in Kaduna State, Nigeria. This result is similar to outcome of Ekunwe et al. (2018) who obtained a return on investment of 2.03 among okra farmers in Delta State, Nigeria.

Table 3. The estimation of costs and returns in okra farming per hectare

Çizelge 3. Bamya yetiştiriciliğinde hektar başına maliyet ve getiri tahmini

Items	Kg	Value (Naira)	Percentage of TC
Quantity (1.0 tons)	1,000		
Price per Kg		1,020.02	
Total Revenue		1,020,020	
Total Variable Cost (TVC)		331,878.61	82.97
Depreciated Cost, Total Fixed Cost (TFC)		68,141.04	17.03
Total Cost (TFC + TVC)		400,019.65	100.00
Gross Margin (GM)		688,141.39	
Net Farm Income (NFI)		620,000.35	
Gross Margin Ratio (GMR)		0.674	
Operating Ratio		0.33	
Rate of Return on Investment (RORI)		1.55	

Source: Field Survey (2024), 100 Naira = 1 USA \$

The constraints faced by okra producers

Kendall's statistics of concordance were utilized to explain the constraints faced by okra producers. The constraints were ranked from strongly agree to the least strongly disagree using numerals 1 to 13 as shown in Table 4. The average rank score for each constraint was computed and the constraints with the highest average rank score were considered the first, while the constraints with the lowest mean score were considered the least. The high cost of fertilizer was considered the highest rank, while the transportation cost was considered the lowest rank. The result further signifies that there were significant differences between the ranks of constraints which were tested at a 1% level of probability. Therefore, the null-hypothesis (there is no significant difference among the constraints faced by okra farmers) was rejected and the alternative hypothesis was accepted. Kendall's statistics of concordance (W) was estimated at 0.171, while the F-Critical was evaluated at 4.75 and F-Calculated was evaluated at 49.721. This result is similar to the outcomes of Sadiq et al. (2021) who evaluated the constraints faced by rice farmers in Niger State, Nigeria using Kendall's statistics of concordance (W) with an estimated value of 0.701 which was different significantly from zero at 1% probability level. The study agrees to the work of Godambe et al. (2016) who identified the production and marketing constraints facing farmers in Thane District of Maharashtra as high price of seed, non-availability of certified seed, lack of manure, high cost of fertilizer, pesticides, fungicides, non-availability of market information, wide fluctuation in prices, and lack of transportation.

Table 4. The constraints faced by okra

Çizelge 4. Bamyanın karşılaştığı kısıtlamalar

Constraints	Overall Rank	Mean Rank Score
High Cost of Fertilizer	1	10.88
Lack of Credit	2	10.65
Bureaucracy in Accessing Credits	3	10.44
Pests and Diseases	4	9.49
Lack of Improved Seeds	5	8.31
Poor Access to Extension Services	6	8.26
Bad Road Network	7	8.25
High Cost of Labour	8	8.13
Lack of Farm Technologies	9	7.71
Problem of Insecurities	10	7.25
Price Instability	11	6.94
Long Distance to the Market	12	6.91
High Transportation Cost	13	6.79
Number of Observation	200	
Kendall's Coefficient (W)	0.171	
Chi Square	419.21	
df	12	
F-Critical	4.75	
F-Calculated	49.721	
Asymptotic Significance	0.000	

Source: Computed from Field Data (2024)

In conclusion, this study investigated the net farm income and constraints faced by okra producers in North West, Nigeria. A multi-stage sampling method was employed. In the fourth-stage, proportionate and random sampling was employed to select about 200 okra farmers. The total sample frame was 400 respondents. Primary data were used based on a well-designed set of questionnaires. The data were evaluated utilizing descriptive statistics, farm budgeting techniques, and Kendall's statistics of concordance. The result signifies that about 94% of okra producers were married. Approximately, 81% of respondents were male. The mean age was 47 years. The okra producers are small-scale with a mean farm size of 1.17 hectares. The household size was evaluated with an average of 9 people per household. They are literate and can read, and write and have 12 years of attending formal school education. About 82% of respondents belong to members of cooperative organizations, this group enables the okra producers to share ideas, and information and access the formal credit. They have 12 years' of experience in okra farming. The TVC was estimated at 331878.61 Naira per hectare, and this included 82.97% of the total cost. Similarly, the TFC was calculated at 68141.04 Naira per hectare and this included 17.03% of the total cost. The gross margin and net farm income were calculated at 688141.39 Naira and 620000.35 Naira. This means that okra production was profitable. The RORI or return per Naira invested in okra farming was estimated at 1.55. This means that for every one Naira invested into okra farming, approximately 1.55 Naira is made as revenue. Kendall's statistics of concordance (W) utilized to evaluate the constraints faced by okra producers show that the high cost of fertilizer had the highest average score of 10.88, while the high transportation cost had the lowest average score of 6.79. The Chi square value of 419.21 was significantly different from zero, this confirmed the model is of good fit. Based on the outcomes of this research, the following suggestions were made:

- (i) Government and private companies should provide farm inputs such as fertilizer, improved seeds, and agrochemicals to farmers at affordable prices and at appropriate times.
- (ii) Credit policy should be implemented by government and private organizations that will provide credit to okra farmers at the single interest rate, devoid of cumbersome administrative procedures.

(iii) Feeder roads should be constructed for easy transport of okra produce from producing areas to nearby market centers.

(iv) Farm equipment' and labour saving technologies should be made available to okra producers to increase output and income

(v) Extension agents should be employed to disseminate new research outcomes and innovations to okra producers.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

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

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

All author contributed equally for analyses, writing and interpretation of the article. The authors read and approved the final version of the manuscript.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

This article does not require ethical approval as there are no experiments with human or animal subjects.

REFERENCES

- Adiaha, M.S. (2017). Effect of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) on human development and its impact on the economy of farmers in Obubra Rainforest Zone of Nigeria. *World News of Natural Science*, 10, 80-85.
- Alabi, O.O., Anekwe, C.E., Alabuja, F.O., Safugha, G.F., Drisu, T., Aluwong, S.J., & Abdullahi, M. (2023). Technical efficiency and return to scale of okra (*Abelmoschus* species) production among smallholder rural women farmers in Kaduna State, Nigeria. *Nepalese Journal of Agricultural Science*, 24, 31-47.
- Alimi, T. (2004). Use of cultural practices and economic impact of insecticide use, awareness and practices of insecticide safety precaution on okra production. *J. Vegetable Crop Production*, 10 (1), 23-36.
- Alimi, T. (2005). Economic of monocropping okra under tropical conditions during the rainy and dry seasons. *J. Vegetable Sci.*, 11 (1), 19-34.
- Babatunde, R.O., Omotesho, O.A., & Sholotan, O.S. (2007). Socio-economic characteristics and food security status of farming households in Kwara State, North-Central, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutri.*, 6 (1), 16.
- Bamire, A.S., & Oke, J.T. (2003). Profitability of vegetable farming under rainy- and dry-season production in Southwestern Nigeria. *Journal of Vegetable Crop Production*, 9 (2), 11-18. https://doi.org/10.1300/J068v09n02_03
- Chandio, A.A., Jiang, Y., Gessesse, A.I., & Dunya, R. (2017). The nexus of agricultural credit, farm size, and technical efficiency in Sindh, Pakistan: A stochastic production frontier approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (3), 348-354. <https://doi.org/10.1016/jssas.2017.11.001>
- Eke, K.A., Essien, B.A., & Ogbu, J.U. (2008). Determinants of optimum planting time of okra (*Abelmoschus esculentus*) cultivars in the derived savannah. *Proceedings of the 42nd Annual Conference of Agricultural Society of Nigeria (ASN)*, October 19th to 23rd in Ebonyi State University, pp 242-245.
- Ekunwe, P.A., Alufohai, G., & Adolue, C.F. (2018). Economic viability of okra (*Abelmoschus esculentus*) production in Ika South and North East Local Government Areas of Delta State, Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, 17 (1), 57-62.
- FAO (2025). Food and Agriculture Organization of The United Nations, Data Base, Rome, Italy, 2025.
- Farinde, A.J., Owolarafe, O.K., & Ogungbemi O.K. (2006). Assessment of production, processing, marketing and utilization of okra in Egbedore Local Area of Osun State, Nigeria. *Journal of Agronomy*, 5, 342-349.

- Godambe, R.B., Torane, S.R., Talathi, J.M., & Kshirsagar, P.J. (2016). Cost return and profitability of okra in Thane District of Maharashtra. *The Asian Journal of Horticulture*, 11 (1), 14-16.
- Khash, B.H., & Oda, H.K. (2022). Economics of okra production. *Euphrates Journal of Agricultural Sciences*, 14 (2), 12-18.
- Ndaeyo, N.U., Harry, G.I., & Idongesit, W.E. (2007). Growth of *Celosia argentea* L. as Influenced by complementary use of organic and inorganic fertilizers. *Proceedings of the 41st Annual Conference of Agricultural Society of Nigeria (ASN) at Samaru*, Zaria from 22nd – 26th October, pp 62-72.
- Nwaobiala, C.U., & Ogbonna, M.O. (2014). Adoption determinants and profitability analysis of okra farming in Aninri Local Government Area (LGA) of Enugu State Nigeria. *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2 (10), 1-10.
- Osalusi, C.S., Akanni-John, R., Okeke, E.N., & Ogunsola, J.O. (2019). Analysis of the profitability of okra production among smallholder okra farmers in Akinyele Local Government Area, Oyo State, Nigeria. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 50, 1377-1381. <https://doi.org/10.22161/ijeab.45.13>
- Radhi, K.H., & Barbaz, D.S. (2021). Economic analysis of okra (*Hibiscus esculentus* L.) production functions in Nineveh Governorate for year 2019. *2nd Virtual International Scientific Agricultural Conference. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 735, 012039
- Tegar, A., Banafar, K.N.S., Gauraha, A.K., & Chandrakr, M.R. (2018). Estimation of technical and allocative efficiency of okra farm in Bilaspur District of Chhattisgarh State. *International Journal of Agricultural Sciences*, 10 (16), 6956-6960.
- Sadiq, M.S., Singh, I.P., Ahmad, M.M., Yunusa, J.B., & Egba, S.M. (2021). Profitability and constraints of IFAD/VCD rice project among smallholder farmers in Niger State of Nigeria. *Agricultural Socio-Economics Journal*, 21 (3), 199-208.
- Ume, S.I., Ezeano, C.I., Chukwuigwe, O., & Gbughemobi, B.O. (2018). resource use and technical efficiency of okra production among female headed household: Implication for poverty alleviation in the rural areas of South East, Nigeria. *International Journal of Advanced Research and Development*, 3 (2), 1028-1040.
- Udoh, E.J., & Akpan, S.B. (2007). Measuring technical efficiency of waterleaf (*Talinum triangulare*) production in Akwa Ibom State, Nigeria. *America-Eurasian Journal of Agriculture, and Environmental Science*, 5, 522-528.
- Vikesh, R., Jadav, K.S., & Jignesh, M. (2018). Economic analysis of cost and return of okra in Middle Gujarat. *International Journal of Agriculture Sciences*, 10, (20), 7348-7351.
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis*. 2nd Edition., New York: Harper and Row. Pp. 33-50.

Insecticidal efficiency of green-synthesized zinc oxide nanoparticles on bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)

Yeşil sentez ile üretilen çinko oksit nanopartiküllerinin fasulye tohum böceği, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) üzerindeki insektisidal etkinliği

Abdurrahman Sami KOCA¹ , Abdurrahim YILMAZ² 

¹Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bolu, Türkiye.

²Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Bolu, Türkiye.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Recieved / Geliş: 22.11.2024 Accepted / Kabul: 18.02.2025 Keywords: Insecticidal effect ZnO nanoparticles <i>Acanthoscelides obtectus</i> Bio-insecticide Pest management Anahtar Kelimeler: İnsektisidal etki ZnO nanopartikülleri <i>Acanthoscelides obtectus</i> Biyo-insektisit Zararlı yönetimi ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Abdurrahman Sami KOCA a.samikoca@yahoo.com.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	The use of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) as a bio-insecticide has gained increasing attention due to their eco-friendly properties and proven efficacy in controlling pest populations. This study comprehensively assessed the insecticidal activity of ZnO-NPs against the bean weevil, <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) adults, by analyzing mortality rates in a dose-dependent manner under controlled laboratory conditions. ZnO-NPs were synthesized and characterized using Scanning Electron Microscopy (SEM), which confirmed their spherical shape and nanoscale dimensions (~100 nm). Adult mortality was monitored over a 10-day period at doses of 100, 250, 500, 750 and 1000 mg kg⁻¹. The two-way ANOVA results revealed that both dose and exposure duration had significant effects on insect mortality rates. Furthermore, one-way ANOVA showed a significant dose-dependent increase in mortality, with the highest dose (1000 mg kg⁻¹) achieving a corrected mortality rate of 93.3%. These findings underscore the potential of ZnO-NPs as a sustainable alternative to conventional chemical insecticides, particularly for integrated pest management strategies in stored products. Future studies should focus on optimizing control practices in storage facilities and evaluating the long-term effects on non-target organisms and explore various doses and application methods to ensure safe and effective use. ÖZET Çinko oksit nanopartiküllerinin (ZnO-NP) biyo-insektisit olarak kullanımı, çevre dostu özellikleri ve zararlı popülasyonlarının mücadelesinde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu çalışmada, ZnO nanopartiküllerinin fasulye tohum böceği, <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) erginleri üzerindeki insektisidal aktivitesi, kontrollü laboratuvar koşulları altında farklı dozlarda ölüm oranlarının analiz edilmesi yoluyla kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. ZnO nanopartikülleri, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak sentezlenmiş ve karakterize edilmiş, küresel şekilleri ve nanoskaladaki boyutları (~100 nm) doğrulanmıştır. Ergin ölüm oranı, 100, 250, 500, 750 ve 1000 mg kg⁻¹ dozlarında 10 günlük bir süre boyunca izlenmiştir. İki yönlü ANOVA sonuçları, hem dozun hem de maruz kalma süresinin böceklerin ölüm oranı üzerinde anlamlı etkileri olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Tek Yönlü ANOVA ile yapılan istatistiksel analiz, ölüm oranlarında doza bağlı olarak anlamlı bir artış olduğunu göstermiş ve en yüksek dozda (1000 mg kg⁻¹), ölüm oranları %93.3'e ulaşmıştır. Bu bulgular, ZnO nanopartiküllerinin özellikle depolanmış ürünlerde entegre zararlı yönetimi stratejileri için insektisitlere sürdürülebilir bir alternatif olarak önemli potansiyelini vurgulamaktadır. Gelecekteki çalışmalar, depolardaki mücadele uygulamalarını optimize etmeye ve hedef dışı organizmalar üzerindeki uzun vadeli etkileri değerlendirmeye ve farklı doz ve uygulama yöntemlerinin güvenli ve etkili kullanımına yönelik araştırmaların yapılmasına odaklanmalıdır.

