

Cilt 38
Volume

Sayı 1 2023
Number

Basılı ISSN 2636 - 7874
Printed

Çevrimiçi ISSN 2630 - 6034
Online

Çukurova
TARIM
ve **GIDA**
Bilimleri Dergisi

Çukurova Journal of
AGRICULTURAL
and **FOOD**
Sciences

Çukurova
Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi



Çukurova
Journal of Agricultural and Food
Sciences

Basılı ISSN 2636 - 7874
Printed

Çevrimiçi ISSN 2630 - 6034
Online

Ürün Bilgisi (Product Information)

Yayıncı
Publisher

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Çukurova University Faculty of Agriculture

Sahibi (ÇÜZF adına)
Owner (on behalf of ÇÜZF)

Salih KAFKAS, Dekan (Dean)

Teknik Sekretery
Technical Secretary

Hasan YILDIRIM
Murat ACAR

Basımevi Adresi
Printing House

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset
Atölyesi Balcalı, Sarıçam 01330 Adana-
TÜRKİYE

Basım Tarihi
Date of Publication

24/06/2023

Dil
Language

Türkçe - İngilizce
Turkish - English

Yayın Türü
Type of Publication

Hakemli Süreli Yayım
Double-blind peer reviewed

“Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi” yayın hayatına 1 Ocak 2016 tarihi itibarıyla “Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi” adıyla devam etmektedir.

From January 1, 2016 “Çukurova University Journal of Faculty of Agriculture” continuous its publication life as “Çukurova Journal of Agriculture and Food Sciences”.

Yönetim Adresi

Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.
Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Yayın Ünitesi
Balcalı-Sarıçam 01330 Adana

Management Address

Çukurova J. Agric. Food Sci.
Çukurova University Faculty of Agriculture
Publication Department
Balcalı-Sarıçam 01330 Adana, TURKEY

Telefon : 0 322 338 60 84 / 2115-2119
Faks : 0 322 338 63 64
E-posta: ctgbdeditor@cukurova.edu.tr

Phone : 0 322 338 60 84 / 2115-2119
Fax : 0 322 338 63 64
E-mail : ctgbdeditor@cukurova.edu.tr



Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

Çukurova Journal of Agricultural and Food Sciences

Editörler Kurulu

Editorial Board

Orhan BOZAN
Ladine BAYKAL ÇELİK
E. Bülent ERENOĞLU
Ufuk GÜLTEKİN
Ahmet Naci ONUS
Özhan ŞİMŞEK
Eşref İRGET
Savaş KORKMAZ
Ayten NAMLI
Handan VURUŞ AKÇAÖZ
Abdullah SESSİZ
Haşim KELEBEK
Emel OZ
Zümrüt AÇIKGÖZ

Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Erciyes Üniversitesi
Ege Üniversitesi
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Ankara Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Dicle Üniversitesi
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Atatürk Üniversitesi
Ege Üniversitesi

Baş Editör

Editor-in-chief

Serkan SELLİ

Çukurova Üniversitesi

Editör Asistanı

Assistant Editor

Gamze GÜÇLÜ

Çukurova Üniversitesi

Bilimsel Danışma Kurulu

Advisory Board

Pınar KADİROĞLU KELEBEK
Kemal ŞEN
Hasan Hüseyin ÖZTÜRK
Sedat BOYACI
Fatih ERKUŞ
Haşim KELEBEK
Emel ÜNAL TURHAN
Hilal YILDIZ
Dilek KABAKCI
Aziz GÜL
Meral KEKEÇOĞLU
Nafiye ÜNAL
Hatıra TAŞKIN
Mehmet YAMAN
Muharrem KAYA
Cennet YAMAN
Ahmet SAY
Sultan KIYMAZ
Harun KAMAN
Yusuf AYDIN
Sibel DERVİŞ
Yusuf YANAR
Hasan Sungur CİVELEK
İsmail KARACA
Eyüp Mennan YILDIRIM
Yaşar ALPTEKİN

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Muş Alparslan Üniversitesi
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Düzce Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Erciyes Üniversitesi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Yozgat Bozok Üniversitesi
Erciyes Üniversitesi
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Gaziantep Üniversitesi
Mardin Artuklu Üniversitesi
Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Amaç ve Kapsam

Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, Tarım, Orman, Gıda, Çevre, Peyzaj, Su Ürünleri, Biyoloji ve Biyoteknoloji alanlarında hazırlanan daha önce başka bir yerde yayınlanmamış araştırma ve derleme makaleleri Türkçe veya İngilizce olarak yayınlar.

Aims and Scope

Çukurova Journal of Agricultural and Food Sciences publishes original papers and review articles dealing with agriculture, forestry, food sciences, environment, landscape, fisheries, biology and biotechnology in Turkish or English.

İçindekiler - Contents

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu Bioactive Compounds of Myrtle Berries' Ultrasound-Assisted Extraction Conditions Optimized by Response Surface Methodology T. D. ÇAPAR	1-13
Bal Arılarında (<i>Apis mellifera</i> L.) <i>Spirulina platensis</i> Alginin, <i>Varroa destructor</i> Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması <i>Spirulina platensis</i> Algin in Honey Bees (<i>Apis mellifera</i> L.) Use Against <i>Varroa destructor</i> Parasite and Investigation of Effects on the Performance of Honey Bee Colonies A. BURĞUT, H. R. KUTLU, M. TUFAN	14-25
Prevention of the Growth of <i>Salmonella</i> spp. and <i>Listeria</i> spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms Antagonistik Mikroorganizmalar Kullanılarak Tahinde <i>Salmonella</i> spp. ve <i>Listeria</i> spp. Gelişiminin Önlenmesi E. ESEN, Ö. TURGAY	26-39
Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri The Effects of Different Salt Concentrations on the Yield and Pomological Properties in Strawberry S. PAYDAŞ, R. KAMAR, M. A.SARİDAS	40-56
Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaştırma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ET_o) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması Comparison of the Performances of Pan-Based Equations to Estimate Reference Evapotranspiration (ET _o) in Mediterranean Climate Conditions D. L. KOÇ	57-65
Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (<i>Cicer arietinum</i> L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli, İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi Determination of Technological Characteristics of Some Registered Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) Varieties Cultivated in Kayseri Ecological Conditions by Multivariate Statistical Analysis O. EROL, H. ÖZAKTAN, Z. TOSUN	66-75
Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.) Amino Asitler Madde Biyostimulanlar Karnabaharın Bitkisel Gelişimi için Uygulama (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.) M. M.BETTONI, R. KUDLAWIEC, V. J. CONCEIÇÃO, L. BERNASKI, T. KIZILDENİZ	76-86
Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri Population Developments in Field Tomatoes in Milas (Muğla) Due to Harmful Cicadellidae (Hemiptera) Species and Different Trap Colors Y. M. TÜRKMEN, H. BAŞPINAR, C. KAZAK	87-95
Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölümüne Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması Investigation of Fungal Causal Agents of Root Rot and Die Back on Pistachio Trees M. MANDOLLU, M. KAYIM	96-106
Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey Türkiye'de Farklı İklim Bölgelerinde Sera İklimlendirmesi M. A. MAKAY ABASS, A. N.BAYTORUN	107-121
Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves Zeytin Yapraklarının Mineral İçerikleri Üzerine Sulama, Çeşit ve Toplama Zamanının Etkisi N. USLU, M. M. ÖZCAN	122-132
Domates Bakteriye Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması Investigation of Chemical and Biological Control Possibilities of Tomato Bacterial Wilt Disease H. KAYA, B. P. AKTEPE, Y.AYSAN	133-146
Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Türler İle Predatörlerinin Saptanması Determination of Pest Species and Their Predators in Onion Cultivation Areas in The Adana Province of Turkey E.YILDIRIM, A. F. ÇALIŞKAN-KEÇE, M. R. ULUSOY	147-150



Araştırma Makalesi

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Tuğba DURSUN ÇAPAR^{1*}

ÖZ

Fenolik bileşikler gibi bazı fitokimyasallar, antioksidan özellikleri nedeni ile iltihaplanma, kalp damar hastalıkları ve belirli kanser türlerine karşı olası koruma sağladıklarından büyük ilgi görmektedir. Murt meyvesi (*Myrtus communis* L.) içerdiği biyoaktif bileşiklerden dolayı insan sağlığı üzerinde potansiyel pozitif etki göstermektedir. Bu çalışmada, murt meyvesinin biyoaktif bileşiklerini ultrasonik-destekli ekstraksiyonu (USE) yöntemi ile optimize edilmiştir. Murt meyvesi ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği (TFM) ve antioksidan aktivite (AA) açısından optimal ekstraksiyon koşulları, Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) Box-Behnken deney tasarımı kullanılarak belirlenmiştir. Ultrasonikasyon gücü, ultrasonikasyon süresi ve katı-sıvı oranı gibi ekstraksiyon parametrelerinin TFM ve AA üzerindeki etkisi, ikinci dereceden regresyon denklemi kullanılarak modellenmiştir. En yüksek istenebilirlik 70 W sonikasyon gücü, % 7 katı-sıvı oranı ve 15 dakika sonikasyon süresinde gözlenmiştir. Sonikasyon gücü ve katı-sıvı oranı ekstraksiyon işleminde istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Optimum koşullar altında TFM ve DPPH radikal süpürme aktivitesi sırası ile 1.164 g GAE/L ve % 100.34 olarak tahminlenirken, bu değerler deneysel olarak 1.07 g GAE/L ve % 96.41 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, deneysel tasarım ile murt meyvesinden biyoaktif bileşiklerin USE yöntemi ile ekstraksiyonunun zaman ve çözgen açısından fayda sağladığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: murt, biyoaktif bileşikler, ultrases-destekli ekstraksiyon, optimizasyon

Bioactive Compounds of Myrtle Berrys' Ultrasound-Assisted Extraction Conditions Optimized by Response Surface Methodology

ABSTRACT

Phytochemicals, such as phenolic compounds, are of great interest due to their health beneficial antioxidant properties and possible protection against inflammation, cardiovascular diseases and certain types of cancer. The bioactive compounds in myrtle berries have shown a potentially positive effect on human health. In this study, bioactive compounds of myrtle berries were optimized by using ultrasound-assisted extraction (USE) technique. The optimal extraction conditions in term of total phenolic content (TPC) and total antioxidant activity (AA) were determined using Response Surface Methodology (RSM) Box-Behnken design. The influence of extraction parameters including, ultrasonication power, sonication time and solid-solvent ratio on TPC and AA were modeled by using a second-order regression equation. The highest desirability was observed with an ultrasonic power of 70, a solid/solvent ratio of 7 %, and an extraction time of 15 min. Sonication power and solid-solvent ratio were the significant parameters for the extraction process ($p<0.05$). Under these optimized conditions, the predicted value for TPC and DPPH radical scavenging activity were 1.07 g GAE /L extract, and 96.41 %, whereas the observed experimental values were found as 1.164 g GAE /L extract and 100.34 %, respectively. These findings show that extraction of bioactive compounds from myrtle berries using USE technique consumes less solvent and time.

Keywords: Myrtle berry, bioactive compounds, ultrasound-assisted extraction, optimization

ORCID ID: 0000-0002-1075-0054

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 14.10.2022

Kabul Tarihi: 14.02.2023

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri

*E-posta: tugbadursun@erciyes.edu.tr

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Giriş

Murt meyvesi, (*Myrtus communis* L.) Akdeniz bölgesinde yetişen *Myrtaceae* familyasında önemli aromatik bitkilerden birisidir (Yangui ve ark., 2021). Geleneksel olarak, murt meyvesinin yaprakları, meyveleri, çiçekleri ve kökleri gibi farklı kısımları tıp, kozmetik ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Giampieri ve ark., 2020; Alipour ve ark., 2014; Zam ve ark., 2017). Murt meyvesinin tedavi edici özellikleri meyvenin içerdiği biyolojik aktif sekonder metabolitlerden kaynaklanmaktadır (Yangui ve ark., 2017). Antosiyaninler, flavanoidler ve yağ asitleri meyvedeki ana fitokimyasallardır (Tuberoso ve ark. 2010, Medda ve Mulas, 2021). Yaprak kısmı ise fenolik asitler, flavonoidler ve esas olarak uçucu yağlar bakımından zengindir (D'urso ve ark. 2019).

Solvent ekstraksiyonu, biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılan geleneksel bir ekstraksiyon yöntemidir (Ameer ve ark., 2017; Heleno ve ark., 2016; Ozbek ve ark., 2020; Zermane ve ark., 2016). Ancak bu yöntem; uzun süre gerektirmekte ve işlemin yüksek sıcaklıklarda yapılması nedeni ile biyoaktif bileşiklerde bozunmaya neden olabilmektedir. Solvent ekstraksiyonunda gerek çevre gerekse de sağlık sorunlarına neden olan ve maliyeti yüksek organik çözücüler kullanılmaktadır. Yöntemin belirtilen dezavantajları nedeni ile alternatif ekstraksiyon yöntemleri dikkat çekmektedir (Dang ve ark., 2017). Nitekim son araştırmalar modern, alternatif ve doğa dostu yeşil ekstraksiyon tekniklerinin daha fazla tercih edildiğini ortaya koymaktadır (Capar ve ark., 2021). Bu ekstraksiyon yöntemleri arasında ultrases-destekli ekstraksiyon (USE), basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PLE), süper kritik ekstraksiyon (SFE) ve mikrodalga-destekli ekstraksiyon (MAE) en çok kullanılan yöntemlerdir (Dang ve ark., 2017; Amiri ve ark., 2010; Tian ve ark., 2013). Bu teknikler arasında,

çözelti içerisinde kavitasyon oluşturan USE yönteminin, klasik ekstraksiyon yöntemine göre birçok avantajı vardır (Chanioti ve Tzia, 2017; Jalili ve ark., 2018). Bu avantajlar arasında, yüksek ekstraksiyon verimi, düşük çalışma sıcaklığı ve az solvent tüketimi, daha kısa çalışma süresi ve enerji tasarrufu sayılabilir. USE yöntemi bitkilerden, hayvanlardan ve bunların atıklarından veya yan ürünlerden; yağların, proteinlerin veya farklı biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılmaktadır (Cavdar ve ark., 2017). USE'yi ultrasonik güç, frekans, sonikasyon süresi, çözücü özellikleri ve katı:sıvı oranı etkilemektedir (Sharayei ve ark., 2019). Bu nedenlerle, mevcut çalışmada klasik ekstraksiyona kıyasla daha yüksek antioksidan ve fenolik içeriğine sahip ekstrakt elde etmek amacıyla proses koşullarının optimizasyonu deneysel tasarım yöntemi ile belirlenmiştir. Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM), optimizasyonla ilgili sorunlara uygulanan istatistiksel bir araç olmakla birlikte işleme koşullarının geliştirilmesini ve iyileştirilmesini sağlamaktadır (Khuri ve Mukhopadhyay, 2010). Son yıllarda, daha az sayıda deneyin yapıldığı RSM, kimyasal ve biyokimyasal sistemlerin optimizasyonu için kullanılmaktadır (Bas ve Boyaci, 2007).

Literatürde murt meyvesinin fenolik ve antioksidan özelliklerini araştıran bazı çalışmalara rastlanmaktadır (Pereira ve ark., 2017; Yılmaz, 2020; Aksay, 2016). Bununla birlikte, murt meyvesinin biyoaktif özelliklerinin ekstraksiyon koşullarının optimizasyonuna yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu amaçla, bu çalışmada murt meyvesinin fenolik ve antioksidan özelliklerinin USE ile optimizasyonu sağlanmıştır. Optimizasyon prosesi RSM kullanılarak gerçekleştirilmiştir. USE ile elde edilen optimum nokta TFM ve AA değerleri, tahminlenen değerler ile karşılaştırılarak model doğrulaması yapılmıştır.

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Materyal ve metod

Materyal

Murt meyvesi (*Myrtus communis* L.) (beyaz) 2020 yılı Ekim ayında Antalya bölgesinden temin edilmiştir. Murt meyvesi sap ve çekirdeklerinden ayrıldıktan sonra blender yardımıyla parçalanmıştır. Murt meyvesinin başlangıç nem içeriği AOAC 934.01 yöntemine göre yapılmış ve % 78 ± 0.1 olarak hesaplanmıştır.

Ultrases-destekli ekstraksiyon (USE)

Ultrasonik-destekli ekstraksiyon için US 400S (Hielscher, Almanya) ultrasonik güç cihazı kullanılmıştır. USE işlemi RSM dizayna göre yapılmış ve farklı ultrasonik güç, ultrasonikasyon süresi ve katı-sıvı oranı kullanılmıştır. Dizayn Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışmada çözgen olarak metanol (Merck, Almanya) kullanılmıştır. Örnek ve çözgen beher içerisine konulmuş ve sonikasyon sırasında ısınmanın engellenmesi için etrafı buz ile çevrilmiştir. Sonikasyon süresi sonunda örnek kaba filtre kağıdından geçirilmiş ve örnekler 45 µm’lik membran filtre (Sartorius) ile süzülmüştür. Elde edilen ekstraktlar amber şişelerde -80°C’de muhafaza edilmiş ve analizler için kullanılmıştır.

Toplam fenolik bileşen analizi (TFM)

Toplam fenolik madde analizi Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak Hayta and İşçimen (2017)’e göre yapılmıştır. Bu amaçla 30 µL örnek ekstraktı, 150 µL Folin-Ciocalteu (10 kat seyreltilmiş) ve 120 µL Na₂CO₃ mikro okuyucu plakasına konulmuştur. Örnek absorbansları Mikro okuyucu (MultiScan FC, Thermo Fisher, ABD) içinde 60 dakika bekleme süresi sonunda 750 nm’de ölçülmüştür. Sonuçlar g Gallik asit eşdeğeri (GAE)/L olarak hesaplanmıştır.

Toplam antioksidan aktivite analizi (AA)

Örneklerin antioksidan aktivite analizi Hayta and İşçimen (2017)’de belirtilen 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme kapasitesi yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla 30 µL örnek ekstraktı ve 270 µL DPPH (0.1 mM etanolik) çözeltisi mikro okuyucu plakasına konulmuştur. Örnek absorbansları mikro okuyucu (MultiScan FC, Thermo Fisher, ABD) içinde 5 dakika karıştırma ve 55 dakika bekletme sonunda 520 nm’de okunmuştur. % süpürme aktivitesi aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left[1 - \frac{\text{örnek absorbansı}}{\text{kontrol absorbansı}} \right] \times 100$$

Optimizasyon ve istatistiksel analiz

Verileri optimize etmek için RSM-Box-Behnken dizaynı kullanılmıştır. Optimizasyon Design Expert (13.0) programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Proses parametreleri biyoaktif özellikleri optimize etmek için X₁:güç (W), X₂:zaman (dakika), ve X₃:oran (katı-sıvı, %) seçilmiştir. Ekstraksiyon süresi, gücü, katı-sıvı oranı gibi USE değişkenleri; literatür taramalarına ve yapılan ön deneme sonuçları değerlendirilerek belirlenmiştir. USE için 17 noktadan oluşan deney tasarımı Çizelge 1’de, üç kodlu faktör ise Çizelge 2’de verilmiştir. Verilerin en iyi uyduğu model aşağıda belirtilen ikinci dereceden polinomial modeldir:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} \cdot X_{ii}^2 + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \varepsilon$$

Y, tahminlenen farklı cevapları; X_i, X₁, X₂,...,X_k, bağımsız dizayn değişkenlerini; β₀, β_i, β_j, j=0,1,...,k, regresyon katsayılarını ve ε rastgele hatayı belirtmektedir.

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Çizelge 1. Murt meyvesinin USE ile biyoaktif özelliklerinin optimizasyonunda kullanılan deney tasarım çizelgesi

Deneme	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Cevap 1	Tahminlenen	Cevap 2	Tahminlenen
	X ₁	X ₂	X ₃	TFM	TFM	AA	AA
	W	min	%	g GAE/L	g GAE/L	%	%
						İnhibisyon	İnhibisyon
1	50	15	10	0.86	0.87	96.32	94.89
2	30	15	5.5	0.84	0.78	80.23	64.73
3	50	10	5.5	0.77	0.75	77.4	85.77
4	70	15	5.5	1.16	1.15	95.35	101.43
5	30	5	5.5	0.65	0.66	75.37	52.29
6	70	10	10	0.84	0.84	95.07	95.42
7	70	10	1	0.75	0.70	31.1	71.17
8	50	5	1	0.24	0.23	18.42	53.85
9	70	5	5.5	0.66	0.72	77.39	94.89
10	50	10	5.5	0.81	0.75	82.44	85.77
11	50	10	5.5	0.78	0.75	84.45	85.77
12	50	10	5.5	0.74	0.75	88.21	85.77
13	50	15	1	0.36	0.42	24.9	66.75
14	30	10	10	0.79	0.84	94.13	63.06
15	30	10	1	0.26	0.26	24.57	24.22
16	50	10	5.5	0.64	0.75	96.36	85.77
17	50	5	10	0.56	0.50	98.67	88.82

X₁:Güç, X₂:Süre, X₃:Kati-sıvı oranı, TFM:Toplam fenolik madde, AA: Antioksidan aktivite

Çizelge 2. RSM bağımsız değişken parametreleri

Bağımsız değişkenler	Bağımsız değişken parametreleri		
	-1	0	+1
X ₁ Güç (W)	30	50	70
X ₂ (Dakika)	5	10	15
X ₃ (%)	1	5.5	10

X₁:Güç, X₂:Süre, X₃:Kati-sıvı oranı

Bulgular ve Tartışma

RSM Optimizasyonu ve Model Uyumu

Model uygunluğu, sistemin doğru tahminini incelemek için gereklidir. Eğer model kabul edilebilir düzeyde ise optimize edilmiş cevaplar doğru sonuç vermektedir. Çizelge 3 ve 4, TFM ve AA için ikinci dereceden modellerin ANOVA (p değerleri) sonuçlarını özetlemektedir. Çizelgelerden görüldüğü gibi modellerin p değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Uyum eksikliği p değerinin 0.05'ten büyük olması

deneysel ve tahmin edilen değerlerin deneysel hata ile açıklanabileceğini göstermektedir. Çizelge 3 ve 4 incelendiğinde her iki model için de R^2 ve Adj- R^2 değerlerinin kabul edilebilir değerler olduğu anlaşılmaktadır.

Çoklu yanıtların optimizasyonuna uygulanan faydalı bir optimizasyon tekniği de $0 \leq d \leq 1$ aralığında değişen istenebilirlik fonksiyonlarını (d) kullanmaktır (Derringer ve Suich, 1980). RSM optimizasyon aşamasında belirtildiği gibi en yüksek performansı elde etmek için her bir

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

faktörün (sonikasyon gücü, sonikasyon süresi ve katı-sıvı oranı) istenen seviyesi “aralık içinde” seçilirken, yanıtlar “maksimum” olarak seçilmiştir. En yüksek istenebilirlik değerini ($d=1$) veren değer optimum sonuç olarak seçilmiş olup, 70 W ultrasonik güç, 15 dakika sonikasyon süresi ve % 7 katı-sıvı oranında elde edilmiştir. Elde edilen optimum koşullar altında TFM ve AA sırasıyla 1.164 g GAE/L ve % 100.34 olarak tahminlenirken, deneysel olarak 1.07 g GAE/L ve % 96.41 olarak bulunmuştur.

Toplam Fenolik Madde (TFM)

Murt meyvesinin toplam fenolik içeriğinin deneysel tasarımı ve karşılık gelen yanıt verileri Çizelge 1’de sunulmuştur. Modelin kesişim, doğrusal, ikinci dereceden ve etkileşim terimlerinin regresyon katsayıları en küçük kareler tekniği kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 3’te verilmiştir. Üç doğrusal parametrenin, güç (X_1), zaman (X_2) ve katı-sıvı oranı (X_3), ve X_3 ’ün kuadratik (ikinci dereceden) parametresi $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur. Diğer etkileşim parametrelerinden sadece X_1X_3 istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunurken, diğerleri önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 3’te verilen varyans analizi (ANOVA) deneysel sonuçları, modelin 17.40 F değerinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, model $p<0.05$ olduğu ve uyum eksikliği $p>0.05$ olduğu için istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. R^2 değeri % 96 bulunmuş olup murt meyvesi polifenollerinin USE verimliliğinin % 96’lık örnek varyasyonlarının bağımsız değişkenlere atfedildiğini ve toplam varyasyonların sadece %4’ünün model tarafından açıklanamayacağını ifade etmektedir. Bununla birlikte, yüksek R^2 değeri, her zaman regresyon modelinin tamamen uygun olduğunu göstermez. İyi bir istatistiksel modelde, $Adj-R^2$, R^2 ile karşılaştırılabilir olmalıdır. Çizelge 3’te gösterildiği gibi model için R^2 ve $Adj-R^2$ değerleri birbirine yakındır. Varyasyon katsayısı değeri

(C.V.%) % 3.51 ve “Yeterli Kesinlik” oranı 16.59 olarak bulunmuş ve modelin literatüre (Dahmoune ve ark.,2015) uygun, güvenilir ve tekrarlanabilir olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, modelin murt meyvesinden USE ile TFM ekstraktının tahmininde güvenilir sonuçlar verdiği göstermiştir.

Bağımsız değişkenlerin etkileşimli etkilerini ve fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu üzerindeki karşılıklı etkileşimlerini araştırmak için, çoklu doğrusal olmayan regresyon modellerinin üç boyutlu tepki yüzey profilleri çizilmiştir (Şekil 1). Şekil 1 toplam fenolik içeriğinin güç:süre, güç:katı-sıvı oranı ve süre:katı-sıvı oranı faktörlerinin etkileşimlerini göstermektedir. Murt meyvesinin fenolik içeriği sonikasyon süresinin 15 dakika ve sonikasyon gücünün 70 W’a çıkması ile 0.65 g GAE/L’den 1.16 g GAE/L’ye kadar artmıştır. Katı-sıvı oranı ve sonikasyon gücünün ikili etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Katı-sıvı oranı % 1’den % 10’a arttığında düşük sonikasyon gücü (30 W) TFM’yi önemli derecede artırırken, sonikasyon gücü 70 W olduğunda TFM’de fazla artış olmamıştır. Sonikasyon süresinin ve katı-sıvı oranının birlikte artması toplam fenolik içeriğini artırırken, bu etkileşim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Katı-sıvı oranı TFM’yi istatistiksel olarak önemli derecede etkilemektedir ve bu oran arttıkça TFM’de artmaktadır. Bu artış esas olarak katı-sıvı arasında değişen konsantrasyon ve katı ile sıvının oranının artması ile gerçekleşen kütle transferi ile tutarlıdır (Pinelo, 2005). Ekstraksiyon süresi TFM’yi önemli ölçüde etkilemiş ve süre arttıkça TFM artmıştır. Bu ilişki, katı moleküllerinin çözücü içindeki difüzyonu ve temas süresinin artması ile ilişkili olması ile açıklanabilir (Djemaa-Landri ve ark. 2020). Bu bulgular literatür ile uyum sağlamaktadır (Pinelo, 2005; Djemaa-Landri ve ark. 2020).

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Çizelge 3. Toplam fenolik madde analizine ait varyans analiz çizelgesi

Kaynak	KT	Sd	KTO	F değeri	<i>p</i> değeri Prop>F
Model	0.82	9	0.09	17.40	0.0005**
Doğrusal					
X ₁	0.09	1	0.09	18.04	0.0038**
X ₂	0.15	1	0.15	29.37	0.0010**
X ₃	0.26	1	0.26	49.43	0.0002**
Etkileşimli					
X ₁ X ₂	0.02	1	0.02	4.58	0.0696
X ₁ X ₃	0.05	1	0.05	9.23	0.0189*
X ₂ X ₃	0.01	1	0.01	1.54	0.2539
İkinci derece					
X ₁ ²	0.06	1	0.06	11.04	0.0127*
X ₂ ²	0.01	1	0.01	1.14	0.3202
X ₃ ²	0.18	1	0.18	33.83	0.0007**
Rezidual	0.04	7	0.01		
Uyum eksikliği	0.02	3	0.01	1.53	0.3362
Saf Hata	0.02	4	0.00		
Düzeltilmiş toplam	0.86	16	0.09	17.40	
Standart Hata	0.072				
Ortalama	0.69				
C.V.	3.51				
PRESS	0.34				
R ²	0.96				
Adj-R ²	0.90				
Tahmini R ²	0.60				
Yeterli Kesinlik	16.59				

KT: Kareler toplamı, sd:serbestlik derecesi, KTO: Kareler toplamının ortalaması, **p*>0.05; ***p*<0.01, X₁:Güç, X₂:Süre, X₃:Kati-sıvı oranı

Murt meyvesi fenolik içeriği etil asetat ve etanol kullanıldığında sırasıyla 3.21 ve 1.78 g GAE/L olarak bildirilmiştir (Aggul ve ark. 2022). Farklı sonuçların elde edilmesi ekstraksiyon koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

TFM'ye ait tahmini denklemi aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$\text{TFM (g GAE/L)} = +0.42 - 0.02 X_1 + 8.2E-003 X_2 + 0.19 X_3 + 7.75E-004 X_1X_2 - 1.22E-003 X_1X_3 + 2.00E-003 X_2X_3 + 2.93 E-004 X_1^2 - 1.51E-003 X_2^2 - 0.01 X_3^2$$

X₁, sonikasyon gücü, X₂ sonikasyon süresi (dakika), ve X₃ kati-sıvı oranı (%)'dir.

Toplam Antioksidan Analizi (AA)

RSM-Box-Behnken Design tarafından oluşturulan deney tasarımı ve karşılık gelen DPPH (%) değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Box-Behnken dizaynında üç faktör için kullanılan matematiksel model, ikinci dereceden modele uyum sağlamaktadır. Bu model kullanılarak AA için (% DPPH) için aşağıda verilen tahmin denklemi elde edilmiştir.

$$\text{AA (\% DPPH)} = -17.72 + 0.17 X_1 + 1.71 X_2 + 22.46 X_3 + 0.03 X_1X_2 - 0.02 X_1X_3 - 0.09 X_2X_3 - 2.56E-003 X_1^2 - 0.11 X_2^2 - 1.16 X_3^2$$

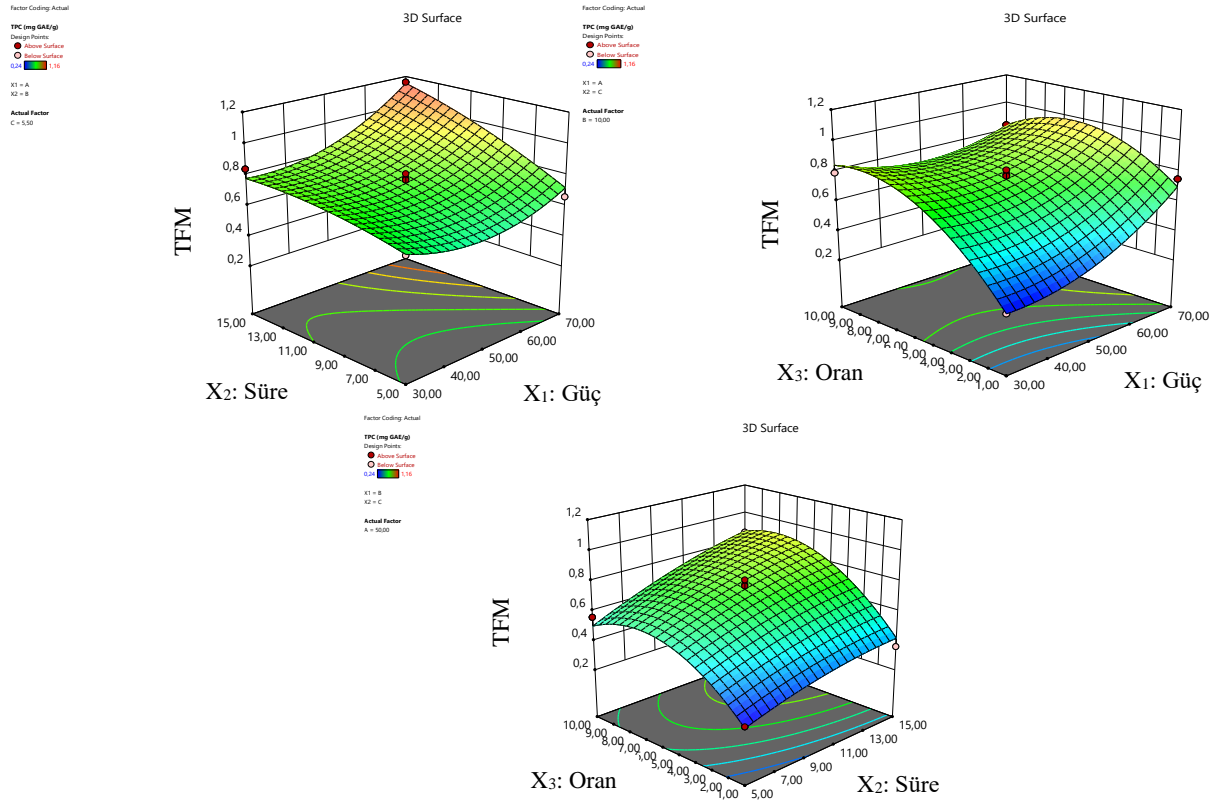
X₁, sonikasyon gücü, X₂ sonikasyon süresi (dakika), ve X₃ kati-sıvı oranı (%)'dir. USE tekniği kullanılarak elde edilen BBD ikinci dereceden modelin varyans analizi Çizelge 4'te özetlenmiştir. Modelin R² ve Adj-R² değerleri sırasıyla 0.96 ve

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

0.92 olarak bulunmuştur. Bu değerler 1.0'e yakın olup gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında iyi uyum olduğunu göstermektedir. Ayrıca modelin USE verimliliğinde %96'lık örnek varyasyonlarının bağımsız değişkenlere atfedildiğini ve toplam varyasyonların sadece %4'ünün model tarafından açıklanamayacağını ifade etmektedir. Uyum eksikliğinin p değeri > 0.05 olup, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Varyasyon katsayısı değeri (C.V.%) % 3.60 ve "Yeterli Kesinlik" oranı 17.33 bulunmuş ve modelin literatüre (Dahmoune ve ark., 2015) uygun, güvenilir ve tekrarlanabilir olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, modelin murt

meyvesinin USE yöntemi ile antioksidan aktivite tahmininde güvenilir sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Modelin kesişim, doğrusal, ikinci dereceden ve etkileşim terimlerinin regresyon katsayıları en küçük kareler tekniği kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4'de verilmiştir. İki doğrusal parametrenin, güç (X_1), katı-sıvı oranı (X_3) ve bunların kvadratik (ikinci dereceden) parametreleri $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur.



Şekil 1. Toplam fenolik maddenin ultrases-destekli ekstraksiyon parametrelerine bağlı olarak değişimi

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Çizelge 4. Toplam antioksidan aktivite analizine ait varyans analiz çizelgesi

Kaynak	KT	Sd	KTO	F değeri	p değeri Prop>F
Model	6512.47	9	723.61	21.44	0.0003**
Doğrusal					
X ₁	3144.64	1	3144.64	93.17	<0.0001**
X ₂	180.03	1	180.03	5.33	0.0542
X ₃	1990.81	1	1990.81	58.98	0.0001**
Etkileşimli					
X ₁ X ₂	8.70	1	8.70	0.26	0.6272
X ₁ X ₃	53.22	1	53.22	1.58	0.2495
X ₂ X ₃	11.66	1	11.66	0.35	0.5751
İkinci derece					
X ₁ ²	423.03	1	423.03	12.53	0.0095**
X ₂ ²	28.17	1	28.17	0.83	0.3913
X ₃ ²	635.04	1	635.04	18.81	0.0034**
Rezidual	236.27	7	33.75		
Uyum eksikliği	35.28	3	11.76	0.23	0.8687
Saf Hata	200.99	4	50.25		
Düzeltilmiş toplam	6748.74	16			
Standart Hata	5.81	9			
Ortalama	76.49	1			
C.V.	3.60				
PRESS	878.50				
R ²	0.96				
Adj-R ²	0.92				
Tahmini R ²	0.87				
Yeterli Kesinlik	17.33				

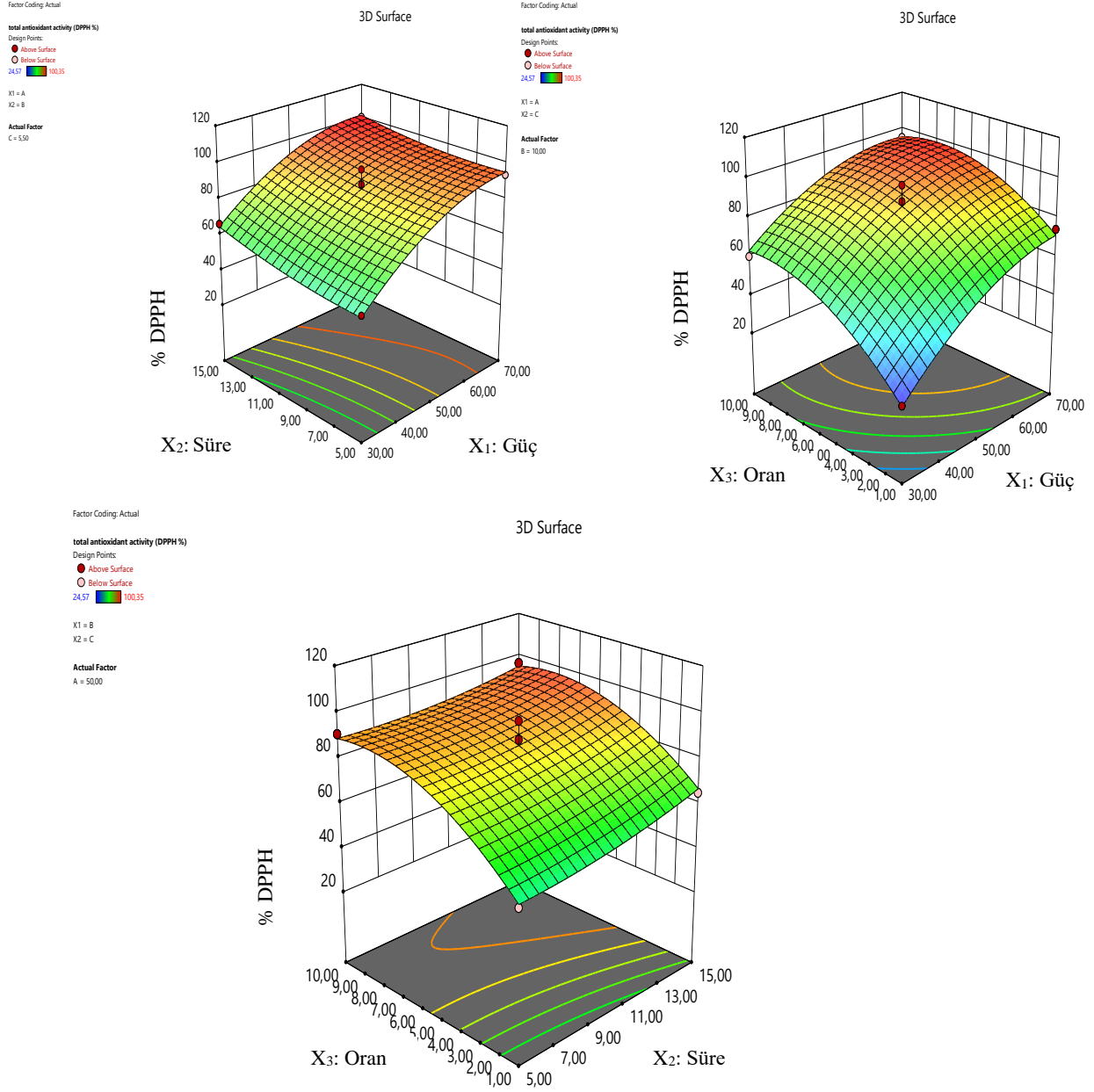
KT: Kareler toplamı, sd:serbestlik derecesi, KTO: Kareler toplamının ortalaması, * $p>0.05$; ** $p<0.01$
X₁:Güç, X₂:Süre, X₃:Katı-sıvı oranı

Güç ve katı-sıvı oranının toplam antioksidan aktivite üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunurken, sürenin etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Şekil 2 toplam antioksidan aktivitenin güç:süre, güç:katı-sıvı oranı ve süre:katı-sıvı oranı faktörlerinin etkileşimlerine değişimini göstermektedir.

Ekstraksiyon süresi ve gücü arttıkça AA artmıştır (Şekil 2A). Katı-sıvı oranının artması da toplam AA'yi artırmıştır (Şekil 2). Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalar ile uyum sağlamaktadır (Hammi ve ark., 2015; Yılmaz ve ark. 2021).

Aynı sonikasyon gücü (30 W) ve süresinde (10 dakika), katı-sıvı oranı % 1'den % 10'a yükseltince % DPPH % 24.57'den % 60.13'e artmıştır. Aynı sonikasyon gücü (70 W) ve katı-sıvı oranında (% 5.5) ise, ekstraksiyon süresi 5 dakikadan 15 dakikaya çıkınca AA % 93.39'dan % 100.35'e yükselmiştir. Murt meyvesi antioksidan aktivitesi araştırılan bir çalışmada, DPPH radikal süpürme aktivitesi % 93.76 - 98.37 arasında bulunmuştur (Özcan ve ark. 2020). Bir başka çalışmada ise, murt meyvesinin % DPPH radikal süpürme aktivitesi etanolik ekstraksiyon ile % 80.95 olarak bildirilmiştir (Zam ve ark. 2017). Farklı sonuçların elde edilmesi ekstraksiyon koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu



Şekil 2. Toplam antioksidan aktivitenin ultrases-destekli ekstraksiyon parametrelerine bağlı olarak değişimi

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Optimizasyon doğrulama

Optimizasyon sonrasında deneysel elde edilen sonuçlar tahminlenen değerler ile doğrulanmıştır. TFM ve AA için dizayn tarafından tahminlenen değerler sırasıyla 1.16 g GAE/L ve % 100.34 iken deneysel olarak 1.07 g GAE/L ve % 96.41 olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Deneysel elde edilen sonuçlar ile tahmini değerlerin karşılaştırılması

Faktörler	Tahminlenen	Bulunan	% Hata
TFM	1.16	1.07	% 7.8
AA	100.34	96.41	% 3.9

Bu değerler nokta tahmin değerlerine göre (% 95 PI) kabul edilebilir düzeydedir. Deneysel değerlerin uygunluğu, tahmin aralığı (% 95 PI) değerleri kullanılarak test edilmiştir. Eğer örnek ortalaması tahmin aralığı içindeyse, model doğrulanmış demektir. % 95 PI düşük ve % 95 PI yüksek değerleri, deneysel olarak bulunacak değerlerin en yüksek ve en düşük limitlerini belirtmektedir. TFM için, % 95 PI yüksek ve % 95 PI düşük değerleri sırasıyla 0.94 ve 1.36 g GAE/L olarak bulunmuş olup, optimum nokta sonucu bu değerler arasındadır (Çizelge 5 ve 6). AA için, % 95 PI düşük değeri 79.73 ve % 95 PI yüksek değeri % 120.95 olarak bulunmuştur (Çizelge 6). Optimum noktanın deneysel sonucu, bu değerler arasında olup, kabul edilebilirliğini doğrulayan % 96.41 olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 6. Dizayn sonucu optimum noktaya ait tahmini değerler ve alt-üst sınırlar

Cevaplar	Tahmin	SE ortalama	% 95 CI düşük	% 95 CI yüksek	SE tahmini	% 95 PI düşük	% 95 PI yüksek
TFM	1.16	0.06	1.01	1.32	0.09	0.94	1.36
AA	100.34	5.79	86.65	114.03	8.72	79.73	120.95

TFM:Toplam fenolik madde, AA:Antioksidan aktivite

Sonuç

Bu çalışmada, murt meyvesi biyoaktif bileşiklerinin ultrason-destekli ekstraksiyon koşulları RSM-Box Behnken deney tasarımı ile optimize edilmiştir. Ultrasonik gücün, sürenin ve katı-sıvı oranının toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivite üzerine etkileri incelenmiştir. Toplam fenolik madde (TFM) ve antioksidan aktivite (AA) içeriği ultrason gücü ve katı-sıvı oranı arttıkça istatistiksel olarak önemli derecede artmıştır. En yüksek TFM ve AA'ye sahip optimum ekstraksiyon koşulları 70 W sonikasyon gücü, 15 dakika sonikasyon süresi ve % 7 katı-sıvı oranında elde edilmiştir. Optimum nokta TFM ve DPPH radikal süpürme aktivitesi sırasıyla 1.07 g GAE/L ve % 96.41 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, yeşil ekstraksiyon tekniği olan USE'nin biyoaktif bileşik ekstraksiyonunda solvent

tüketimini ve ekstraksiyon süresini azaltan etkili bir yol olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Aggul, A.G., Demir, G.M. & Gulaboglu, M. (2022). Ethanol Extract of Myrtle (*Myrtus communis* L.) Berries as a Remedy for Streptozotocin-Induced Oxidative Stress in Rats. *Applied Biochemistry Biotechnology* 194, 1645–1658.
- Aksay, S. (2016). Murt (*Myrtus communis* L.) meyvesinin farklı ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan özellikleri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2), 43-50.
- Alipour, G., Dashti, S., Hosseinzadeh, H. (2014). Review of pharmacological effects of *Myrtus communis* L. and its active

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

- constituents. *Phytotherapy Research*, 28(8), 1125-1136.
- Ameer, K., Shahbaz, H.M., Kwon, J.H. (2017). Green extraction methods for polyphenols from plant matrices and their byproducts: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 295-315.
- Amiri, S., Shakeri, A., Sohrabi, M.R., Khalajzadeh, S., Ghasemi, E. (2019). Optimization of ultrasonic assisted extraction of fatty acids from *Aesculus hippocastanum* fruit by response surface methodology. *Food Chemistry*, 271, 762-766.
- Bas, D., Boyaci, İ.H. (2007). Modeling and optimization L: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 836-845.
- Capar, T.D., Dedevas, T., Yalcin H., Ekici, L. (2021). Extraction method affects seed oil yield, composition, and antioxidant properties of European cranberrybush (*Viburnum opulus*). *Industrial Crops and Products*, 168, 113632.
- Cavdar, H.K., Yanik, D.K., Gok, U., Gogus, F. (2017). Optimisation of microwave-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil and evaluation of its physicochemical and bioactive properties. *Food Technology and Biotechnology*, 55(1), 86-94.
- Chanioti, S., Tzia, C. (2017). Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 178-189.
- Dahmoune, F., Nayak, B., Moussi, K., Remini, H., Madani, K. (2015). Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from *Myrtus communis* L. leaves. *Food Chemistry*, 166, 585-595.
- Dang, T.T., Vuong, Q.V., Schreider, M.J., Bowyer, M.C., Altena, I.A.V., Scarlett, C.J. (2017). Optimisation of ultrasound-assisted extraction conditions for phenolic content and antioxidant activities of the alga *Hormosira banksii* using response surface methodology. *Journal of Applied Phycology*, 29(6), 3161-3173.
- Derringer, G., Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*, 12(4), 214-219.
- Djemaa-Landri, K., Hamri-Zeghichi, S., Valls, J., Cluzet, S., Tristan, R., Boulahbal, N., Kadri, N., Madani, K. (2020). Phenolic content and antioxidant activities of *Vitis vinifera* L. leaf extracts obtained by conventional solvent and microwave-assisted extractions. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(6), 3551-3564.
- D'Urso, G., Montoro, P., Lai, C., Piacente, S., Sarais, G. (2019). LC-ESI/LTQOrbitrap/MS based metabolomics in analysis of *Myrtus communis* leaves from Sardinia (Italy). *Industrial Crops and Products*, 128, 354-362.
- Giampieri, F, Cianciosi, D, Forbes-Hernández, TY. (2020). Myrtle (*Myrtus communis* L.) berries, seeds, leaves, and essential oils: New undiscovered sources of natural compounds with promising health benefits. *Food Frontiers*, 1: 276– 295.
- Hammi, K.M., Jdey, A., Abdelly, C., Majdoub, H., Ksouri, R. (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology. *Food Chemistry*, 184, 80-89.
- Hayta, M., İşçimen, E.M. (2017). Optimization of ultrasound-assisted antioxidant compounds extraction from germinated chickpea using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 77, 208-216.

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

- Heleno, S.A., Diz, P., Prieto, M.A., Barros, L., Rodrigues, A., Barreiro, M.F., Ferreira, I. C.F.R. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction to obtain mycosterols from *Agaricus bisporus* L. by response surface methodology and comparison with conventional Soxhlet extraction. *Food Chemistry*, 197,1054-1063.
- Jalili, F., Jafari, S.M., Emam-Djomeh, Z., Malekjani, N., Farzaneh, V. (2018). optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from canola seeds with the use of response surface methodology. *Food Analytical Methods*, 11(2), 598-612.
- Khuri, A.I., Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. Wiley Interdisciplinary Reviews: *Computational Statistics*, 2(2), 128-149.
- Medda, S., Mulas, M. (2021). Fruit quality characters of myrtle (*Myrtus communis* L.) selections: Review of a domestication process. *Sustainability*, 13(16), 8785.
- Ozbek, H.N., Yanık, D.K., Fadiloglu, S., Gogus, F. (2020). Optimization of microwave-assisted extraction of bioactive compounds from pistachio (*Pistacia vera* L.) hull. *Separation Science and Technology*, 55(2), 289-299.
- Özcan, M. M., Al Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., & Ghafoor, K. (2020). Antioxidant activity, fatty acid composition, phenolic compounds and mineral contents of stem, leave and fruits of two morphs of wild myrtle plants. *Food Measurement and Characterization*, 14, 1376–1382.
- Pereira, P., Cebola, M.J., Olivera, M.C., Gil, M.G.B. (2017). Antioxidant capacity and identification of bioactive compounds of *Myrtus communis* L. extract obtained by ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4362-4369.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., Nunez, M.J. (2005). Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2111-7.
- Sharayei, P., Azarpazhooh, E., Zomorodi, S., Ramaswamy, H.S. (2019). Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel. *LWT-Food Science and Technology*, 101, 342-350.
- Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B., Lo, Y.M. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1), 202-208.
- Tuberoso, C.I.G., Rosa, A., Bifulco, E., Melis, M.P., Atzeri, A., Pirisi, F.M., Dessi, M.A. (2010). Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis* L. berries extracts. *Food Chemistry*, 123(4), 1242-1251.
- Yangui, I., Boutiti, M.Z., Boussaid, M., Messaoud, C. (2017). Essential oils of myrtaceae species growing wild in Tunisia: chemical variability and antifungal activity against *biscogniauxia mediterranea*, the causative agent of charcoal canker. *Chemistry & Biodiversity*, 14(7), 1-13.
- Yangui, I., Youndi, F., Ghali, W., Boussaid, M., Messaoud, C. (2021). Phytochemicals, antioxidant and anti-proliferative activities of *Myrtus communis* L. genotypes from Tunisia. *South African Journal of Botany*, 137, 35-45.
- Yılmaz, S. (2020). *Myrtus communis* L. meyvesinin bazı kimyasal ve antioksidatif özelliklerinin belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 55s.
- Yılmaz, M.S., Kutlu Kantar, N., Erdem, G.M., Şakıyan Demirkol, Ö., İşçi Yakan, A. (2021). Fenolik bileşiklerin alıç meyvesinden (*Cretegus monogyna*)

Murt Meyvesinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ultrases Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

- mikrodalga ve ultrases destekli yöntemler ile ekstraksiyonu. *Gıda*, 46(4), 1002-1015.
- Zam, W., Ali, A., Ibrahim, W. (2017). Improvement of polyphenolic content and antioxidant activity of Syrian myrtle berries (*Myrtus communis* L.) hydroalcoholic extracts using flavoring additives. *Progress in Nutrition*, 26, 112-120.
- Zermane, A., Larkeche, O., Meniai, A.H., Crampon, C., Badens, E. (2016). Optimization of Algerian rosemary essential oil extraction yield by supercritical CO₂ using response surface methodology. *Comptes Rendus Chimie*, 19(4), 538-543.



Araştırma Makalesi

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L.) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Aykut BURĞUT^{1*}, Hasan Rüştü KUTLU¹, Meltem TUFAN²

ÖZ

Bal arıları günlük yaşamlarında; protein, karbonhidrat, lipit, vitamin, mineral ve suya gereksinim duymaktadır. Bal arıları, bitkilerden elde edilen polen ve nektar ile beslenmektedir. Polen önemli bir protein, vitamin ve mineral kaynağı olup, nektar ise arıların karbonhidrat ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak yılın bazı dönemlerinde kötü hava koşulları arı beslenmesini olumsuz yönde etkilemekte ve arılar için besin kaynakları (nektar ve polen gibi) yetersiz kalmaktadır. Bu dönemlerde arıların hayatta kalması ve popülasyonlarının artması için polen takviyesi veya farklı yem formülasyonları kullanılmalıdır. Son yıllarda araştırmacılar, biyolojik olarak aktif maddelerin önemli kaynakları olan mikroalgleri önermektedir. Bu algler arasında *Spirulina* yüksek protein ve vitamin içeriğine sahip olmasının yanında, esansiyel amino asit, yağ asitleri, mineral ve antioksidanlarca oldukça zengindir. Bu projede, arı kekine %5, %10 ve %20 oranında kullanılan *Spirulina platensis*'in, bal arısı (*Apis mellifera*) gelişimi, bal üretimi ve *varroa* üzerine etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bal arısı, *Spirulina*, *Varroa*, arı keki, bal verimi.

***Spirulina platensis* Algae in Honey Bees (*Apis mellifera* L.) Use Against *Varroa destructor* Parasite and Investigation of Effects on the Performance of Honey Bee Colonies**

ABSTRACT

Honey bees need protein, carbohydrates, lipids, vitamins, minerals and water in their daily lives. Honey bees feed with pollen and nectar. Pollen is an important source of protein, vitamins and minerals while nectar meets the carbohydrate needs of bees. However bad weather conditions negatively affect bee nutrition in some periods of the year, and food sources insufficient for bees. During these periods, pollen supplements or different feed formulations should be used for bees to survive and increase their populations. In recent years, researchers have suggested microalgae as important sources of biologically active substances. In this project, the effects of %5, %10 and %20 *Spirulina platensis* used in bee cake on honey bee development, honey production and varroa were investigated.

Keywords: Honey bee, *Spirulina*, *Varroa*, bee cake, honey yield..

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-5335-5070, 0000-0002-3891-1534, 0000-0002-3804-7571

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 20.01.2023

Kabul Tarihi: 18.03.2023

¹Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü, 01250, Balcalı/ADANA.

²Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, 49250, Muş.

*E-posta: burguta@cu.edu.tr

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L.) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Giriş

Bal arıları protein, karbonhidrat, lipit, vitamin, mineral ve suya gereksinim duymaktadır. Arılarda optimum besleme sağlamak için bu maddelerin kalitatif ve kantitatif oranda yemde bulunması gerekmektedir. Bal arıları çiçek poleni ve nektarı ile beslenmektedir. Polen önemli protein, vitamin ve mineral kaynağı olup, nektar arıların karbonhidrat ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak yılın bazı dönemlerinde kötü hava koşulları arı beslenmesini olumsuz yönde etkilemekte, arılar için besin kaynakları (nektar ve polen gibi) yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu dönemlerde arıların hayatta kalması ve popülasyonlarının artması için polen takviyesi veya farklı yem formülasyonları kullanılmalıdır (Çevrimli, 2018; Burgut, 2019). Bal; bal arıları tarafından bitkilerden toplanan nektar ve tatlı özünün olgunlaştırılarak, petek gözlerinde depolanması ile oluşturulan tatlı, enerji verici ve yapışkan bir besin maddesidir (Inoue ve ark., 2005; Daher ve ark., 2008; Tian ve ark., 2018). Balın temel kimyasal bileşenlerinin %75'ini şeker ve %17'sini su oluşturmaktadır (Baroni ve ark., 2006; Burgut, 2010; Sarker ve Nahar, 2014; Bengü, 2022). Baldaki aromatik bileşikler, bal arıları (*Apis mellifera* L.) tarafından bitki bileşenlerinde bulunan bileşiklerden üretilir (Barra ve ark., 2010; Burgut ve ark., 2013; Santana ve ark., 2014). Farklı ballarda yapılan analizlerde aromatik bileşik olarak, 400'den fazla aromatik bileşik tespit edilmiştir (Bentivenga ve ark., 2004; Meda ve ark., 2005). Baldaki aromatik bileşikler olarak; hidrokarbonlar; aldehytlar; alkoller; ketonlar; asitler, esterler; benzen ve türevleri, furan ve pıranlar, terpenler ve türevleri vb. bileşikler örnek verilebilir (Manyi-Loh ve ark., 2011; Miguel ve ark., 2017). Balın bileşimi çoğunlukla, nektar kaynağının bölgesine bağlı olarak değişebilir, çünkü nektarlardaki şekerler ve iz elementler bitkiler arasında farklılık gösterebilir (Mizrahi ve ark., 2013). Ek olarak, balda bulunan uçucu bileşenlerin seviyeleri, depolanma sıcaklığına ve depolanma sürecine bağlı olarak değişiklik gösterir (Karabagias ve ark., 2017; Jayanthi ve ark., 2017; Pattamayutanon ve ark., 2017). Yem varlığı ve rasyon dengesi, bal arılarının yavru üretimi, oksidatif stres yanıtı, immün

fonksiyonu, konakçı-mikrop etkileşimi ve kışlama döneminde hayatta kalma gibi fizyolojik süreçleri için anahtar bir rol oynar (Ricigliano ve ark., 2017; Anderson ve Ricigliano, 2017). Ayrıca zayıf beslenme, baskılanmış bağışıklık yetmezliği ve patojenlere ve çevresel ksenobiyotiklere karşı artan duyarlılık dahil olmak üzere çeşitli ölümcül etkilere sebep olabilmektedir (Ricigliano ve ark., 2019).

Bal arılarının faaliyetlerini etkileyen en önemli etkenlerin başında hastalıklar ilk sırayı çeker. En önemli hastalık ise bir dış parazit olan *varroa destructor*'dir. Bu parazit arı hemolenfini emerek beslenmekte, bal arısı larvalarının hemolenfi ile de üremektedir. Bu parazite karşı önlem alınmadığı takdirde koloni kayıpları ile karşılaşmaktadır (Sırrı ve ark., 2006, Sanford, 2001, Aydın ve ark., 2007). Parazit ülkemize ilk gözlendiğinde kolonilerde çok büyük kayıplara neden olmuştur. Günümüzde yapılan araştırmalarda ise bu parazitin tüm kolonilerimize bulaştığı bildirilmiştir (Demirel ve ark., 2019). *Varroa* ile mücadelede pek çok yöntem vardır. Ancak bu yöntemlerden en çok kullanılan kimyasal (ilaç) yöntemidir. Bu parazit ile mücadelede ruhsatlı ilaçlar kullanmak çok önemlidir. Ancak ister ruhsatlı isterse ruhsatsız ilaç kullanılsın arı ürünlerinde kalıntı bıraktıkları için insan sağlığını tehdit etmektedirler (Rinkevich ve ark., 2017, Whalon ve ark., 2018).