Cite/Atrf	Koca, A.S., & Yılmaz, A. (2025). Insecticidal efficiency of green-synthesized zinc oxide nanoparticles on bean weevil, <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say. (Coleoptera: Chrysomelidae). <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 237-250. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1589636
-----------	---

INTRODUCTION

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), belonging to the Fabaceae family, is one of the oldest cultivated legume crops and remains fundamental for millions worldwide due to its highly nutritious seeds (Yeken, 2023; Yılmaz et al., 2023). Renowned for its high fiber, protein, and iron content, dry beans are considered a valuable whole food that significantly contributes to global nutrition (Bouchenak & Lamri-Senhadj, 2013; Kaale et al., 2022). In 2022, global dry bean production exceeded 29.6 million tons, cultivated across approximately 37.5 million hectares (FAO, 2024). In Türkiye, dry bean production surpassed 240.000 tons in 2023, spread over 884.500 decares (TUIK, 2024). Despite advancements in agricultural practices that have improved bean crop yields, significant losses continue to occur during the storage phase (Schoonhoven & Cardona, 1986; Wong-Corral et al., 2013). In many developing regions, on-farm storage systems are widely used to ensure year-round food availability, playing a critical role in household food security (Manandhar et al., 2018; Şener & Kaya, 2022). However, these storage methods are susceptible to post-harvest losses, with estimates indicating up to 15% lost in the field, 13–20% during processing, and 15–25% during storage (Abass et al., 2014). Such losses not only reduce the overall food supply but also compromise its quality, thereby contributing to food insecurity. Insect pests are the leading cause of post-harvest damage in legumes, with reported losses ranging from 30–73% (Mesele et al., 2019; Endshaw & Hiruy, 2020; Chidege et al., 2024).

One of the most notorious pests affecting stored legumes is *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae), commonly known as the bean weevil. This pest poses a significant threat to stored beans globally, particularly due to its destructive feeding behavior within grain warehouses (Şen et al., 2020; Chidege et al., 2024). The bean weevil is widely regarded as the most damaging pest of stored dry beans worldwide, causing extensive damage to grains in storage facilities (Abdel-Baki et al., 2024). Well-adapted to low-humidity environments, the bean weevil primarily infests leguminous grains. Its larvae develop by feeding on the seed cotyledons, burrowing tunnels within the grains that lead to significant structural destruction. Moreover, their rapid population growth can result in severe infestations, causing extensive crop damage within just a few months (Abdel-Baki et al., 2024). Eggs are often concealed within stored grains or on fresh green beans in agricultural fields. Adult weevils, which are capable of flying, enter storage facilities to initiate infestations. Their rapid population growth can result in severe infestations, causing extensive crop damage within just a few months (Paul et al., 2009; Jevremović et al., 2019).

The control of *A. obtectus* in storage facilities continues to rely heavily on synthetic insecticides. Chemicals such as phosphine, ethyl formate, sulfuryl fluoride, carbonyl sulfide, organophosphates, and pyrethroids remain the primary methods for managing bean weevil populations (Mohapatra et al., 2015). However, concerns regarding the environmental impact, potential health risks, and the development of insect resistance to these chemical treatments have spurred interest in alternative pest management strategies (Sertkaya et al., 2010; Koca and Yılmaz, 2025). Researchers are increasingly exploring eco-friendly approaches as sustainable alternatives (Regnault-Roger et al., 2012; Sertkaya, 2013; Kaya et al., 2018; Damalas & Koutroubas, 2020).

The pursuit of sustainable agriculture has accelerated in recent years, reflecting a growing global awareness of the necessity to balance food production with environmental preservation and human health protection (Yılmaz and Yılmaz, 2025). In line with these efforts, nanoparticles have emerged as a promising alternative to conventional insecticides, offering eco-friendly and safe strategies for controlling stored grain pests (Subramanyam & Roesli, 2000; Debnath et al., 2011; Raduw & Mohammed, 2020). Over the past decade, their application of nanoparticles in pest management has expanded significantly (Ziaee & Ganji, 2016). Various nanoparticles, including zinc oxide

(ZnO), silicon oxide (SiO₂), silver nanoparticles (Ag-NPs), and aluminum oxide (Al₂O₃), have been commercially developed as effective pest and disease control agents on various crops (Şahin et al., 2021; Şahin et al., 2022; Soyly et al., 2022). Nanoparticles enter insects through physical contact, ingestion, and inhalation. Upon contact, they penetrate the exoskeleton and bind to sulfur-containing proteins or phosphorus in DNA, causing organelles and enzyme denaturation, ultimately leading to cellular disintegration and insect mortality (Abd-El Salam and Prasad, 2018). Their high surface area-to-volume ratio enables nanoparticles to easily pass through insect cell membranes, causing significant internal damage (Alisha & Thangapandian, 2019). Additionally, nanoparticles often disrupt the lipid layer of the insect cuticle, leading to water loss and desiccation, which is a critical mechanism responsible for insect mortality in stored grain pest control (Athanasios et al., 2018; Anandhi et al., 2020). Beyond physical disruption, nanoparticles exert various physiological and behavioral effects on stored grain insects, including toxic, antifeedant, repellent, and fecundity-reducing properties (Owolade et al., 2008). Most nanoparticles exhibit low toxicity to mammals while demonstrating high efficacy against a broad spectrum of insect pests, particularly those affecting stored products (Resham et al., 2015; Kithierian, 2017). Various nanoparticle formulations have been commercially developed and registered globally, allowing direct application to commodities (Mandal, 2019). Importantly, these nanoparticles do not adversely affect the milling, malting, or baking qualities of treated grains, and they can be easily removed through processes such as sieving, brushing, or washing (Korunic et al., 1996). The insecticidal potential of nanoparticles against stored grain pests has been extensively studied worldwide. Studies have shown that silicon oxide nanoparticles (SNPs) and nanostructured alumina exhibit high toxicity against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae) (Debnath et al., 2011; Stadler et al., 2012). Similarly, SNPs and zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) have proven highly effective against both larvae and adults of *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae), achieving up to 100% mortality within two weeks of application (Rouhani et al., 2019). Further research has shown ZnO-NPs causing mortality rates of 88.3%, 100%, and 38.3% against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae), *S. oryzae*, and *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae), respectively (Haroun et al., 2020). More recently, SNPs, aluminum oxide nanoparticles (ANPs), and ZnO-NPs have also demonstrated significant efficacy against *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) in barley and wheat (Raduw and Mohammed, 2020). This study aimed to evaluate the insecticidal efficacy of ZnO-NPs against adult *A. obtectus*, with the objective of contributing to the development of alternative, environmentally friendly pest management strategies. By investigating the potential of ZnO-NPs as a control agent, present research seeks to reduce reliance on chemical pesticides and provide sustainable solutions for protecting stored grains from infestation. The findings could offer valuable insights into nanoparticle-based pest control methods and have broader implications for integrated pest management in agricultural systems.

MATERIALS and METHODS

Insect rearing

The initial population of *A. obtectus* was sourced from small bean-producing farms in Bolu province, Türkiye. To establish laboratory colonies, adults were collected from naturally infested dry beans (Göynük-98 variety) and transferred into 1 L glass jars for egg-laying. Following egg-laying, the emerging colonies were transferred to 3 L glass jars containing dry beans as a food source. The jars were covered with fine mesh to allow ventilation. The colonies were maintained in a controlled environmental chamber at 25 ± 1 °C and 50-60% relative humidity under total darkness. To prevent contamination by other insects, the sterilized bean grains were conserved at 4 °C for approximately one week before use (Hashem et al., 2022). This sterilization process was critical in ensuring that the rearing conditions remained free from external biotic interference, allowing for a more controlled assessment of *A. obtectus* biology and behavior.

Green biosynthesis of ZnO nanoparticles

The biological synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles using sage (*Salvia officinalis* L.) leaves was conducted following the method described by Abomuti et al. (2021). To prepare the aqueous extract, 5.0 g of ground dried sage leaves were placed in a 250 mL beaker containing 200 mL of distilled water. The mixture was heated to 60 °C on a magnetic stirrer for approximately 2 hours. After heating, it was sealed in an airtight container and left to sit overnight. The mixture was then filtered using Whatman No. 1 filter paper and stored in a refrigerator until further analysis.

In a separate step, 100 mL of 0.2 M $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ was added to a 500 mL beaker and stirred at 50 °C for 10 minutes. Then, 100 mL of the preheated aqueous sage extract was gradually added to the zinc nitrate solution while maintaining the temperature. The reaction mixture was continuously stirred for 2 hours to promote the electrostatic interaction between Zn^{2+} ions and the biomolecules present in the leaf extract. This interaction facilitated the nucleation of ZnO nanoparticles, as indicated by a color change of the solution to light yellow, marking the onset of nanoparticle formation.

As the nucleation process progressed, phytochemical constituents in the extract acted as stabilizing agents, allowing the system to reach equilibrium at a low pH (2.0). The pH of the reaction mixture was then gradually adjusted to 12.0 by dropwise addition of freshly prepared 2.0 M NaOH under continuous stirring. During the synthesis at 50°C, the solution gradually developed a pale-yellow precipitate, indicating the successful synthesis of ZnO nanoparticles. The reaction mixture was then centrifuged at 10,000 rpm for 20 minutes to collect the precipitate. The collected material was thoroughly washed several times with ethanol and distilled water to remove any residual impurities or unreacted substances. The purified precipitate was then dried in an oven at 80 °C for 24 hours to ensure complete dehydration. Finally, the dried material was finely ground using a porcelain mortar and stored for further applications.

Bioassay

The efficacy of ZnO-NPs against 24 to 48-hour-old adults of the bean weevil, *A. obtectus*, was evaluated using a contact toxicity assay at doses of 100, 250, 500, 750, and 1000 mg kg^{-1} ZnO-NPs. Sterilized bean grains were mixed with the appropriate amount of ZnO-NPs in 500 ml plastic jars, which were then shaken for 15 minutes to ensure even distribution. To standardize the age of *A. obtectus*, adult males and females (five individuals per jar) were transferred from a stock culture into small plastic jars and allowed to lay eggs for three days. After this period, the adults were removed and the eggs were left to develop. For each ZnO-NP treatment, 10 male and female adult weevils were placed in small plastic screw-capped jars containing 5 g of ZnO-NP-treated bean grains. Five replicates were conducted for each nanoparticle dose. Additionally, five replicates with untreated seeds and 10 adults served as the control. The jars were covered with muslin cloth and maintained at $30 \pm 1^\circ\text{C}$ and $60 \pm 5\%$ RH, under continuous darkness. Insect mortality was recorded on days 1, 3, 5, 7, and 10 after ZnO-NP treatment. Insects were considered dead if no leg or antennal movement was detected upon prodding with an entomological pin. The bioassay methodology was adapted from the studies by Haroun et al. (2020) and Raduw and Mohammed (2020) with some modifications.

Statistical analysis

All experiments were conducted using a completely randomized design with five replicates for each treatment. Mortality (%) was corrected for natural mortality in the control group using Abbott's formula (Abbott, 1925). The cumulative mortality data collected at different time intervals (1, 3, 5, 7, and 10 days) were subjected to arcsine square root transformation to normalize the data. In the first step, a Two-Way ANOVA was performed on the raw cumulative mortality rates to assess the combined effects of both exposure time (days) and ZnO-NP doses on *A. obtectus* mortality. This analysis evaluated the interaction between different doses and time intervals. In the

second step, after applying Abbott's correction, a separate One-Way ANOVA was conducted using only the mortality data from the final day (10th day) to assess the dose-dependent insecticidal efficiency. Means were compared using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test at a 5% significance level ($P < 0.05$). All statistical analyses were performed using SPSS for Windows (SPSS Inc., Illinois, USA).

RESULTS and DISCUSSIONS

Structural characterization of ZnO nanoparticles via scanning electron microscopy

The morphological characterization of ZnO nanoparticles (ZnO-NPs) was performed using Scanning Electron Microscopy (SEM), as shown in Figure 1. The SEM image reveals that the ZnO nanoparticles predominantly exhibit a spherical shape with some degree of agglomeration. The particles appear to be relatively uniform in size, with an average diameter estimated to be approximately 50-80 nm, based on 100 nm scale bar. The high magnification and detailed resolution provided by the SEM analysis confirms that the ZnO-NPs possess nanoscale dimensions, which are critical for their biological activity. The observed agglomeration is likely due to the high surface energy of nanoparticles, which promotes clustering. However, the clusters remain relatively small, ensuring adequate surface area exposure, which enhances their insecticidal activity.

The spherical morphology and nanoscale size of the particles are particularly advantageous for their application as insecticides. The nanoscale dimensions of ZnO nanoparticles enhances surface contact with the insect cuticle, potentially modifying its properties (Rebora, 2023) and facilitating deeper penetration (Meng, 2023). This increased interaction promotes the generation of reactive oxygen species (ROS), leading to oxidative stress, cellular damage, and ultimately, insect mortality (Khooshe-Bast et al., 2016). Additionally, the consistent size distribution of the nanoparticles ensures reproducibility in their insecticidal efficacy.

Overall, the characterization results confirm that the ZnO nanoparticles synthesized in the current study are well-suited for pest control applications, due to their nanoscale size, spherical morphology, and relatively uniform distribution. The nanoscale dimensions and spherical morphology of ZnO nanoparticles likely enhance their insecticidal efficiency by increasing surface contact with the insect cuticle, facilitating better penetration and the generation of reactive oxygen species (ROS). These properties are likely key contributors to the observed mortality rates of *A. obtectus* under different nanoparticle concentrations.

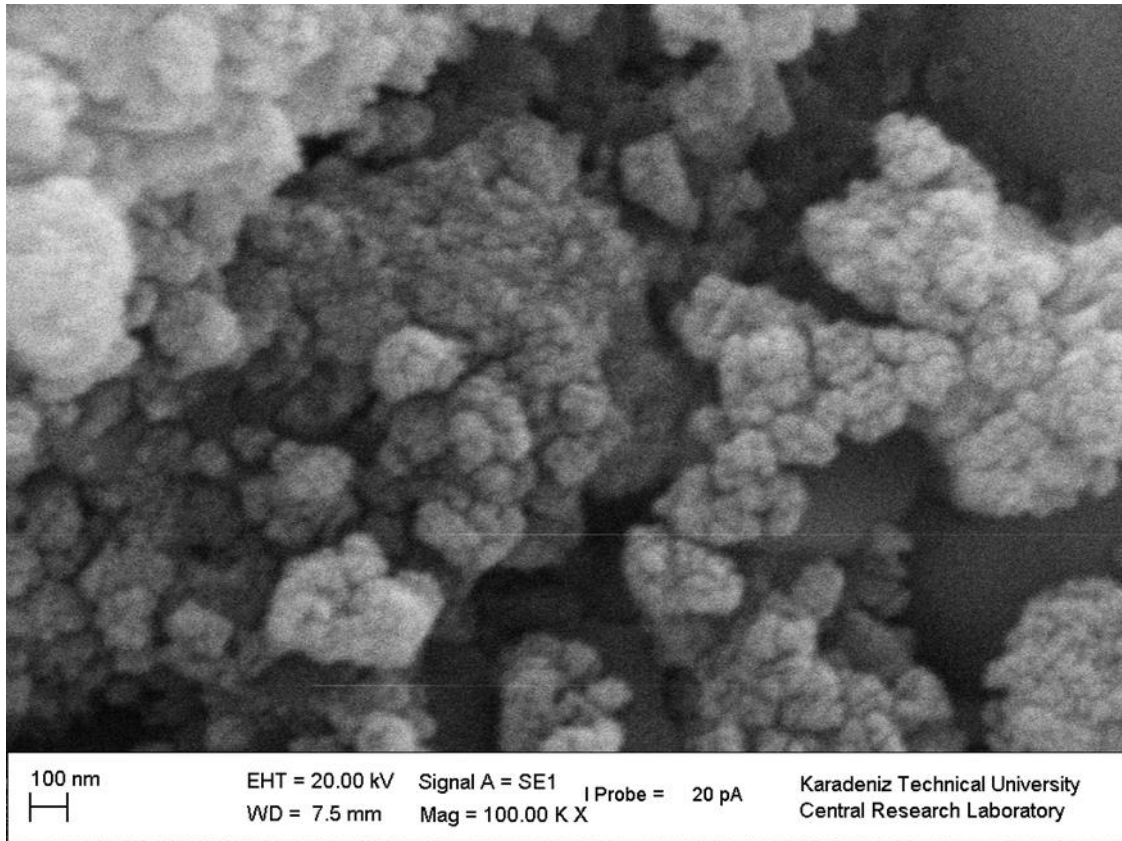


Figure 1. Scanning Electron Microscope (SEM) image of synthesized ZnO nanoparticles
Şekil 1. Sentezlenen ZnO nanopartiküllerinin Taramalı Elektron Mikroskobu görüntüsü

The elemental composition of the green-synthesized ZnO nanoparticles was analyzed using Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), as shown in Figure 2. The results revealed substantial amounts of zinc (Zn), oxygen (O), and nitrogen (N), with weight percentages of 61.30%, 27.14%, and 11.56%, respectively. The high proportion of zinc indicates that the nanoparticles synthesized through the green approach predominantly consist of ZnO, confirming the successful formation of zinc oxide structures. The oxygen content (27.14%) further supports the establishment of ZnO crystals, reflecting efficient bonding between zinc and oxygen atoms during the synthesis process. These results align with previous studies that have demonstrated the effective formation of ZnO using plant-based extracts (Abomuti et al., 2021; Abd El-Latef et al., 2023). The detection of nitrogen at 11.56% is attributed to the $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ solution used during the synthesis of nano iron from sage extract. These nitrogen-containing compounds could enhance the stability of the nanoparticles, potentially increasing their insecticidal activity by providing a protective organic layer on the nanoparticle surface.