Günümüzde kimyasallara alternatif olarak birçok ürün geliştirilmektedir. Bu geliştirilen ürünlerinden biri de *Spirulina platensis* mikroalgidir. *Spirulina* tarımsal olarak önemli birçok hayvan türü için yüksek besleyici yenilebilir bir yem kaynağı olmaktadır. Yapılan araştırmalarda *Spirulina*'nın hayvan yemi olarak kullanılmasının hayvan gelişimi, üretkenliği ve besinsel ürün kalitesini geliştirdiğini göstermiştir. *Spirulina* tüketiminin ayrıca hayvan sağlığı ve refahında önemli katkılar sağladığı bildirilmiştir (Holman ve Malau-Aduli, 2013).

Spirulina genellikle güvenli olarak kabul edilen (GRAS) statüde yer alır ve besin takviyesi olarak FDA onayına sahiptir (Mallikarjun Gouda ve ark., 2015). *Spirulina* ve ekstraktları ile ilgili çeşitli çalışmalarda bu algin sayısız sağlık yararları rapor edilmiştir. Bunlar arasında

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

kanseri önleme/engelleme özelliği, immün sistemi güçlendirme etkisi (Subhashini ve ark., 2004), antimikrobiyal (Özdemir ve ark., 2004), antioksidan (Madhyastha ve ark., 2009) ve antihipertansif aktivite (Mallikarjun Gouda ve ark., 2015) yer almaktadır. *Spirulina*'nın ayrıca kandaki kolesterol düzeyini azalttığı, ilaçların ve toksik metallere nefrotoksitesini düşürdüğü ve radyasyonun zararlı etkilerine karşı koruma sağladığı belirtilmiştir (Beretta ve ark., 2005;). *Spirulina*'nın antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi aktif bir protein olan fikosiyandan kaynaklanır. *Spirulina*'nın bu biyoaktif özelliklerinden dolayı alternatif hayvan yemi olarak değerlendirilmesi hayvancılık sektörüne büyük katkılar sağlayacaktır (Romey ve ark., 1998).

Bu projede; *Spirulina platensis*'in bal arısı (*Apis mellifera*) gelişimi, bal üretimi ve *varroa* üzerine etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Koloni Temini

Denemeye alınan koloniler Çukurova Bölgesinde göçer arıcılık yapan işletmeden temin edilmiştir. Denemeye 25 koloni alınmıştır. Tüm kolonilerdeki ana arılar 1 yaşlı, 5 arılı ve 4 yavrulu çerçeve olarak ayarlanmıştır. Hepsisi eşit güçte denemeye alınmıştır. Deneme de bal arısı (*Apis mellifera* L.) türü kullanılmıştır.

Arı Keki Temini

Denemede her koloniye 1 kg arı keki olacak şekilde besin maddesi ayarlanmıştır. *Spirulina* konulacak kolonilerde ise, arı keki içerisine %5, %10 ve %20 *Spirulina* konularak gruplara dağılımları yapılmıştır. Arı kekleri 1 kg pudra şekerinin içerisine 300 gr bal konularak yapılmıştır.

Spirulina Temini

Spirulina platensis aşısı kültürleri Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme A.B.D. Laboratuvar ortamında çoğaltılmıştır. Zarrouk kültür ortamında 0.5g/L yoğunluğa ulaşan 5L'lik aşısı kültürleri hazırlanan kuru yumurtacı tavuk gübre besin ortamı ile çoğaltılarak laboratuvar ortamından 20L'lik kabin kültür sistemlerine aşamalı olarak aktarılmıştır.

Kabin kültür sistemleri özel bir imalat şirketinde yaptırılmıştır. 200x40x80cm boyutlarında iki kültür kabini 4 raftan oluşmakta her rafa her biri 20L'lik 4 adet *Spirulina* kültürü yerleştirilmiştir. Laboratuvar koşullarında, Zarrouk ortamından, dış çevresel koşullara adapte edilen ve daha sonra havuz ortamına aktarılacak olan, gübre besin ortamında çoğaltılmıştır. Kültür kabinlerinde, 20L'lik kültür ortamlarına 16 adet günışığı (daylight) floresan lamba ile 24 saat ışıklandırma ve kompresör yardımıyla da merkezi havalandırma sağlanmıştır. Son aşılama, özel bir imalat şirketine yaptırılan 30 cm derinlikte 500L'lik 2 adet (100x40x125cm) açık havuz sisteminde yapılmıştır. Havalandırma ve kültür ortamının karışabilmesi açısından kompresör sisteminden yararlanılmıştır. Havuz kültür sistemlerinde kültür derinliği, buharlaşan suyun yeniden gübreli besin ortamı ile tamamlanması sayesinde sürekli 30cm derinlikte tutulmuştur. İklim koşullarının *Spirulina* üretimi için optimum olduğu dönemlerde Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ayları boyunca kültürler 42 mikron göz açıklığında plankton bezi yardımıyla sürekli hasat edilmiştir. Daha sonra Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme A.B.D. Laboratuvarında etüvde kurutularak yem öğütme cihazında alg unu haline getirilmiştir (Tufan ve Kutlu, 2018).

Kimyasal İlaç Temini

Denemede kullanılacak ruhsatlı kimyasal ilacın etken maddesi *Coumaphos*'dur. Kimyasal ilaç veteriner ilaç satan bayiden temin edilmiştir.

Diğer Arıcılık Malzemeleri Temini

Denemede kullanılacak arıcılık malzemeleri arıcıdan temin edilmiştir.

Yöntem

Varroa Düşürme Sayısının Belirlenmesi

Denemede 25 adet bal arısı kolonisi kullanılmıştır. 5 adet koloniye içerisine %5 *Spirulina* konulmuş arı keki, 5 adetine %10 *Spirulina* konulmuş arı keki, 5 adetine %20 *Spirulina* konulmuş arı keki, 5 adetine kimyasal ilaç konulmuş arı keki ve 5 adeti ise kontrol grubunu oluşturmuştur. *Varroa* sayımları; haftada 3 kez olacak şekilde kovan

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

tabanına vazelinli kağıt serilerek, üzerine düşen varroa sayımları yapılarak yapılmıştır. *Varroa* sayımlarına Mart 2018 yılında başlanmış ve Kasım 2019 da bitirilmiştir.

Ergin Arılı Çerçeve Sayımlarının Belirlenmesi

Ergin arılı çerçeve sayılarının tespitinde de, *Varroa* düşürme sayısının belirlenmesinde denmeye alınan 25 adet koloni kullanılmıştır. Ergin arılı çerçeve sayıları haftada 3 kez olacak şekilde tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar daha sonra bilgisayara aktarılmıştır. Ergin arılı çerçeve sayılarının tespitine Mart 2018 yılında başlanmış ve Kasım 2019 da bitirilmiştir.

Yavru Arılı Çerçeve Sayımlarının Belirlenmesi

Yavru arılı çerçeve sayılarının tespitinde de, *Varroa* düşürme sayısının belirlenmesinde denmeye alınan 25 adet koloni kullanılmıştır. Yavru arılı çerçeve sayıları haftada 3 kez olacak şekilde tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar daha sonra bilgisayara aktarılmıştır. Yavru arılı çerçeve sayılarının tespitine Mart 2018 yılında başlanmış ve Kasım 2019 da bitirilmiştir.

Koloni Bal Verimlerinin Belirlenmesi

Koloni bal veriminin tespitinde de, *Varroa* düşürme sayısının belirlenmesinde denmeye alınan 25 adet koloni kullanılmıştır. Bal verimleri 2018 ve 2019 yıllarının Temmuz ve Eylül aylarında üretilen balların haşatının yapılması ile tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar daha sonra bilgisayara aktarılmıştır. Bal hasatında dijital terazi kullanılmıştır. Ballı petekler süzülmeden önce tartılmış ve süzildikten sonra tekrar tartılarak petekten çıkan bal miktarı bulunmuştur.

Koloni Kışlatma ve Ana Arı Kayıplarının Belirlenmesi

Koloni kışlatma ve ana arı kayıplarının tespitinde de, *Varroa* düşürme sayısının belirlenmesinde denmeye alınan 25 adet koloni kullanılmıştır. Kışlatma ve ana arı kayıpları arı kontrolleri sırasında tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar daha sonra bilgisayara aktarılmıştır. Kışlatma ve ana arı kayıpları tespitine Mart 2018 yılında başlanmış ve Kasım 2019 da bitirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 15 istatistik paket programında Tesadüf Blokları Deneme Deseninde DUNCAN Çoklu Karşılaştırma Testine göre analizleri yapılmış değerlendirilmiştir (P <0.05) (SPSS Inc., Chicago, IL, USA, Burgut A. 2020).

Bulgular ve Tartışma

Tespit Edilen *Varroa* Sayıları

Denemeye alınan koloni grupları arasında 2018 ve 2019 yıllarında temizlenen *varroa* sayıları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi; 2018 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi *varroa* temizleme davranışını ortalamada 135.55 ± 7.22 adet *varroa* dökten arı keki içerisine 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. En düşük *varroa* temizleme davranışını ise ortalamada 59.62 ± 6.20 ve 31.01 ± 5.09 adet *varroa* dökten, arı keki içerisine 10 ve 20 gr *spirulina* konulan gruplar olmuştur. *Caumafos* etken maddeli (ilaç) ilacın kullanılması da *varroa* temizlenmesi açısından etkili olmuştur. Aynı yılın ayları arasında; en iyi *varroa* temizleme davranışının 103.49 ± 8.06 ve 105.12 ± 6.18 adet ile Eylül ve Ekim aylarında olduğu tespit edilmiştir. Bal hasatı döneminde (Haziran, Temmuz ve Ağustos) balda kimyasal ilaçtan dolayı kontamine bir durumun olmaması ve deneme homojenizasyonu için denemeye alınan kolonilere hiçbir uygulama yapılmamıştır. Ayrıca yavrulu petek sayısının da bal hasatı döneminde artmasından dolayı *varroa* miktarı bu dönemde artış göstermiş ve Eylül ve Ekim ayında uygulamada yer alan maddelerin kullanımı ile *varroa* temizliği artmıştır. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük *varroa* temizleme davranışı 48.77 ± 4.67 ile Mart ayı olmuştur.

2019 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi *varroa* temizleme davranışını ortalamada 126.63 ± 7.84 adet *varroa* dökten arı keki içerisine 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. En düşük *varroa* temizleme davranışını ise ortalamada 33.99 ± 3.86 adet *varroa* dökten, arı keki içerisine 20 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. *Caumafos* etken maddeli ilacın kullanılması da *varroa* temizlenmesi açısından etkili olmuştur. Aynı yılın ayları arasında; en iyi *varroa* temizleme davranışının

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

90.77 ± 6.18 adet ile Eylül ayı olduğu tespit edilmiştir. Bal hasatı döneminde (Haziran, Temmuz ve Ağustos) balda kimyasal ilaçtan dolayı kontamine bir durumun olmaması ve deneme homojenizasyonu için denemeye alınan kolonilere hiçbir uygulama yapılmamıştır. Ayrıca yavrulu petek sayısının da bal hasatı döneminde artmasından dolayı *varroa* miktarı bu dönemde artış göstermiş ve Eylül ve Ekim ayında uygulamada yer alan maddelerin kullanımı ile *varroa* temizliği artmıştır. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük *varroa* temizleme davranışı 36.60 ± 3.59 ile Mart ayı olmuştur. 2019 yılında *varroa* temizleme davranışının düşük olmasının en temel nedeni iklim koşullarında yaşanan olumsuz hava koşullarındandır.

Çizelge 1'den anlaşılacağı gibi hem 2018 yılında hem de 2019 yılında *varroa* parazitine karşı en iyi temizlemeyi arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulmuş grup göstermiştir.

Tespit Edilen Ergin Arılı Çerçeve Sayıları

Denemeye alınan koloni grupları arasında 2018 ve 2019 yıllarında ergin arılı çerçeve sayıları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi; 2018 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi ergin arılı çerçeve sayısı ortalamada 10.69 ± 0.82 adet ile arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. En düşük ergin arılı çerçeve sayısı ise diğer gruplar olmuştur. Aynı yılın ayları arasında; en iyi ergin arılı çerçeve sayısının 10.45 ± 0.85 ve 10.30 ± 0.73 adet ile Haziran ve Temmuz aylarında olduğu tespit edilmiştir. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük ergin arılı çerçeve sayısı 5.45 ± 0.61 ve 5.65 ± 0.51 adet ile Kasım ve Mart ayı olmuştur.

2019 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi ergin arılı çerçeve sayısı ortalamada 9.69 ± 0.81 adet ile arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. En düşük ergin arılı çerçeve sayısı ise diğer gruplar olmuştur. Aynı yılın ayları arasında; en iyi ergin arılı çerçeve sayısı 10.15 ± 0.85 adet ile Temmuz ayı olduğu tespit edilmiştir. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük ergin arılı çerçeve sayısı 4.70 ± 0.65 adet ile Kasım ayı olmuştur. 2019 yılında ergin arılı çerçeve sayısı düşük olmasının en temel nedeni iklim koşullarında yaşanan olumsuz hava koşullarındandır.

Çizelge 2'den anlaşılacağı gibi hem 2018 yılında hem de 2019 yılında ergin arılı çerçeve sayısı artışını arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulmuş grup göstermiştir.

Tespit Edilen Yavru Arılı Çerçeve Sayıları

Denemeye alınan koloni grupları arasında 2018 ve 2019 yıllarında yavru arılı çerçeve sayıları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi; 2018 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi yavru arılı çerçeve sayısı ortalamada 7.81 ± 0.26 adet ile arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. En düşük yavru arılı çerçeve sayısı ise diğer gruplar olmuştur. Aynı yılın ayları arasında; en iyi yavru arılı çerçeve sayısının 8.40 ± 0.27 adet ile Temmuz ayında olduğu tespit edilmiştir. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük yavru arılı çerçeve sayısı 3.90 ± 0.27 adet ile Kasım ayı olmuştur.

2019 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi yavru arılı çerçeve sayısı ortalamada 6.69 ± 0.25 adet ile arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. En düşük yavru arılı çerçeve sayısı ise diğer gruplar olmuştur. Aynı yılın ayları arasında; en iyi yavru arılı çerçeve sayısı 8.05 ± 0.24 adet ile Temmuz ayı olduğu tespit edilmiştir. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük ergin arılı çerçeve sayısı 3.80 ± 0.19 ve 3.95 ± 0.21 adet ile Mart ve Kasım ayları olduğu tespit edilmiştir. 2019 yılında yavru arılı çerçeve sayısı düşük olmasının en temel nedeni iklim koşullarında yaşanan olumsuz hava koşullarındandır.

Çizelge 3'den anlaşılacağı gibi hem 2018 yılında hem de 2019 yılında yavru arılı çerçeve sayısı artışını arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulmuş grup göstermiştir.

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Çizelge 1. 2018-2019 Yılı Denemeye Alınan Koloni Gruplarında Tespit Edilen *Varroa destructor* Sayıları (Adet)

Yıl	Gruplar	Aylar						Ortalama
		Mart ^d	Nisan ^c	Mayıs ^b	Eylül ^a	Ekim ^a	Kasım ^b	
2018 ^a	5gr ^a	99.00 ± 6.03	128.46 ± 9.08	133.17 ± 9.76	176.24 ± 10.12	155.36 ± 9.06	121.07 ± 8.45	135.55 ± 7.22
	10gr ^d	33.49 ± 4.15	50.21 ± 7.16	70.43 ± 8.01	80.31 ± 6.11	70.08 ± 8.99	53.17 ± 4.44	59.62 ± 6.20
	20gr ^d	20.06 ± 3.58	25.17 ± 2.56	30.34 ± 5.32	40.87 ± 5.33	39.20 ± 3.15	30.41 ± 5.61	31.01 ± 5.09
	Kontrol ^c	31.11 ± 3.64	35.16 ± 5.63	44.93 ± 5.21	70.67 ± 5.17	100.55 ± 6.14	85.47 ± 6.03	61.32 ± 6.11
	İlaç ^b	60.18 ± 4.10	89.67 ± 5.41	125.74 ± 8.04	149.34 ± 9.81	160.41 ± 10.05	105.33 ± 8.01	115.11 ± 6.64
	Ortalama	48.77 ± 4.67	65.73 ± 4.52	80.92 ± 5.82	103.49 ± 8.06	105.12 ± 6.18	79.09 ± 7.14	80.52 ± 4.61
Yıl	Gruplar	Aylar						Ortalama
		Mart ^d	Nisan ^d	Mayıs ^c	Eylül ^a	Ekim ^b	Kasım ^c	
2019 ^b	5gr ^a	89.78 ± 5.63	115.57 ± 6.14	130.16 ± 8.02	170.18 ± 9.41	143.45 ± 8.09	110.62 ± 8.12	126.63 ± 7.84
	10gr ^c	22.85 ± 3.10	31.21 ± 3.75	45.93 ± 6.52	60.11 ± 6.13	55.61 ± 4.61	40.17 ± 3.06	42.65 ± 3.70
	20gr ^d	12.57 ± 1.02	24.21 ± 4.68	40.47 ± 5.98	52.47 ± 4.05	42.12 ± 4.19	32.11 ± 3.28	33.99 ± 3.86
	Kontrol ^c	34.57 ± 2.54	36.71 ± 3.86	50.57 ± 4.65	75.63 ± 6.58	69.34 ± 3.79	48.16 ± 4.59	52.50 ± 4.26
	İlaç ^b	23.21 ± 2.94	21.71 ± 3.72	44.31 ± 5.13	95.47 ± 5.19	105.67 ± 5.84	100.27 ± 5.05	65.11 ± 5.61
	Ortalama	36.60 ± 3.59	45.88 ± 3.06	62.29 ± 5.16	90.77 ± 6.18	83.24 ± 5.88	66.27 ± 4.81	64.17 ± 5.06

P<0,05

Çizelge 2. 2018-2019 Yılı Denemeye Alınan Koloni Gruplarında Ergin Arılı Çerçeve Sayıları (Adet)

Yıl	Gruplar	Aylar									Ort.
		Mart ^c	Nisan ^b	Mayıs ^{ab}	Haziran ^a	Temmuz ^a	Ağus. ^{ab}	Eylül ^b	Ekim ^c	Kasım ^c	
2018 ^a	5gr ^a	6.50 ± 0.55	10.25 ± 0.74	13.00 ± 0.95	13.75 ± 1.02	13.50 ± 0.91	13.25 ± 0.89	10.50 ± 0.97	8.25 ± 0.75	7.25 ± 0.68	10.69 ± 0.82
	10gr ^b	5.25 ± 0.43	7.75 ± 0.63	8.25 ± 0.82	9.25 ± 0.87	9.50 ± 0.83	9.25 ± 0.81	7.75 ± 0.86	6.50 ± 0.70	5.25 ± 0.61	7.64 ± 0.76
	20gr ^b	5.75 ± 0.44	8.50 ± 0.65	8.25 ± 0.80	9.25 ± 0.80	9.25 ± 0.72	8.50 ± 0.74	7.25 ± 0.78	6.25 ± 0.73	5.00 ± 0.60	7.56 ± 0.78
	Kontrol ^b	5.25 ± 0.35	7.00 ± 0.56	8.25 ± 0.70	10.25 ± 0.93	9.50 ± 0.87	8.75 ± 0.80	7.25 ± 0.79	5.75 ± 0.67	5.00 ± 0.56	7.44 ± 0.83
	İlaç ^b	5.50 ± 0.68	8.50 ± 0.71	9.50 ± 0.76	9.75 ± 0.81	9.75 ± 0.73	9.25 ± 0.88	7.75 ± 0.72	6.00 ± 0.69	4.75 ± 0.55	7.86 ± 0.87
	Ortalama	5.65 ± 0.51	8.40 ± 0.60	9.45 ± 0.86	10.45 ± 0.85	10.30 ± 0.73	9.80 ± 0.82	8.10 ± 0.71	6.55 ± 0.71	5.45 ± 0.61	8.24 ± 0.76
Yıl	Gruplar	Aylar									Ort.
		Mart ^d	Nisan ^{cd}	Mayıs ^{bc}	Haziran ^b	Temmuz ^a	Ağus. ^b	Eylül ^c	Ekim ^d	Kasım ^d	
2019 ^b	5gr ^a	6.25 ± 0.59	8.00 ± 0.68	10.25 ± 0.73	12.75 ± 0.97	13.75 ± 0.99	12.50 ± 0.84	9.50 ± 0.77	8.00 ± 0.73	6.25 ± 0.58	9.69 ± 0.81
	10gr ^{ab}	5.00 ± 0.51	6.25 ± 0.61	8.00 ± 0.71	9.00 ± 0.86	9.50 ± 0.91	8.50 ± 0.78	6.50 ± 0.70	6.00 ± 0.71	4.75 ± 0.78	7.06 ± 0.88
	20gr ^b	4.75 ± 0.55	6.50 ± 0.69	7.75 ± 0.64	8.75 ± 0.84	8.75 ± 0.82	8.00 ± 0.76	6.50 ± 0.68	5.75 ± 0.78	4.25 ± 0.62	6.78 ± 0.76
	Kontrol ^b	4.75 ± 0.49	6.50 ± 0.73	8.75 ± 0.79	9.50 ± 0.95	9.25 ± 0.86	8.25 ± 0.83	6.75 ± 0.69	5.00 ± 0.67	4.00 ± 0.67	6.97 ± 0.71
	İlaç ^{ab}	4.25 ± 0.59	7.00 ± 0.71	8.25 ± 0.74	9.50 ± 0.91	9.50 ± 0.89	8.75 ± 0.88	7.00 ± 0.71	5.00 ± 0.61	4.25 ± 0.58	7.06 ± 0.82
	Ortalama	5.00 ± 0.54	6.85 ± 0.64	8.60 ± 0.72	9.90 ± 0.90	10.15 ± 0.84	9.20 ± 0.89	7.25 ± 0.76	5.95 ± 0.67	4.70 ± 0.65	7.51 ± 0.70

P<0,05

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Çizelge 3. 2018-2019 Yılı Denemeye Alınan Koloni Gruplarında Yavru Arılı Çerçeve Sayıları (Adet)

Yıl	Gruplar	Aylar									Ort.
		Mart ^c	Nisan ^b	Mayıs ^b	Haziran ^{ab}	Temmuz ^a	Ağus. ^{ab}	Eylül ^b	Ekim ^b	Kasım ^c	
2018 ^a	5gr ^a	4.25 ± 0.19	6.75 ± 0.26	7.75 ± 0.24	10.25 ± 0.29	11.25 ± 0.33	10.25 ± 0.30	8.25 ± 0.27	6.75 ± 0.26	4.75 ± 0.20	7.81 ± 0.26
	10gr ^b	4.00 ± 0.16	5.25 ± 0.21	6.25 ± 0.28	6.75 ± 0.24	7.50 ± 0.30	7.50 ± 0.30	6.25 ± 0.40	5.50 ± 0.27	3.75 ± 0.17	5.86 ± 0.29
	20gr ^b	4.50 ± 0.21	5.25 ± 0.20	6.00 ± 0.17	6.75 ± 0.23	7.50 ± 0.24	7.25 ± 0.28	5.75 ± 0.35	5.25 ± 0.27	4.25 ± 0.27	5.83 ± 0.25
	Kontrol ^b	4.00 ± 0.17	5.50 ± 0.14	6.75 ± 0.12	7.75 ± 0.21	7.75 ± 0.28	7.25 ± 0.29	6.00 ± 0.33	5.00 ± 0.22	3.50 ± 0.18	5.94 ± 0.24
	İlaç ^b	3.75 ± 0.14	5.50 ± 0.19	5.75 ± 0.21	7.50 ± 0.28	8.00 ± 0.21	7.25 ± 0.27	6.00 ± 0.34	5.25 ± 0.28	3.25 ± 0.29	5.81 ± 0.28
	Ortalama	4.10 ± 0.16	5.65 ± 0.20	6.50 ± 0.22	7.80 ± 0.24	8.40 ± 0.27	7.90 ± 0.27	6.45 ± 0.31	5.55 ± 0.25	3.90 ± 0.27	6.25 ± 0.26
Yıl	Gruplar	Aylar									Ort.
		Mart ^d	Nisan ^c	Mayıs ^c	Haziran ^b	Temmuz ^a	Ağus. ^{ab}	Eylül ^b	Ekim ^c	Kasım ^d	
2019 ^b	5gr ^a	4.75 ± 0.24	5.00 ± 0.16	5.00 ± 0.19	7.00 ± 0.19	9.50 ± 0.24	9.75 ± 0.28	7.50 ± 0.25	6.25 ± 0.29	5.50 ± 0.28	6.69 ± 0.25
	10gr ^b	3.25 ± 0.20	4.00 ± 0.27	4.25 ± 0.17	5.25 ± 0.24	7.50 ± 0.26	7.50 ± 0.19	6.00 ± 0.26	4.75 ± 0.21	4.25 ± 0.15	5.19 ± 0.25
	20gr ^b	3.50 ± 0.17	3.75 ± 0.23	4.25 ± 0.12	5.75 ± 0.22	8.25 ± 0.21	7.25 ± 0.16	5.75 ± 0.24	4.75 ± 0.24	3.25 ± 0.12	5.17 ± 0.21
	Kontrol ^b	3.75 ± 0.25	3.75 ± 0.24	4.25 ± 0.16	6.00 ± 0.20	7.50 ± 0.28	7.00 ± 0.25	6.00 ± 0.26	4.00 ± 0.21	3.25 ± 0.19	5.06 ± 0.26
	İlaç ^b	3.75 ± 0.25	3.75 ± 0.19	4.50 ± 0.18	6.25 ± 0.27	7.50 ± 0.29	7.00 ± 0.23	5.25 ± 0.28	4.25 ± 0.23	3.50 ± 0.20	5.08 ± 0.24
	Ortalama	3.80 ± 0.19	4.05 ± 0.24	4.45 ± 0.18	6.05 ± 0.25	8.05 ± 0.24	7.70 ± 0.29	6.10 ± 0.24	4.80 ± 0.21	3.95 ± 0.21	5.44 ± 0.23

P<0,05

Tespit Edilen Bal Verimi Miktarı

Denemeye alınan koloni grupları arasında 2018 ve 2019 yıllarında bal verimleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4’de görüldüğü gibi; 2018 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi bal verimi ortalaması 21.40 ± 4.53 kg ile arı keki içerisine 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. Bu gruptan Temmuz ayında 18.20 ± 3.46 kg ve Eylül ayında ise 24.60 ± 5.07 kg bal alınmıştır. En düşük bal verimi ortalaması ise 11.65 ± 3.45 kg ile arı keki içerisine 20 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. Bu gruptan Temmuz ayında 10.50 ± 2.94 kg ve Eylül ayında ise 12.80 ± 4.01 kg bal alınmıştır Aynı yılın ayları arasında; en iyi bal verimi ortalaması 17.94 ± 4.52 kg ile Eylül ayında olduğu tespit edilmiştir. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük bal verimi ortalaması

15.26 ± 3.42 kg ile Temmuz ayı olduğu tespit edilmiştir.

2019 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında en iyi bal verimi ortalaması ortalamada 16.85 ± 4.50 kg ile arı keki içerisine 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. Bu gruptan Temmuz ayında 16.40 ± 4.01 kg ve Eylül ayında ise 17.30 ± 5.88 kg bal alınmıştır. En düşük bal verimi ortalaması ise 10.15 ± 3.61 kg ile arı keki içerisine 20 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. Bu gruptan Temmuz ayında 9.65 ± 3.94 kg ve Eylül ayında ise 10.70 ± 5.13 kg bal alınmıştır Aynı yılın ayları arasında; en iyi bal verimi ortalaması 13.42 ± 5.36 kg ile Eylül ayında olduğu tespit edilmiştir. Aynı yılın ayları arasında ise en düşük bal verimi ortalaması 12.20 ± 3.73 kg ile Temmuz ayı olduğu tespit edilmiştir.

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Çizelge 4'den anlaşılacağı gibi hem 2018 yılında keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulmuş grup hem de 2019 yılında bal verimi en iyi olan arı göstermiştir.

Çizelge 4. 2018-2019 Yılı Denemeye Alınan Koloni Gruplarında Bal Verimleri (kg)

Yıl	Gruplar	Aylar		Ortalama Bal Verimi (kg)
		Temmuz ^b	Eylül ^a	
2018 ^a	5gr ^a	18.20 ± 3.46	24.60 ± 5.07	21.40 ± 4.53
	10gr ^c	15.60 ± 3.03	16.70 ± 4.78	16.15 ± 4.22
	20gr ^d	10.50 ± 2.94	12.80 ± 4.01	11.65 ± 3.45
	Kontrol ^c	15.20 ± 3.57	17.50 ± 5.31	16.35 ± 4.67
	İlaç ^b	16.80 ± 3.98	18.10 ± 5.94	17.45 ± 4.94
	Ort. Bal Verimi (kg)	15.26 ± 3.42	17.94 ± 4.52	16.60 ± 4.27
Yıl	Gruplar	Aylar		Ortalama Bal Verimi kg
		Temmuz ^b	Eylül ^a	
2019 ^b	5gr ^a	16.40 ± 4.01	17.30 ± 5.88	16.85 ± 4.50
	10gr ^b	13.20 ± 3.52	14.20 ± 6.07	13.70 ± 4.07
	20gr ^d	9.60 ± 3.94	10.70 ± 5.13	10.15 ± 3.61
	Kontrol ^d	10.30 ± 3.12	11.40 ± 5.03	10.85 ± 3.86
	İlaç ^c	11.50 ± 3.58	13.50 ± 5.24	12.50 ± 3.68
	Ort. Bal Verimi (kg)	12.20 ± 3.73	13.42 ± 5.36	12.81 ± 3.98

P<0,05

Tespit Edilen Ana Arı ve Kışlatma Kayıpları Sayısı

Denemeye alınan koloni grupları arasında 2018 ve 2019 yıllarında ana arı ve kışlatma kayıpları sayıları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 5'de görüldüğü gibi; 2018 yılında denemeye alınan koloni grupları arasında ana arı kaybı ve kışlatma kaybı yaşamayan tek grup, arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulan grup olmuştur. Gruplardan en çok kayıp ise bir adet ana arı ve bir adet kışlatma kaybı olarak toplam

2 koloni kaybı yaşayan kontrol grubunda olmuştur.