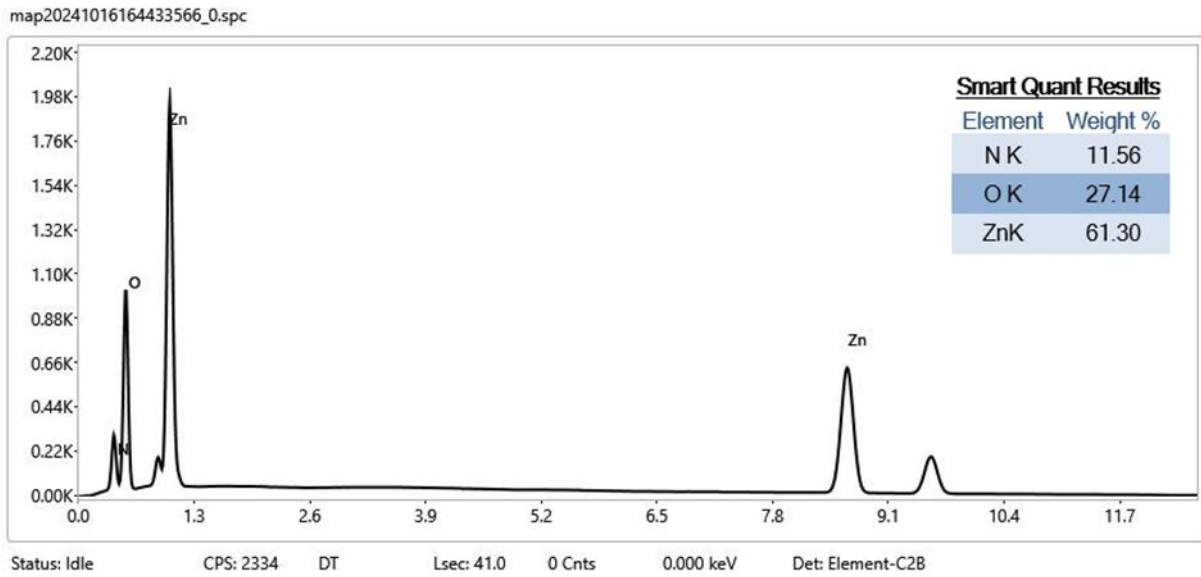


Figure 2. Elemental composition analysis of sage-synthesized ZnO nanoparticles using Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)

Şekil 2. Enerji Dağıtıcı X-ışını Spektroskopisi kullanılarak adaçayından sentezlenen ZnO nanopartiküllerinin element bileşim analizi

Effects of ZnO nanoparticle on bean weevil mortality

The impact of ZnO nanoparticles on the mortality of bean weevil, *A. obtectus*, was statistically analyzed using Two-Way ANOVA and the results are summarized in Table 1. The analysis revealed that both exposure time (days) and dose (ZnO-NP doses) had statistically significant effects on bean weevil mortality rates ($P < 0.0001$). Additionally, a significant interaction between exposure time and doses ($P < 0.0001$) was detected, suggesting that the effectiveness of ZnO-NPs varied across different time points (Table 1). This interaction indicates that mortality rates were influenced by the combined effects of exposure time and nanoparticle concentration, emphasizing the time-dependent and dose-dependent nature of ZnO-NPs' insecticidal activity.

The factor with exposure time demonstrated the most pronounced effect on mortality rates of the weevils, as evidenced by the statistical analysis ($F_{5, 120} = 290.172$, $P < 0.0001$). Mortality percentages increased progressively with increasing exposure times, highlighting the cumulative effect of ZnO-NPs. This result aligns with previous findings, which reported that prolonged exposure to nanoparticles enhances insecticidal efficacy due to increased contact time and accumulation effects (Ziaee & Ganji, 2016; Ahmad et al., 2022). The effective penetration of ZnO-NPs through the insect cuticle and the subsequent increase in mortality rates are attributed to sufficient exposure time. This mechanism is supported by their hydrophobic adhesion properties of ZnO-NPs (Read et al., 2020) and the role of particle size on penetration efficiency (Ibrahim et al., 2022). Therefore, increasing exposure time enhances nanoparticle toxicity, leading to higher mortality rates.

The dose factor significantly influenced the mortality of *A. obtectus*, with higher doses of ZnO-NPs resulting in increased mortality rates. The post-hoc analysis (Tukey HSD test) indicated significant differences among applications, with the highest doses leading to the most pronounced mortality rates by the end of the 10-day period. These findings are consistent with previous studies, which demonstrated that higher doses of nanoparticles induce severe oxidative damage to insect cells, leading to protein denaturation and lipid peroxidation (Pauksch et al., 2014; Chinnathambi et al., 2020; Dubey et al., 2015).

The interaction between the exposure time and doses was significant, indicating mortality effects of ZnO-NPs varied with dose and exposure time. Higher doses proved increasingly effective with extended exposure, resulting in

significantly higher mortality rates. These findings confirm that the insecticidal efficacy of ZnO-NPs depends on the combined influence of dose and exposure time, aligning with previous studies on the cumulative effects of prolonged treatment (Salem et al., 2015; Haroun et al., 2020; El-Bakry et al., 2025). Both factors are critical for achieving effective control of the bean weevil. Optimizing these parameters can substantially enhance the insecticidal efficiency of ZnO nanoparticles.

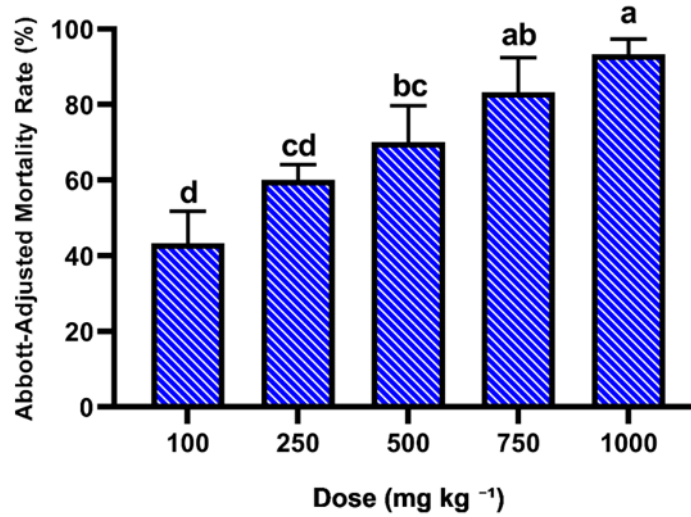


Figure 3. Corrected mortality rates of *Acanthoscelides obtectus* treated with different ZnO nanoparticle doses.

(Different letters on the columns indicate significant differences according to the Tukey test ($p \leq 0.05$))

Şekil 3. Farklı ZnO nanopartikül dozlarıyla muamele edilen *Acanthoscelides obtectus*'un düzeltilmiş ölüm oranları.

(Sütunların üzerindeki farklı harfler Tukey testine göre anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$))

The high efficacy of ZnO-NPs at a dose of 1000 mg kg⁻¹ observed in the present study underscores the potential as effective bio-insecticides against *A. obtectus*. While the production of reactive oxygen species (ROS) was not directly assessed in this experiment, existing literature emphasizes the critical role of ROS in enhancing the insecticidal activity of ZnO-NPs. For instance, Eskin and Nurullohoğlu (2022) reported that ZnO-NPs caused significant reductions in pupal weights and adult emergence rates in *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) likely due to oxidative stress. Similarly, ZnO-NPs have been shown to disrupt cellular integrity by generating ROS, leading to apoptosis in insect cells (Mao et al., 2018). Furthermore, recent advancements in nanoparticle research indicate that doping ZnO-NPs with metals such as copper can further enhance insecticidal efficiency, achieving up to 95% pest mortality (Abd El-Latef et al., 2023). In contrast, the present study demonstrated that undoped ZnO-NPs alone achieved a corrected mortality rate of 93.3%, confirming their effectiveness as potent agents for pest control in stored grains, without additional modifications. Emerging research highlights the potential to further improve the efficacy of ZnO-NPs. For instance, combining ZnO-NPs with natural essential oils, such as those extracted from *Citrus sinensis* (L.), can significantly improve mortality rates even at lower nanoparticle doses. This synergistic effect is attributed to mechanisms including oxidative stress and enzymatic inhibition, which collectively increased insecticidal efficacy (El-Bakry et al., 2025). Although the integration of essential oils was beyond the scope of the present study, these results suggest a potential pathway for future research to optimize nanoparticle formulations, potentially reducing required doses and minimizing ecological damage. The use of plant extracts in nanoparticle synthesis aligns with the increasing demand for sustainable pest control solutions. Biogenic zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) synthesized from plant sources, such as river oak, demonstrated significant larvicidal

activity, with mortality rates reaching up to 61.8% against *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae, offering environmentally friendly alternative to chemically synthesized nanoparticles (Omar & Ali, 2024).

Benelli et al. (2017) emphasized the advantages of green-synthesized nanoparticles in minimizing the use of toxic chemicals while enhancing bioactivity. Their research demonstrated the superior surface reactivity of biogenic nanoparticles, which is attributed to their smaller and more uniform size distribution, leading to enhanced insecticidal efficacy. Notably, over 100 studies have validated the effectiveness of plant-derived nanoparticles, particularly in controlling mosquito vectors. Our findings with sage-synthesized ZnO-NPs are consistent with these observations, demonstrating significant insecticidal effects, especially at higher doses. These results highlight the potential of biogenic nanoparticles as a valuable tool in pest management strategies. Furthermore, the ability of green-synthesized ZnO-NPs to degrade more readily in the environment reduces potential risks to non-target organisms, making them particularly suitable for integrated pest management systems. This eco-friendly degradation profile offers a sustainable alternative to synthetic pesticides while minimizing ecological damage (Benelli et al., 2017).

The findings of the current study indicate that ZnO-NPs hold significant potential for integration into pest management strategies targeting stored grain pests such as *A. obtectus*. Using ZnO-NPs as an alternative to synthetic chemical insecticides presents a promising and environmentally friendly solution, particularly in response to increasing concerns over pesticide resistance and environmental pollution (Raduw & Mohammed, 2020; Benelli et al., 2017; Pittarate et al., 2021). Nevertheless, the ecotoxicological effects of ZnO-NPs, particularly at higher doses, need further investigation to ensure their safe application in agricultural systems. As Benelli (2018) highlighted, nanoparticles may have unintended effects on non-target organisms and the environment, emphasizing the need for comprehensive risk assessments before large-scale implementation. Overall, the current study revealed the significant insecticidal activity of ZnO-NPs against *A. obtectus*, with a clear dose-response relationship. The highest efficacy was observed at dose of 750 mg kg⁻¹ and above, indicating that ZnO-NPs can serve as an effective alternative to conventional pesticides. Future research should focus on optimizing nanoparticle formulations and exploring green synthesis methods to mitigate potential ecological risks while maximizing pest control efficacy.

In conclusion, this study revealed the significant insecticidal potential of ZnO nanoparticles against *A. obtectus*, a major pest in stored legume. The dose-dependent increase in mortality, particularly at higher doses such as 750 and 1000 mg kg⁻¹, confirms the effectiveness of ZnO-NPs in controlling bean weevil populations. Corrected mortality rates, reached a peak of 93.3% at the highest dose, highlighting the capability of ZnO-NPs to deliver effective pest control under controlled conditions. Our findings further indicate that the insecticidal activity of ZnO-NPs is influenced by both dose and exposure time, with prolonged exposure times significantly enhancing mortality rates. Additionally, the use of green synthesis methods with sage extracts further contributed to the environmental sustainability of the nanoparticles, positioning them as a viable alternative to conventional chemical insecticides. Elemental composition analysis confirmed the high purity of the green-synthesized ZnO-NPs, which likely enhances their bioactivity and insecticidal efficacy by minimizing impurities.

Although these results are promising, further studies are necessary to assess the long-term impacts of ZnO-NPs on non-target organisms and to confirm their suitability for use in storage environments. Optimizing synthesis processes and exploring different formulations could enhance their efficacy, paving the way for more sustainable and eco-friendly pest management solutions. Additionally, refining green synthesis techniques to improve nanoparticle stability while minimizing ecological risks could significantly advance the development of effective pest control strategies. Such improvements would be particularly valuable for protecting stored grains, promoting food security, and supporting environmental sustainability.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Karadeniz Technical University Central Research Laboratory for Scanning Electron Microscopy (SEM) analyses of the nanoparticles.

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

The authors declare that they have contributed equally to this study.

STATEMENT OF ETHICS CONSENT

Ethical approval is not applicable, because this article does not contain any studies with human or animal subjects.

REFERENCES

- Abass, A.B., Ndunguru, G., Mamiro, P., Alenkhe, B., Mlingi, N., & Bekunda, M. (2014). Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. *Journal of Stored Products Research*, 57, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.12.004>
- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 (2), 265-267.
- Abd El-Latef, E.A., Wahba, M.N., Mousa, S., El-Bassyouni, G.T., & El-Shamy, A.M. (2023). Cu-doped ZnO-nanoparticles as a novel eco-friendly insecticide for controlling *Spodoptera littoralis*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 52, 102823. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102823>
- Abdel-Baki, A.A.S., Ibrahim, S.M., Aboelhadid, S.M., Hassan, A.O., Al-Quraishy, S., & Abdel-Tawab, H. (2024). Benzyl alcohol, benzyl benzoate and methyl benzoate as bio-insecticides against dried bean beetle *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 105, 102246. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102246>
- Abd-Elsalam, K.A., & Prasad, R. (2018). *Nanobiotechnology applications in plant protection*. Springer.
- Abomuti, M.A., Danish, E.Y., Firoz, A., Hasan, N., & Malik, M.A. (2021). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using salvia officinalis leaf extract and their photocatalytic and antifungal activities. *Biology*, 10 (11), 1075. <https://doi.org/10.3390/biology10111075>
- Ahmad, S., Mfarrej, M.F.B., El-Esawi, M.A., Waseem, M., Alatawi, A., Nafees, M., ... & Ali, S. (2022). Chromium-resistant *Staphylococcus aureus* alleviates chromium toxicity by developing synergistic relationships with zinc oxide nanoparticles in wheat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 230, 113142. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113142>
- Alisha, A.A.S., & Thangapandiyar, S. (2019). Comparative bioassay of silver nanoparticles and malathion on infestation of red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 80, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s41936-019-0124-0>
- Anandhi, S., Saminathan, V.R., Yasotha, P., Saravanan, P.T., & Rajanbabu, V. (2020). Nano-pesticides in pest management. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8 (4), 685-690.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Benelli, G., Losic, D., Usha Rani, P., & Desneux, N. (2018). Nanoparticles for pest control: Current status and future perspectives. *Journal of Pest Science*, 91, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0898-0>
- Benelli, G. (2018). Mode of action of nanoparticles against insects. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (13), 12329-12341. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1850-4>

- Benelli, G., Pavela, R., Maggi, F., Petrelli, R., & Nicoletti, M. (2017). Commentary: making green pesticides greener? The potential of plant products for nanosynthesis and pest control. *Journal of Cluster Science*, 28, 3-10. <https://doi.org/10.1007/s10876-016-1131-7>
- Bouchenak, M., & Lamri-Senhadj, M. (2013). Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: A review. *Journal of Medicinal Food*, 16 (3), 185-198. <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0238>
- Chidege, M.Y., Venkataramana, P.B., & Ndakidemi, P.A. (2024). Enhancing food grains storage systems through insect pest detection and control measures for maize and beans: ensuring food security post-covid-19 Tanzania. *Sustainability*, 16 (5), 1767. <https://doi.org/10.3390/su16051767>
- Chinnathambi, S., Hanagata, N., Yamazaki, T., & Shirahata, N. (2020). Nano-bio interaction between blood plasma proteins and water-soluble silicon quantum dots with enabled cellular uptake and minimal cytotoxicity. *Nanomaterials*, 10 (11), 2250. <https://doi.org/10.3390/nano10112250>
- Damalas, C.A., & Koutroubas, S.D. (2020). Botanical pesticides for eco-friendly pest management: Drawbacks and limitations. *Pesticides in Crop Production: Physiological and Biochemical Action*, 181-193.
- Debnath, N., Das, S., Seth, D., Chandra, R., Bhattacharya, S.C., & Goswami, A. (2011). Entomotoxic effect of silica nanoparticles against *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science*, 84, 99-105. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0332-3>
- Dubey, A., Goswami, M., Yadav, K., & Chaudhary, D.K. (2015). Oxidative stress and nano-toxicity induced by TiO₂ and ZnO on wag cell line. *Plos One*, 10 (5), e0127493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127493>
- El-Bakry, A.M., Ibrahim, F.M., Abdelmaksoud, N.M., Sammour, E.A., Abdel-Aziz, N.F., & El Habbasha, E.S. (2025). Eco-friendly insecticidal formulation extracted from orange peel essential oil and ZnO nanoparticles against *Tribolium castaneum*. *Egyptian Journal of Chemistry*, 68, 13-22. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2024.293365.9778>
- Endshaw, W., & Hiruy, B. (2020). The distribution, frequency of occurrence, and the status of stored faba bean insect pests in relation to food security in Farta District, North West Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 6 (1), 1832400. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1832400>
- Eskin, A., & Nurulloğlu, Z.U. (2022). Effects of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) on the biology of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 83 (1), 54. <https://doi.org/10.1186/s41936-022-00318-2>
- FAO (2024). Common Bean Production and Area Harvested Statistics. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> by October 15, 2024.
- Haroun, S.A., Elnaggar, M.E., Zein, D.M., & Gad, R.I. (2020). Insecticidal efficiency and safety of zinc oxide and hydrophilic silica nanoparticles against some stored seed insects. *Journal of Plant Protection Research*, 60 (1), 77-85. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.132211>
- Hashem, M.Y., Ahmed, S.S., & Naroz, M.H. (2022). Comparative effects of hypoxia, hypercapnia, and hypoxia/hypercapnia on the mortality and survival of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Stored Products Research*, 98, 101988. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101988>
- Hilal, S.M., Mohamed, A.S., Barry, N.M., & Ibrahim, M.H. (2021). Entomotoxicity of TiO₂ and ZnO nanoparticles against adults *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 910 (1), 012088. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/910/1/012088>
- Ibrahim, S., Elbeheri, H., & Samy, A. (2022). Insecticidal activity of ZnO NPs synthesized by green method using pomegranate peels extract on stored product insects. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65 (4), 135-145. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.92692.4496>
- Jevremović, S., Lazarević, J., Kostic, M., Krnjajić, S., Ugrenović, V., Radonjic, A., & Kostić, I. (2019). Contact application of Lamiaceae botanicals reduces bean weevil infestation in stored beans. *Archives of Biological Sciences*, 71 (4), 665-676. <https://doi.org/10.2298/ABS190617049J>

- Kaale, L.D., Siddiq, M., & Hooper, S. (2022). Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*, 5, e169. <https://doi.org/10.1002/leg3.169>
- Kaya, K., Sertkaya, E., Üremiş, İ., & Soyulu, S. (2018). Determination of chemical composition and fumigant insecticidal activities of essential oils of some medicinal plants against the adults of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 708-714. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.386176>
- Khooshe-Bast, Z., Sahebzadeh, N., Ghaffari-Moghaddam, M., & Mirshekar, A. (2016). Insecticidal effects of zinc oxide nanoparticles and beauveria bassiana ts11 on *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Agriculturae Slovenica*, 107 (2), 299-309. <https://doi.org/10.14720/aas.2016.107.2.04>
- Kitherian, S. (2017). Nano and bio-nanoparticles for insect control. *Research Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 7 (1), 1-9. <https://doi.org/10.3923/rjnn.2017>
- Koca, A.S., & Yılmaz, A. (2025). Effective control of *Sitophilus zeamais* (Motsch.)(Coleoptera: Curculionidae) using essential oil blends: An alternative to single-oil applications. *Journal of Crop Health*, 77 (2), 57. <https://doi.org/10.1007/s10343-025-01133-9>
- 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 (3), 373-387. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00038-5)
- Manandhar, A., Milindi, P., & Shah, A. (2018). An overview of the post-harvest grain storage practices of smallholder farmers in developing countries. *Agriculture*, 8 (4), 57. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040057>
- Mandal, B.K. (2019). Silver nanoparticles: Potential as insecticidal and microbial biopesticides. In: O. Koul (Ed.), *Nano-biopesticides today and future perspectives*. Academic Press, Cambridge. pp. 281–301
- Mao, B.H., Chen, Z.Y., Wang, Y.J., & Yan, S.J. (2018). Silver nanoparticles have lethal and sublethal adverse effects on development and longevity by inducing ROS-mediated stress responses. *Scientific Reports*, 8 (1), 2445. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20728-z>
- Meng, L., Yuan, G., Chen, M., Zheng, L., Dou, W., Peng, Y., ... & Wang, J. (2023). Cuticular competing endogenous rnas regulate insecticide penetration and resistance in a major agricultural pest. *BMC Biology*, 21 (1). <https://doi.org/10.1186/s12915-023-01694-z>
- Mesele, T., Dibaba, K., & Mendesil, E. (2019). Farmers' perceptions of Mexican bean weevil, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), and pest management practices in Southern Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2019 (1), 8193818. <https://doi.org/10.1155/2019/8193818>
- Mohapatra, D., Kar, A., & Giri, S.K. (2015). Insect pest management in stored pulses: an overview. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 239-265. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1399-2>
- Omar, S.T., & Ali, W.K. (2024). Effects of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) synthesized from different plant leaf extracts on mealworm larvae *Tenebrio molitor* L., 1758 (Tenebrionidae: Coleopetera). *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 36 (3), 7-18. <http://dx.doi.org/10.21271/ZJPAS.36.3.2>
- Owolade, O.F., Ogunleti, D.O., & Adenekan, M.O. (2008). Effect of titanium dioxide on diseases, development and yield of edible cowpea. *Journal of Plant Protection Research*, 48, 329-335.
- Pauksch, L., Rohnke, M., Schnettler, R., & Lips, K.S. (2014). Silver nanoparticles do not alter human osteoclastogenesis but induce cellular uptake. *Toxicology Reports*, 1, 900-908. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2014.10.012>
- Paul, U.V., Lossini, J.S., Edwards, P.J., & Hilbeck, A. (2009). Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman)(both Coleoptera: Bruchidae) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *Journal of Stored Products Research*, 45 (2), 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.09.006>

- Pittarate, S., Rajula, J., Rahman, A., Vivekanandhan, P., Thungrabeab, M., Mekchay, S., ... & Krutmuang, P. (2021). Insecticidal effect of zinc oxide nanoparticles against *Spodoptera frugiperda* under laboratory conditions. *Insects*, 12 (11), 1017. <https://doi.org/10.3390/insects12111017>
- Raduw, G.G., & Mohammed, A.A. (2020). Insecticidal efficacy of three nanoparticles for the control of Khapra beetle (*Trogoderma granarium*) on different grains. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 36 (1), 90-100. <https://doi.org/10.3954/1523-5475-36.1.90>
- Read, T.L., Doolette, C.L., Li, C., Schjoerring, J.K., Kopittke, P.M., Donner, E., & Lombi, E. (2020). Optimising the foliar uptake of zinc oxide nanoparticles: Do leaf surface properties and particle coating affect absorption?. *Physiologia Plantarum*, 170 (3), 384-397. <https://doi.org/10.1111/ppl.13167>
- Rebora, M., Del Buono, D., Piersanti, S., & Salerno, G. (2023). Reduction in insect attachment ability by biogenic and non-biogenic ZnO nanoparticles. *Environmental Science: Nano*, 10 (11), 3062-3071. <https://doi.org/10.1039/d3en00545c>
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J.T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57 (1), 405-424. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>
- Resham, S., Khalid, M., & Kazi, A.G. (2015). Nanobiotechnology in agricultural development. In: D. Bargh, M. Khan and E. Davies (Eds.), *PlantOmics: The omics of plant science*. Springer, New Delhi, India. pp. 683-698.
- Şahin, B., Aydin, R., Soylu, S., Türkmen, M., Kara, M., Akkaya, A., Çetin, H., & Ayyıldız, E. (2022). The effect of *Thymus syriacus* plant extract on the main physical and antibacterial activities of ZnO nanoparticles synthesized by SILAR Method. *Inorganic Chemistry Communications*, 135, 109088. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.109088>
- Şahin, B., Soylu, S., Kara, M., Türkmen, M., Aydin, R., & Çetin, H. (2021). Superior antibacterial activity against seed-borne plant bacterial disease agents and enhanced physical properties of novel green synthesized nanostructured ZnO using *Thymbra spicata* plant extract. *Ceramics International*, 47, 341-350. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.08.139>
- Salem, A.A., Hamzah, A.M., & El-Taweelah, N.M. (2015). Aluminum and Zinc oxides nanoparticles as a new methods for controlling the red flour beetles, *Tribolium castaneum* (Herbest) compared to malathion insecticide. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 6 (1), 129-137. <https://doi.org/10.21608/jppp.2015.53186>
- Schoonhoven, A.V., & Cardona, C. (1986). Main insect pests of stored beans and their control. International Center for Tropical Agriculture. Study guide CIAT.
- Şen, K., Koca, A.S., & Kaçar, G. (2020). Importance, biology, damage and management of bean weevil *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10 (3), 1518-1527. <https://doi.org/10.21597/jist.705681>
- Şener, A., & Kaya, M. (2022). Agro-morphological characterization of local bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 27 (2), 318-330. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1093427>
- Sertkaya, E. (2013). Fumigant toxicity of the essential oils from medicinal plants against bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Asian Journal of Chemistry*, 25, 553-555.
- Sertkaya, E., Kaya, K., & Soylu, S. (2010). Chemical compositions and insecticidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*. *Asian Journal of Chemistry*, 22, 2982-2990.
- Soylu, S., Kara, M., Türkmen, M., & Şahin, B. (2022). Synergistic effect of *Foeniculum vulgare* essential oil on the antibacterial activities of Ag- and Cu-substituted ZnO nanorods (ZnO-NRs) against food, human and plant pathogenic bacterial disease agents. *Inorganic Chemistry Communications*, 146, 110103. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.110103>
- Stadler, T., Buteler, M., Weaver, D.K., & Sofie, S. (2012). Comparative toxicity of nanostructured alumina and a commercial inert dust for *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) at varying ambient humidity levels. *Journal of Stored Products Research*, 48, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.09.004>

- Subramanyam, B., & Roesli, R. (2000). Inert dusts. In: B. Subramanyam and D.W. Hagstrum (Eds.), *Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. pp. 321-380.
- TÜİK (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Retrieved from <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> by December 10, 2024.
- Wong-Corral, F.J., Castañé, C., & Riudavets, J. (2013). Lethal effects of CO₂-modified atmospheres for the control of three Bruchidae species. *Journal of Stored Products Research*, 55, 62-67. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.08.005>
- Yeken, M.Z. (2023). Investigation of genotype×environment interactions for the seed mineral composition in *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Food Composition and Analysis*, 124, 105657. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105657>
- Yilmaz, H., & Yilmaz, A. (2025). Hidden hunger in the age of abundance: The nutritional pitfalls of modern staple crops. *Food Science & Nutrition*. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4610>
- Yilmaz, H., Özer, G., Baloch, F.S., Çiftçi, V., Chung, Y.S., & Sun, H.J. (2023). Genome-wide identification and expression analysis of MTP (Metal ion transport proteins) genes in the common bean. *Plants*, 12 (18), 3218. <https://doi.org/10.3390/plants12183218>
- Ziaee, M., & Ganji, Z. (2016). Insecticidal efficacy of silica nanoparticles against *Rhyzopertha dominica* F. and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. *Journal of Plant Protection Research*, 56 (3), 250-256.