2019 yılında denemeye alınan 5 koloni grubunda toplam 6 adet ana arı ve 3 adet kışlatma kaybı tespit edilmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında denemeye alınan 25 koloninin 14'ünde ana arı ve kışlatma kaybı yaşanmıştır.

Çizelge 5'den anlaşılacağı gibi hem 2018 yılında hem de 2019 yılında ana arı ve kışlatma kaybı en az olan arı keki içerisinde 5 gr *spirulina* konulmuş grup olduğu tespit edilmiştir..

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Çizelge 5. 2018-2019 Yılı Denemeye Alınan Koloni Gruplarında Ana Arı ve Kışlatma Koloni Kayıpları (Adet)

Yıl	Gruplar	Ana Arı Kaybı	Kışlatma Koloni Kaybı	Toplam Kayıp Adet
2018	5gr	0	0	0
	10gr	1	0	1
	20gr	1	0	1
	Kontrol	1	1	2
	İlaç	1	0	1
	Toplam (Adet)	4	1	5
Yıl	Gruplar	Ana Arı Kaybı	Kışlatma Koloni Kaybı	Toplam Kayıp Adet
2019	5gr	1	0	1
	10gr	1	0	1
	20gr	2	1	3
	Kontrol	1	1	2
	İlaç	1	1	2
	Toplam (Adet)	6	3	9
	G. Toplam (Adet)	10	4	14

Sonuç

Deneme; 25 koloni üzerinde Mart 2018 ve Kasım 2019 yılları arasında Adana Bölgesinde göçer arıcılık şeklinde yürütülmüştür. Denemede, 14 bal arısı kolonisi, ana arı ve kışlatma kayıplarından dolayı denemeden çıkarılarak sonuçlandırılmıştır. Bu deneme de asıl amaç kimyasal ilaç kullanmadan *varroa* parazitine karşı savaşım yöntemi kullanmaktır. Denemede arı keki içerisine farklı dozlarda *spirulina* konularak *varroa* parazitine karşı güzel sonuçlar elde edilmiştir.

Bu sonuçlar ışığı altında:

1. Arı keki içerisine 5 gr *spirulina* konulan grup; *varroa* parazitini en çok döken, ergin ve yavru arılı çerçeve sayısı bakımından en iyi, bal verimi bakımından en iyi ve ana arı-kışlatma kaybı en az grubu oluşturduğu tespit edilmiştir.
2. Kimyasal ilaç kullanılan grup ise arı keki içerisine 5 gr *spirulina* konulan gruptan sonra ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiştir.
3. Arı keki içerisine 5 gr'dan fazla *spirulina* konulduğundan ise tam tersi bir durum olduğu tespit edilmiştir.
4. Aslında en ilginç hiçbir uygulamadan yapılmadan denemeye alınan kontrol grubunun

varroa parazitine karşı dirençli olduğu ve kolonilere dışarıdan bir müdahale olmadan da sağlıklı bir şekilde yaşamlarına devam edebilecekleri tespit edilmiştir.

5. Bal hasatından iki ay önce *varroa* parazitine karşı kimyasal kullanımı kanunen yasaktır. Bu dönemlerde aşırı bir *varroa* paraziti ile karşılaşılması durumunda, bal ve bal mumunda kalıntı bırakmayacak olan *spirulina* yosunu tereddüt edilmeden kullanılabilir ve parazitle savaşım yapılabilir.

Akyol ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada *Varroa destructor*'a karşı savaşım yöntemlerinde başarı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Girişgin ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada ardıç katranı dumanını *Varroa destructor*'a karşı kullandıklarını bildirmişlerdir. Sonuç olarak ise, ardıç katranı dumanının *Varroa destructor*'a karşı etkisiz olduğunu tespit etmişlerdir. Çamak ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada *Varroa destructor*'a karşı pudra şekeri ve deterjanı karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak ise pudra şekeri yönteminin; *Varroa* bulaşıklık oranlarının belirlenmesinde, ilaç denemelerinde ve ıslah çalışmalarında yararlı olacağı önermektedirler. Demirel ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada *Varroa destructor*'a karşı sentetik ve organik

Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor* Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması

ilaçları kullanmışlar ve parazite karşı olumlu sonuçların alındığını bildirmişlerdir. Güneşdoğdu ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada *Varroa destructor*'a karşı pudra şekeri yönteminin başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Güneşdoğdu ve ark. (2022), yaptıkları çalışmada *Varroa destructor*'a karşı sonbaharda uyguladıkları oksalik ve formik asitin yeterince etkili kontrol sağlamadığı sonucuna vardıklarını bildirmişlerdir.

Destekleyen Kuruluş

Bu makale, Çukurova Üniversitesi Bireysel Araştırma Projesi Birimi tarafından FBA-2020-12928 kodu ile desteklenen Bireysel Araştırma Projesinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Akyol, E., Karatepe, B., Karatepe, M., Karaer, Z. (2006) Development and control of the varroa (*varroa destructor*) in honey bee (*apis mellifera*) colonies and effects on the colony productivity. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 6(4), 149-154.

Anderson, K. E., Ricigliano, V. A. (2017) Honey bee gut dysbiosis: a novel context of disease ecology. *Current Opinion in Insect Science*, 22, 125-132.

Aydın, L., Güleğen, E., Çakmak, İ., Girgişin, A. O. (2007) The occurrence of *Varroa destructor* Anderson and Trueman, 2000 on honey bees in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 31(3):189-191.

Baroni, M. V., Nores, M. L., Día, M. D. P., Chiabrand, G. A., Fassano, J. P., Costa, C., Wunderlin, D. A. (2006) Determination of volatile organic compound patterns characteristic of five unifloral honey by solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry coupled to chemometrics. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 54: 7235-7241.

Barra, M. P. G., Ponce-Díaz, C., Venegas-Gallegos, C. (2010) Volatile compounds in honey produced in the central valley of  uble province. Chile. *Chilean Journal Agriculture Research*, 70: 75-84.

Beng , A.  . (2022) Balın kimyası, özellikleri ve sağlığımız. Bing l Üniversitesi Sağlık

Dergisi, 2(2), 93-98.

Bentivenga, G., Dauria, M., Fedeli, P., Mauriello, G., Acioppi, R. (2004) SPME-GC-MS analysis of volatile organic compounds in honey from Basilicata. evidence for the presence of pollutants from anthropogenic activities. *International Journal Food Sciences Technology*, 39: 1079-1086.

Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., Facino, R. M. (2005) Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta.*, 533: 185-191.

Burgut, A. (2010) Doğal mucize bal. *Çukurova Tarım Dergisi*, Eylül, 6.Sayı, 23.Syf, Adana.

Burgut, A.,  ankaya, N., T sten, K. T., Karako  H. (2013) Bal arılarının nektar kaynağı olarak yararlandıkları bitkiler. 9. Ulusal Zooteknik  renci Kongresi, 23-25 Mayıs.

Burgut, A. (2019) Aqueous and ethanolic extracts of propolis fort he control of tyramine production by food-borne pathogens. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 3(4):229-230.

Burgut, A. (2020) Volatile aromatic composition and antimicrobial activity of different types of honey. *Progress in Nutrition*, 22.3.

 akmak, İ.,  akmak, S. S., Fuchs, S., Yeninar, H. (2011) Balarısı kolonilerinde *Varroa* bulaşıklık seviyesinin belirlenmesinde pudra şekeri ve deterjan yönteminin karşılaştırılması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 11(2): 63-68.

 evrimli, M. B. (2018) Türkiye arıcılık sektör nde mevcut durum, sorunlar ve çözüm  nerileri. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(1), 58-67.

Daher, S., G la ar, F. O. (2008) Analysis of phenolic and other aromatic compounds in honeys by solid-phase microextraction followed by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 56: 5775-5780.

Demirel, M., Keskin, G., Kumral, N. A. (2019) *Varroa* mücadelesinde sentetik ve organik akarazitlerin kullanım olanakları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 19(1):96-109.

**Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor*
Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine
Etkilerinin Araştırılması**

- Girişgin, A. O., Çakmak, İ., Çakmak, S. S., Aydın, L. (2007) *Varroa*'ya karşı ardıç katranı dumanı etkili mi? *Uludağ Bee Journal*, 7(4).
- Güneşdoğdu, M., Şekeroğlu, A., Gül, A., Kabakçı, D., Tufan, M. (2021) *Apis Mellifera* kolonilerinde *Varroa destructor*'ün kontrolünde pudra şekeri kullanımının etkileri. *Muş Alparslan University Journal of Agriculture And Nature*, 1(1), 10-20.
- Güneşdoğdu, M., Abacı, S. H., Şekeroğlu, A. (2022). Bal arısı (*Apis Mellifera* L.) zararlısı *Varroa destructor*'a karşı sonbaharda farklı formda uygulanan oksalik ve formik asitin etkisi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 22(2), 166-175.
- Holman, B. W. B., Malau-Aduli, A. E. O. (2013) *Spirulina* as a livestock supplement and animal feed. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(4), 615-623.
- Inoue, K., Murayama, S., Seshimo, F., Takeba, K., Yoshimura, Y., Nakazawa, H. (2005) Identification of phenolic compound in manuka honey as specific superoxide anion radical scavenger using electron spin resonance (ESR) and liquid chromatography with coulometric array detection. *Journal Sciences Food Agriculture*, 85: 872-878.
- Jayanthi, N., Asokan, S. (2017) Antibacterial activity of honey samples on methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolated from human conjunctiva. *IOSR Journal Pharm*, 7: 39-45.
- Karabagias, I. K., Halatsi, E. Z., Kontakos, S., Karabournioti, S., Kontominas, M. G. (2017) Volatile fraction of commercial thyme honeys produced in Mediterranean regions and key volatile compounds for geographical discrimination: A chemometric approach. *International Journal of Food Properties*, 20: 2699-2710.
- Madhyastha, H. K., Sivashankari, S., Vatsala, T. M. (2009) C-phycocyanin from *Spirulina fusciformis* exposed to blue light demonstrates higher efficacy of in vitro antioxidant activity. *Biochemical Engineering Journal*, 43(2), 221-224.
- Mallikarjun Gouda, K. G., Kavitha, M. D., Sarada, R. (2015) Antihyperglycemic, Antioxidant and Antimicrobial Activities of the Butanol Extract from *Spirulina Platensis*. *Journal of Food Biochemistry*, 39(5), 594-602.
- Manyi-Loh, E., Ndip, R. N., Clark, A. M. (2011) Volatile compounds in honey: a review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. *International Journal Molecular Sciences*, 12: 9514-9532.
- Meda, A., Lamien, C. E.; Romito, M., Millogo, J., Nacoulma, O. G. (2005) Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91: 571-577.
- Miguel, M. G., Antunes, M. D., Faleiro, M. L. (2017) Honey as a complementary medicine. *Integral Medicine Insights*, 12: 1-15.
- Mizrahi, A., Lensky, Y. (2013) Bee products: properties, applications, and apitherapy. Springer Science and Business Media.
- Özdemir, G., Ülkü Karabay, N., Dalay, M. C., Pazarbaşı, B. (2004) Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina platensis*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(9), 754-757.
- Pattamayutanon, P., Angeli, S., Thakeow, P., Abraham, J., Disayathanoowat, T., Chantawannakul, P. (2017) Volatile organic compounds of Thai honeys produced from several floral sources by different honeybee species. *PloS One*, 12: e0172099.
- Ricigliano, V. A., Fitz, W., Copeland, D. C., Mott, B. M., Maes, P., Floyd, A. S., Anderson, K. E. (2017) The impact of pollen consumption on honey bee (*Apis mellifera*) digestive physiology and carbohydrate metabolism. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 96.2: e21406.
- Ricigliano, V. A., Mott, B. M., Maes, P. W., Floyd, A. S., Fitz, W., Copeland, D. C., Anderson, K. E. (2019) Honey bee colony performance and health are enhanced by apiary proximity to US Conservation Reserve Program (CRP) lands. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Rinkevich, F. D., Danka, R. G., Healy, K. B. (2017) Influence of *varroa* mite management

**Bal Arılarında (*Apis mellifera* L) *Spirulina platensis* Alginin, *Varroa destructor*
Parazitine Karşı Kullanımı ve Bal Arısı Kolonilerinin Performansı Üzerine
Etkilerinin Araştırılması**

- practices on insecticide sensitivity in the honey bee. *Insects*, 8(1):9.
- Romay, C., Armesto, J., Ramirez, D., González, R., Ledon, N., García, I. (1998) Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. *Inflammation Research*, 47, 36–41.
- Sanford, M. T. (2001) Introduction, spread and economic impact of *varroa* mites in North America. *Mites of the honey bee*. Dadant and Sons, Hamilton, Illinois, 149-162.
- Santana, L. D. O., Buarque Ferreira, A., Lorenzon, M. C. A., Berbara, R. L. L., Castro, R. N. (2014) Correlation of total phenolic and flavonoid contents of Brazilian honeys with colour and antioxidant capacity. *International Journal Food Properties*, 17: 65-76.
- Sarker, S. D., Nahar, L. (2014) Modern methods of analysis applied to honey. In L. Boudraa (Ed.). *Honey in Traditional and Modern Medicine*, 333–358, Rato n, FL: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Sırrı, K., Nesim, K., Güven, E., Karaer, Z. (2006) Yeni geliştirilen tespit kabı ile ergin arılarda *varroa* enfestasyonunun belirlenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2:68-73.
- Subhashini, J., Mahipal, S. V., Reddy, M. C., Reddy, M. M., Rachamalla, A., Reddanna, P. (2004) Molecular mechanisms in C-Phycocyanin induced apoptosis in human chronic myeloid leukemia cell line-K562. *Biochemical Pharmacology*, 68(3), 453-462.
- Tian, H., Shen, Y., Yu, H., Chen, C. (2018) Aroma features of honey measured by sensory evaluation, gas chromatography-mass spectrometry, and electronic nose. *International Journal Food Properties*, 21: 1755-1768.
- Tufan, M., Kutlu, H. R. (2018) Kurutulmuş yumurtacı tavuk gübresinde yetiştirilen *spirulina platensis*' in yumurtacı tavuk rasyonlarında yem katkı maddesi olarak kullanımının performans, kalite ve kan parametreleri üzerine etkileri. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, 152 sayfa.
- Whalon, M. E., Mota-Sanchez, R. M., Hollingworth, R. M., Duynslager, L. (2018) Arthropods resistant to pesticides database (ARPD), www.pesticideresistance.org.



Research Article

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Elif ESEN*¹, Özlem TURGAY²

ABSTRACT

Since tahini is consumed raw, pathogenic bacteria that may come from sesame threaten food safety. In this study, it was aimed to provide biocontrol of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. contamination in tahini. For this purpose, 10 different tahini samples were obtained from Kahramanmaraş market and enumeration of *Salmonella* spp., *Listeria* spp., total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), yeast-mold, *Staphylococcus* spp. and coliform bacteria were made. Antagonistic effects of *Lactiplantibacillus plantarum* and *Companilactobacillus alimentarius* strains against *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* strains were determined. The numbers of all microorganisms inoculated on the 7, 14, 21 and 28th days, including the first day, were determined from the stored samples. *Salmonella enterica* serovar Typhimurium was found in one sample. The mean TMAB and yeast-mold counts of the samples were determined as 3.50 and 3.39 log cfu/g, respectively. *L. plantarum* strains showed stronger antagonistic effects than *C. alimentarius* strains against pathogens in the medium.

Keywords: Tahini, *Salmonella*, *Listeria*, antagonist bacteria, *L. plantarum*, biocontrol.

Antagonistik Mikroorganizmalar Kullanılarak Tahinde *Salmonella* spp. ve *Listeria* spp. Gelişiminin Önlenmesi

ÖZ

Tahin çiğ tüketildiği için, susamdan gelebilecek olan patojen bakteriler gıda güvenilirliğini tehdit etmektedir. Bu çalışmada tahinde *Salmonella* spp. ve *Listeria* spp. kontaminasyonunun biyokontrolünün sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla Kahramanmaraş piyasasından 10 adet farklı tahin örneği temin edilerek *Salmonella* spp., *Listeria* spp., total mezofilik aerobik bakteri (TMAB), maya-küf, *Staphylococcus* spp. ve koliform bakteri sayımları yapılmıştır. *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Companilactobacillus alimentarius* suşlarının *Salmonella* Typhimurium ve *Listeria monocytogenes* suşlarına karşı antagonistik etkileri belirlenmiştir. Depolanan örneklerden 1. gün dahil 7., 14., 21. ve 28. günlerde inoküle edilen tüm mikroorganizmaların sayıları belirlenmiştir. Bir örnekte *Salmonella enterica* serovar Typhimurium bulunmuştur. Örneklerin ortalama TMAB ve maya-küf sayıları sırasıyla 3.50 ve 3.39 log kob/g olarak belirlenmiştir. *L. plantarum* suşları, besiyerindeki patojenlere karşı *C. alimentarius* suşlarına göre daha güçlü antagonistik etki göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahin, *Salmonella*, *Listeria*, antagonist bakteri, *L. plantarum*, biyokontrol.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-8255-854X, 0000-0003-2286-833X

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 17.01.2023

Kabul Tarihi: 24.03.2023

¹Institute of Natural and Applied Sciences, University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Turkey

²Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Turkey

*E-posta: eelif.aatsal@gmail.com

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Introduction

Sesame is known as the first oilseed plant cultivated in the world and has been consumed for more than 5000 years (Batu and Elyıldırım, 2009). Therefore, it has a wide variety of uses. Although sesame production is not at very high levels in our country, it is frequently used as raw material or semi-finished product in many different sectors. For this reason, Turkey is among the countries that import the most sesame seeds in the world (Anonymous, 2021). In addition to being a valuable source of oil, it is also used in bakery products, confectionery, desserts and sauces due to its properties and taste in terms of human health (Çiftçi et al., 2008). The oil obtained from sesame is used as a raw material in the food industry, as well as in the cosmetics, pharmaceutical, insecticide and paint industries. One of the most important usage areas in the food industry is tahini production (Güven et al., 2007).

Tahini is the product obtained by separating the shells of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) in accordance with the technique and crushing them in a mill after drying and roasting in the oven (Anonymous, 2015a). Tahini, which is one of our traditional foods that is consumed with pleasure in many parts of the world, especially in the Middle East countries, and in Turkey, is known as an ideal food due to its high nutritional value and cheapness (Artık and Ceyhun, 2010; Var et al., 2007). In our country, it is consumed excessively by mixing with sugar, honey or molasses; it is also used in the production of dishes and desserts in local cuisines (Özcan, 1993). But the most used product is the tahini halva (Batu and Elyıldırım, 2009).

Contamination of tahini with pathogenic microorganisms is a particularly important because it is usually consumed without any additional heat treatment (Torlak et al., 2013). It has been reported that a total of 175 tahini-induced salmonellosis cases occurred in Australia, New Zealand, Norway, USA, Sweden and Canada between 2001-2014 (Al-Nabulsi et al., 2014).

Sesame seeds can be contaminated with *Salmonella* spp. and other microorganisms during growth, storage or processing. It has also been reported that *Listeria* spp. contamination

occurs in industrially produced tahini in various countries (Anonymous, 2008; Ly et al., 2019). Microbial contamination can occur from pre-harvest sources or post-harvest sources including harvesting equipment, transport containers, insects, dust, rinse water, ice, transport vehicles, processing equipment, and working staff (Olaimat and Holley, 2012). Although there is a heat treatment such as roasting within the production stages, it is reported that *Salmonella* spp. contamination is more likely to occur after the roasting process and to occur due to unfavourable hygiene conditions during grinding, slicing, packaging or transportation (Al-Nabulsi et al., 2020; Brockmann et al., 2004).

In this study, it was aimed to provide biocontrol of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. contamination in tahini. For this purpose, 10 different tahini samples were obtained from the Kahramanmaraş market and the presence of related pathogens in these samples was investigated. In addition, TMAB, yeast-mold, *Staphylococcus* spp. and coliform bacteria enumeration were made in tahini samples.

Materials and Methods

Materials

Tahini samples used in the study were obtained from Kahramanmaraş market. For this purpose, 10 different tahini samples, 6 of which are from national brands and 4 from local producers, were brought to the laboratory unopened, and after verifying whether *Salmonella* spp and *Listeria* spp. were present in these samples, they were kept in the refrigerator at +4°C until the analyses were performed. In addition, sesame samples were obtained from the same 4 local producers. *L. plantarum* and *C. alimentarius* strains used as antagonists were obtained from the culture collection of Erzurum Atatürk University Faculty of Agriculture Department of Food Engineering. *S. Typhimurium* ATCC 14028 and *L. monocytogenes* ATCC 7644 strains used in antagonist activity tests were obtained from the culture collection of Çukurova University Faculty of Agriculture Department of Food Engineering.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Methods

pH determination

For pH measurement in tahini samples, 10 g of tahini was thoroughly homogenized in 15 mL of distilled water and pH values were determined using a combined electrode pH meter (Thermo Scientific) (Hooi et al., 2004). pH measurements were carried out to determine whether the acidity changed during storage in the LAB added samples.

Microbiological enumeration

For each microbiological analysis, 10 g of tahini sample was homogenized with 90 ml of sterile 0.85% NaCl solution under aseptic conditions and dilutions were prepared. All analyses were performed in duplicate (Anonymous, 2014).

Total mesophilic aerobic bacteria counting was carried out (TMAB) at 37°C on plate count agar (Merck) medium (Anonymous, 2014), yeast and mold counting was carried out (Anonymous, 2012) at 25°C on potato dextrose agar (Merck) medium, antagonistic LAB counting was carried out at 30-32°C on de Man Rogosa and Sharpe (MRS) agar (Merck) medium (Anonymous, 2015b), coagulase positive *S. aureus* counting was carried out at 37°C on Baird Parker agar (Oxoid) medium with egg yolk telluride emulsion (5%) (Tallent et al., 2001) coliform bacteria counting was carried out at 37°C on Violet Red Bile Agar (Merck) medium (Anonymous, 2010) for tahini samples. To count the yeasts and molds, incubation was performed for 3-5 days, and 24-48 h for all other microbial counting. To provide anaerobic conditions for LAB counting, Anaerocult (Merck Millipore) brand kits were placed in the anaerobic jar by soaking the kits with appropriate amount of pure water.

Detection of *Salmonella* spp.

The method proposed by Wallace et al. (2020) was modified and used for the detection of *Salmonella* spp. in tahini samples obtained from the market and subsequently inoculated. For this purpose, the preserved samples were weighed 25 g under aseptic conditions and transferred into 225 mL sterile buffered peptone water (0.1% peptone) for pre-enrichment and mixed homogeneously with a magnetic stirrer. After 18 hours of incubation at 37°C, the selective enrichment stage was initiated. At this stage, 100

µL of the pre-enrichment culture was inoculated into 10 mL of sterile Selenite Cystine Enrichment Broth (Merck) medium and incubated at 37°C for 24 hours. At the end of the incubation, a loop was taken from each tube with selective enrichment to perform colony isolation and inoculated into *Salmonella* Shigella Agar (SSA) medium using the streak plate method. After 24 hours of incubation at 37°C, typical *Salmonella* spp. colonies were determined and Triple Sugar Iron (TSI) Agar test was started.

Active cultures of typical colonies were inserted into the bottom part of Triple Sugar Iron Agar medium prepared horizontally with a needle loop and then applied to the surface. After 24 hours of incubation at 37°C, the results were evaluated as *Salmonella* positive or negative. Typical colonies with yellow at the bottom, black at the middle, red at the surface and gas slits were evaluated as probable *Salmonella* strains. Then, genetic identification of typical colonies of *Salmonella* spp. was made by 16S rRNA PCR method.

Detection of *Listeria* spp.

The method suggested by Hitchins et al., (2017) was modified and used for determining the *Listeria* spp. in tahini samples obtained from the market and subsequently inoculated. Each tahini sample was weighed 10 g, transferred to 90 ml sterile *Listeria* Enrichment Broth (Merck) medium, mixed well, and incubated at 37°C for 24 hours. 0.1 mL of this selective enrichment medium was taken and inoculated on *Listeria* Selective Agar (Merck) plates by spread plate method, and the cultivated petri plates were incubated at 37°C for 2 days. As a result of the incubation, enumeration was made by considering the green-black coloured colonies with black zones. After the enumeration, 5-10 colonies were selected from the agar plates and inoculated on Nutrient Agar (Merck) medium by streak plate method. After 24 hours of incubation at 37°C, Gram staining, motility at 22°C and catalase tests were performed and typical *Listeria* colonies were determined according to the results obtained. Then, genetic identification of these isolates with 23S rRNA PCR method was performed.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Genetically Identification

To isolate DNA from the obtained bacterial isolates, 100 µL of bacterial suspensions kept at -20°C in sterile distilled water were taken and mixed with 500 µL sterile distilled water in 1.5 mL Eppendorf tubes. The suspension was centrifuged at 5000 x g for 3 minutes and washed 3 times with phosphate buffer. 0.5 mL of 6 M urea and 0.1 mL of 10% SDS (Sodium Dodecyl Sulphate) were added to the bacterial suspension obtained by washing and incubated at 37°C for 20 minutes. After this mixture was kept at 95°C for 5 minutes, it was centrifuged at 8000 x g for 10 minutes at 25°C. The supernatant obtained after centrifugation was discarded, 0.1 mL of 0.2 N NaOH was added to the remaining part (pellet) and incubated at 37°C for 10 minutes. Then, after centrifugation at 3000 x g for 3 minutes at 25°C to separate non-nucleic acid cell fragments, the supernatant was discarded again. Then, 2.5 times the volume of pure ethyl alcohol was added to purify the DNA and incubated at -20°C for 2 hours. After this time, the mixture was centrifuged at 13200 x g for 15 minutes at 4°C and washed with 70% ethanol. After the obtained DNA pellet was dried at room temperature, it was resuspended in 20 µL of Tris-EDTA (TE) buffer and made ready for PCR (Singh and Ramesh, 2009).

After DNA isolations, 16R (5'-GGAAGTACCCGACAAGG-3') and 16F (5'-AATACGTTCCCGGGCCTTG-3') universal primers were used for PCR identification of 16S rRNA and 23S rRNA. In this aim, a total of 50 µl of PCR mix was prepared using 25 µL of PCR master mix (Qiagen), 18 µL of nuclease-free water, 4 µL of template DNA, 1.5 µL of 16R universal primer and 1.5 µL of 16F universal primer. The first denaturation was done at 95°C for 5 minutes. The PCR protocol was performed at 94°C for 30 seconds (first denaturation), at 51°C for 45 seconds (annealing), and at 72°C for 45 seconds (extension). After the 35th cycle of the protocol, the final extension was performed at 72°C for 10 minutes. 12 µL of the mixture subjected to the PCR process was taken, loaded into a 2% agarose gel, and run at 35 V for 6 hours. At the end of the run, the gel was visualised under UV light and the isolate of appropriate base pair length was sequenced.

DNA sequencing of PCR products was carried out by using the ABI 3130 XL genetic analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA). The obtained DNA sequences were evaluated using the American National Center for Biotechnology Information (NCBI) database and the BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) algorithm.

Tests for Antagonistic Activity

The agar spot test method was used to measure the antimicrobial activities of *L. plantarum* and *C. alimentarius* strains, which are preferred as antagonistic LAB. For this purpose, appropriate strains of microorganisms were first inoculated into 10 mL of sterile MRS Broth (Merck) medium and incubated at 32°C for 24 hours. Then, one loop was taken from these 24-hour cultures and 2 spots were planted on MRS Agar medium and incubated in anaerobic environment at 32°C for 24-48 hours. Before 24-hour cultures of *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* strains, which are preferred as pathogens for agar spot test, 0.1 mL of TSB (Tryptone Soy Broth-Merck) medium containing 7 mL of semi-solid agar is inoculated and MRS Agar (Merck), which has been cultivated in 2 spots previously was poured slowly onto the medium. After waiting for solidification, it was incubated at 37°C for 24 hours. At the end of the incubation period, the inhibition zone diameters around the LAB colonies were measured (Belicová et al., 2013).

Inoculation of Antagonist and Pathogen Strains in Tahini Samples and Storage

1 mL of 24-hour cultures of appropriate strains from both antagonist microorganisms and pathogens were taken and inoculated into 100 mL Nutrient Broth (Merck) medium in 300 mL Erlenmeyer flask. Then it was incubated for 24 hours at 37°C in a shaking incubator set at 180 rpm. After incubation, the concentrated cells obtained by centrifugation at 2500 x g and 4°C for 10 minutes were washed 2-3 times with 0.85% NaCl. Concentrated cell pellets were suspended in 1 mL of sterile 0.85% NaCl, and the number of viable organisms per millilitre was determined by inoculating into Nutrient Agar (Merck) medium (Bosse et al., 2016).

Stock solutions were diluted according to the determined number and each strain was

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

inoculated into tahini samples at the level of 6 log cfu/g. For the purpose of inoculation, tahini sample, which was bought from the market and in which no pathogen was detected, was preferred. Inoculation groups composed as: Group 1 (PL + SL), Group 2 (AL + SL), Group 3 (PL+ AL+ SL), Group 4 (PL), Group 5 (AL), Group 6 (SL), Group 7 (PL + LI), Group 8 (AL + LI), Group 9 (PL + AL + LI), Group 10 (LI), Group 11 (PL + AL + SL + LI).

The meanings of the abbreviations used here are as follows, PL; *L. plantarum*, AL; *C. alimentarius*, SL; *S. Typhimurium* and LI; *L. monocytogenes*. In addition, LAB strains were inoculated separately and together in a tahini sample that was found to be contaminated with *Salmonella* spp. Enumeration of all bacteria inoculated were performed for each group on the 7, 14, 21 and 28th days, including the first day.

Statistical Calculations

Statistical analyses of the data obtained during the study were carried out with the SPSS for Windows Release ver. 2000 package program. The averages of the significant sources of variation were calculated by the Duncan Multiple Comparison Test. The correlations between different variations and parameters used in the study were examined. In addition, the Independent-T test to examine the relationship between sesame samples and the tahini samples produced from them, and to examine the changes observed during storage, a comparison was made according to the experimental design of divided parcels in random parcels (Efe et al., 2000).

Results and Discussion

Microbiological Enumeration

The microbiological enumeration results of tahini and sesame samples obtained from the market were given in Table 1.

As a result of microbiological enumeration done in tahini samples, it was seen that the samples generally have a low microbial load. This is because tahini has both low water activity and high oil content. According to the TMAB counting results performed in the samples, the lowest value was obtained from sample 5 with 2.03 log cfu/g, and the highest value was

obtained from sample 3 with 5.02 log cfu/g. The mean TMAB count of all tahini samples was calculated as 3.50 log cfu/g.

Among the yeast-mold enumeration results of tahini samples, the lowest value was observed with 2.34 log cfu/g for sample 8, and the highest value was observed for sample 3 with 4.79 log cfu/g. The average yeast-mold count of the samples was determined as 3.39 log cfu/g. In the mold count analysis, only 2 of the samples showed mold colonies at countable intervals. Coliform bacteria were found in only one of the tahini samples.

The difference between the mean TMAB count of the samples and the difference between the mean number of yeast and mold were found to be statistically very significant ($p < 0.01$). According to the Duncan's multiple comparison test results of TMAB means, 10 different groups were formed, and 7 different groups were formed in terms of yeast-mold means. In this case, it was understood that the tahini on the market do not show any similarity in terms of microbial load.

Similarly, in a study performed by Khachfe et al., (2018) in which they investigated the microbiological quality of tahini samples, significant differences were found between the microbial loads of the samples. In that study, TMAB count results were found in the range of 2-5.6 log cfu/g, and yeast-mold counting results were found in the range of 2-6 log cfu/g. When the means of the results are compared with obtained in our study, it was seen that both TMAB and yeast-mold numbers are higher than in our study. In addition, in the same study, coliform bacteria were found in approximately 90% of the samples. In another study carried out by Ayaz and Al-Sogair, (1986), it was determined that the TMAB numbers of tahini samples were in the range of 1-4.5 log cfu/g, and the yeast-mold counts were in the range of 1-2 log cfu/g. In the same study, coliform bacteria were found in 20% of the samples. The TMAB results obtained in our study were like these results, and the yeast-mold counts were found to be higher.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Table 1. Microbiological enumeration results of tahini and sesame samples

Sample No	TMAB log cfu/g	Yeast log cfu/g	Mold log cfu/g	<i>Staphylococcus</i> spp. log cfu/g	Coliforms log cfu/g	
National Market Tahini	1	3.62±0.02	<2	<2	3.68±0.03	2.01±0.08
	2	2.31±0.01	2.91±0.04	<2	<2	<1
	3	5.02±0.01	4.79±0.03	<2	<2	<1
	4	3.23±0.03	3.32±0.04	<2	<2	<1
	5	2.03±0.03	<2	<2	<2	<1
	6	4.36±0.01	3.26±0.03	3.26±0.03	3.46±0.04	<1
Local Market Tahini	7	2.61±0.02	2.89±0.03	<2	<2	<1
	8	2.70±0.01	2.34±0.02	2.34±0.02	<2	<1
	9	4.53±0.02	3.18±0.03	<2	<2	<1
	10	4.61±0.02	4.47±0.04	<2	2.03±0.02	<1
Minimum	2.03±0.03	2.34±0.02	-	-	-	
Maximum	5.02±0.01	4.79±0.03	-	-	-	
Mean	3.50±0.15	3.39±0.27	-	-	-	
Local Sesame Samples	S7	3.18±0.05	5.11±0.03	<2	<2	<1
	S8	2.49±0.02	<2	<2	<2	<1
	S9	2.94±0.03	4.95±0.02	<2	<2	<1
	S10	2.03±0.03	2.60±0.04	<2	<2	<1
Minimum	2.03±0.03	2.60±0.04	-	-	-	
Maximum	3.18±0.05	5.11±0.03	-	-	-	
Mean	2.66±0.44	4.22±1.14	-	-	-	

As a result of analyses carried out to determine the presence of coagulase positive *S. aureus* in tahini samples, typical colonies were found in three samples. Accordingly, among the coagulase, catalase, DNase and thermonuclease positive colonies, 1-A, 6-A and 6-B coded colonies were found to have methicillin resistance. Therefore, it was thought that the toxins that these strains can produce may be risky in terms of food safety.

In similar studies, it was reported that *S. aureus* colonies were found in tahini samples (Ayaz and Al-Sogair, 1986; Khachfe et al., 2018; Olaimat et al., 2017). Although *S. aureus* can usually be isolated from the environment, its natural source is humans and animals. In humans, it is mostly isolated from the mucous layer of the nasal and throat cavity. In addition, it is found on the skin, face, hands, stool, inflamed wounds, boils, and pimples. For these reasons, it is highly probable that the *S. aureus* strains found in the tahini samples were transmitted by the staff who is responsible from the production (Castro et al., 2016). Staphylococci cause various inflammatory infectious diseases and cause septicaemia, arthritis, meningitis, endocarditis, dermatitis, and joint rheumatism in humans (Kloos and Bannerman, 1994).

As a result of TMAB enumeration performed on sesame samples, the lowest value was found in the sample S10 with 2.03 log cfu/g, and the highest value was found in the sample S7 with 3.18 log cfu/g. The mean TMAB number of the samples was calculated as 2.66 log cfu/g. As a result of yeast-mold enumeration, the lowest value was obtained from the sample S10 with 2.60 log cfu/g, and the highest value was obtained from the sample S7 with 5.11 log cfu/g. The average yeast-mold counts of the samples were determined as 4.22 log cfu/g. Yeast growth was not observed in one sample.

The Independent-T test was performed to compare the microbiological enumeration results of tahini obtained from local producers and the sesame samples they were produced from (Table 2). As a result of the analyses, the differences between the mean TMAB numbers of the sesame samples and the tahini samples made from them were found to be statistically very significant ($p < 0.01$). The differences between the averages of yeast and mold numbers were found to be statistically insignificant ($p > 0.05$). In this case, it was thought that the bacterial load in tahini which is obtained from local producers' changes during production and packaging and the yeast-mold load does not change.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Table 2. Independent-T test results for the comparison of microbial loads of sesame seeds and tahini produced from them

	Tahini		Sesame		Significance Level (p<0.05)
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	
TMAB	3.61	1.00	2.66	0.46	0.007**
Yeast-mold	3.22	0.82	3.16	2.17	0.934ns

** 1% significance level, ns: statistically insignificant.

In addition, it is noteworthy that there was no mold in the sesame sample S8, but there was mold in the tahini produced from it, and there was no *Staphylococcus* spp. in the sesame sample S10, and it was found in the tahini sample 10. Considering all these, it was thought that the local tahini producers in Kahramanmaraş have problems in hygiene and sanitation conditions.

Presence of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini Samples

As a result of the screenings for the presence of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in the samples by cultural methods, typical *Salmonella* colonies were found only in sample 1. No typical *Listeria* spp. colonies were found in any of the samples. Isolations were made to identify the typical colonies of *Salmonella* spp. by 16S PCR method. Then, DNA isolation was made, and template DNAs were made ready for PCR. After the PCR analyses, the amplified DNAs were run on an electrophoresis gel and then visualized under UV light (Figure 1).

The gene sequences obtained as a result of the sequence analyses were determined by using the BLAST algorithm (BLAST, 2021). Accordingly, it was determined that the suspect isolate was *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Salmonella* spp. has been found in many previous studies in tahini. In a study carried out by Khachfe et al. (2018), different *Salmonella* strains were detected in approximately 30% of tahini samples obtained from the Lebanese market. In a study by de Jong et al. (2001), it was reported that tahini halva contaminated with *Salmonella* Typhimurium DT104 in Sweden caused the disease in 27 people in 2001. Also in 2001, two outbreaks were reported, with 18 and 14 cases reported in Norway and Australia, respectively (Aavitsland et al., 2001; O'Grady et al., 2002).

In addition, a multi-stage epidemic (16 cases with one hospitalization and one death) was reported in the USA in 2013 related to the consumption of hummus prepared with tahini contaminated with *Salmonella mbandaka* and *S. montevideo* (Olaimat et al., 2018). In 2015, tahini contaminated with *Salmonella* was recalled from the market 9 times in Canada. In May 2018, tahini products contaminated with *Salmonella* spp. were detected and recalled in the USA market (Al-Nabulsi et al., 2020).

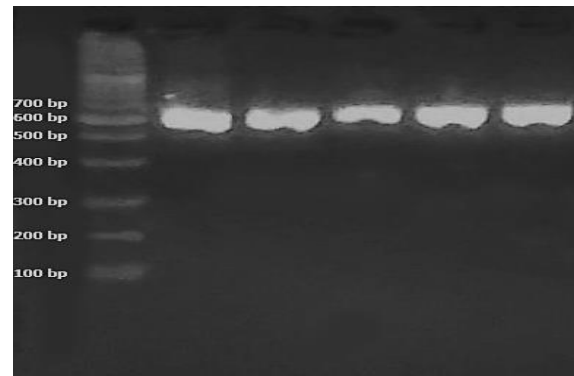


Figure 1. Images of DNA amplified by 16S PCR method under UV light.

In vitro Antagonistic Activity of the LAB Strains

In the antagonist activity tests, antimicrobial activities of *L. plantarum* and *C. alimetarius* strains against *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* reference strains were determined. For this purpose, the agar spot method was used, and the inhibition zones were measured.

Accordingly, *L. plantarum* strains showed the highest antimicrobial activity (27 mm) against *L. monocytogenes*. This was followed by *S. Typhimurium* (24 mm). In a study performed by Mashak (2016), it was reported that *L. plantarum* strains have strong antimicrobial activity against

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

the same pathogens. Similarly, Kamiloğlu et al. (2019) found that *L. plantarum* strains isolated from sausage have different levels of antimicrobial activity against pathogens such as *S. aureus*, *L. monocytogenes* and *B. cereus* in their study. In another study by Liu et al. (2019), it was determined that the use of *L. plantarum* strains as a biocontrol agent had a lethal effect on *Salmonella* serovars. In a similar study, some bacteriocin was isolated from *L. plantarum* ZJ316 strain and its antimicrobial effect on different *Salmonella* strains was investigated. As a result of the analyses carried out, it was reported that the isolated L-phenyl lactic acid has an antimicrobial effect on *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ATCC 1402 strain (Zhou et al., 2020).

C. alimentarius strains showed the highest antimicrobial activity (17 mm) against *L. monocytogenes* strains, followed by *S. Typhimurium* (11 mm). Hu et al. (2017) found that the bacteriocin named lactosine produced by *C. alimentarius* strains has an antimicrobial effect on pathogenic bacteria. Mourad and Bettache (2018) determined that *C. alimentarius* strains have antimicrobial effects on *E. coli* and *B. cereus* in a study in which they characterized different lactic acid bacteria. In another study performed by Klingberg et al. (2005), *C. alimentarius* strains isolated from Scandinavian fermented sausages were found to have antimicrobial activity against *S. Typhimurium*, *E. coli*, *L. monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* strains.

When the agar spot test results were evaluated in general, it was determined that *L. plantarum* strains had a higher inhibitory effect on target pathogens than *C. alimentarius* strains. However, in a study investigating the antimicrobial activities of *Lactobacillus* strains, it was determined that although *L. plantarum* and *C. alimentarius* strains had an inhibitory effect on *B. cereus* and *E. coli*, they had not antimicrobial effect against *S. Typhimurium* and *Listeria* strains (Gandevia et al., 2017).

Therefore, although not all strains belonging to *L. plantarum* and *C. alimentarius* species preferred to be used in that study did not have antagonistic effects on target pathogen groups, it was understood that the strains used in our study have an inhibitory effect.

Microbiological and pH Changes During Storage in Tahini Samples

Before storage, each microorganism was inoculated to the sample groups at the level of 6 log cfu/g. Afterwards, the numbers of all microorganisms were determined weekly, and their changes were observed. In order to reveal the time-dependent changes in the mean number of microorganisms in the samples during the storage period, the divided parcels in random parcels experimental design were used. The changes in the number of LAB and pH changes in the samples were shown in Table 3.

The fact that the LAB numbers in the groups were very close to 6 log cfu/g on the first day indicates that the inoculation was done at the desired level. The differences between the average LAB counts of each of the tahini groups at the end of the storage period were found to be statistically significant ($p < 0.01$).

It was observed that the colony numbers of the groups, to which the same strains were added, were the same at the end of the period. At the end of storage, when the number of bacteria in the group with only *L. plantarum* strain was compared with that of the groups with pathogens, it was concluded that the number of *L. plantarum* was not affected by the presence of other microorganisms. However, it was seen that the number of *C. alimentarius* is negatively affected by the presence of pathogenic microorganisms. At the end of the 4-week storage, both antagonist LAB strains were found to be more than 4 log cfu/g in tahini samples and preserved their viability. In this way, it was thought that they continue to produce antimicrobial effective metabolites and inhibit the development of target pathogens at different levels.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Table 3. The changes of LAB numbers inoculated into tahini samples during storage

Groups	Storage Time (week)					Mean
	First day	1	2	3	4	
LAB						
AL	5.85	4.32	5.18	5.44	5.36	5.23 D
PL	5.74	5.38	5.78	5.86	5.80	5.71 A
AL+SL	5.80	3.51	3.30	3.80	3.76	4.03 F
AL+LI	5.82	4.03	3.30	3.56	3.59	4.06 F
PL+LI	5.78	4.52	5.07	4.82	4.96	5.03 E
PL+SL	5.85	5.46	5.65	5.61	5.59	5.63 B
PL+AL+LI	5.87	5.48	4.91	5.06	4.98	5.26 D
PL+AL+SL	5.87	5.56	5.41	5.76	5.65	5.65 B
PL+AL+SL+LI	5.90	5.92	5.60	4.92	4.89	5.45 C
Mean	4.77 A	4.02 C	4.02 C	4.08 B	4.05 B	4.19
pH						
LI	6.39	6.40	6.40	6.39	6.33	6.38 A
SL	6.38	6.40	6.39	6.43	6.38	6.39 A
AL	6.37	6.39	6.40	6.41	6.39	6.39 A
PL	6.39	6.38	6.41	6.38	6.39	6.39 A
AL+SL	6.40	6.44	6.40	6.42	6.36	6.40 A
AL+LI	6.37	6.39	6.41	6.38	6.34	6.38 A
PL+LI	6.37	6.40	6.43	6.37	6.35	6.38 A
PL+SL	6.37	6.43	6.40	6.39	6.36	6.39 A
PL+AL+LI	6.38	6.43	6.44	6.40	6.37	6.40 A
PL+AL+SL	6.39	6.40	6.42	6.38	6.35	6.39 A
PL+AL+SL+LI	6.39	6.40	6.40	4.40	6.41	6.00 B
Mean	6.38 AB	6.40 A	6.41 A	6.21 C	6.37 B	6.36
Significance Level (p<0.05)		Group = 0.000**			Time= 0.000**	

** %1 significance level. Means indicated by different letters are statistically different from each other.

The differences between the mean weekly LAB counts of all inoculation groups were found to be statistically significant ($p < 0.01$). Three different groups were formed in terms of the average of the 4-week LAB count, including the first day. LAB counts decreased in the 1st week but did not change significantly during storage afterwards.

To determine whether the LAB strains added to the samples produce lactic acid and cause souring in the taste of the samples, the pH changes of the groups were also followed during the storage. In terms of the average pH values of the samples at the end of the storage period, only 2 groups were formed. In terms of weekly pH values, 3 different groups were formed ($p < 0.01$). Almost no change was observed in the pH levels of the inoculation groups during storage. A significant decrease was observed only in the group with all bacteria. Therefore, it could be concluded that the use of these LAB strains as biocontrol agents in tahini and similar foods will not cause a sour taste.

Changes in *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. numbers observed in tahini groups during

storage were given in Table 4. The fact that the *Salmonella* spp. numbers in the groups were close to 6 log cfu/g on the first day indicates that the inoculation was done at the desired level. The differences between the average *Salmonella* spp. count at the end of the storage period and the weekly mean numbers were found to be statistically significant ($p < 0.01$). In terms of the number of bacteria at the end of storage, 5 different groups were formed. In terms of weekly *Salmonella* spp. number means, 3 different groups were formed. *Salmonella* spp. contents of tahini samples decreased until the 2nd week, but there was no significant change after that.

At the end of the storage period, the fact that the level of *Salmonella* spp. in the group in which the antagonist LAB strain was not added was higher than in the other groups was an indication that the LAB strains have inhibitory effect. *L. plantarum* strain, which reduced *Salmonella* spp. level by 34.2%, was the most effective antagonist LAB strain.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Table 4. Changes of the number of *Salmonella* spp. during storage in tahini samples.

Storage Time (week)						
<i>Salmonella</i> spp.						
Groups	First day	1	2	3	4	Mean
SL	6.34	4.98	5.02	5.01	5.06	5.28 A
AL+SL	6.29	4.94	4.44	4.38	4.40	4.89 B
PL+SL	6.32	4.92	4.19	4.17	4.15	4.75 D
PL+AL+SL	6.26	4.78	4.45	4.46	4.41	4.87 C
PL+AL+SL+LI	6.28	4.78	4.15	4.13	4.11	4.69 E
Mean	6.30 A	4.88 B	4.45 C	4.43 C	4.43 C	4.90
<i>Listeria</i> spp.						
LI	5.88	5.41	5.05	5.03	4.89	5.25 A
AL+LI	5.90	5.16	4.49	4.00	3.91	4.69 B
PL+LI	5.93	4.59	3.18	2.74	0.00	3.29 D
PL+AL+LI	5.99	5.05	4.23	3.53	2.17	4.19 C
PL+AL+SL+LI	5.92	5.49	2.86	0.00	0.00	2.86 E
Mean	5.92 A	5.14 B	3.96 C	3.06 D	2.19 E	1.84
Significance Level (p<0.05)		Group = 0.000**		Time= 0.000**		

** %1 significance level. Means indicated by different letters are statistically different from each other.

Antagonist LAB strains were inoculated separately and in a mixed form to sample 4 in which *S. enterica* serovar Typhimurium was detected, and storage was carried out. The changes in the number of *Salmonella* spp. in sample 4 during storage were shown in Figure 2. Accordingly, *Salmonella* spp. completely inhibited in the 3rd week in both groups with *L. plantarum* strain. In the group with only *C. alimentarius* strain, it was observed that *Salmonella* spp. was inhibited only at the end of the 4th week. Therefore, *L. plantarum* was the most successful antagonist bacterium in terms of the group in which *S. enterica* serovar Typhimurium was detected.

The fact that the numbers of *Listeria* spp. in the groups were close to 6 log cfu/g on the first day indicates that the inoculation was done at the desired level. Five different groups were formed in terms of both the number of microorganisms at the end of the storage period and the weekly number of microorganisms ($p < 0.01$). The numbers of *Listeria* spp. decreased regularly during storage. In the group to which only *L. plantarum* strain was inoculated, *Listeria* spp. was inhibited at the end of the 4th week, and in the group to which both antagonists and pathogens were inoculated, *Listeria* spp. growth was not observed at the end of the 3rd week.

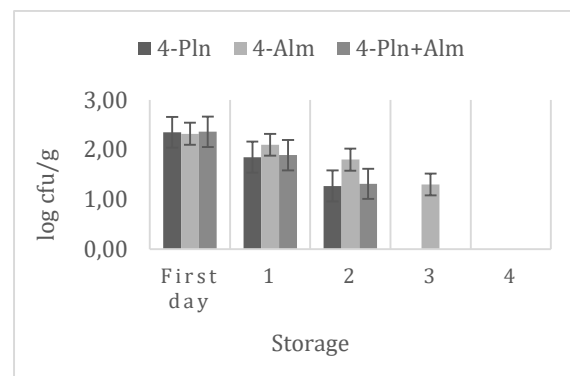


Figure 2. Changes of the number of *Salmonella* spp. observed in sample 4 during storage.

The presence of *Listeria* spp. at the end of the 4th week in the group with both antagonists and pathogenic microorganisms was an indication that the *L. plantarum* strain alone has a stronger antimicrobial effect. In the group with only *C. alimentarius* strain, the level of *Listeria* spp. decreased by 33.7% at the end of the storage period. In terms of *Listeria* spp., the most effective antagonist LAB was *L. plantarum*.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

Conclusion

Since tahini is a highly consumed product both in Turkey and in the Middle East, and it is generally consumed raw, it is likely to be the cause of any food-borne illness. Therefore, it should be a priority for production to prevent pathogen contamination of tahini at any stage. However, even if pathogenic microorganisms are contaminated with the product for any reason, they must be inhibited and their toxins, if any, must be neutralized. The findings obtained in our study will shed light on biocontrol studies that can be done in tahini or tahini-like products in the future. In addition, the potential to isolate antimicrobial metabolites from the antagonist bacteria and to use only these metabolites as antimicrobial agents in foods for pathogen biocontrol are among the studies that can be done. Thus, the risk of antagonist microorganisms changing the taste and aroma of the product will be eliminated.

Acknowledgments

This research was funded by Kahramanmaraş Sütçü İmam University Scientific Research Projects Coordinatorship with project code: 2020/3-13 YLS. The authors gratefully thank the financial support from Kahramanmaraş Sütçü İmam University.

References

- Aavitsland, P., Alvseike, O., Guérin, P.J., Stavnes, T.L., 2001. International outbreak of *Salmonella* Typhimurium DT104- update from Norway. Weekly releases 5. <https://doi.org/10.2807/esw.05.33.01701-en>
- Al-Nabulsi, A.A., Olaimat, A.N., Osaili, T.M., Shaker, R.R., Zein Elabedeen, N., Jaradat, Z.W., Abushelaibi, A., Holley, R.A., 2014. Use of acetic and citric acids to control *Salmonella* Typhimurium in tahini (sesame paste). Food Microbiol. 42, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.02.020>
- Al-Nabulsi, A.A., Osaili, T.M., Olaimat, A.N., Almasri, W.E., Ayyash, M., Al-Holy, M.A., Jaradat, Z.W., Obaid, R.S., Holley, R.A., 2020. Inactivation of *Salmonella* spp. in tahini using plant essential oil extracts. Food Microbiol. 86, 103338. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103338>
- Anonymous, 2008. eFoodAlert, 2008. Tahini recalled in New Zealand. [WWW Document]. URL <http://efoodalert.blogspot.com/2008/11/tahini-recalled-in-new-zealand.html>
- Anonymous, 2010. TS ISO 4831 Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms - Most probable number technique. Turkish Standards Institution, Turkey.
- Anonymous, 2012. TS ISO 21527-1:2008 Food and animal feed microbiology - horizontal method for counting yeast and molds. Turkish Standards Institution, Turkey.
- Anonymous, 2014. TS EN ISO 4833-2 Food chain microbiology - Horizontal method for counting microorganisms - Part 2: Colony counting at 30°C by the smear plate technique. Turkey.
- Anonymous, 2015a. Ministry of Food, Agriculture and Livestock Turkish Food Codex Tahini Communiqué, (Communiqué No: 2015/27), Official Gazette 13 June, No: 29385, Ankara.
- Anonymous, 2015b. ISO 15214:1998 Microbiology of food and animal feeding stuffs/Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria/Colony-count technique at 30 degrees C. International Organization For Standardization, Switzerland.
- Anonymous, 2021. Production quantities of Sesame seed by country [WWW Document]. www.nationmaster.com. URL <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/sesame-seed-import-quantity>
- Artık, N., Ceyhun, E.A., 2010. Türk Tahin Helvalarında Saponin Miktarının HPLC ile Belirlenmesi. G. Müh. Der. 31, 45-50. https://www.gidamo.org.tr/resimler/ekler/8c5433a60135c32_ek.pdf?dergi=38
- Ayaz, M., Al-Sogair, A., 1986. Microbiological Quality of Tehineh Manufactured in Saudi Arabia. J. Food Prot., 49, 504-506. http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/49/7/504/1669776/0362-028x-49_7_504.pdf
- Batu, A., Elyıldırım, F., 2009. Geleneksel helva üretim teknolojisi. EJFT. 4(3), 32-43.