Mekanik yaprak yaralamasının tane özellikleri üzerine etkileri; Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşidi örneği

Effects of mechanical leaf injury on berry characteristics: A case study of cv. Cabernet Sauvignon and cv. Merlot

İlknur KORKUTAL¹, Elman BAHAR¹, Serkan CANDAR², Ecem Kübra DEMİRKAPI¹

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 03.03.2025 Accepted / Kabul: 04.04.2025 Anahtar Kelimeler: Stres Üzüm tanesi TKA/TH oranı <i>Vitis vinifera</i> L. Keywords: Stress Grape berry BSA/BV ratio <i>Vitis vinifera</i> L. ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: İlknur KORKUTAL ikorkutal@nku.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License. 	Tekirdağ ili, 41° 01' 13.15" K enlem ve 27° 28' 15.23" D boylam ve 235 m rakımda bulunan 17 yaşlı, Cabernet-Sauvignon/SO4 ile Merlot/SO4 aşı kombinasyonundaki omcalar üzerinde araştırma yürütülmüştür. Asmalar Çift Kollu Kordon Royat terbiye şeklinde ve dikim aralık mesafesi 2.6 x 0.9 m'dir. Bilindiği üzere stres asmalarda büyüme ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkilerken, üzümün nitelik ve nicelik özelliklerini kaybetmesine de neden olabilir. Bu araştırmanın amacı; asmalara hasada yakın dönemde gerçekleştirilen mekanik yaprak yaralamasının (abiyotik stres) tane özellikleri üzerine etkilerini belirlemektir. Bu amaçla üzerine çivi takılmış esnek plastik raket kullanılarak yapraklara her yönden vurularak mekanik yaprak yaralama işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamalar hasattan 15 gün önce, 10 gün önce, 5 gün önce, 3 gün önce ve 1 gün önce gerçekleştirilmiştir. Bağda kontrol dahil toplam 10 farklı stres uygulaması (bazı uygulamalar tekrarlı olarak) gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; geç dönem yaprak yaralama uygulamalarından hasattan 1 gün önce (HÖ1) mekanik yaprak yaralamasının; tane kuru ağırlığı, % kuru ağırlık, tane kabuk alanı ve tane kabuk alanı/tane hacmi oranı değerlerini yükselttiği belirlenmiştir. Ayrıca 2022 yılında Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde Tane Kabuk Alanı değeri Kontrol uygulamasından düşük değerlere sahip olmuştur. Bunun yanında tane kabuk alanı/tane hacmi oranı her iki çeşit için 2022 yılında Kontrol uygulamasında daha yüksek olmuş ve yapılan uygulamalar bu oranı düşürmüştür. ABSTRACT The study was conducted on 17-year-old grapevines in Tekirdağ province, located at 41° 01' 13.15" N latitude, 27° 28' 15.23" E longitude, and an altitude of 235 meters. The vines consisted of the Cabernet Sauvignon/SO4 and Merlot/SO4 graft combinations. The vines were trained using the Double Cordon Royat system, with a planting spacing of 2.6 x 0.9 m. As is well known, stress negatively affects vine growth and development and can also lead to a loss of both qualitative and quantitative grape characteristics. The aim of this study was to determine the effects of mechanical leaf injury (abiotic stress) applied to vines in the pre-harvest period on berry characteristics. For this purpose, a mechanical leaf injury process was applied by striking the leaves from all directions using a flexible plastic racket with studs attached to it. These treatments were carried out 15, 10, 5, 3, and 1 day(s) before harvest. A total of 10 different stress applications (some repeated) were performed, including a control group. As a result, late-stage leaf injury performed one day before harvest (HÖ1) was found to increase berry dry weight, percentage of dry weight, berry skin area, and the berry skin area/berry volume ratio. Additionally, in 2022, the berry skin area values for Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties were lower than those in the control treatment. Furthermore, the berry skin area/berry volume ratio was higher in the control treatment for both varieties in 2022, and the applied treatments reduced this ratio.
Cite/Atıf	Korkutal, İ., Bahar, E., Candar, S., & Demirkapi, E.K. (2025). Mekanik yaprak yaralamasının tane özellikleri üzerine etkileri; Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşidi örneği. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 251-266. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1650700

GİRİŞ

Asmalar üzerinde yürütülen stres çalışmaları biyotik ve abiyotik olarak sınıflandırılmıştır. Aguirre-Becerra ve ark. (2021), her bitkinin aşırı strese tepkilerinin farklı olduğu bildirmişlerdir. Dolayısıyla her iki stres faktörünün; optimum miktarda sekonder metabolit ürettiği ve bu şekilde üzüm kalitesini artırdığı görülmüştür. Stres önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açar; büyüme ve gelişme dönemini olumsuz şekilde etkilerken, üzümün nitelik ve nicelik özelliklerinin de yitmesine neden olabilir.

Üzümün olgunlaşması ben düşme ile başlar; çeşit, bağın durumu, toprak özellikleri, iklim koşulları, yetiştirme teknikleri ve şarap yapım tekniklerine bağlı olarak hasat tarihlerinin de optimal seçimi ile; dengeli ve aromatik üzümler hasat edilebilir (González-Barreiro ve ark., 2015; van Leeuwen ve ark., 2023). Ani sıcaklık değişimleri, aşırı veya yetersiz yağış, kuraklık, su stresi gibi konular da bağcılığın önemli stresleri arasında yer almaktadır (Smart, 1986; Roby ve ark., 2008). Su stresinin, faydalı etkilerinin yanı sıra zararlı etkileri olduğu da bilinmektedir. Asmaların sulanması; tane ağırlığında artış sağlamaktadır, ancak tanedeki şeker birikimi ve toplam antosiyanin içeriğini azaltmaktadır. Bu sebeple sulanmayan asmaların şarabının kalitesinde artış (renk yoğunluğu ile aroma maddeleri) görüldüğü bildirilmiştir (Lopez ve ark., 2001).

Üzümde tane kalitesi açısından; genotip, çevresel etmenler ve yapılan kültürel uygulamaların önemli olduğu bilinmektedir. Ayrıca üzüm metabolizmasındaki değişiklikler ve çevresel faktörler, kabuk yapısında ve bileşiminde değişikliklere yol açabilir (Cantürk ve ark., 2019). Barbagallo ve ark. (2011) kabuk ağırlığı/tane ağırlığı oranının tane iriliği arttıkça değişmediğini bildirmişlerdir. Ayrıca salkımdaki tane iriliği fazla olan üzümlerde daha düşük kalite olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle daha iyi şarap kalitesi elde etmenin tane iriliği değişkenliğini azaltarak mümkün olabileceğini kaydetmişlerdir. Benzer şekilde Melo ve ark. (2015) tane ağırlığı ile tane hacmi ve tane kabuk alanı arasında pozitif; ayrıca tane hacmi ile tane kabuk alanı arasında ise negatif korelasyon bulunduğunu kaydetmişlerdir. Tane iriliği değişimlerinin kırmızı şarap kalitesi üzerine etkili olduğunu; bunun da kabuk/tane eti oranı değişiminden etkilendiğini ve maserasyonda kabuktan geçen çözünen madde miktarını değiştirerek gerçekleştiği de Roby ve Matthews (2004), Roby ve ark. (2008), Walker ve ark. (2005) ve Matthews ve Kriedemann (2006) tarafından vurgulanmıştır. Ancak Roby ve Matthews (2004) farklı sulama uygulamalarının etkilerinin iyi sulanan asmalarda tane ağırlığının; kabuk/tane eti oranının tane büyüklüğünden bağımsız olduğunu ve bir kürenin yüzeyi ile hacmi arasındaki ilişkiye göre değişmediğini göstermiştir. Tane kabuğu/tane eti oranının yalnızca ben düşmeden sonra su stresine maruz kalan asmalarda; tane eti ağırlığı etkilendiğinde değiştiğini belirtmişlerdir. Öte yandan Walker ve ark. (2005), asma üzerinde bulunan taneleri iriliklerine göre iri ve küçük taneler şeklinde gruplamışlardır. Tane iriliğinin (küçük taneler ve büyük taneler arasında) kaliteyi etkilemediğini vurgulamışlardır.

Çekirdek sayısının tane ağırlığını ikinci dereceden belirleyici bir faktör olduğu bilinmektedir (Walker ve ark., 2005; Somogyi ve ark., 2021; Garrido ve ark., 2023). Tane iriliği üzüm kalitesini etkileyebilmektedir ancak, çevresel faktörler ve kültürel uygulamaların bunu nasıl değiştirebileceği hakkında bilinen az şey vardır (Roby & Matthews, 2004). Tane ağırlıklarındaki farklılıklar tanedeki hücre sayısı ve/veya bu hücrelerin hacmi ile ilişkilidir. Tane ağırlığı hücre bölünmesi ve hücre genişlemesine bağlıdır (Dai ve ark., 2011). Çiçeklenme dönemi uzunluğu ve çiçek salkımı büyüklüğü, hem salkım içinde hem de salkımlar arasında tane iriliği değişkenliğini oluşturabilir (Poni & Libelli, 2008). Tüm bunlara ek olarak, tane iriliği farklılıkları; çiçeklenme öncesi, tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonrasında gerçekleştirilen kültürel uygulamalar ve çevresel faktörlerden kaynaklanabilmektedir (Gray & Coombe, 2009). Benzer şekilde Ferrer ve ark. (2014) bazı durumlarda tane ağırlığının, tane kabuk ağırlığının, tane kabuk alanı/tane eti hacmi oranının, farklı sulama ve yağış durumlarına göre farklılık göstereceğini vurgulamışlardır. Öte yandan tane boyunun artmasıyla tane bileşimindeki çözünen madde içeriğinin buna orantılı şekilde artmadığı, aksine seyreltiği Coombe (1987) tarafından bildirilmiştir. Tane boyunun yanında kalite artışında sıcaklık, yetiştirme teknikleri, yağış vb. durumlarının da rol oynadığı Mori ve ark. (2005) ile Holt ve ark. (2008) tarafından vurgulanmıştır. Ancak şaraplık üzüm çeşitlerinde kaliteyi belirlemede tane boyutunun önemli kriterlerden biri olduğu da unutulmamalıdır.

(Matthews & Nuzzo, 2007; Kök ve ark., 2013). Tüm bunlardan hareketle şaraplık üzüm çeşitlerinde küçük taneler istendiği göz ardı edilmemelidir.

Asma yaprakları, genetik, asmanın sağlık durumu, çevre, yaprak-asmanın yaşı ile sürgün üzerindeki boğum pozisyonu gibi birçok faktörden etkilenen çeşitli şekil ve boyutlara sahiptir (Migicovsky ve ark., 2024). Yaprak aynı zamanda asmanın birincil fotosentetik organıdır (Tanaka ve ark., 2013). Büyük yaprağa sahip asmaların fotosentez potansiyeli diğerlerinden yüksektir (Westoby ve ark., 2002). Ancak büyük yaprak alanı yüksek transpirasyon oranına sahip olduğundan, bu çeşitlerin su ihtiyacı daha fazladır, bu durum da asmanın su stresini artırarak verim düşüklüğü yaratabilir (Mirás-Avalos ve ark., 2017).

Asmaların çok sayıda çevresel stresten etkilendiği bilinmektedir. Bu streslerden biri de yaprak dokusunun yağış, kar, rüzgar, hayvanlar, patojenler gibi etkenlerden kaynaklı mekanik hasarlanmasıdır (Benikhlef ve ark., 2013). Bitkilerin mekanik uyarılara tepkisi değişik olabilir. Örneğin herhangi bir hasar veya yaralanma söz konusu olduğunda, böcek veya mantar patojenlerine karşı artan bir direnç oluşturabilir (Leon ve ark., 2001; Howe, 2004; Chassot ve ark., 2008).

Bu çalışmada 2 yıl boyunca omcalar üzerinde ve geç dönemde (Cabernet Sauvignon/SO4 ve Merlot/SO4) yaratılan abiyotik stresin (mekanik yaprak yaralama işlemi) tane özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bağın özellikleri

Araştırma; Tekirdağ ilinde SO4 anacına aşıllı 17 yaşlı Cabernet-Sauvignon ve Merlot şaraplık üzüm çeşitlerinin olduğu bağda iki yıl yürütülmüştür. Bağda dikim sıklığı 2.6 x 0.9 m olup, asmalar Çift Kollu Kordon Royat terbiye şekline sahiptir.

Bitkisel materyal

Denemede anaç olarak Sélection Oppenheim 4 (SO4) anacı (*Vitis berlandieri* × *Vitis riparia*) kullanılmıştır (Plantgrape, 2025). SO4 anacı filokseranın kök formuna karşı oldukça toleranslıdır. Gelişme kuvveti ortadır. Derin ve ağır tınlı topraklara orta derece; derin ve kumlu kuru topraklara düşük derecede adapte olabilme yeteneğindedir (Çelik, 2006). Şaraplık üzüm çeşidi olan Merlot (Magdeleine Noire Des Charentes x Cabernet Franc) çalışmada kullanılmıştır ve ülkemizde yetiştiriciliği mevcuttur. Taneleri; mavi-siyah renkli olup, tane şekli yuvarlak, tane boyutları küçüktür ve ortalama 1.8 g'dır. Her bir tanenin içerisinde ortalama 2-3 çekirdeği vardır ve hafif aromalıdır. Cabernet Sauvignon (Cabernet Franc × Sauvignon Blanc) denemede kullanılan ikinci üzüm çeşididir (Plantgrape, 2025). Taneleri; yoğun mavi gri puslu siyah renkli olup, şekli yuvarlaktır. Tane boyutları küçüktür ve ortalama tane ağırlığı 1.5 g'dır. Tanenin içinde ortalama 1-3 çekirdek vardır ve çeşide özgü biberimsi veya otsu aromalıdır.

Yöntem

Deneme 2021 ve 2022 (iki yıl) yıllarında yürütülmüştür. Araştırma Tesadüf Bloklarında Tamamen Şansa Bağlı Deneme Desenine göre kurulmuştur. Denemede 2 üzüm çeşidi × 10 farklı mekanik yaprak yaralama × 3 tekrür × her tekrürde 3 omca vardır. Bu şekilde toplam 180 omca ile çalışılmıştır. Yaprakları mekanik olarak yaralanan omcalar 2021 yılında Merlot çeşidinde 21 Eylül, Cabernet Sauvignon çeşidinde 1 Ekim tarihinde hasat edilmiştir. Ertesi yıl (2022) ise Merlot çeşidi 15 Eylül, Cabernet Sauvignon çeşidi 25 Eylül tarihinde hasat edilmiştir. Bağda gübreleme ve sulama yapılmamış, vejetasyon periyodunda konvansiyonel ilaçlar kullanılmış ve düzenli toprak işleme yapılmıştır.

Mekanik yaprak yaralama

Mekanik yaprak yaralama için; sap kısmı 30 cm uzunlukta, orta sertlikte, uç kısmının eni 11.8 cm, boyu 12.6 cm olan kare şeklinde esnek bir sinek raketi kullanılmıştır. Uç kısmı delikli olan bu rakete 2 cm aralıklarla 4 cm boyunda çiviler yerleştirilip bantlanmıştır. Her iki çeşidin yapraklarına her yönden raket ile vurulmak suretiyle yaprak yaralama işlemi uygulanmıştır (Bavaresco ve ark., 1997; Sardi ve ark., 1998). Bağda 10 farklı mekanik yaprak yaralama kombinasyonu uygulanmıştır, bunlar;

K (Kontrol): Yaprak yaralama yapılmamıştır.

HÖ15 (Hasattan 15 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 15 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ15-10 (Hasattan 15 gün önce-10 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 15 gün önce bir kez, 10 gün önce bir kez daha yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ15-10-5 (Hasattan 15 gün önce-10 gün önce-5 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 15 gün önce bir kez, 10 gün önce bir kez ve 5 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ15-5 (Hasattan 15 gün önce-5 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 15 gün önce bir kez ve 5 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

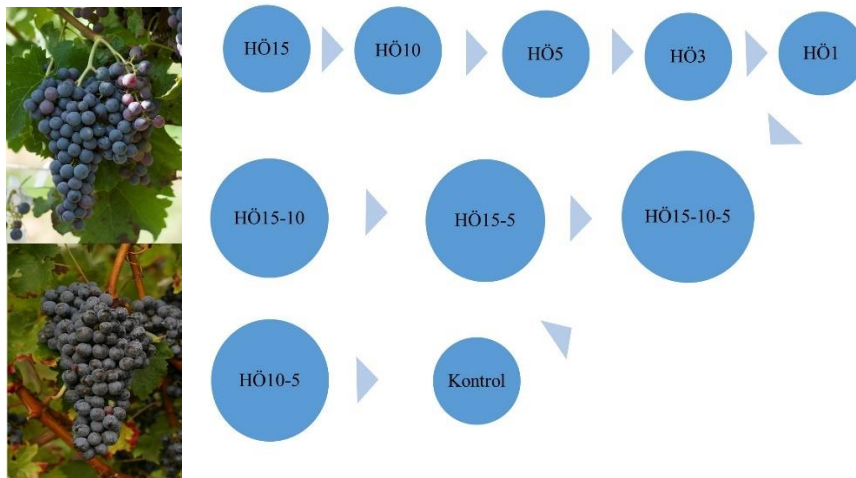
H10-5 (Hasattan 10 gün önce-5 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 10 gün önce bir kez ve 5 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ10 (Hasattan 10 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 10 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ5 (Hasattan 5 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 5 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ3 (Hasattan 3 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 3 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.

HÖ1 (Hasattan 1 gün önce): Bu gruptaki omcalara hasattan 1 gün önce bir kez yaprak yaralama uygulanmıştır.



Şekil 1. Deneme uygulama planı

Figure 1. Experimental plan

Tane özellikleri

Tane özelliklerini belirlemek amacıyla her omcadan 2 salkım alınmıştır. Her salkımdan 6 tane seçilerek omca başına toplam 12 tanede ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tüm denemede 2160 tane kullanılmıştır. Alınan tanelerin tane eni ve boyu (mm) dijital kumpas ile ölçülmüştür. Tane yaş ve kuru ağırlığı (g) 0.01g duyarlı hassas terazi ile tartılmıştır. Yaş ağırlığı belirlenen taneler 65-70°C'de 72 saat süre ile etüvde kurutulduktan sonra tartılmıştır. Tane hacmini belirlemek amacıyla 12 adet tane cam mezüre atılmış ve taşan su cm³ cinsinden ölçülmüştür. Ayrıca gerçek tane hacmi;

$$Tane\ hacmi\ (gerçek)\ (cm^3) = (TAxTH)/TYA$$

(1)

eşitliğinden tespit edilmiştir. TA: Tane ağırlığı (g), TH: Tane hacmi (cm³), TYA: Tane yaş ağırlığı (g). Ayrıca tane kabuk alanı (TKA) (cm² tane⁻¹): Aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Barbagallo ve ark., 2011).

$$Tane\ kabuk\ alanı\ (cm^2/tane) = 4\pi r^2 \quad (2)$$

Tane kabuk alanının / Tane hacmine oranı (TKA/TH) (cm² cm⁻³): Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Palma ve ark., 2007).

$$TKA=4\pi r^2$$

$$TH= 4/3\pi r^3$$

$$TKA/TH = (4\pi r^2)/(4/3\pi r^3) \quad (3)$$

Tane özkütlesi (g L⁻¹): Tane yaş ağırlığının / tane hacmine bölünmesiyle hesaplanmıştır. % Kuru ağırlık: Aşağıdaki eşitlik esas alınarak belirlenmiştir (Bahar ve ark., 2011).

$$\% Kuru\ ağırlık = (Tane\ kuru\ ağırlığı\ (g) \times 100) / Tane\ yaş\ ağırlığı\ (g) \quad (4)$$

Ayrıca çekirdek sayısı (adet) kaydedilmiştir.

İstatistik analiz

Yapılan uygulamaların etkilerini belirlemek için JMP istatistik programından yararlanılmış, uygulamalar arasında oluşan farklılıkları belirlemek için LSD testi yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tane eni (mm)

Yapılan uygulamaların Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane eni değerlerine YAE (Yıl Ana Etkisi) ve ÇAE (Çeşit Ana Etkisi) bakımından LSD_{0.05} düzeyinde önemli etkiye bulunduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Diğer ana etki ve interaksiyonlar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. YAE açısından alınan en düşük tane eni değerinin 2021 yılına (10.63 mm) ait olduğu kaydedilmiştir. 2022 yılında bu değer 11.24 mm olduğu belirlenmiştir. ÇAE açısından da Merlot üzüm çeşidinin 10.59 mm; Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinin 11.29 mm değerini aldığı belirlenmiştir. UAE (Uygulama Ana Etkisi) açısından tane eni değerlerinin 10.64 mm (HÖ15)-11.27 mm (HÖ1) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane eni (mm) üzerine etkileri

Table 1. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry width (mm) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x Çeşit	2021	2022	Uyg x Çeşit		
K	10.65	12.26	11.46	10.64	11.44	11.04	11.25	10.63 B (2021)
HÖ15	8.99	11.79	10.39	10.58	11.19	10.88	10.64	
HÖ15-10	11.49	11.47	11.48	10.23	10.93	10.58	11.03	
HÖ15-10-5	9.66	11.94	10.80	9.78	10.81	10.29	10.55	
HÖ15-5	11.64	10.33	10.98	9.74	11.13	10.44	10.71	
HÖ10-5	11.51	11.07	11.29	10.82	10.78	10.80	11.05	11.24 A (2022)
HÖ10	11.55	12.05	11.80	10.39	10.53	10.46	11.13	
HÖ5	11.40	11.28	11.34	10.39	11.11	10.75	11.04	
HÖ3	11.24	11.31	11.28	10.01	10.25	10.13	10.70	
HÖ1	12.00	12.09	12.05	9.85	11.14	10.49	11.27	
ÇAE	11.29 A			10.59 B				

YAE LSD_{0.05}: 0.43 ve ÇAE LSD_{0.05}: 0.43

Tane eni açısından HÖ15 uygulamasının Kontrol uygulamasından daha düşük değerler aldığı görülmüştür. İstatistik olarak önemli olmasa da bu olgu erken dönem yaprak yaralama uygulamalarının tane enini azaltma eğilimine neden olduğunu düşündürmüştür. Bahar ve ark. (2024a) ben düşmede uyguladıkları yaprak yaralamanın diğer abiyotik stres uygulamalarından daha düşük tane eni değerine neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer biçimde Candar (2022) de Cabernet-Sauvignon çeşidinde erken dönem yaprak yaralama uygulamalarının diğer uygulamalara kıyasla tane enini azalttığını bildirmiştir. Şaraplık üzüm çeşitlerinde tane büyüklüğünün kalite açısından önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Ayrıca tane büyüklüğünün üzüm kompozisyonunu (tanen, antosiyanin) değiştirdiği, küçük taneli üzümlerden yapılan şarapların daha fazla tanen ve antosiyanin içerdiği Matthews ve Nuzzo (2007) tarafından bildirilmiştir. Elde edilen sonuçların araştırmacıların verileriyle uyumlu olduğu söylenebilir.

Tane boyu (mm)

Tane boyu üzerine yapılan uygulamaların etkisi YAE ve ÇAE bakımından önemlidir (Çizelge 2). YAE açısından en yüksek tane boyu değeri 11.68 mm ile 2022 yılından, en düşük tane boyu değeri de 10.95 mm ile 2021 yılından alınmıştır. Merlot üzüm çeşidi taneleri 11.06 mm ve Cabernet Sauvignon üzüm çeşidi taneleri ise 11.56 mm tane boyuna sahiptir. Mekanik yaprak yaralama uygulamalarının tane boyuna etkisinin istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 2. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane boyu (mm) üzerine etkileri

Table 2. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry length (mm) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	7.50	12.56	10.03	11.16	11.59	11.37	10.70	10.95 B (2021)
HÖ15	9.32	12.36	10.84	11.03	11.36	11.19	11.02	
HÖ15-10	11.95	11.59	11.77	10.83	11.79	11.31	11.54	
HÖ15-10-5	11.65	11.85	11.75	10.34	11.74	11.04	11.39	
HÖ15-5	12.21	10.85	11.53	10.29	11.50	10.89	11.21	
HÖ10-5	12.10	11.62	11.86	10.99	11.67	11.33	11.59	11.68 A (2022)
HÖ10	11.97	12.30	12.14	10.70	11.67	11.18	11.66	
HÖ5	11.71	11.69	11.70	10.63	11.28	10.96	11.33	
HÖ3	11.54	11.91	11.73	10.16	10.37	10.27	11.00	
HÖ1	12.23	12.36	12.29	10.67	11.51	11.09	11.69	
ÇAE	11.56 A			11.06 B				

YAE LSD_{0.05}: 0.47 ve ÇAE LSD_{0.05}: 0.47

Yapılan mekanik yaralama uygulamalarının Kontrole nazaran tane boyunu nispeten artırıcı etkisi olduğu görülmüştür. Benzer biçimde Bahar ve ark. (2024b) de erken dönem yaprak yaralama uygulamasının tane boyunu kontrole göre artırdığını bildirirken, ben düşme sonrası ve hasatta yapılan uygulamaların Kontrole yakın tane boyuna neden olduğunu aktarmışlardır. Ayrıca Candar (2022) de yaprak yaralama uygulamalarının tane boyu üzerine etkilerinin, uygulama zamanına bağlı doğrusal bir korelasyona sahip olmadığını kaydetmiştir. Bulguların da araştırmacılarla aynı doğrultuda olduğu görülmüştür. Tane iriliğinin üzüm kalitesini etkileyebileceğini ancak, çevresel faktörler ve kültürel uygulamaların bunu nasıl değiştirebileceği hakkında bilinen az şey olduğu Roby ve Matthews (2004) tarafından bildirilmiştir. Bu nedenle geç dönemde gerçekleştirilen bu işlemlerin tane boyutuna etkisinin az olduğu söylenebilir.

Tane yaş ağırlığı (g)

Tane yaş ağırlığı değerlerine YAE ve ÇAE'nin istatistik olarak önemli etkide bulunduğu saptanmış, diğer ana etki ve interaksiyonların ekisinin önemsiz olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 3). Tane yaş ağırlığının en yüksek değeri (1.42 g) aldığı yıl 2022 yılı olmuştur. 2021 yılında ise tane yaş ağırlığı değerinin 1.26 g olduğu görülmüştür. Beklendiği üzere ÇAE açısından da istatistik farklılık olduğu görülmüştür. Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde tane yaş ağırlığı 1.38 g iken Merlot üzüm çeşidinde 1.30 g olmuştur. UAE açısından tane yaş ağırlık değerlerinin 1.24 g (HÖ1)-1.48 g (HÖ10) arasında olduğu saptanmıştır. İstatistik olarak önemli olmamakla beraber HÖ3 × Cabernet Sauvignon interaksiyonlarının (1.26 g) küçük tane yaş ağırlığı değerine sahip olduğu belirlenmiştir. HÖ1 × Merlot interaksiyonunun da (1.16 g) küçük tane yaş ağırlığı değerini aldığı görülmüştür.

Çizelge 3. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane yaş ağırlığı (g) üzerine etkileri

Table 3. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry fresh weight (g) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	1.02	1.55	1.28	1.31	1.34	1.33	1.30	1.26 B (2021)
HÖ15	1.26	1.59	1.43	1.26	1.20	1.23	1.33	
HÖ15-10	1.33	1.53	1.43	1.09	1.54	1.31	1.37	
HÖ15-10-5	1.34	1.45	1.40	1.26	1.32	1.29	1.34	
HÖ15-5	1.33	1.47	1.40	1.34	1.51	1.42	1.41	
HÖ10-5	1.31	1.41	1.36	1.28	1.25	1.26	1.31	1.42 A (2022)
HÖ10	1.70	1.53	1.61	1.25	1.45	1.35	1.48	
HÖ5	1.31	1.44	1.37	1.25	1.44	1.35	1.36	
HÖ3	1.23	1.29	1.26	1.22	1.38	1.30	1.28	
HÖ1	1.18	1.44	1.31	1.03	1.30	1.16	1.24	
ÇAE	1.38 A			1.30 B				

YAE LSD_{0.05}: 0.05 ve ÇAE LSD_{0.05}: 0.05

Roby ve Matthews (2004), tane ağırlığı ile üzüm kalitesini belirleyen özellikler arasında ilişki olduğunu; Dai ve ark. (2011) da bunun genetik, çevre ve bağdaki kültürel işlemlerle değişebileceğini belirtmişlerdir. Öte yandan Walker ve ark. (2005) tane ağırlığının çekirdek sayısı ile değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Bahar ve ark. (2024a), Cabernet Sauvignon ve Merlot çeşitlerinde yaprak yaralama uygulamasının 1.13 g tane ağırlığı değeri verdiğini; Bahar ve ark. (2024b) ise Cabernet Sauvignon çeşidinde hasat döneminde (hasattan 5 gün önce) yapılan yaprak yaralama uygulamasıyla 1.04 g ağırlığa sahip taneler olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmadan elde edilen tane ağırlığı değerlerinin de araştırmacılar gibi hasada en yakın uygulama (HÖ1) ile azaldığı saptanmıştır. Li ve ark. (2023)'nın belirttiği gibi uygulanan streslerin tane yaş ağırlığına istatistik olarak önemli etkide bulunmadığı belirlenmiştir.

Tane kuru ağırlığı (g)

Tane kuru ağırlığı değerlerinin tane yaş ağırlığı değerleriyle aynı önem seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir. Tane yaş ağırlığı kriterindeki gibi YAE ve ÇAE'nin istatistik olarak önemli, diğer ana etki ve interaksiyonların önemsiz olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4). YAE açısından 2021 yılında 0.30 g değerini, 2022 yılında ise 0.31 g değerini aldığı belirlenmiştir. ÇAE açısından ise Cabernet Sauvignon çeşidinin tane kuru ağırlığının 0.33 g; Merlot çeşidinin de 0.31 g olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane kuru ağırlığı (g) üzerine etkileri

Table 4. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry dry weight (g) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	0.29	0.33	0.31	0.27	0.30	0.29	0.30	0.30 B (2021)
HÖ15	0.30	0.31	0.30	0.29	0.30	0.29	0.30	
HÖ15-10	0.26	0.31	0.29	0.32	0.34	0.33	0.31	
HÖ15-10-5	0.32	0.33	0.33	0.29	0.29	0.29	0.31	
HÖ15-5	0.29	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.30	
HÖ10-5	0.33	0.33	0.33	0.28	0.30	0.29	0.31	0.31 A (2022)
HÖ10	0.34	0.33	0.33	0.31	0.33	0.32	0.33	
HÖ5	0.33	0.30	0.31	0.31	0.32	0.31	0.31	
HÖ3	0.26	0.29	0.28	0.35	0.31	0.33	0.30	
HÖ1	0.35	0.34	0.34	0.30	0.31	0.31	0.32	
ÇAE	0.33 A			0.31 B				

Ö.D.

Bahar ve ark. (2024b), Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde yaprak yaralama uygulamasında tane kuru ağırlığı değerinin 0.29 g-0.30 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Öte yandan Candar ve ark. (2023) Merlot üzüm çeşidinde tane kuru ağırlığı değerinin ortalama 0.30 g olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde bu değerlerin Korkutal ve ark. (2020) 0.37 g ve Korkutal ve ark. (2023), 0.34 g-0.36 g arasında olduğu bulgularının araştırmacılarla benzerlik içinde olduğu kaydedilmiştir.