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

- <https://www.researchgate.net/publication/260578861>
- Belicová, A., Mikulášová, M., Dušínský, R., 2013. Probiotic Potential and Safety Properties of *Lactobacillus plantarum* from Slovak Bryndza Cheese. *Biomed Res. Int.*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/760298>
- BLAST, 2021. BLAST Program [WWW Document]. URL https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome
- Bosse (née Danz), R., Gibis, M., Schmidt, H., Weiss, J., 2016. Nitrate reductase activity of *Staphylococcus carnosus* affecting the color formation in cured raw ham. *Food Res. Int.* 85, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.021>
- Brockmann, S.O., Piechotowski, I., Kimming, P., 2004. *Salmonella* in Sesame Seed Products. *J. Food Prot.* 67, 178-180. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.1.178>
- Castro, A., Santos, C., Meireles, H., Silva, J., Teixeira, P., 2016. Food handlers as potential sources of dissemination of virulent strains of *Staphylococcus aureus* in the community. *J. Infect. Public Health* 9, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2015.08.001>
- Çiftçi, D., Kahyaoglu, T., Kapucu, S., Kaya, S., 2008. Colloidal Stability and Rheological Properties of Sesame Paste. *J. Food Eng.*, 87, 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.026>
- da Costa, R.J., Voloski, F.L.S., Mondadori, R.G., Duval, E.H., Fiorentini, Â.M., 2019. Preservation of Meat Products with Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria Isolated from Meat. *J. Food Qual.*, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2019/4726510>
- de Jong, B., Andersson, Y., Giesecke, J., Hellström, L., Stamer, U., Wollin, R., 2001. *Salmonella* Typhimurium Outbreak in Sweden from Contaminated Jars of Helva (or halva). *Weekly releases* 5. <https://doi.org/10.2807/esw.05.29.01715-en>
- Efe, E., Bek, Y., Şahin, M., 2000. SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, Kahramanmaraş, p214.
- Gandevia, H.A., Rana, N.D., Desai, B.A., 2017. Screening, Production and Antibacterial Activity of Bacteriocin from *Lactobacillus* spp. *BMR Microbiol.* 3, 1-8. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1074.9282&rep=rep1&type=pdf>
- Güven, S., Demirel, N.N., Kırca, A., Güneşer, O., Kaptan, M., 2007. The effect of production stages on the chemical and microbiological quality of tahini halva (Project No: 104 O 290). Tübitak Agriculture, Forestry and Veterinary Research Group, Çanakkale. <https://124.im/PU7sg>
- Hitchins, A.D., Jinneman, K., Chen, Y., 2017. Detection of *Listeria monocytogenes* in Foods and Environmental Samples, and Enumeration of *Listeria monocytogenes* in Foods, in: BAM. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-10-detection-listeria-monocytogenes-foods-and-environmental-samples-and-enumeration>
- Hooi, R., Barbano, D.M., Bradley, R.L., Budde, D., Bulthaus, M., Chettiar, M., Lynch, J., Reddy, R., 2004. Chapter 15 Chemical and Physical Methods, in: Arnold, E.A. (Ed.), *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. APHA. <https://doi.org/10.2105/9780875530024ch15>
- Hu, Y., Liu, X., Shan, C., Xia, X., Wang, Y., Dong, M., Zhou, J., 2017. Novel bacteriocin produced by *Lactobacillus alimentarius* FM-MM 4 from a traditional Chinese fermented meat Nanx Wudl: Purification, identification and antimicrobial characteristics. *F. Cont.* 77, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.007>
- Kamiloğlu, A., Kaban, G., Kaya, M., 2019. Effects of autochthonous *Lactobacillus plantarum* Strains on *Listeria monocytogenes* in Sucuk During Ripening. *J. Food Saf.* 39, e12618. <https://doi.org/10.1111/jfs.12618>
- Khachfe, H.M., Alkhatib, A., Alaouie, Z., 2018. A Quantitative Assessment of the Microbiological Quality of Lebanese Tahini

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

- (Sesame Paste). Artic. Int. J. Adv. Life Sci. 10, 127-137. http://www.iariajournals.org/life_sciences/2018
- Klingberg, T.D., Axelsson, L., Naterstad, K., Elsser, D., Budde, B.B., 2005. Identification of Potential Probiotic Starter Cultures for Scandinavian-Type Fermented Sausages. Int. J. Food Microbiol. 105, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.03.020>
- Kloos, W.E., Bannerman, T.L., 1994. Update on Clinical Significance of Coagulase-Negative Staphylococci. Clin. Microbiol. Rev. 7, 117-140. <https://doi.org/10.1128/CMR.7.1.117>
- Liu, J., Gu, Z., Zhang, H., Zhao, J., Chen, W., 2019. Preventive effects of *Lactobacillus plantarum* ST-III against *Salmonella* infection. LWT 105, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.043>
- Ly, V., Parreira, V.R., Farber, J.M., 2019. Current understanding and perspectives on *Listeria monocytogenes* in low-moisture foods. Curr. Opin. Food Sci. 26, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.02.012>
- Mashak, Z., 2016. Antimicrobial Activity of *Lactobacillus* Isolated From Kashk-e Zard and Tarkhineh, Two Iranian Traditional Fermented Foods. Int. J. Enteric Pathog. In Press, 34692. <https://doi.org/10.17795/ijep34692>
- Mourad, G., Bettache, G., 2018. Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolated from Traditional Butter Produced in Djelfa Province of Algeria. Biosci. Biotechnol. Res. Asia 15, 737-746. <https://doi.org/10.13005/bbra/2683>
- O'Grady, N.P., Alexander, M., Dellinger, E.P., Gerberding, J.L., Heard, S.O., Maki, D.G., Masur, H., McCormick, R.D., Mermel, L.A., Pearson, M.L., Raad, I.I., Randolph, A., Weinstein, R.A., 2002. Guidelines for the Prevention Of Intravascular Catheter-Related Infections. Centers for Disease Control and Prevention. MMWR. Recomm. reports Morb. Mortal. Wkly. report. Recomm. reports 51, 1-29.
- Olaimat, A.N., Al-Holy, M.A., Abu Ghoush, M., Al-Nabulsi, A.A., Holley, R.A., 2018. Control of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in Hummus Using Allyl Isothiocyanate. Int. J. Food Microbiol. 278, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.033>
- Olaimat, A.N., Al-Nabulsi, A.A., Osaili, T.M., Al-Holy, M., Ayyash, M.M., Mehyar, G.F., Jaradat, Z.W., Ghoush, M.A., 2017. Survival and Inhibition of *Staphylococcus aureus* in Commercial and Hydrated Tahini Using Acetic And Citric Acids. F. Cont. 77, 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.022>
- Olaimat, A.N., Holley, R.A., 2012. Factors Influencing the Microbial Safety of Fresh Produce: A review. Food Microbiol. 32, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.04.016>
- Özcan, M., 1994. Physical and Chemical Properties and Fatty Acid Composition of Tahin (Sesame Paste). GIDA, 19(6), 411-416. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/79423>
- Siedler, S., Balti, R., Neves, A.R., 2019. Bioprotective Mechanisms of Lactic Acid Bacteria Against Fungal Spoilage of Food. Curr. Opin. Biotechnol. 56, 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.11.015>
- Singh, A.K., Ramesh, A., 2009. Evaluation of a Facile Method of Template DNA Preparation for PCR-Based Detection and Typing of Lactic Acid Bacteria. Food Microbiol. 26, 504-513. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.03.006>
- Tallent, S., Haint, S., Bennet, R.W., Lancette, G.A., 2001. *Staphylococcus aureus*, in: BAM. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus>
- Torlak, E., Sert, D., Serin, P., 2013. Fate of *Salmonella* During Sesame Seeds Roasting and Storage of Tahini. Int. J. Food Microbiol. 163, 214-217. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.03.010>
- Valerio, F., 2004. Production of Phenyllactic Acid by Lactic Acid Bacteria: An Approach to the Selection of Strains Contributing to

Prevention of the Growth of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in Tahini by Using Antagonistic Microorganisms

- Food Quality and Preservation. FEMS Microbiol. Lett. 233, 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2004.02.020>
- Var, I., Kabak, B., Gök, F., 2007. Survey of Aflatoxin B1 in Helva, a Traditional Turkish Food, by TLC. F. Cont. 18, 59-62. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.08.008>
- Wallace, H.A., Wang, H., Jacobson, A., Ge, B., Zhang, G., Hammack, T., 2020. *Salmonella*, in: BAM. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-5-Salmonella>
- Zhou, Q., Gu, R., Li, P., Lu, Y., Chen, L., Gu, Q., 2020. Anti-*Salmonella* Mode of Action of Natural 1-phenyl Lactic Acid Purified from *Lactobacillus plantarum* ZJ316. Appl. Microbiol. Biotechnol. 104, 5283-5292. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10503-4>



Araştırma Makalesi

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Rojbin KAMAR¹, Mehmet Ali SARIDAŞ¹, Sevgi PAYDAŞ*¹

ÖZ

Son yıllarda insan beslenmesine sağladığı büyük katkılardan dolayı çilekler üzerinde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bunun sonucu olarak gerek ülkemizde gerekse dünyada üretim miktarı artmıştır. Ancak bu artışla birlikte gübrelemenin artması, yanlış sulama uygulamaları tuzluluk sorununu beraberinde getirmiştir. Çilek tuza hassas bir tür olmakla birlikte genotipler arasında toleranslık düzeyleri bakımından farklar vardır. Bu çalışmada farklı tuz düzeylerinin, ticari olarak yetiştirilen Fortuna çilek çeşidi ile önceki yıllarda yapılan melezleme ıslahı sonucunda olumlu bulunan 112 ve 36 No'lu genotiplerde verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, 2020-2021 yetiştiricilik döneminde Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait İspanyol tipi yüksek tünelde saksı denemesi şeklinde ve aynı bölümün laboratuvarında yürütülmüştür. Denemede kontrol (Sulama suyu - 0.5 dS/m) ve 4 farklı tuz konsantrasyonu (1 dS/m, 1.5 dS/m, 2 dS/m, 2.5 dS/m) uygulamaları yapılmıştır. Bulgulara göre; 2.5 dS/m tuz uygulaması verimi Kontrol ve 1 dS/m tuz uygulamalarına göre yaklaşık %50 oranında azaltmıştır. Genel olarak genotiplerde tuz stresi arttıkça meyve iriliğinin değişik düzeylerde azaldığı ancak bu azalmanın en az 112 No'lu genotipte olduğu belirlenmiştir. SÇKM ve meyve et sertlik değerleri üzerine 1 dS/m tuz konsantrasyonunun hafif bir stres uyarımı etkisiyle kontrolden daha iyi sonuçlar verdiği dikkati çekmiştir. Meyve dış renk değerleri (L*, C, Hue0) yüksek tuz uygulamalarından belirgin şekilde negatif etkilenirken, düşük dozda (1 dS/m) tuzdan etkilenmedikleri ortaya konulmuştur. Genel olarak yapılan tuz uygulamalarından 112 ve 36 No'lu genotiplerin ticari bir çeşit olan Fortuna'ya göre daha az etkilenmiştir. Seçilmiş genotiplerin, Fortuna çeşidinden tuza daha fazla tolerant bulunması ıslah açısından iyi bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Tuz, Verim, Meyve Kalite Kriterleri

The Effects of Different Salt Concentrations on the Yield and Pomological Properties in Strawberry

ABSTRACT

In recent years, there has been a significant effort to study and improve strawberries due to their nutritional benefits. This has resulted in increased production both our Country and World. However, this increase in production has led to the use of more fertilizers and improper irrigation practices, which have in turn resulted in the problem of salinity. Despite being a salt-sensitive species, there are variations in tolerance levels between different genotypes of strawberries. The aim of this study was to investigate the impact of various salt levels on the yield and quality of commercially cultivated Fortuna strawberries, specifically examining the '112' and '36' genotypes, which were identified as having positive attributes through previous hybridization breeding efforts. In the 2020-2021 growing season, the study was conducted through a pot experiment, which took place in the Spanish-type high tunnel located in the Horticulture Department of Çukurova University, as well as in the department's laboratory. The experiment involved applying four different salt concentrations (1 dS/m, 1.5 dS/m, 2 dS/m, and 2.5 dS/m) as well as a control (irrigation water with a salinity of 0.5 dS/m). According to the findings; 2.5 dS/m salt application reduced the yield by approximately 50% compared to Control and 1 dS/m salt applications. Overall, it was observed that increasing salt stress had a negative effect on fruit size in both genotypes, albeit to varying degrees. However, it was found that the decrease in fruit size was less pronounced in genotype '112'. The results showed that a salt concentration of 1 dS/m had a positive effect on both TSS and fruit firmness values, with slight stress stimulation observed. This concentration performed better than the control. High salt applications had a significant negative effect on the values of fruit outer color (L*, C, Hue0), whereas these values were not

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 05.10.2022

Kabul Tarihi: 27.12.2022

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Seyhan, Adana

*E-posta: sevpay@cu.edu.tr

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

affected by the low dose (1 dS/m) of salt. The study found that genotypes '112' and '36' were less impacted by the high salt treatments compared to the commercially grown Fortuna variety. Selected genotypes exhibited greater salt tolerance than the Fortuna cultivar, were considered a positive outcome for future breeding efforts

Keywords: Strawberry, Salt, Yield, Fruit Quality Criteria

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-2119-7300, 0000-0002-5180-1874, 0000-0001-5781-8581

Giriş

Çilek, adaptasyon yeteneğinin yüksek olması nedeniyle ekvatordan Sibirya'ya kadar olan bölgelerde yetişebilen, üzümü meyveler grubunda yer alan bir meyve türüdür. Bu kadar geniş coğrafik ve ekolojik koşullar altında yayılım gösterebilen çilek, bu özelliği yanında ıslah çalışmalarıyla her ekolojiye uygun çilek çeşitlerinin elde edilmesine de olanak sağlamaktadır. Ülkemizde 2022 yılında 728.112 ton çilek üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2022). Dünya'da dokuz milyon tona ulaşan çilek üretimi en fazla Çin, ABD, Meksika, Türkiye ve İspanya'da yapılmaktadır. Artan çilek üretimiyle birlikte, yetiştiriciliği sınırlandıran faktörler ortaya çıkmıştır. Bunlardan en önemlilerinden birisi tuzluluktur. Topraktaki tuzluluk sorununun ortadan kaldırılması güç ve masraflı olması nedeniyle, son yıllarda tuza tolerant bitki tür ve çeşitlerinin seçilmesi çok sayıda araştırmacının ilgi odağı olmuştur. Tuzluluğun sorun olduğu bölgelerde tuzluluk yavaş seyretse de kaçınılmaz olacağından, genetik olarak tolerant ve/veya dayanıklı bireylerin elde edilmesi en kalıcı çözüm olarak görülmektedir. Son yıllarda çileklerde tuzluluk konusunda bazı çalışmalar yapılmıştır. Aysen ve ark. (2015), San Andreas çilek çeşidinde farklı tuz konsantrasyonlarının ve mikroorganizma uygulamalarının meyve verim ve kalite kriterleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, mikroorganizma uygulamalarının incelenen her kalite kriteri açısından kontrole göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Garriga ve ark. (2015), ticari çilek çeşitlerinin tuza hassas olduklarını, bu stres koşulunda bitkilerin büyüme ve meyve verimlerinin olumsuz etkilendiklerini bildirmişlerdir. Avestan ve ark. (2019), çilekleri 0, 25, 50 mM NaCl'e maruz bıraktıkları çalışmalarında, çiçeklenmeden önce

0, 50, 100 mg L⁻¹ ve çiçeklenmeden sonra 0, 50 mg L⁻¹ nano-silikat dioksit uygulamışlardır. Nano-silikon dioksit uygulamasının, tuzluluk stresiyle ilgili anatomik ve biyokimyasal değişimlerin azalmasını sağladığı gösterilmiştir. Perin ve ark. (2019), kuraklık (DS) ve tuzluluk (SS) stresinin "Camarosa" çilek çeşidinde moleküler, fizyolojik ve metabolik süreçlere etkisini incelemişlerdir. Sonuçlara göre verim etkilenmemiştir. DS ve SS'nin çilek meyvelerinde, ABA mekanizmasına bağımlı olarak fonksiyonel kaliteyi arttırdığı gözlemlenmiştir. Servet ve ark. (2019), tuz stresi koşulunda yetiştirilen "Kabarla" çilek çeşidinde salisilik asidin özellikle 4 mM dozunun tuzluluğun bitki büyümesindeki olumsuz etkisini azalttığını, köklere daha çok kuru madde iletimini sağladığını rapor etmişlerdir. Yaghubi ve ark. (2019), potasyum silikat uygulamasının, çilek meyvelerinin titre edilebilir asit ve toplam kuru madde miktarını arttırdığını saptamışlardır. Haghshenas ve ark. (2020), stres koşullarında (NaCl 0, 7.5, 15, 30 ve 45 mM) yetiştirilen Selva çilek çeşidinde yapraktan putresin (0 ve 1.5 mM) ve salisilik asit (0 ve 1.5 mM) uygulamalarının tuz stresinin verim ve meyve kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Zahedi ve ark. (2020), tuz stresi altında yetiştirilen çileklere yapraktan melatonin uygulamasının, tuz stresini azaltmak için umut verici olduğuna dikkat çekmişlerdir. Avestan ve ark. (2021), farklı tuz konsantrasyonları (0, 25, 50 mM NaCl) altında yetiştirilen "Camarosa" çilek çeşidinde nanosilikon (0, 50, 100 mg L⁻¹ nSiO₂) uygulamalarının, tuzun çiçeklenme ve meyve tutumu üzerindeki olumsuz etkilerini baskılayabildiğini göstermişlerdir. Gollari ve ark. (2021), çileklerde gama-aminobütirik asit (GABA 0 ve 25 mM) uygulamaları ile tuzluluk (3 ve 5 dS m⁻¹) ilişkisini incelemeyi

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

amaçladıkları çalışmalarının sonucunda, GABA uygulamasının, çilek bitkilerinde fizyolojik koruma mekanizmalarını güçlendirdiğini, tuzlulukla ilişkili genlerin transkripsiyonunu arttırdığını bulmuşlardır. Lamnai ve ark. (2021), tuz stresindeki (0 ve 80 mM NaCl) çilek bitkilerine farklı dozlardaki salisilik asit uygulamalarından (0 mM, 0.25 mM ve 0.5 mM), 0.25 mM salisilik asit uygulamasının pratik temelli bir çözüm olabileceğini savunmuşlardır. Moradi ve ark. (2022), Paros çilek çeşidinde, MeJA ve silikon nanoparçacık uygulamalarının tuzluluğa karşı bitkilerde fizyolojik koruma mekanizmalarını güçlendirdiğini, yine tuzlulukla ilişkili genlerin transkripsiyonunu arttırdığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, farklı tuz konsantrasyonlarındaki sulama suyunun, uzun yıllar süren ıslah çalışmaları sonucunda seçilmiş melez çilek genotipleri ile ticari bir çilek çeşidinin verim ve kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2020-2021 çilek yetiştiricilik döneminde Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma alanı ve bölüm laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak, Fortuna çeşidi ile 36 ve 112 No'lu seçilmiş melez çilek genotipleri kullanılmıştır (Sarıdaş, 2018). Söz konusu bitkiler, Ekim ayının ikinci haftasında, İspanyol tipi yüksek tünelin altına yerleştirilen, 3.1 litre hacmindeki plastik saksılar dikilmiştir. Harç olarak 3:1 oranında torf ve perlit karışımı hazırlanmış ve saksı başına 2 kg olacak şekilde bu harçdan doldurulmuştur. Deneme bitkilerini kontrollü bir şekilde sulamak için Ekim ayının ilk haftasında, yetiştirme ortamından örnekler alınarak Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde tarla kapasitesini belirlemek üzere ölçümler yapılmıştır. Her sulamada bitkilere verilecek su miktarı yapılan hesaplamalara göre belirlenmiştir.

Tuz uygulamaları; 0.5 dS/m (Kontrol) - 1 dS/m -1.5 dS/m - 2 dS/m - 2.5dS/m olmak üzere 5 farklı konsantrasyonda saksı hacmine göre NaCl olarak ayarlanmış ve sulama suyuyla verilmiştir. Kontrol grubundaki bitkiler, normal

sulama suyu ile sulanmıştır. Tuz uygulamalarına ise Aralık ayının ilk haftasında başlanmıştır.

Deneme, 5 farklı dozda tuz uygulaması, 3 çilek genotipi, 3 tekerrür ve her tekerrürde 5 bitki olmak üzere 225 saksıda yürütülmüştür. Araştırma, “tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen” deneme desenine göre kurulmuştur. Sulama sıklığı sıcaklığa bağlı olarak aylara göre değişim göstermiştir. Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat aylarında, ayda 5 defa sulama yapılırken, Mart ayında 7, Nisan ayında 8, Mayıs ayında ise 9 defa sulama yapılmıştır.

Denemede, Sarıdaş (2018)'a göre; Bitki başına aylara göre ve toplam verim (g/bitki), Meyve ağırlığı (g/meyve), Meyve dış renk ölçümleri (L, hue° ve C*), Meyve et sertliği (lb/inch²), Suda çözünebilir toplam kuru madde miktarı (%), Titre edilebilir asit içeriği (%) incelenmiştir. Denemeden elde edilen bütün parametrelerin JMP 8.1.0. paket programında “Tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen” deneme desenine göre varyans analizine tabi tutularak istatistiksel analizleri yapılmıştır. Ortalamalar, LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmadan elde edilen bulgular aşağıda alt başlıklar halinde verilmiş ve tartışılmıştır.

Bitki başına aylara göre ve toplam verim: Bitki başına toplam verim değeri üzerine genotip, ay, doz ve söz konusu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Tuz uygulanmayan Kontrol grubunda bitki başına toplam verim değeri 85.1 g olup, bu değer ile 1 dS/m tuz konsantrasyonu uygulanan bitkilerden elde edilen 83.2 g'lık bitki başına verim değeri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Öte yandan benzer durum 1.5 dS/m tuz konsantrasyonu uygulanan bitkilerden elde edilen 64.8 g/bitki düzeyindeki verim değeri ile 2 dS/m tuz konsantrasyonu uygulanan bitkilerden hasat edilen 64.4 g/bitki düzeyindeki verim değeri arasında da saptanmıştır. Ancak 2.5 dS/m tuz konsantrasyonu uygulanan bitkilerden önemli düzeyde düşük bitki başına verim (44.7 g) alınmıştır. Bu sonuçlar bitki başına toplam verim açısından tuz konsantrasyonlarını

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

istatistiksel olarak 3 gruba ayırmıştır. Başka bir deyimle Kontrol ile 1 dS/m tuz konsantrasyonu birinci grupta, 1.5 dS/m ile 2 dS/m tuz konsantrasyonu ikinci ve birinci gruptan farklı istatistiksel grupta, 2.5 dS/m tuz konsantrasyonu ise üçüncü ve diğer iki gruptan da ayrı bir grupta yer almıştır. Bitki başına toplam verim bakımından istatistiksel olarak ayrılan bu üç grup arasında yaklaşık olarak 20'şer gramlık farklar olduğu dikkati çekmiştir. Başka bir deyimle bitkilerin Kontrol ile 1 dS/m tuz konsantrasyonuna maruz kalmaları verim bakımından önemli bir fark yaratmamış olup, bitkilerin tuza tolerantlık düzeyi hakkında fikir vermektedir. Öte yandan benzer durumun 1.5 dS/m ile 2 dS/m tuza maruz kalan bitkilerde de izlendiği dikkati çekmiştir. 2.5 dS/m tuz uygulamasının verimi Kontrol ve 1 dS/m tuz uygulamalarına göre yaklaşık %50 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Denemede farklı tuz uygulamalarının genotipler üzerine etkileri incelendiğinde; bitki başına en yüksek verim değerinin 78.8 g ile 112 No'lu genotipten alındığı, bunu bitki başına 9.6 g daha az ürün sağlayan ve bitki başına 69.2 g ürün veren 36 No'lu genotipin izlediği belirlenmiştir. Söz konusu bu iki genotip arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Denemede en az ürün, Fortuna çeşidinden 57.6 g/bitki olarak alınmıştır. Fortuna çeşidi diğer genotiplere oranla daha erkenci olmasına rağmen, toplam verim bakımından onlardan daha az ürün vermesinin en önemli sebebinin tuz konsantrasyonlarından çok etkilenmesi yani en hassas çeşit olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada yüksek dozda tuz uygulamasının çileklerde verimi azalttığı ancak bazı genotiplerde düşük dozda uygulanan tuz konsantrasyonlarının stres etkisi yaratarak verime pozitif anlamda yansıdığı, bu etkinin ise tamamen genotip özelliği olduğu, her genotipte aynı sonucu vermediği ortaya konulmuştur. 112 ve 36 No'lu genotiplerin tuza karşı Fortuna çeşidinden oldukça tolerant bulunmaları, söz konusu genotiplerin geleceğe yönelik ıslah çalışmalarında çok önemli birer genitör olabilecekleri fikrini uyandırmıştır.

Topraksız kültürde yetiştirilen Selva çilek çeşidine farklı dozlarda NaCl konsantrasyonları

uygulayan Haghshenas ve ark. (2020), tuz stresinde meyve veriminde %73.5 düzeyinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Zahedi ve ark. (2020), 0, 40 ve 80 mM NaCl altında yetiştirilen çileklerde tuz stresinin verimi olumsuz etkilediğini, Avestan ve ark. (2021), yine farklı tuz konsantrasyonlarının (25, 50 mM NaCl) "Camarosa" çilek çeşidinde çiçeklenme ve meyve tutumunu olumsuz yönde etkilediğini vurgulamışlardır. Lamnai ve ark. (2021), tuzlu su ile sulamanın, çileklerde büyüme parametrelerini, yaprak su potansiyelini, bağıl su içeriğini, stoma iletkenliğini ve fotokimyasal verimi olumsuz yönde etkilediğini göstermişlerdir. Roshdy ve ark. (2021), iki yıl süreyle, saksı denemeleri şeklinde "Camarosa" çeşidine tuz stresi (20, 40 mM NaCl) uygulamışlar ve verim değerinin 40 mM tuz koşulunda önemli düzeyde etkilendiğini bulmuşlardır. Sonuçlandırılan bu ve yapılan diğer çalışmalar, çileklerde tuz stresine bağlı olarak verimin değişik düzeylerde azaldığını kanıtlamıştır.

Meyve ağırlığı: Meyve ağırlığı değeri üzerine genotip, ay, doz ve bu faktörlerin ikili, üçlü interaksyonları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Tuz dozu arttıkça ortalama meyve ağırlık değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek meyve ağırlık değeri Kontrol grubunda 10.3 g olarak bulunmuştur. 1 dS/m ve 1.5 dS/m tuz uygulamalarına maruz bırakılan bitkilerden 9.6 g'lık meyveler hasat edilmiştir. Öte yandan en düşük değerlerin alındığı 2 dS/m (8.8 g) ve 2.5 dS/m tuz (8.9 g) uygulamaları arasındaki 0.1 g'lık fark da yine istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Genel olarak genotiplerde tuz stresi arttıkça meyve iriliğinin değişik düzeylerde azaldığı dikkati çekmiştir. Bu azalma en az 112 No'lu genotipte olmuştur. En yüksek meyve ağırlık değerine (12.8 g) tuz uygulanmayan Kontrol grubunda ve Mart ayında ulaşılmıştır. En düşük değer ise 4.8 g olarak 2.5 dS/m tuz uygulamasının Mayıs ayında hasat edilen meyvelerinde ölçülmüştür. Tuz uygulamasının meyve ağırlığı üzerine birikimli etkisinin olduğu, ilerleyen aylarda bitki bünyesinde artan tuz konsantrasyonunun besin elementlerinin alımını zorlaştırdığı ve meyvelerin küçük kalmasına neden olduğu

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

düşünülmektedir. Fortuna çeşidi meyve ağırlığı bakımından ilk uygulamanın yapıldığı Aralık ayındaki tuz konsantrasyonlarına karşı çok önemli bir tepki vermemiş, hatta tuz uygulamalarında kontrolden daha iri meyveler oluştururken, ilerleyen aylarda tuz stresinin birikimli etkisini, meyvelerini küçülterek önemli düzeyde göstermiştir. Keutgen ve ark. (2008), tuzluluğa duyarlılıkları farklı olan Çizelge 1. Denemede incelenen üç çilek

“Elsanta” ve “Korona” gibi iki çilek çeşidine, 40 ve 80 mmol NaCl uygulamasının etkilerini incelediği çalışmasında, ortalama meyve ağırlık değerlerinin azaldığını göstermiş olup, bulunan bu sonuç yapılan bu çalışmas ile paralellik göstermektedir.

genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının aylara göre ve bitki başına toplam verim değerleri (g/bitki)

Genotipler	Dozlar EC	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Toplam verim	Genotip x Doz
36	Kontrol 0.5 dS/m	0	4.4 a1-e1	9.8 o-d1	25.8 a-f	16.0 g-s	21.9 a-j	69.2 AB	77.9 ABC
	1 dS/m	0	4.0 b1-e1	18.4 d-o	29.1 ab	17.0 f-r	29.9 a		98.4 A
	1.5 dS/m	0	5.5 x-e1	14.8 h-w	17.4 f-q	15.6 h-t	15.3 h-v		68.6 B-E
	2 dS/m	0	4.6 z-e1	19.1 c-n	16.8 g-r	4.7 z-e1	15.3 h-u		60.5 C-F
	2.5 dS/m	0	6.3 v-e1	5.5 e-e1	20.9 b-k	4.4 a1-e1	2.8 c1-e1		39.9 FG
112	Kontrol 0.5 dS/m	0	6.9 t-e1	29.0 ab	26.7 a-e	8.7 q-e1	22.5 a-ı	78.8 A	93.8 AB
	1 dS/m	0	14.0 ı-x	27.9 abc	7.3 s-e1	13.0 j-al	14.5 ı-x		76.7 A-D
	1.5 dS/m	0	11.8 l-cl	23.7 a-h	9.4 p-d1	11.1 m-d1	20.6 b-1		76.6 A-D
	2 dS/m	0	13.4 j-z	27.1 a-d	15.2 h-w	12.6 k-bl	14.4 ı-x		82.7 ABC
	2.5 dS/m	0	10.8 m-d1	25.0 a-g	9.4 o-d1	6.2 w-e1	12.0 l-b1		64.4 C-F
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	9.9 o-d1	12.7 k-bl	22.7 a-ı	13.9 ı-x	19.5 c-m	4.5 z-e1	57.6 B	83.2 ABC
	1 dS/m	10.2 n-d1	13.7 j-z	18.3 d-p	9.4 o-d1	18.0 e-p	5.6 x-e1		75.2 A-E
	1.5 dS/m	6.7 t-e1	16.7 g-r	13.4 j-z	4.8 y-e1	2.5 dl-e1	4.6 z-e1		46.7 G
	2 dS/m	6.6 u-e1	11.7 l-cl	14.2 ı-x	8.9 q-e1	8.0 r-e1	-		49.4 D-G
	2.5 dS/m	6.8 t-e1	14.2 ı-x	6.5 u-e1	2.7 dl-e1	-	-		30.2 G
Ay Ort.		2.6 D	10.1 C	18.4 A	14.5 B	10.5 C	12.3BC		
Dozlar		Kontrol 0.5 dS/m	1 dS/m	1.5 dS/m	2 dS/m	2.5 dS/m			
Doz Ort.		85.1 A	83.2 A	64.8 B	64.4 B	44.7 C			
Genotip**	Doz**	Ay*	Genotipxdoz*		Genotipxay***		Dozay**	Genotipxayxdoz*	

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. ***:p<0.001; **:p<0.01; *:p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 2. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının aylara göre ve ortalama meyve ağırlık değerleri (g/meyve)

Genotip ler	Dozlar EC	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip ort.	Genotip x Doz
36	Kontrol 0.5 dS/m	0	5.2 f1-1l	12.1 f-k	11.9 f-l	9.0 q-b1	13.0 d-h	7.4 b	10.8 BC
	1 dS/m	0	4.0 h1-1l	7.1 y-fl	11.3 g-p	11.3 g-p	14.7 cde		10.0 BCD
	1.5 dS/m	0	7.9 u-e1	8.4 s-cl	9.5 m-y	12.3 e-j	10.3 j-t		9.7 CDE
	2 dS/m	0	7.5 x-fl	7.2 y-fl	9.3 n-z	8.1t-d1	9.5 m-y		8.5 EF
	2.5 dS/m	0	5.5 e1-h1	6.2 c1-h1	9.3 m-y	8.5 r-c1	2.8 1l		6.8 G
112	Kontrol 0.5 dS/m	0	11.5 g-o	11.4 g-o	14.9 cd	13.3 d-g	10.9 h-r	9.3 a	12.1 AC
	1 dS/m	0	11.5 g-o	11.6 f-n	9.2 p-a1	11.5 g-o	10.4 ı-t		11.0 AB
	1.5 dS/m	0	9.3 n-z	10.7 h-s	8.7 r-c1	14.0 def	11.1g-q		10.7 BC
	2 dS/m	0	11.0 g-q	10.4 ı-t	12.8 d-ı	10.7 h-s	6.6 b1-gl		9.9 BCD
	2.5 dS/m	0	10.1 j-u	10.1 j-u	13.1 d-h	12.1 f-k	11.8 f-m		10.9 ABC
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	16.5 c	5.9 e1-h1	9.6 j-w	11.6 f-n	7.0 z-f1	3.0 1l	8.9 a	8.0 FG
	1 dS/m	21.1 b	6.7 a1-gl	7.9 u-e1	11.6 f-n	6.7 a1-gl	4.4 g1-1l		7.9 FG
	1.5 dS/m	25.2 a	7.2 y-fl	8.1 t-d1	10.3 j-u	4.5 g1-1l	10.1 j-w		8.5 EF
	2 dS/m	16.8 c	7.2 y-fl	7.0 z-fl	9.6 l-x	6.4 b1-gl	-		8.0 FG
	2.5 dS/m	20.0 b	8.5 s-cl	6.7 a1-gl	6.7 a1-gl	-	-		9.0 DEF
Ay Ort.		6.6 D	8.0 C	9.0 B	10.7 A	9.1 B	7.9 C		
Dozlar		Kontrol 0.5 dS/m	1 dS/m	1.5 dS/m	2 dS/m	2.5 dS/m			
Doz Ort.		10.3 A	9.6 AB	9.6 AB	8.8 C	8.9 BC			
Genotip*** Doz*** Ay*** Genotipxdoz*** Genotipxay*** Dozaxay*** Genotipxayxdoz***									

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.
(2): Ö.D.: Önemli Değil. ***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Meyve Et Sertliği: Çizelge 3'den genotip, ay, doz, genotip x doz arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu, doz x ay, genotip x ay ve genotip x doz x ay etkileşimleri arasındaki farkların ise önemsiz oldukları görülmektedir. Meyve et sertliği bakımından en yüksek değer 1.3 lb/inch² olup, Nisan ayında hasat edilen meyvelerde ölçülmüştür. Söz konusu değeri 0.2 lb/inch²'lik gibi önemsiz bir farkla Mart ayı meyveleri (1.1 lb/inch²) izlemiştir. En yumuşak meyveler Mayıs ayında (0.8 lb/inch²) elde edilmiştir. Fortuna çeşidi ile 112 No'lu genotipin meyvelerinde sertlik değerleri birbirlerine yakın bulunurken, en yumuşak meyveler 0.8 lb/inch² olarak 36 No'lu genotipte ölçülmüştür. Bu sonuçlar, çilek çeşitlerinde meyve et sertliği bakımından önemli farklılıklar gözlemleyen Pelayo-Zaldívar ve ark. (2005)'nin çalışmalarıyla benzerlik göstermiştir. Öte yandan kısmen düşük dozlarda yapılan tuz uygulamalarının meyve et sertliğini olumlu yönde etkilediği de dikkati çekmiştir. 1 dS/m tuz uygulaması; 112 No'lu genotipte 1.8 lb/inch², Fortuna çeşidinde 1.7 lb/inch² meyve et sertliğine sahip meyvelerin oluşmasına neden olmuştur. Bu açıdan en düşük değerler ise 2 dS/m ve 2.5 dS/m tuz dozlarından elde edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, meyve et sertliğindeki değişimin, çeşide ve hasat öncesi dönemdeki çevresel faktörlere bağlı olduğu bildirilmiştir (Kader, 1991).

Titre Edilebilir Asit Miktarı: Meyvelerin titre edilebilir asit değerleri Çizelge 4'de verilmiş olup, çalışmada incelenen bütün faktörler ile bu faktörlerin ikili (Genotipxay hariç), üçlü etkileşimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel olarak, meyvelerin titre edilebilir asit miktarları, belirli bir doza kadar önemli düzeyde değişmezken, 2 dS/m ve 2.5 dS/m gibi yüksek tuz dozlarında bir miktar azalma göstermişlerdir. Aysen ve ark. (2015), San Andreas çilek çeşidine farklı dozlarda tuz uygulamaları yapmış (0, 30 ve 60 mM/L NaCl) ve tuz dozlarının artmasıyla birlikte meyvelerin asitlik düzeylerinde bir azalış eğilimi olduğunu rapor etmiştir. Veriler bu çalışma sonuçları ile de paralellik göstermiştir. Ancak 36 No'lu genotip, 2 dS/m tuz uygulamasında en yüksek titre edilebilir asit içeriğine (%1.10) sahip meyveler üretirken, bu

açıdan en düşük değer %0.54 olarak Fortuna çeşidininin 2 dS/m konsantrasyonundan elde edilmiştir. Başka bir deyimle genotiplerin titre edilebilir asit içeriği bakımından tuz uygulamalarına tepkileri farklı olmuştur.

Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde Miktarı: Meyvelerdeki tat olgusunu suda çözünebilir toplam kuru madde miktarı (SÇKM) belirlemekte olup, tüm meyvelerde büyük öneme sahiptir. Meyvelerin aylara göre ve ortalama SÇKM değerleri Çizelge 5'de verilmiş olup, deneme kapsamında incelenen faktörlerden ay faktörü hariç bütün faktörler ile ikili ve üçlü interaksyonlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Genotipler arasından en yüksek SÇKM değeri (%8.6) 36 No'lu genotipde gözlemlenirken, bu değeri %8.3 ile 112 No'lu genotip takip etmiştir. En düşük değer ise Fortuna çeşidinden elde edilmiştir. Dozlar arasından en yüksek SÇKM değeri %8.0 ile 1 dS/m tuz uygulamasında, en düşük değer %5.1 olarak 2.5 dS/m tuz uygulanmasında saptanmıştır. Yapılan çalışmada yüksek dozda uygulanan tuzun SÇKM değerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. İncelenen bu parametrede belirli dozlara kadar tuz uygulamalarının Kontrol uygulamasını geçerek pozitif etki yarattığı dikkati çekmiştir. Çileklerde kabul edilebilir bir lezzet için SÇKM değerinin en az %7 olması gerektiği vurgulanmıştır (Mitcham ve ark., 1996). Galletta ve ark. (1995), çeşide bağlı olarak SÇKM değerlerinin %7 - %12 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Aysen ve ark. (2015), San Andreas çilek çeşidine farklı dozlarda yaptığı tuz uygulamalarından (0, 30 ve 60 mM/L NaCl) elde ettiği meyvelerde en yüksek SÇKM değerlerine Kontrol uygulamasında ulaşmıştır. 60 mM tuz konsantrasyonundaki meyvelerin SÇKM değeri, 30 mM tuz uygulananlara göre daha düşük bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada en yüksek SÇKM değerlerine 1 dS/m ve 1.5 dS/m konsantrasyonlarında ulaşılmasının nedeninin farklı çeşitlerle çalışılması ile genotiplerin tuza duyarlılıklarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Meyve Dış Renk Parlaklık Değeri: Meyvelerin aylara göre dış renk parlaklık değerleri Çizelge 6'da verilmiş olup, denemede

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

incelenen faktörler ile bunların ikili ve üçlü etkileşimleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. L^* değeri en yüksek meyveler Nisan (38.3) ve Mart (37.5) aylarında elde edilirken, en düşük L^* değerli meyveler Mayıs ayında (34.0) hasat edilmiştir. Tuz uygulamasına maruz kalma süresinin en fazla olduğu Mayıs ayında çilek meyvesinin renk parlaklık seviyesinin düştüğü görülmüştür. 36 No'lu genotipin en yüksek L^* değerine (41.4) sahip meyvelerini, 112 No'lu genotip (39.6) izlemiştir. Bu açıdan en düşük değer ise (28.7), Fortuna çeşidinde saptanmıştır. En yüksek L^* değerleri 41.2 ile 1.5 dS/m tuz uygulamasında, 40.3 ile 1 dS/m tuz uygulamasında ve 39.8 ile Kontrol grubundaki meyvelerde belirlenirken, aradaki farkın önemsiz olduğu saptanmıştır. En düşük değer (26.8), 2.5 dS/m tuz uygulanan meyvelerde tespit edilmiştir. Tuz miktarının belirli bir seviyeye kadar meyve rengindeki parlaklık değeri üzerine olumsuz bir etki yapmadığı, yüksek dozda tuz uygulamasının meyve rengindeki parlaklığı düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Adak ve ark. (2016), modern seralarda topraksız ve geleneksel çilek yetiştiriciliği sistemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, meyve dış renk parlaklık (L^*) değeri üzerine ayların etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu saptamışlar ve bu sonuçlar çalışmanın verileri ile benzer bulunmuştur.

Meyve Dış Renk Açık Değeri: Deneme kapsamında incelenen meyvelerde dış renk açık değerleri üzerine bütün faktörler ile bunların ikili, üçlü etkileşimleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 7). Denemede h^0 değeri en yüksek meyveler 32.7 olarak Nisan ayında elde edilirken, ikinci en yüksek değere 30.8 ile Mart ayında ulaşılmıştır. En düşük değer ise Mayıs ayında 28.2 olarak belirlenmiştir. Adak ve ark. (2016), çilek meyvelerinin h^0 değerleri üzerine ayların etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu, en düşük h^0 değerlerini tüm uygulamalarda genel olarak sezon sonunda kaydettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da en düşük değer sezon sonu olan Mayıs ayında elde edilmiştir. En koyu renkli meyveleri 36 No'lu genotip verirken, en açık renkli meyveler

Fortuna çeşidinden elde edilmiştir. Dozlar arasında en yüksek h^0 değeri 1.5 dS/m tuz uygulaması (35.3) ile Kontrol ve 1 dS/m tuz uygulamalarında (33.8) bulunmuştur. En düşük değer olan 21.3 ise 2.5 dS/m tuz uygulanmasında saptanmıştır. Yüksek dozda tuz uygulamalarının çilek meyvelerinin rengini olumsuz yönde etkilediği dikkati çekmiştir.

Meyve Dış Renk Yoğunluk Değeri: Deneme kapsamında incelenen faktörlerden ay dışındakiler ile bunların ikili ve üçlü etkileşimlerinin meyve dış renk yoğunluk değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 8). En yüksek meyve dış renk yoğunluğu 40.7 değeriyle 112 No'lu genotip ile 39.3 değeriyle 36 No'lu genotipde gözlemlenmiştir. Bu açıdan en düşük değer (30.2), Fortuna çeşidinde saptanmıştır. Dozlar bakımından en yüksek meyve dış renk yoğunluk değerleri, Kontrol (41.7) ve 1 dS/m tuz (41.5) uygulamalarında gözlemlenirken, en düşük değer (26.6) 2.5 dS/m tuz uygulamasında saptanmıştır. Tuz uygulamasına belirli bir seviyeye kadar olumsuz tepki vermeyen çilek meyveleri, uygulanan tuz konsantrasyonlarının miktarı artıkça meyve dış renk yoğunluk değerinde azalma göstermişlerdir. En yüksek meyve dış renk yoğunluk değerleri Fortuna çeşidinin Kontrol (43.4) ve 112 No'lu genotipin Kontrol (42.3) uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer (28.7) Fortuna çeşidinin 2 dS/m tuz konsantrasyonundan elde edilmiştir. İncelenen parametrede genotip etkisinin daha baskın olduğu düşünülmektedir. Genetik yapının meyvelerin dış renk C değerleri üzerine önemli etki yaptığı pekçok çalışmada gösterilmiştir (Mısır, 2016; Kandemir, 2016).

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 3. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının aylara göre ve ortalama meyve et sertlik değerleri (lb/inch²)

Genotipler	Dozlar EC	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip x Doz	Genotip Ort.
36	Kontrol 0.5 dS/m	0.9	0.7	0.5	0.7 C	0.8 B
	1 dS/m	1.0	0.9	0.7	0.9 BC	
	1.5 dS/m	0.9	1.0	0.8	0.9 BC	
	2 dS/m	0.9	0.8	0.7	0.8 C	
	2.5 dS/m	1.0	1.1	0.7	0.9 BC	
Genotip x Ay		<u>0.9</u>	<u>0.9</u>	<u>0.7</u>		
112	Kontrol 0.5 dS/m	1.2	1.0	0.7	1.0 BC	1.1 AB
	1 dS/m	1.1	3.4	0.8	1.8 A	
	1.5 dS/m	1.3	0.9	0.8	1.0 BC	
	2 dS/m	1.1	0.8	0.7	0.8 C	
	2.5 dS/m	0.9	0.7	0.7	0.8 C	
Genotip x Ay		<u>1.1</u>	<u>1.4</u>	<u>0.7</u>		
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	1.6	1.5	1.3	1.5 AB	1.2 A
	1 dS/m	1.5	1.9	1.8	1.7 A	
	1.5 dS/m	1.8	2.5	1.4	1.9 A	
	2 dS/m	1.7	1.6	-	1.1 BC	
	2.5 dS/m	-	-	-	-	
Genotip x Ay		<u>1.3</u>	<u>1.5</u>	<u>0.9</u>		
Ay Ort.		1.1 A	1.3 A	0.8 B		
Dozlar		Kontrol 0.5 dS/m	1 dS/m	1.5 dS/m	2 dS/m	2.5 dS/m
Doz Ort.		1.0 BC	1.5 A	1.3 AB	0.9 CD	0.6 D
Genotip*** Ay*** Doz*** Genotipxdoz** Genotipxayxuyg:Ö.D Dozay: Ö.D Genotipxay:Ö.D						

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. (2): Ö.D.: Önemli Değil.. ***:p<0.001; **:p<0.01; * :p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 4. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının meyvelerinde aylara göre ve ortalama titre edilebilir asit içerikleri (%)

Genotipler	Dozlar EC	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip x Doz	Genotip Ort.
36	Kontrol 0.5 dS/m	0.90 f-l	0.93 f-j	1.13 bcd	0.99 ABC	0.9 A
	1 dS/m	1.0 c-g	0.96 e-1	0.96 e-1	0.98 ABC	
	1.5 dS/m	0.77 j-q	0.88 g-o	1.09 b-f	0.91 B-E	
	2 dS/m	0.90 g-m	0.99 c-h	1.15 bc	1.1 A	
	2.5 dS/m	0.70 pq	0.72 opq	0.65 q	0.69 G	
Genotip x Ay		0.85	0.89	0.99		
112	Kontrol 0.5 dS/m	0.80 i-q	0.97 d-h	1.23 b	1.0 AB	1.0 A
	1 dS/m	0.89 g-m	1.03 c-g	1.09 b-e	0.97 ABC	
	1.5 dS/m	0.78 j-q	1.07 c-g	1.12 b-e	0.97 ABC	
	2 dS/m	0.74 l-q	0.80 i-q	0.91 f-k	0.82 EF	
	2.5 dS/m	0.68 pq	0.72 n-q	0.97 d-h	0.79 F	
Genotip x Ay		0.78	0.90	1.07		
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	0.88 g-n	0.77 j-q	0.96 e-1	0.87 DEF	0.6 B
	1 dS/m	0.82 h-p	0.76 k-q	1.1 b-e	0.90 CDE	
	1.5 dS/m	0.73 m-q	0.67 pq	1.41 a	0.94 A-D	
	2 dS/m	0.70 pq	0.93 f-j	-	0.54 H	
	2.5 dS/m	-	-	-	-	
Genotip x Ay		0.62	0.62	0.69		
Ay Ort.		0.7 C	0.8 B	0.9 A		
Dozlar		Kontrol 0.5 dS/m	1 dS/m	1.5 dS/m	2 dS/m	2.5 dS/m
Doz Ort.		0.9 A	1.0 A	0.9 A	0.7 B	0.4 C
Genotip*** Ay*** Doz*** Genotipxdoz*** Genotipxayxdoz*** Genotipxay:Ö.D Ayxdoz***						

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. (2): Ö.D.: Önemli Değil. ***:p<0.001; **:p<0.01; *:p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 5. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının meyvelerde aylara göre ve ortalama suda çözünebilir toplam kuru madde değerleri (%)

Genotipler	Dozlar EC	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip x Doz	Genotip Ort.
36	Kontrol 0.5 dS/m	8.1 h ₁	8.5 f ₋₁	8.0 ij	8.2 D	8.6 A
	1 dS/m	9.8 bc	9.5 bcd	10.0 b	9.7 A	
	1.5 dS/m	7.h jk	8.5 f ₋₁	11.1 a	9.0 B	
	2 dS/m	8.0 ij	8.6 fgh	9.5 bcd	8.7 C	
	2.5 dS/m	8.1 h ₁	8.5 f ₋₁	6.0 no	7.5 E	
Genotip x Ay		<u>8.3 CD</u>	<u>8.7 AB</u>	<u>8.9 A</u>		
112	Kontrol 0.5 dS/m	8.5 f ₋₁	8.3 gh ₁	8.6 fgh	8.5 CD	8.3 B
	1 dS/m	8.6 fgh	7.3 kl	9.3 cde	8.4 CD	
	1.5 dS/m	9.0 efg	8.1 h ₁	8.8 efg	8.6 C	
	2 dS/m	8.5 f ₋₁	9.5 bcd	7.1 kl	8.4 CD	
	2.5 dS/m	7.0 klm	7.5 jk	8.8 efg	7.8 E	
Genotip x Ay		<u>8.3 CD</u>	<u>8.1 D</u>	<u>8.5 BC</u>		
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	6.1 n	6.1 n	6.8 klm	6.3 F	4.3 C
	1 dS/m	5.5 op	5.1 p	7.0 klm	5.8 G	
	1.5 dS/m	6.0 no	5.3 p	6.0 no	5.7 G	
	2 dS/m	5.1 p	6.5 mn	-	3.8 H	
	2.5 dS/m	-	-	-	-	
Genotip x Ay		<u>4.5 E</u>	<u>4.6 E</u>	<u>3.9 F</u>		
Ay Ort.		7.0	7.2	7.1		
Dozlar		Kontrol	1	1.5	2	2.5
Doz Ort.		0.5 dS/m	dS/m	dS/m	dS/m	dS/m
		7.7 B	8.0 A	7.8 B	7.0 C	5.1 D
Genotip***		Ay: Ö.D	Doz***	Genotipxdoz***	Dozay***	
		Genotipxayxuyg***		Genotipxay***		

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. (2):Ö.D.:Önemli Değil. ***:p<0.001; **:p<0.01; *:p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 6. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının aylara göre ve ortalama meyve dış renk parlaklık (L*) değerleri

Genotipler	Dozlar EC	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip x Doz	Genotip Ort.
36	Kontrol 0.5 dS/m	42.9 a-f	41.7 a-1	38.6 d-l	41.1 ABC	41.4 A
	1 dS/m	41.6 a-1	43.6 a-d	35.3 klm	40.2 ABC	
	1.5 dS/m	42.5 a-g	44.7 a	41.0 a-1	42.7 A	
	2 dS/m	41.7 a-1	44.4 ab	38.2 e-m	41.4 AB	
	2.5 dS/m	43.6 a-d	40.2 a-k	40.8 a-j	41.5 AB	
Genotip x Ay		<u>42.4 AB</u>	<u>42.9 A</u>	<u>38.8 C</u>		
112	Kontrol 0.5 dS/m	40.7 a-j	39.4 b-1	39.9 a-k	40.0 ABC	39.6 B
	1 dS/m	38.6 d-l	41.5 a-1	41.0 a-1	40.2 ABC	
	1.5 dS/m	42.9 a-f	44.1 abc	41.6 a-1	42.8 A	
	2 dS/m	36.6 i-m	33.0 m		36.1 D	
	2.5 dS/m	34.6 lm	43.1 a-e	39.0 c-l	38.9 BCD	
Genotip x Ay		<u>38.6 C</u>	<u>40.1 BC</u>	<u>40.0 C</u>		
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	37.7 f-m	37.3 g-m	39.7 a-l	38.2 CD	28.7 C
	1 dS/m	42.1 a-h	41.7 a-1	37.6 f-m	40.5 ABC	
	1.5 dS/m	39.7 a-l	35.6 j-m	38.8 c-l	38.0 CD	
	2 dS/m	36.8 h-m	43.9 a-d	-	26.9 E	
	2.5 dS/m	-	-	-	-	
Genotip x Ay		<u>31.3 D</u>	<u>31.7 D</u>	<u>23.2 E</u>		
Ay Ort.		37.5 A	38.3 A	34.0 B		
Dozlar		Kontrol	1	1.5	2	2.5
Doz Ort.		0.5 dS/m	dS/m	dS/m	dS/m	dS/m
		39.8 A	40.3 A	41.2 A	34.8 B	26.8 C
Genotip*** Ay*** Doz***		Genotipxdoz***		Genotipxayxdoz***		Genotipxay***
		Doz***				

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. (2): Ö.D.: Önemli Değil. ***:p<0.001; **:p<0.01; *:p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 7. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının aylara göre ve ortalama meyve dış renk açısı (Hue⁰) değerleri

Genotipler	Dozlar EC	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip x Doz	Genotip Ort.
36	Kontrol 0.5 dS/m	34.3 d-k	35.4 c-1	33.0 f-m	34.2 BCD	33.7 A
	1 dS/m	32.f f-m	32.1 h-m	29.3 k-n	31.2 EFG	
	1.5 dS/m	35.3 c-1	40.1 a-d	32.2 g-m	35.9 ABC	
	2 dS/m	34.6 d-j	39.0 a-d	28.8 mn	34.1 BCD	
	2.5 dS/m	33.7 e-m	31.3 ı-m	34.2 d-k	33.1C-F	
Genotip x Ay		34.1 AB	35.6 A	31.5 C		
112	Kontrol 0.5 dS/m	33.9 e-l	31.1 ı-m	31.6 ı-m	32.2 DEF	31.5 B
	1 dS/m	30.8 ı-m	31.5 ı-m	34.0 e-l	32.1 DEF	
	1.5 dS/m	31.4 ı-m	37.1 b-g	33.5 e-m	34.0 B-E	
	2 dS/m	38.8 mn	25.1 n	31.8 ı-m	28.6 G	
	2.5 dS/m	31.9 ı-m	30.1 j-n	30.5 ı-m	30.8 FG	
Genotip x Ay		31.3 C	31.0 C	32.3 BC		
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	32.1 ı-m	34.8 d-j	38.4 a-e	35.1 BV	26.5 C
	1 dS/m	34.9 d-j	42.5 a	37.2 b-f	38.24 A	
	1.5 dS/m	37.1 b-h	41.8 ab	29.1 lmn	36.0 AB	
	2 dS/m	30.9 ı-m	39.1 a-d	-	23.3 H	
	2.5 dS/m	-	-	-	-	
Genotip x Ay		27.0 D	31.6 C	20.9 E		
Ay Ort.		30.8 B	32.7 A	28.2 C		
Dozlar		Kontrol 0.5 dS/m	1 dS/m	1.5 dS/m	2 dS/m	2.5 dS/m
Doz Ort.		33.8 A	33.8 A	35.3 A	28.7 B	21.3 C
Genotip***		Ay***	Doz***	Geotipxdoz**	Genotipxayxdoz***	
		Genotipxay***		Dozxay**		

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. (2): Ö.D.: Önemli Değil. ***:p<0.001; **:p<0.01; *: p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Çizelge 8. Denemede incelenen üç çilek genotipine farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamalarının aylara göre ve ortalama meyve dış renk yoğunluk (C) değerleri

Genotipler	Dozlar EC	Mart	Nisan	Mayıs	Genotip x Doz	Genotip Ort.
36	Kontrol 0.5 dS/m	44.0 a-e	34.7 klm	39.7 c-k	39.5 B-E	39.8 A
	1 dS/m	42.0 b-h	39.8 c-k	40.1 c-k	40.6 ABC	
	1.5 dS/m	41.0 c-1	38.0 f-m	42.7 b-g	40.6 A-D	
	2 dS/m	41.7 b-h	36.7 h-m	41.4 c-1	39.9 B-E	
	2.5 dS/m	38.8 e-m	34.0 lm	42.7 b-g	38.5 CDE	
Genotip x Ay		<u>41.5 AB</u>	<u>36.6 D</u>	<u>41.3 AB</u>		
112	Kontrol 0.5 dS/m	41.9 b-h	40.9 c-1	44.0 a-e	42.3 AB	40.7 A
	1 dS/m	40.5 c-j	41.7 c-h	42.6 b-g	41.6 ABC	
	1.5 dS/m	33.8 lm	44.3 a-e	45.a abc	41.0 ABC	
	2 dS/m	36.0 ı-m	33.5 m	42.6 b-g	37.4 DE	
	2.5 dS/m	40.9 c-1	40.6 c-j	42.6 b-g	41.4 ABC	
Genotip x Ay		<u>38.6 CD</u>	<u>40.2 BC</u>	<u>43.4 A</u>		
Fortuna	Kontrol 0.5 dS/m	42.5 b-g	40.4 c-j	47.2 ab	43.4 A	30.2 B
	1 dS/m	44.4 a-d	42.8 b-f	39.2 d-1	42.1 AB	
	1.5 dS/m	38.3 f-m	35.1 j-m	37.2 g-m	36.9 E	
	2 dS/m	37.4 f-m	48.9 a	-	28.7 F	
	2.5 dS/m	-	-	-	-	
Genotip x Ay		<u>32.5 E</u>	<u>33.4 E</u>	<u>24.7 F</u>		
Ay Ort.		37.5	36.8	36.5		
Dozlar		Kontrol	1	1.5	2	2.5
		0.5 dS/m	dS/m	dS/m	dS/m	dS/m
Doz Ort.		41.7 A	41.5 A	39.5 B	35.4 C	26.6 D
Genotip*** Ay:Ö.D. Doz** Genotipxdoz*** Genotipxaydoz*** Genotipxay*** Ayxdoz***						

(1):Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.(2): Ö.D.:Önemli Değil. ***:p<0.001; **:p<0.01; * :p<0.05

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Sonuçlar ve Öneriler

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre; yapılan tuz uygulamaları verimi olumsuz yönde etkilemiştir. Yoğun tuz birikiminin toprakta bulunan besin elementlerinin bitkiye taşınmasını azalttığı, uzun süre tuzlu toprağa maruz kalan bitkilerin canlı kalma oranlarının düştüğü saptanmıştır. Verim ile meyve ağırlığı da tuz uygulamalarından olumsuz yönde etkilenmiştir. SÇKM ve meyve et sertlik değerleri üzerine 1 dS/m tuz konsantrasyonunun biraz daha iyi sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır. Meyve suyundaki titre edilebilir asit miktarı bakımından; Kontrol ve 1 dS/m tuz konsantrasyonu arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bu sonuç fizyolojik olarak; abiyotik bir stres türü olan tuzun, minimum düzeyde uygulanması halinde uyarıcı görevi yaparak tat gibi çileklerde önemli bir parametreyi olumlu yönde harekete geçirebildiği şeklinde açıklanabilir.

Meyve dış renginde; L*, C, Hue0 değerleri belirlenmiş olup, sadece yüksek tuz uygulamalarında (2 dS/m ve 2.5 dS/m) belirgin etkilenmeler görülmüş, renk parlaklığı ve yoğunluğu gibi parametrelerin düşük dozda tuzdan etkilenmediği sonucu ortaya çıkmıştır. Sonuçlandırılan bu çalışmada en önemli kriterlerden birisi olan bitki başına verim değerlerinin Kontrol ve 1 dS/m tuz konsantrasyonunda en yüksek düzeye ulaşması, daha yüksek tuz konsantrasyonlarında ise verimin azalması, hatta bazı bitkilerin ölmesi, tuz stresinin yetiştiricilikteki önemini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bitki başına verim değerlerinin genel olarak düşük olmasının; saksı denemesi olarak yürütülen bu çalışmada çilek köklerinin gelişiminin saksılarda kısıtlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Genel olarak yapılan tuz uygulamalarından 112 ve 36 No'lu genotiplerin ticari bir çeşit olan Fortuna'ya göre daha az etkilendikleri tespit edilmiştir.

Bu sonuç patentli bir çeşidin her açıdan mükemmel olmadığını gösterirken, seçilmiş genotiplerin tuza tolerans ıslahında önemli birer genitör olabileceklerini ortaya koymuştur.

Genel olarak çalışma incelendiğinde; yüksek dozda tuz uygulamalarının verim ve kalite üzerine olumsuz etkileri görülmüştür. Bu çalışmayla beraber literatürdeki güncel çalışmalar takip edilmeli ve tuzluluğun dikkat çeken bir konu haline gelmesi sağlanmalıdır. Yetiştiricilik öncesi yapılacak analizlerle ve yetiştiricilik süresi boyunca yüksek farkındalık seviyesine sahip olunursa yani kontrolsüz gübreleme ve sulamadan kaçınılırsa tuzluluk problemi belirli oranlarda kontrol altına alınabilir. Topraklar fazla tuzdan arındırılarak ve doğru yetiştiricilik teknikleri ile bu sorunlar minimize edilebilir. Tuz stresinin çilek bitkisinde meyve verim ve kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışma, gelecekte yapılacak çalışmalara kaynak oluşturması açısından önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Adak, N., Tetik, N., Güneş, E., Balkıç, R., Gübbük, H., Kulcan, A. A., 2016. Değişik yetiştirme sistemlerinin çilek (*Fragaria × ananassa* Duch.) meyvelerinin bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 29(2): 33-38.
- Avestan, S., Ghasemnezhad, M., Esfahani, M., & Byrt, C. S. 2019. Application of nano-silicon dioxide improves salt stress tolerance in strawberry plants. *Agronomy*, 9(5), 246.
- Avestan, S., Ghasemnezhad, M., Esfahani, M., & Barker, A. V. 2021. Effects of nanosilico on leaf anatomy, chlorophyll fluorescence, and mineral element composition of strawberry under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 44(20), 3005-3019.
- Aysen, K., O, Ç., Balcı, G., Ertürk, Y., Keles, H., Bakoğlu, N. 2015. San Andreas Çilek Çeşidinde Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Mikroorganizma Uygulamalarının Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 8 (2): 47-51.