Tane hacmi (cm³)

Araştırmada incelenen tane hacmi değerlerine Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde sadece yılın önemli etkide bulunduğu görülmüştür. UAE, ÇAE ve Uygulama × Çeşit interaksiyonlarının tane hacmi üzerine istatistik olarak önemli etkide bulunmadığı saptanmıştır (Çizelge 5). YAE incelendiğinde tane hacmi değerinin 1.15 cm³ ile 2021 yılında en düşük ve 1.36 cm³ değeriyle 2022 yılında en yüksek değere sahip olduğu bulunmuştur. ÇAE açısından neredeyse rakamsal olarak da hiç fark oluşmadığı görülmüştür. UAE açısından bu değer 1.19 cm³ (K)- 1.32 cm³ (HÖ15-5) arasında değiştiği kaydedilmiştir.

Ayrıca Bahar ve ark. (2024a), yaprak yaralama uygulamasının Kontrole göre tane hacmi değerinde artış oluşturduğunu bildirmişlerdir. Buna ek olarak Candar (2022) de tane hacminde Kontrole nazaran HÖ15 gün önce ve HÖ5 gün önce uygulamalarında en yüksek artışı görmüştür. Yine aynı doğrultuda olmak üzere Candar ve ark. (2023) yaprak yaralamanın tane hacmine etkisi bulunmadığını kaydetmişlerdir. Araştırma bulgularının araştırmacılarla uyum içinde olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak yapılan araştırmada tane boyundaki artışın tane hacmini de artırıcı yönde etki yaptığı söylenebilir.

Çizelge 5. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane hacmi (cm^3) üzerine etkileri

Table 5. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry volume (cm^3) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	1.00	1.37	1.85	1.08	1.30	1.19	1.19	1.15 B (2021)
HÖ15	0.99	1.53	1.26	1.27	1.25	1.26	1.26	
HÖ15-10	1.08	1.58	1.33	1.22	1.32	1.27	1.30	
HÖ15-10-5	1.12	1.36	1.24	1.19	1.39	1.29	1.26	
HÖ15-5	1.14	1.36	1.25	1.27	1.50	1.38	1.32	
HÖ10-5	1.11	1.22	1.17	1.30	1.25	1.27	1.22	1.36 A (2022)
HÖ10	1.05	1.57	1.31	1.16	1.37	1.27	1.29	
HÖ5	1.55	1.16	1.35	1.14	1.25	1.19	1.27	
HÖ3	1.19	1.30	1.15	1.19	1.36	1.27	1.21	
HÖ1	1.01	1.44	1.23	1.11	1.40	1.25	1.24	
ÇAE	1.25			1.26				

Ö.D.

Tane hacmi (gerçek) (cm^3)

Gerçek tane hacmi formülünden elde edilen değerlerin yapılan uygulamalar ve uygulama dönemleri arasında herhangi bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. İncelenen tüm ana etki ve interaksiyonların su taşıma yöntemi ile ölçülen tane hacmi değerleri ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

% Kuru ağırlık

Kuru ağırlık % değerleri üzerine YAE'nin önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 6). Diğer ana etki ve interaksiyonların % kuru ağırlık değerine istatistik olarak önemli etkisi yoktur. En düşük % kuru ağırlık değeri 22.48 ile 2022 yılından; en yüksek değeri de 24.73 ile 2021 yılından alınmıştır. UAE açısından % kuru ağırlık değerleri 21.59 (HÖ15-5)-27.01 (HÖ1) arasında değişmiştir. Cabernet Sauvignon × Uygulama interaksiyonu % kuru ağırlık değerlerinin 20.27-26.49 arasında (HÖ15-10 ile HÖ1) olduğu tespit edilmiştir. Merlot × Uygulama interaksiyonu ise % kuru ağırlık değerinin 21.99-27.52 arasında (K ile HÖ1) olduğu görülmüştür.

Cabernet-Sauvignon üzümünde farklı yaprak alma ve toprak işleme uygulamaları yapan Bahar ve ark. (2018) % kuru ağırlık değerinin kontrolde 27.13-28.92 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Yine Bahar ve ark. (2024b) hasatta yaprak yaralamanın Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde 29.50 % kuru ağırlık değeri verdiğini belirlemişlerdir. Candar (2022) yaprak yaralama uygulaması sonucunda (Cabernet Sauvignon) % kuru ağırlık değerinin 24.08-21.61 arasında olduğunu bildirmiştir. Bulguların araştırma bulguları ile benzer olduğu kaydedilmiştir. Candar (2023)'in Merlot çeşidinde % kuru ağırlık değerinin 19.09-23.11 arasında değiştiği bulgusu da araştırma ile aynı doğrultudadır.

Çizelge 6. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde % kuru ağırlık üzerine etkileri

Table 6. The effects of mechanical wounding performed at different periods on dry weight % in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	29.72	21.46	25.59	20.97	23.01	21.99	23.79	24.73 A (2021)
HÖ15	24.05	19.81	21.93	23.01	25.63	24.55	23.24	
HÖ15-10	20.08	20.45	20.27	29.68	22.57	26.12	23.19	
HÖ15-10-5	23.89	23.21	23.53	23.52	22.33	22.93	23.24	
HÖ15-5	22.38	22.03	22.21	22.39	19.58	20.98	21.59	
HÖ10-5	25.13	23.56	24.35	22.50	24.15	23.32	23.83	22.48 B (2022)
HÖ10	21.99	21.90	21.95	25.03	21.90	24.19	23.07	
HÖ5	25.32	20.93	23.13	24.54	22.03	23.28	23.20	
HÖ3	21.49	23.06	22.27	28.61	22.34	25.47	23.87	
HÖ1	29.58	23.41	26.49	30.07	24.98	27.52	27.01	
ÇAE	23.17			23.94				

YAE LSD_{0.05}: 1.25

Tane özkütlesi (g L⁻¹)

Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane özkütlesi üzerine yapılan uygulamaların YAE ve ÇAE açısından önemli etkiye bulunduğu, UAE ve Uygulama × Çeşit interaksyonları bakımından da etkisinin istatistik olarak önemsiz olduğu saptanmıştır (Çizelge 7). YAE incelendiğinde en yüksek tane özkütlesi değerinin 2021 yılından (1.19 g L⁻¹) alındığı kaydedilmiştir. 2022 yılında özkütlesi değerinin 1.05 g L⁻¹ olduğu görülmüştür. ÇAE incelendiğinde Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde tane özkütlesinin 1.15 g L⁻¹, Merlot üzüm çeşidinde de 1.04 g L⁻¹ değerinde olduğu bulunmuştur. UAE açısından tane özkütlesi değerlerinin 1.18 g L⁻¹ - 1.02 g L⁻¹ (HÖ10-HÖ1) arasında olduğu kaydedilmiştir.

Çizelge 7. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane özkütlesi (g L⁻¹) üzerine etkileri

Table 7. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry density (g L⁻¹) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
UYGULAMALAR	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	1.08	1.13	1.10	1.31	1.03	1.17	1.14	1.13 A (2021)
HÖ15	1.29	1.05	1.17	0.98	0.97	0.98	1.07	
HÖ15-10	1.22	0.96	1.09	0.90	1.18	1.04	1.06	
HÖ15-10-5	1.21	1.07	1.14	1.06	0.95	1.00	1.07	
HÖ15-5	1.18	1.09	1.13	1.05	1.00	1.03	1.08	
HÖ10-5	1.21	1.18	1.19	0.98	1.00	0.99	1.09	1.05 B (2022)
HÖ10	1.61	0.98	1.30	1.07	1.06	1.07	1.18	
HÖ5	0.98	1.23	1.11	1.10	1.15	1.13	1.12	
HÖ3	1.29	1.00	1.15	1.02	1.05	1.03	1.09	
HÖ1	1.20	1.01	1.11	0.96	0.92	0.94	1.02	
ÇAE	1.15 A			1.04 B				

YAE LSD_{0.05}: 0.05 ve ÇAE LSD_{0.05}: 0.05

Bahar ve ark. (2024b) Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde hasat dönemi yapılan yaprak yaralama uygulamasında tane özkütlesi değerinin $1,34 \text{ g L}^{-1}$ olduğunu bildirmişlerdir. Buna paralel olarak bu çalışmada da hasata en yakın olan geç dönemde yapılan HÖ1 uygulamasında $1,03 \text{ g L}^{-1}$ değeri ile kontrole nazaran düşüş görülmüştür. Bahar ve ark. (2024a) yaprak yaralama uygulamasında tane özkütlesinin $1,39 \text{ g L}^{-1}$ olduğunu kaydetmişlerdir. Yaprak yaralama uygulaması gerçekleştiren Candar (2022) Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde $0,89\text{-}1,18 \text{ g L}^{-1}$, Candar (2023) Merlot üzüm çeşidinde $0.90\text{-}1.00 \text{ g L}^{-1}$ tane özkütlesi değerleri elde ettiği bulgusunun da araştırma ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Tane Kabuk Alanı (TKA) ($\text{cm}^2 \text{ tane}^{-1}$)

Tane kabuk alanı üzerine yapılan uygulamaların Cabernet-Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde YAE ve ÇAE üzerine istatistik olarak önemli etkiye bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 8). YAE açısından 2022 yılı tane kabuk alanı değeri $4.15 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ iken 2021 yılında bu değer $3.72 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ olmuştur. 2022 yılı TKA değerini büyütülmüştür. ÇAE açısından değerlendirildiğinde Merlot üzüm çeşidi $3.71 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ ve Cabernet Sauvignon üzüm çeşidi $4.16 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ değerinde TKA değerlerine sahip oldukları görülmüştür. UAE açısından değerlerin 3.72 cm^2 HÖ3 uygulaması ile 4.18 cm^2 değeri ile HÖ1 uygulaması arasında olduğu ve istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür. Uygulama $\times$ Çeşit interaksiyonlarının da istatistik olarak önemli olmadığı kaydedilmiştir.

Çizelge 8. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane kabuk alanı ($\text{cm}^2 \text{ tane}^{-1}$) üzerine etkileri

Table 8. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry skin area ($\text{cm}^2 \text{ berry}^{-1}$) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	2.70	4.85	3.77	3.76	4.19	3.98	3.87	3.72 B (2021)
HÖ15	3.00	4.59	3.79	4.19	4.00	3.84	3.82	
HÖ15-10	4.34	4.18	4.26	3.50	4.07	3.79	4.02	
HÖ15-10-5	3.61	4.46	4.03	3.18	4.00	3.59	3.81	
HÖ15-5	4.47	3.52	4.00	3.31	4.04	3.68	3.84	
HÖ10-5	4.38	4.11	4.24	3.76	3.98	3.87	4.05	4.15 A (2022)
HÖ10	4.35	4.66	4.50	3.51	3.88	3.70	4.10	
HÖ5	4.21	4.17	4.19	3.50	3.96	3.73	3.96	
HÖ3	4.08	4.26	4.17	3.20	3.34	3.27	3.72	
HÖ1	4.64	4.70	4.67	3.35	4.04	3.69	4.18	
ÇAE	4.16 A			3.71 B				

YAE $\text{LSD}_{0.05}$: 0.23 ve ÇAE $\text{LSD}_{0.05}$: 0.23

Bilindiği üzere tane kabuk alanı ile diğer tüm tane özelliklerinin ilişkisi çeşidin şaraplık potansiyelini vurgulamada önemlidir (Barbagallo ve ark., 2011). Buradan hareketle yapılan çalışmalar ile araştırma sonucunda elde edilen TKA değerleri karşılaştırılmıştır. Cabernet Sauvignon çeşidi TKA değerinin $3.86\text{-}4.17 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ arasında değiştiğini Bahar ve ark. (2018) belirlemiştir. Ayrıca Bahar ve ark. (2024b) yine Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde hasat döneminde yaprak yaralama uygulamasında tane kabuk alanı değerini $4.99 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ olarak bildirmiştir. Araştırmadaki çeşitlerle çalışan Bahar ve ark. (2024a) yaptıkları yaprak yaralama ile $4.05 \text{ cm}^2 \text{ tane}^{-1}$ TKA değerine erişmişlerdir. Candar (2022) Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde uyguladığı yaprak yaralamalar ile TKA değerlerinin 6.40 ile 5.00 mm^2 ve Candar (2023) Merlot üzüm çeşidinde 4.0 ile 6.25 mm^2 arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu araştırmaların sonuçları ile araştırma bulgularının uyumlu olduğu görülmüştür. İstatistik olarak önemli olmayan bu bulgular ile araştırma bulguları arasında oluşan rakamsal farklılıkların göz ardı edilmesi mümkündür. Araştırmanın yürütüldüğü

arazi konumları ve arazi yapısının özelliklerinin farklı olması (Ferrer ve ark., 2014) bu rakamsal farklılıkları oluşturmuş olabilir.

Tane kabuk alanı/tane eti hacmi oranı (TKA/TH) ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-3}$)

Tane kabuk alanı/tane eti hacmi üzerine ÇAE'nin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9). En yüksek tane kabuk alanı/tane eti hacmi değeri $3,44 \text{ cm}^2 \text{cm}^{-3}$ ile Cabernet Sauvignon çeşidinden alınmıştır. Merlot üzüm çeşidinde bu değerin $2,97 \text{ cm}^2 \text{cm}^{-3}$ olduğu saptanmıştır. Diğer ana etki ve interaksiyonların istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. UAE açısından istatistik olarak önemli olmamakla beraber rakamsal olarak yüksek TKA/TH değerinin $3,51 \text{ cm}^2 \text{cm}^{-3}$ ile HÖ1 uygulamasından alındığı kaydedilmiştir. Düşük tane kabuk alanı/tane hacmi değerinin ise $2,94 \text{ cm}^2 \text{cm}^{-3}$ ile HÖ15-5 uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Kontrol ($3,26 \text{ cm}^2 \text{cm}^{-3}$) değerinin bu iki değer arasında yer aldığı görülmüştür. Küçük tanelerin yüksek TKA/TH oranına sahip olması nedeniyle şarabının daha kaliteli olduğu Matthews ve Anderson (1988) ile Cabernet Sauvignon çeşidinde küçük tanelerin görece büyük TKA sahip olduğu Ferrer ve ark. (2014) tarafından bildirilmiştir. Öte yandan Schalkwyk (2004) TKA/TH oranına farklı bir şekilde yaklaşmış ve iri taneli üzümlerin daha fazla üzüm suyu verdiğini, küçük taneli kırmızı çeşitlerin de koyu renk ve daha fazla aroma verdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada tane ağırlığı değeri (1.24 g) Kontrolden (1.30 g) düşük olan HÖ1 uygulamasındaki oranın ($3,51 \text{ cm}^2 \text{cm}^{-3}$) rakamsal olarak yüksek olduğu bulgusu araştırmacıları destekler niteliktedir. Ayrıca Bahar ve ark. (2024a)'nın Cabernet Sauvignon ile Merlot üzüm çeşidinde hasattan 5 gün önce ve Bahar ve ark. (2024b)'nin Cabernet Sauvignon çeşidinde ve Candar (2022)'nin Merlot çeşidinde gerçekleştirdiği yaprak yaralama uygulaması sonucu TKA/TH değerlerinin yapılan uygulama ile değişmediği bulguları ile uyumludur.

Çizelge 9. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde tane kabuk alanı/tane eti hacmi ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-3}$) üzerine etkileri

Table 9. The effects of mechanical wounding performed at different periods on berry skin area/berry flesh volume ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-3}$) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
UYGULAMALAR	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	2.64	3.55	3.09	3.61	3.25	3.43	3.26	3.33 (2021)
HÖ15	3.16	3.01	3.08	2.91	3.22	3.06	3.07	
HÖ15-10	4.00	2.65	3.32	2.92	3.24	3.08	3.20	
HÖ15-10-5	3.23	3.28	3.26	2.67	2.87	2.77	3.01	
HÖ15-5	3.94	2.60	3.27	2.54	2.70	2.62	2.94	
HÖ10-5	4.04	3.48	3.76	2.87	3.21	3.04	3.40	3.07 (2022)
HÖ10	4.15	2.99	3.57	2.99	2.82	2.91	3.24	
HÖ5	3.16	3.55	3.36	3.05	3.15	3.10	3.23	
HÖ3	4.26	3.27	3.77	2.69	2.49	2.59	3.18	
HÖ1	4.62	3.26	3.94	3.28	2.88	3.08	3.51	
ÇAE	3.44 A			2.97 B				

ÇAE LSD_{0.05}: 2.90

Çekirdek sayısı

Yaprak yaralama uygulamasının hasata oldukça yakın ve taneler olgunlaşmaya çok yaklaştığı dönemde yapılmasından dolayı Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde, 2021 ve 2022 yılları çekirdek sayısını değiştirmedikleri analitik olarak da ortaya konmuştur (Çizelge 10). YAE açısından 1.71-1.76 adet arasında olduğu, ÇAE açısından 1.73-1.74 adet arasında olduğu ve UAE açısından da 1.65-1.84 adet arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 10. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen mekanik yaralama işlemlerinin Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde çekirdek sayısı (adet) üzerine etkileri

Table 10. The effects of mechanical wounding performed at different periods on seed number (number) in Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties

Çeşit								
Uygulamalar	Cabernet Sauvignon			Merlot			UAE	YAE
	2021	2022	Uyg x çeşit	2021	2022	Uyg x çeşit		
K	1.52	1.66	1.59	1.66	1.75	1.71	1.65	1.76 (2021)
HÖ15	1.66	1.69	1.67	1.97	1.53	1.75	1.71	
HÖ15-10	1.89	1.83	1.86	1.41	1.64	1.52	1.69	
HÖ15-10-5	1.92	1.72	1.82	1.63	1.91	1.77	1.79	
HÖ15-5	1.86	1.55	1.70	1.89	1.69	1.79	1.75	
HÖ10-5	1.66	1.83	1.75	1.80	1.72	1.76	1.75	1.71 (2022)
HÖ10	1.66	1.66	1.66	1.77	1.63	1.70	1.68	
HÖ5	2.08	1.89	1.98	1.63	1.75	1.69	1.84	
HÖ3	1.83	1.52	1.68	1.83	1.97	1.90	1.79	
HÖ1	1.69	1.69	1.69	1.80	1.66	1.73	1.71	
ÇAE	1.74			1.73				

Ö.D.

Araştırmada incelenen çeşitlerin çekirdek sayısı 2-3 adettir (Çelik, 2006) ve bu değer tane ağırlığının %0-6'sıdır (Cadot ve ark., 2006). Tanedeki çekirdek gelişimi üç faza ayrılabilir (Cadot ve ark., 2006) ve çekirdek ağırlığı ilk aşamada artar, ben düşme-hasat arasında ise neredeyse değişmez. Bu çalışmada bir tane içindeki üzüm çekirdeği sayısı ortalama 1.65-1.84 adet arasında (Kontrol-HÖ5) bulunduğu genetik bir çeşit özelliği olan çekirdek sayısının 1-2 adet olduğu görülmüştür ve geç dönem (HÖ15 ve H1) yapılan uygulamaların bu değeri etkilemediği söylenebilir. Bu bulgu ile aynı yönde değerler Bahar ve ark. (2024a), Bahar ve ark. (2024b), Candar (2022) ve Candar (2023) tarafından elde edilmiştir.

Sonuç olarak; Tekirdağ koşullarında mekanik yaprak yaralama abiyotik stres uygulamaları sonucunda uygulamalar arasında istatistik farklılık gözlenmemiştir. Ancak daha çok geç dönem yaprak yaralama uygulamalarında bir artış söz konusu olmuştur. Bu artışların; tane kuru ağırlığı, % kuru ağırlık, tane kabuk alanı ve TKA/TH oranı değerlerinin HÖ1 uygulamasında olduğu kaydedilmiştir.

İnteraksiyonlar incelendiğinde;

- % kuru ağırlık açısından Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde 2021 yılında HÖ1 uygulaması, 2022 yılında ise HÖ10-5 uygulaması; Merlot üzüm çeşidinde ise 2021 yılı HÖ1 uygulamasında, 2022 yılında ise HÖ15 uygulamasında yüksek değerlere ulaşmıştır.

- TKA, 2022 yılında Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde Kontrol uygulamasına göre daha düşük değerlerde bulunmuştur.

-TKA/TH oranı her iki çeşit için 2022 yılında Kontrol uygulamasında daha yüksek bulunmuş ve yapılan uygulamalar ile TKA/TH oranında azalma görülmüştür.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

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

KAYNAKLAR

- Aguirre-Becerra, H., Vazquez-Hernandez, M.C., Saenz de la, O.D., Alvarado-Mariana, A., Guevara-Gonzalez, R.G., Garcia-Trejo, J.F., & Feregrino-Perez, A.A. (2021). Role of stress and defense in plant secondary metabolites production. In: Pal, D., Nayak, A.K. (Eds.) *Bioactive Natural Products for Pharmaceutical Applications. Advanced Structured Materials*, vol 140. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54027-2_5
- Bahar, E., Korkutal, I., & Kurt, C. (2011). Water deficit effect on different phenologic growth stages in grape berry growing, development and quality. *Trakya University Journal of Science*, 12 (1), 23-34.
- Bahar, E., Korkutal, I., & Öner, H. (2018). Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde farklı kültürel işlemlerin sıra özellikleri üzerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (1), 1-7.
- Bahar, E., Korkutal, I., & Tok Abay, C. (2024a). Grape berry morphology in semi-arid climate of Tekirdağ: Evaluating the effects of environmental factors and stress applications. *Black Sea Journal of Agriculture*, 7 (2), 144-156. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1409746>
- Bahar, E., Korkutal, I., & Abay, C. (2024b). Cabernet-Sauvignon çeşidi tane fiziksel özelliklerine bazı abiyotik streslerin etkisi (*Vitis vinifera* L.). *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 589-605. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1465178>
- Barbagallo, M.G., Guidoni, S., & Hunter, J.J. (2011). Berry size and qualitative characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 32 (1), 129-136. <https://doi.org/10.21548/32-1-1372>
- Benikhlef, L., L'Haridon, F., Abou-Mansour, E., Serrano, M., Binda, M., Costa, A., Lehmann, S., & Metraux, J.P. (2013). Perception of soft mechanical stress in *Arabidopsis* leaves activates disease resistance. *BMC Plant Biology*, 13, 133. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-133>
- Cadot, Y., Miñana-Castelló, M.T., & Chevalier, M. (2006). Anatomical, histological, and histochemical changes in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv Cabernet franc during fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (24), 9206-9215. <https://doi.org/10.1021/jf061326f>
- Candar, S. (2022). Effects of mechanically induced abiotic stress on berry and cluster physical properties of cultivar Cabernet Sauvignon grape variety. *Cukurova 8th International Scientific Researches Conference*, April 15-17, Adana, Turkey. Full Text Book 1, pp. 1028-1037.
- Candar, S. (2023). Understanding the impact of artificial stress on the morphological characteristics of cv. 'Merlot' berry and cluster. *Applied Fruit Science*, 66 (1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-01002-7>
- Candar, S., Korkutal, I., Bahar, E., & Aktas, F.B. (2023). Exploring the relationship between leaf water potential, defoliation, and grape berry physical properties of Merlot (*Vitis vinifera* L.) grapevine. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 7 (3), 517-532. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.3.6>
- Cantürk, S., Kunter, B., & Büyükkartal, H.N. (2019). Effects of kaolin particle film on berry histological properties in two table grape cultivars (*V. vinifera* L.). *Journal of Berry Research*, 9, 309-319. <https://doi.org/10.3233/JBR-180323>
- Chassot, C., Buchala, A., Schoonbeek, H., Metraux, J.P., & Lamotte, O. (2008). Wounding of *Arabidopsis* leaves causes a powerful but transient protection against *Botrytis* infection. *The Plant Journal*, 55 (4), 555-567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03540.x>
- Coombe, B.C. (1987). Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38, 120-127. <https://doi.org/10.5344/ajev.1987.38.2.120>
- Çelik, H. (2006). *Üzüm çeşit kataloğu*. Sunfidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi 3, 165p.

- Dai, Z.W., Ollat, N., Gomès, E., Decroocq, S., Tandonnet, J. P., Bordenave, L., Pieri, P., Hilbert, G., Kappel, C., van Leeuwen, C., Vivin, P., & Delrot, S. (2011). Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62 (4), 413-425. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10116>
- Ferrer, M., Echeverría, G., & Carbonneau, A. (2014). Effect of berry weight and its components on the contents of sugars and anthocyanins of three varieties of *Vitis vinifera* L. under different water supply conditions. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 35 (1), 103-113.
- Garrido, A., Conde, A., De Vos, R.C.H., & Cunha, A. (2023). The influence of light microclimate on the lipid profile and associated transcripts of photosynthetically active grape berry seeds. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1022379. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1022379>
- González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., & Simal-Gándara, J. (2015). Wine aroma compounds in grapes: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (2), 202-218. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.650336>
- Gray, J.D., & Coombe, B.G. (2009). Variation in berry size originates before fruitset but harvest is a point of resynchronisation for berry development after flowering. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 156-165. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00047.x>
- Holt, H.E., Francis, I.L., Field, J., Herderich, M.J., & Iland, P.G. (2008). Relationships between berry size, berry phenolic composition and wine quality scores for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) from different pruning treatments and different vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14 (3), 191-202. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00019.x>
- Howe, G.A. (2004). Jasmonates as signals in the wound response. *Journal of Plant Growth Regulators*, 23, 223-237. <https://doi.org/10.1007/s00344-004-0030-6>
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Güvemli Dünder, D. (2020). Determination the effects of antitranspirant application on the grape berry and cluster characteristics in veraison and post-veraison period. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (1), 83-93. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.594224>
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Uzun, M. (2023). Effect of berry heterogeneity and water deficit in organic and conventional vineyards on grape berry characteristics. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10 (3), 510-519. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1264738>
- Kök, D., Bal, E., & Çelik, S. (2013). Influences of various canopy management techniques on wine grape quality of *V. vinifera* L. cv. Kalecik Karası. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (6), 1247-1252.
- Leon, J., Rojo, E., & Sanchez-Serrano, J.J. (2001). Wound signalling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 52 (354), 1-9. <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.354.1>
- Li, Z., Yang, D., Guan, X., Sun, Y., & Wang, J. (2023). Changes in volatile composition of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapes under leaf removal treatment. *Agronomy*, 13, 1888. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071888>
- Lopez, M., Martinez, F., Del Valle, C., Orte, C., & Miro, M. (2001). Analysis of phenolic constituents of biological interest in red wines by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 922 (1-2), 359-363. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)00913-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)00913-X)
- Matthews, M.A., & Anderson, M.M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Response to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture*, 39, 313-320. <https://doi.org/10.5344/ajev.1988.39.4.313>
- Matthews, M.A., & Kriedemann, P.E. (2006). Water deficit, yield, and berry size as factors for composition and sensory attributes of red wine. In: *Proceedings ASVO Seminar*, pp. 46-54.
- Matthews, M.A., & Nuzzo, V. (2007). Berry size and yield paradigms on grapes and wine quality. In Proc. International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research. *Acta Horticulturae*, 754, 423-436.

- Migicovsky, Z., Swift, J.F., Helget, Z., Klein, L.L., Ly, A., Maimaitiyiming, M., Woodhouse, K., Fennell, A., Kwasniewski, M., Miller, A.J., Chitwood, D.H., & Cousins, P. (2024). Grapevine leaf size influences canopy temperature. *OENO One*, 58 (2). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.2.7735>
- Mirás-Avalos, J.M., Buesa, I., Llacer, E., Jiménez-Bello, M.A., Risco, D., Castel, J.R., & Intrigliolo, D.S. (2017). Water versus source-sink relationships in a semiarid Tempranillo vineyard: vine performance and fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68 (1), 11-22. <https://doi.org/10.5344/ajev.2016.16026>
- Mori, K., Sugaya, S., & Gemma, H. (2005). Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. *Scientia Horticulturae*, 105, 319-330. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.20>
- PlantGrape (2023). Catalogue des vignes cultivées en France. Retrieved from <https://plantgrape.plantnet-project.org/fr/> by June 02, 2023.
- Poni, S., & Libelli N. (2008). Dimensione dell'acino e qualità dell'uva: una relazione non scontata. *L'Informatore Agrario*, 17, 31-36.
- Roby, G., & Matthews, M.A. (2004). Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10 (1), 74-82. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00009.x>
- Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A., & Matthews, M.A. (2008). Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10 (2), 100-107. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00012.x>
- Sardi, E., Korbuly, J., Kiralyne Veghely, Z., & Minsovcis, E. (1998). Effect of different stresses on the resveratrol level in various parts of *Vitis* genotypes. *Acta Horticulturae*, 528, 597-612. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.528.89>
- Schalkwyk, D.V. (2004). Methods to determine berry mass, berry volume and bunch mass. Wynboer A Technical Guide for Wine Producers. Retrieved from www.wynboer.co.za/recentarticles/0409methods.php3 by July 12, 2023.
- Smart, R.E. (1986). Influence of light on composition and quality of grapes. In: *Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management*, XXII IHC 206, pp. 37-48.
- Somogyi, E., Kun, A., Lazar, J., Bodor-Pesti, P., & Nyitrai Sardy, D.A. (2021). Quantitative analysis of the berry size in grapevine cultivar 'Italia'. Digital image analysis of the grapevine. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 17 (S1), 53-60. <https://doi.org/10.1556/446.2021.30007>
- Tanaka, Y., Sugano, S.S., Shimada, T., & Hara-Nishimura, I. (2013). Enhancement of leaf photosynthetic capacity through increased stomatal density in *Arabidopsis*. *New Phytologist*, 198 (3), 757-764. <https://doi.org/10.1111/nph.12186>
- van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Gowdy, M., Farris, L., Pieri, P., Marolleau, L., & Gambetta, G.A. (2023). An operational model for capturing grape ripening dynamics to support harvest decisions: This article is published in cooperation with the 22nd GiESCO International Meeting, hosted by Cornell University in Ithaca, NY, July 17-21, 2023. *OENO One*, 57 (2), 505-522. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.2.7399>
- Walker, R.R., Blackmore, D.H., Clingeleffer, P.R., Kerridge, G.H., Rühl, E.H. & Nicholas, P.R. (2005). Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 2-8. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00273.x>
- Westoby, M., Falster, D.S., Moles, A.T., Vesk, P.A., & Wright, I.J. (2002). Plant Ecological Strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33 (1), 125-159. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150452>