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

- Haghshenas, M., Nazarideljou, M.J. and Shokoohian, A. 2020. Phytochemical and Quality Attributes of Strawberry Fruit under Osmotic Stress of Nutrient Solution and Foliar Application of Putrescine and Salicylic Acid. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. Vol. 7, No. 3;263- 278.
- Galletta, G. J., Maas J. L., Enns J. M., Draper A. D., and Swartz H. J.. 1995. 'Mohawk' strawberry. *Hortic. Sci.* 30:631–634.
- Garriga, M., Muñoz, C. A., Caligari, P. D., Retamales, J. B. 2015. Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria x ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae*, 195, 37-47.
- Golnari, S., Vafae, Y., Nazari, F., & Ghaderi, N. 2021. Gamma-aminobutyric acid (GABA) and salinity impacts antioxidative response and expression of stress-related genes in strawberry cv. Aromas. *Brazilian Journal of Botany*, 44(3), 639-651.
- Kader, A.A., 1991. Quality and its maintenance in relation to the post harvest physiology of strawberry. In Luby J.J. and Dale, A. (Eds). *The Strawberry into the 21st Century*, 145-152, Portland, Oregon.
- Kandemir, A., 2016, Bazı Çilek Çeşitlerinin Örtüaltında Performanslarının Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 79.
- Keutgen, A. J., & Pawelzik, E. 2008. Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food chemistry*, 107(4), 1413-1420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.071>.
- Lamnai, K., Anaya, F., Fghire, R., Zine, H., Wahbi, S., & Loutfi, K. 2021. Impact of exogenous application of salicylic acid on growth, water status and antioxidant enzyme activity of strawberry plants (*Fragaria vesca* L.) under salt stress conditions. *Gesunde Pflanzen*, 73(4), 465-478.
- Mısır, D., 2016, Bazı Çilek Çeşitlerinin Adaptasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 95.
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., and Kader, A.A., 1996. Produce facts. Strawberry: Recommendations for maintaining postharvest quality. *Perishable Handling*, 87: 21–22.
- Moradi, P., Vafae, Y., Mozafari, A. A., Tahir, N. A-R., 2022. Silicon Nanoparticles and Methyl Jasmonate Improve Physiological Response and Increase Expression of Stress-related Genes in Strawberry cv. Paros Under Salinity Stress. *Silicon*,14:10559–10569.
- Pelayo-Zaldívar, C., Ebeler, S.E., and Kader, A.A., 2005. Cultivar and Harvest Date Effects on Flavor and other Quality Attributes of California Strawberries. *Journal of Food Quality*, 28:78-97. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00005.x>
- Perin, E. C., da Silva Messias, R., Borowski, J. M., Crizel, R. L., Schott, I. B., Carvalho, I. R., Galli, V. 2019. ABA-dependent salt and drought stress improve strawberry fruit quality. *Food chemistry*, 271, 516-526.
- Roshdy, AED, Alebidi, A., Almutairi, K., Al-Obeed, R., & Elsbagh, A. 2021. The Effect of Salicylic Acid on the Performances of Salt Stressed Strawberry Plants, Enzymes Activity, and Salt Tolerance Index. *Agronomy* 2021, 11, 775. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040775>.
- Sarıdaş, M.A., 2018. Melezleme Islahıyla Seçilmiş Çilek Genotiplerinin Verim, Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 338s.
- Servet, A. R. A. S., Eşitken, A. 2019. Dry Matter Partitioning and Salt Tolerance via Salicylic Acid Treatment in Strawberry Plant Under Salt Stress. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22, 337-341.
- TÜİK, 2022. <http://www.tuik.gov.tr>.

Çileklerde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri

- Yaghubi, K., Vafae, Y., Ghaderi, N., & Javadi, T. 2019. Potassium Silicate Improves Salinity Resistant and Affects Fruit Quality in Two Strawberry Cultivars Grown Under Salt Stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-13.
- Zahedi, S. M., Hosseini, M.S., Abadía, J. ve Marjani, M., 2020. Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Plant Physiol Biochem*;149:313-323. Doi:10.1016/j.plaphy.



Araştırma Makalesi

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaştırma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ET_o) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

Deniz Levent KOÇ^{1*}

ÖZ

A Sınıfı buharlaştırma kabı; su kaynaklarının planlanmasında ve sulama programlarının oluşturulmasında temel değişkenlerden biri olarak kabul edilen kıyas bitki su tüketimini (ET_o) tahmin etmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Akdeniz ikliminin görüldüğü Adana yöresi koşulları için yapılan bu çalışmada, ET_o'yu tahmin etmek için rüzgâr hızı (U) ve oransal nem (RH) verilerine ihtiyaç duymayan buharlaştırma kabına dayalı olan Snyder ET_o (1995) ve Ghare ET_o (1996) eşitliklerinin performanslarının, FAO24 Pan ET_o eşitliğinin performansı ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Eşitliklerin performanslarını karşılaştırmak için FAO56-Penman-Monteith (PM) eşitliği referans yöntem olarak kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ET_o'yu tahmin etmek için sadece kap buharlaşmasını (e_{pan}) kullanan Snyder, aylık ve mevsimsel ölçekte en başarılı eşitlik olmuştur. Sonuçlar, e_{pan} verilerinin Snyder ET_o eşitliği ile kıyas bitki su tüketimine dönüştürülmesinin, Adana yöresi koşullarında başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: buharlaştırma kabına dayalı eşitlikler, FAO56-PM, kıyas bitki su tüketimi (ET_o), Akdeniz iklimi

Comparison of the Performances of Pan-Based Equations to Estimate Reference Evapotranspiration (ET_o) in Mediterranean Climate Conditions

ABSTRACT

Class A evaporation pan is often used to estimate reference evapotranspiration (ET_o), considered one of the essential variables in water resource planning and irrigation scheduling. This study for Adana region conditions where the Mediterranean climate prevails aimed to compare the performances of the Snyder ET_o (1995) and Ghare ET_o (1996) equations which are pan-based approaches that do not require wind speed (U) and relative humidity (RH) data to estimate ET_o, with the performance of the FAO24 Pan ET_o equation. The FAO56-Penman-Monteith (PM) equation was used as a reference method to compare the performances of the equations. According to the research results, the Snyder ET_o equation using only pan evaporation (e_{pan}) to estimate ET_o has been the best equation on monthly and seasonal scales. The results showed that converting e_{pan} to reference evapotranspiration with the Snyder ET_o equation can be used successfully in Adana region conditions.

Keywords: pan-based equations, FAO56-PM, reference evapotranspiration (ET_o), Mediterranean climate

ORCID: 0000-0002-4495-3060

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 14.04.2023

Kabul Tarihi: 22.05.2023

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Sarıçam, Adana/Türkiye

*E-Posta: leventk@cu.edu.tr

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşıma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ETo) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

Giriş

Kıyas bitki su tüketiminin (ETo) doğru olarak tahmin edilmesinin, su kaynaklarının yönetimi, sulama uygulamaları, tarımsal ve hidro-meteorolojik çalışmalar ile farklı hidrolojik süreçlerin modellenmesi çalışmalarında çok önemli bir yeri vardır (Koç, 2022). Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Penman-Monteith FAO-56 eşitliğini (FAO56-PM) ETo'yu tahmin etmede, standart metod olarak önermişlerdir (Allen ve ark., 1998). Ancak, bu yöntemin kullanılabilmesi için çok sayıda iklim verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, sadece büyük meteoroloji istasyonlarında ölçülebilmektedir (Zouzou ve Citakoglu, 2021). Bu nedenle, birçok yerde, ETo'yu hesaplamak için pratik ve daha basit tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır. A Sınıfı kap buharlaşmasının (E_{pan}), ETo'ya dönüştürülmesi, sulanan alanlarda yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu yaklaşımın en önemli avantajı ise düşük maliyetli olması ve sulama programlamasında kullanımının kolay olmasıdır (Stanhill, 2002). Kap buharlaşmasının (E_{pan}) ETo'ya dönüştürülmesinde en çok kullanılan eşitlik, FAO24 Pan ETo eşitliğidir (Doorenbos ve Pruitt, 1977). FAO24 Pan eşitliği ile ETo'yu tahmin etmek için, hâkim rüzgâr yönündeki feç (fetch) uzunluğuna (F), rüzgâr hızına (U) ve oransal neme (RH) bağlı olan buharlaşma kabı (pan) katsayıları (K_{pan}) belirlenmelidir. Doorenbos ve Pruitt (1977), FAO Sulama ve Drenaj Rapor No 24'de, K_{pan} değerlerini tahmin etmek için, farklı U ve RH değerleri ile bazı feç uzunluklarını (F) içeren bir tablo önermişlerdir. Daha sonraları ise, K_{pan} değerlerini tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından, K_{pan} eşitlikleri geliştirilmiştir [(Frevert (Frevert ve ark., 1989), Cuenca (Cuenca, 1989), Allen ve Pruitt (Allen ve Pruitt, 1991), Snyder (Snyder, 1992), Pereira (Pereira ve ark., 1995), Orang (Orang, 1998), Raghuwanshi ve Wallender (Raghuwanshi ve Wallender, 1998), Modifiye Snyder (Grismer ve ark., 2002) ile Wahed ve Snyder (Abdel-Wahed ve Snyder, 2008)]. K_{pan} eşitlikleri, doğrusal, doğrusal olmayan, gösterge regresyon teknikleri veya bunların kombinasyonları kullanılarak ve FAO24 K_{pan} tablosu ya da Allen Pruitt (1991)

tarafından yayınlanan K_{pan} tablosu temel alınarak geliştirilmiştir (Snyder ve ark., 2005). Kap buharlaşmasının (E_{pan}) ETo'ya dönüştürülmesi amacıyla, K_{pan} eşitliklerinin değerlendirildiği birçok çalışma yapılmıştır. (Grismer ve ark., 2002; Irmak ve ark., 2002; Sentelhas ve Folegatti, 2003; Gundekar ve ark., 2008; Sabziparvar ve ark., 2010; Aschonitis ve ark., 2012; Tabari, ve ark., 2013; Koç, 2022). Ancak, literatürde Akdeniz iklimi koşullarında yapılan sadece birkaç çalışma bulunmaktadır (Grismer ve ark., 2002; Aschonitis ve ark., 2012; Koç, 2022). Grismer ve ark (2002), Akdeniz iklimine sahip Kaliforniya koşullarında, altı adet K_{pan} eşitliğinin ETo'yu tahmin etmedeki başarısını test etmişlerdir. Referans olarak modifiye Penman ETo yöntemini kullanmışlardır. Yapılan çalışmada, Allen ve Pruitt eşitliği diğer tüm K_{pan} eşitlikleri arasında, ETo'yu en doğru şekilde tahmin etmiştir. Aschonitis ve ark (2012) tarafından yarı-kurak Akdeniz iklimi koşullarının görüldüğü Selanik-Yunanistan'da yapılan bir çalışmada, Snyder ve Orang ETo'yu tahmin etme potansiyeli bakımından en başarısız olan K_{pan} eşitlikleri olarak belirlenmiş ve kötü bir performans göstermişlerdir. Cuenca (1989) K_{pan} eşitliği ise, ETo'yu doğru bir şekilde tahmin etmiştir. Araştırmacılar, çalışmalarında referans olarak ASCE-PM eşitliğini kullanmışlardır. Koç (2022) Akdeniz iklim koşullarının görüldüğü Adana'da yaptığı bir çalışmada, sekiz K_{pan} eşitliğini ETo'yu tahmin etme potansiyelleri bakımından değerlendirmiştir. Araştırmacı, K_{pan} eşitliklerini değerlendirmek için FAO-56 PM yöntemini referans olarak kullanılmıştır. Çalışmada, Wahed-Snyder K_{pan} eşitliği ETo'yu diğer eşitliklerden daha doğru bir şekilde tahmin etmiştir. Fakat araştırmacı, bu eşitliğin bile, yöre koşulları için kalibre edilmesi gerektiğini rapor etmiştir. Orang K_{pan} eşitliği ise ETo'yu tahmin etmede en başarısız eşitlik olmuştur. Yukarıdaki çalışmaların sonuçlarından da anlaşılacağı gibi, K_{pan} eşitliklerinden doğru ETo sonuçlarının alınabilmesi için, bu eşitliklerin yerel iklim koşullarında test edilmesi ya da kalibre edilmesi gerekmektedir. Bu da yöntemin kullanılmasını kısıtlamaktadır. FAO24 Pan eşitliği ile ETo'nun belirlendiği çok sayıda çalışma olmasına rağmen, Snyder ve ark. (2005) ve Ghare ve ark.

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ET_o) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

(2006) tarafından geliştirilen buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin değerlendirildiği literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Trajkovic ve Kolakovic, 2010; Çobaner, 2013). Bu araştırma ile literatürdeki bu boşluğun doldurulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Akdeniz iklim koşullarının hâkim olduğu Adana yöresinde yapılan bu çalışmada; buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin performansları, 22-yıllık günlük iklim verisi kullanılarak bazı istatistiksel yaklaşımlarla test edilmiştir. Eşitliklerin doğruluğunun belirlenmesinde FAO56-PM yöntemi referans olarak kullanılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Yeri

Bu çalışmada, araştırma alanı olarak Adana yöresi seçilmiştir. Köppen-Geiger sınıflamasına göre Adana, tipik Akdeniz iklimine karşılık gelen ve Csa olarak adlandırılan; kışları ılık, yazları çok sıcak ve kurak geçen iklime sahiptir (Bölük, 2016). Adana'nın kuzeybatısı, kuzeyi ve kuzeydoğusu Orta Toroslar adı verilen dağ sistemleri ile çevrilmiştir. İl topraklarının %27'sini kaplayan ve bütünüyle Adana Ovası adı verilen havzanın, güneyde kalan bölümüne Çukurova, kuzeyde kalan bölümüne ise Yukarıova (Anavarza) denilmektedir. İki ovayı Misis Dağları ayırır (CSB, 2023). Türkiye'de narenciye, karpuz, soya fasulyesi ve fıstık üretiminde Adana Ovası ilk sırada yer almaktadır (Kadeş, 2019). Adana Ovası'nda bitki büyüme mevsimi boyunca yağış miktarları ve dağılımı yetersiz olduğundan, bitkisel üretimde sulama vazgeçilmezdir. Bu çalışmada, uzun yıllık günlük iklim verileri (2000-2021) kullanılmıştır. Bu veriler, Adana merkezde bulunan Meteoroloji 6. Bölge Müdürlüğü iklim istasyonundan (enlem 37° 00' 14", boylam 35° 20' 39") sağlanmıştır (MGM, 2022). Yöredeki, yaz bitki büyüme mevsimi (Nisan-Ekim) boyunca uzun yıllık iklim verileri Tablo 1'de verilmiştir. Uzun yıllık (1929-2022) iklim verilerine göre; yörede ortalama yıllık toplam yağış 668.8 mm olup; bu yağışın yaklaşık %50'si aralık, ocak ve şubat aylarında düşmektedir (MGM, 2023).

Tablo 1. Çalışma alanı uzun yıllık iklim verileri (1929-2022)

Ay	N	M	H	T	A	Ey	Ek
T _{ort} , °C	17.6	21.8	25.6	28.2	28.7	26.2	21.7
T _{max} , °C	23.8	28.3	31.7	33.9	34.7	33.1	29.1
T _{min} , °C	11.9	15.8	19.8	23.0	23.4	20.2	15.8
n, saat	7.1	9.1	10.5	10.6	10.2	9.0	7.3
P _n , gün	8.6	6.3	3.0	0.9	0.7	2.6	5.4
P, mm	51.0	48.1	22.1	10.2	9.3	19.3	42.8

Not: Tort = aylık ortalama sıcaklık, Tmax = aylık ortalama en yüksek sıcaklık, Tmin = aylık ortalama en düşük sıcaklık, n = aylık ortalama güneşlenme süresi, P_n = aylık ortalama yağışlı gün sayısı, P = aylık ortalama toplam yağış miktarı, N = Nisan, M = Mayıs, H = Haziran, T = Temmuz, A = Ağustos, Ey = Eylül, Ek = Ekim.

Yöntem

Eşitlikler ve Yaklaşımlar

Çalışmada, üç buharlaşma kabına dayalı eşitlik, ET_o'yu tahmin etmek amacıyla; 22 yıllık A sınıfı kap buharlaşma verileri (E_{pan}) kullanılarak, yöredeki yaz bitki büyüme mevsimi boyunca (Nisan-Ekim) test edilmiştir. Eşitliklerin doğruluğunun belirlenmesinde FAO56-PM yöntemi referans olarak kullanılmıştır.

FAO56-PM ET_o Eşitliği (1998)

Çalışmada, FAO56-PM eşitliği günlük ET_o'yu tahmin etmek için kullanılmıştır. FAO56-ET_o değerleri buharlaşma kabına dayalı eşitliklerden elde edilen ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. Allen ve ark., (1998) tarafından FAO Sulama ve Drenaj Rapor No 56'da verilen eşitlik aşağıdaki gibidir (Eşitlik 1).

$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T+273} \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)} \quad (1)$$

ET_o = kıyas bitki su tüketimi (mm gün⁻¹); R_n = günlük ortalama net radyasyon (MJ m⁻² d⁻¹); G = günlük ortalama toprak ısı akısı yoğunluğu (MJ m⁻² d⁻¹) (günlük tahminler için sıfır olarak kabul edilir); Δ = buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C⁻¹); γ = psikrometrik sabit (kPa K⁻¹); T = 2 m yükseklikte günlük ortalama hava sıcaklığı (°C); U₂ = 2 m yükseklikte günlük ortalama rüzgâr hızı (m s⁻¹); e_s = doymuş buhar basıncı (kPa); ve e_a = gerçek buhar basıncı (kPa).

R_n, Δ, e_s ve e_a'nın günlük değerleri Allen ve ark., (1998) tarafından FAO Sulama ve Drenaj Rapor No 56'da verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ET_o) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

FAO24 ET_o Eşitliği (1977)

Doorenbos ve Pruitt (1977), kap buharlaşmasını ET_o'ya dönüştürmek için FAO24 ET_o eşitliğini önermişlerdir (Eşitlik 2).

$$ET_o = K_{pan} \times E_{pan} \quad (2)$$

Eşitlikte; ET_o = kıyas bitki su tüketimi (mm gün⁻¹), K_{pan} = kap katsayısı, E_{pan} = kap buharlaşması (mm gün⁻¹). Günlük K_{pan} değerleri, Tablo 2 kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Farklı günlük ortalama bağıl nem (RH) ve ortalama rüzgâr hızı (U) düzeyleri için çim alana yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabı K_{pan} değerleri (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

	RH (%)	Düşük <40	Orta 40-70	Yüksek >70
U (km gün⁻¹)	Feç uzunluğu (m)			
Hafif <175	1	0.55	0.65	0.75
	10	0.65	0.75	0.85
	100	0.70	0.80	0.85
	1000	0.75	0.85	0.85
Orta 175-425	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.60	0.70	0.75
	100	0.65	0.75	0.80
	1000	0.70	0.80	0.80
Kuvvetli 425-700	1	0.45	0.50	0.60
	10	0.55	0.60	0.65
	100	0.60	0.65	0.70
	1000	0.65	0.70	0.75
Çok kuvvetli >700	1	0.40	0.45	0.50
	10	0.45	0.55	0.60
	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.55	0.60	0.65

Bu çalışmada buharlaşma kabının yerleştirildiği alanda, feç (fetch) uzunluğu (F) 50 m olarak belirlenmiştir.

Snyder ET_o Eşitliği (2005)

Snyder ve ark. (2005), Kaliforniya'daki beş iklim istasyonunun buharlaşma kabı verilerinden ET_o'yu tahmin etmek için bir eşitlik geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda, ET_o iki aşamalı bir sürece dayalı olarak tahmin edilmektedir. Feç uzunluğu (F) bilinen bir yerden elde edilen E_{pan} verileri, 100 m'lik (E_{pa}) standart bir feç uzunluğuna dönüştürülen Eşitlik 3 kullanılarak E_{pa} hesaplanmaktadır (Eşitlik 4). Daha sonra ET_o, E_{pa}'nın bir fonksiyonu olarak Eşitlik 5 kullanılarak belirlenmektedir.

$$F_{100} = -0.0035 \times [\ln(F)]^2 + 0.0622 \times [\ln(F)] + 0.79 \quad (3)$$

$$E_{pa} = E_{pan} \times F_{100} \quad (4)$$

$$ET_o = 10 \times \sin \left[\left(\frac{E_{pa}}{19.2} \right) \times \left(\frac{\pi}{2} \right) \right] \quad (5)$$

Ghare ET_o Eşitliği (2006)

Ghare (2006), Snyder ve ark (2005)'den aldığı aynı verileri kullanarak buharlaşma kabına dayalı yeni bir eşitlik geliştirmiştir. Bu eşitlik, F₁₀₀ faktörünün tahmin edilmesi gerekliliğini ortadan kaldırmıştır. Bu yaklaşımda, önce a, b katsayıları ve E_{pan} verileriyle E_{pa} hesaplanmaktadır (Eşitlik 6). Daha sonra, ET_o, E_{pa}'nın bir fonksiyonu olarak Eşitlik 9 kullanılarak belirlenmektedir.

$$E_{pa} = a \times E_{pan} + b \quad (6)$$

$$a = 0.0045 \times [(\ln(F))]^2 + 0.0428 \times \ln(F) + 0.7 \quad (7)$$

$$b = 0.0311 \times [\ln(F)]^3 - 0.4519 \times [\ln(F)]^2 + 1.602 \times \ln(F) - 0.8338 \quad (8)$$

$$ET_o = 8.889 \times \sin \left[\left(\frac{E_{pa}}{19.2} \right) \times \left(\frac{\pi}{2} \right) \right] + 0.6373 \quad (9)$$

Veri Analizi

Bu çalışmada, FAO24 Pan ET_o, Snyder ET_o ve Ghare ET_o eşitliklerinin performansları, Stockle ve ark. (2004) tarafından önerilen aşağıda verilen yaklaşımlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, eşitliklerin performanslarının belirlenmesinde; ortalama karekök hatası (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama sapma hatası (MBE) ve t istatistikleri de Stockle ve ark. (2004) tarafından önerilen yaklaşımlarla birlikte kullanılmıştır (Karunanithi ve ark., 1994; Jacovides ve Kontoyiannis, 1995; Willmott 1981).

Stockle ve ark. (2004)'e göre:

d ≥ 0.95, RE ≤ 0.10, R² > 0.85 ise sonuç: çok iyi performans. d ≥ 0.95, 0.10 < RE ≤ 0.15, R² > 0.85 ise sonuç: iyi performans. d ≥ 0.95, 0.15 < RE ≤ 0.20, R² > 0.85 ise sonuç: kabul edilir performans. d ≥ 0.95, 0.20 < RE ≤ 0.25, R² > 0.85 ise sonuç: marjinal performans.

R² < 0.85 ve diğer kombinasyonlarda sonuç kötü performansı göstermektedir.

Burada, d: anlaşma indeksini, RE: bağıl hatayı ve R²: belirleme katsayısını ifade etmektedir.

d, RMSE, RE, MAE, MBE ve t istatistik değerleri aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right], \quad (0 \leq d \leq 1) \quad (10)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (11)$$

$$RE = \frac{RMSE}{\bar{O}} \quad (12)$$

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ETo) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i| \quad (13)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i) \quad (14)$$

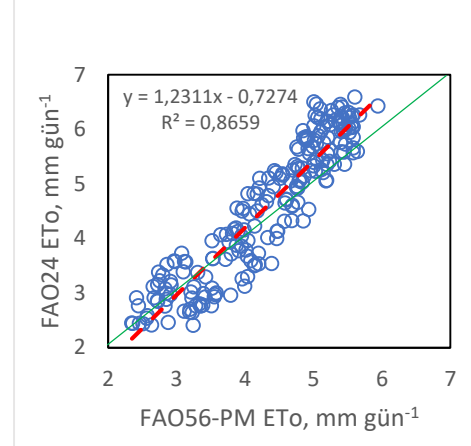
$$t = \left[\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2} \right]^{1/2} \quad (15)$$

Eşitliklerde, n = toplam gözlem sayısı, P_i = buharlaşma kabı eşitlikleri tarafından tahmin edilen ETo değerleri (mm gün^{-1}), O_i = FAO56-PM yöntemiyle hesaplanan ETo değerleri (mm gün^{-1}), \bar{O} = FAO56-PM yöntemi ile tahmin edilen ETo değerlerinin ortalaması (mm gün^{-1}).

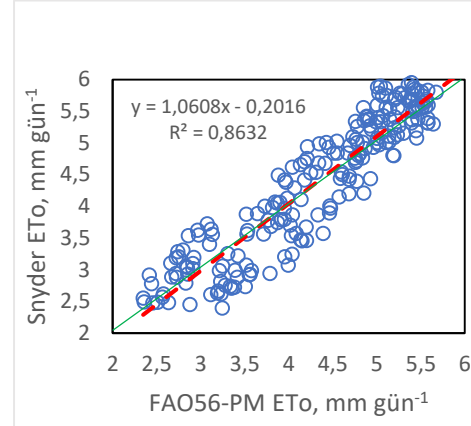
Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çalışmada, FAO24 Pan ETo, Snyder ETo ve Ghare ETo eşitlikleri ile tahmin edilen ETo değerleri, FAO56-PM ETo yöntemi ile elde edilen ETo değerleri ile karşılaştırılarak test edilmiştir. FAO56-PM yöntemi ile belirlenen ETo değerleri ile, buharlaşma kabına dayalı eşitliklerle tahmin edilen ETo değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 1-3'de verilmiştir. Şekil 1-3'deki her bir nokta 22 yıllık günlük ortalama ETo değerlerini göstermektedir. Şekil 1 ve Şekil 3'den FAO24 Pan ETo ve Ghare ETo eşitliklerinin mevsim boyunca ETo'yu fazla tahmin etme eğiliminde olduğu görülebilir. Snyder ETo eşitliğinin ise, mevsim boyunca ETo'yu bazı günler fazla, bazı günler ise daha az tahmin etme eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 2). Şekil 1-3'den, buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin FAO56-PM yöntemiyle iyi bir korelasyon gösterdiği ve Snyder ETo eşitliğinin FAO56-PM yöntemiyle en iyi ETo tahmini yapan regresyon eşitliğini verdiği anlaşılmaktadır. Burada, basit doğrusal regresyonun eğimi (b) 1' yakın ($b = 1.068$) ve kesişim değeri (a) 0'a yakın ($a = 0.2016$) bir değer vererek oldukça iyi bir performans göstermiştir. FAO24 Pan ETo ve Ghare ETo eşitliklerinin regresyon eşitliklerinden elde edilen değerler ise sırasıyla $b = 1.2311$ ve 0.8973 , $a = -0.7274$ ve 0.7433 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1, 3). Benzer şekilde, Aschonitis ve ark. (2012), Selanik'te yaptıkları bir çalışmada, ASCE-PM yöntemi ile Cuenca K_{pan} modelinin kullanıldığı FAO24 Pan ETo eşitliğinin iyi bir korelasyon gösterdiğini belirtmiştir ($R^2 = 0.85$, $b = 0.8671$, $a = 0.7373$). Sentelhas ve Folegatti (2003), Brezilya-Sao Paulo'da yaptıkları bir çalışmada, lizimetre ETo

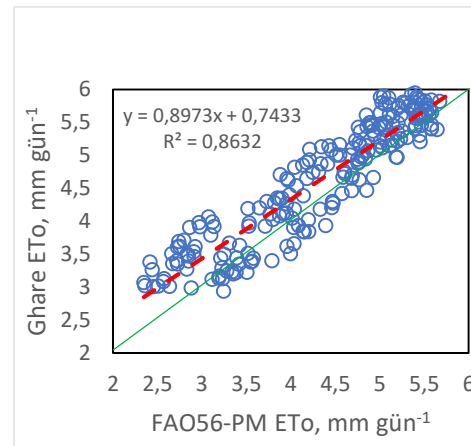
değerleri ile Pereira K_{pan} modelinin kullanıldığı FAO24 Pan ETo eşitliğinin çok iyi bir korelasyon gösterdiğini rapor etmiştir ($R^2 = 0.7647$, $b = 0.9926$).



Şekil 1. FAO56-PM ETo yöntemi ile FAO24 Pan ETo eşitliği arasındaki dağılım grafiği



Şekil 2. FAO56-PM ETo yöntemi ile Snyder ETo eşitliği arasındaki dağılım grafiği



Şekil 3. FAO56-PM ETo yöntemi ile Ghare ETo eşitliği arasındaki dağılım grafiği

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ETo) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

Tablo 3, mevsimsel ölçekte, Tablo 4-8 ise aylık ölçekte, FAO56-PM yöntemi ile belirlenen ve buharlaşma kabına dayanan eşitliklerle tahmin edilen ETo değerleri arasındaki performans istatistiklerini göstermektedir. Tablo 3’de görüldüğü gibi, bitki büyüme mevsimi boyunca Snyder ETo eşitliği en küçük RMSE, MAE, MBE ve RE değerleri ile en iyi performansı göstermiştir. Stockle ve ark. (2004) tarafından verilen kriterlere göre ($d \geq 0.95$, $RE \leq 0.10$, $R^2 > 0.85$) Snyder ETo eşitliği mevsim boyunca günlük ortalama ETo değerlerini çok doğru tahmin ederek, çok iyi bir performans göstermiştir. Aynı kriterlere göre ($d \geq 0.95$, $0.10 < RE \leq 0.15$, $R^2 > 0.85$) Ghare ETo ve FAO24 Pan ETo eşitlikleri ETo’yu tahmin etmede iyi bir performans göstermişlerdir.

Trajkovic ve Kolakovic (2010) İtalya’nın Policoro ve Sırbistanın Novi Sad bölgelerinde seçtikleri iki iklim istasyonunun verilerini kullanarak, buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin performanslarını değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar referans yöntem olarak tartılı lizimetre ETo değerlerini kullanmışlardır. Snyder ETo eşitliği, her iki bölgede de lizimetre ETo değerlerine en yakın sonuçları vererek, FAO24 Pan ETo ve Ghare ETo eşitliklerinden daha iyi performans göstermiştir (RMSE = 0.449 mm gün⁻¹, Policoro; RMSE = 0.288 mm gün⁻¹, Novi Sad). Çobaner (2013), Kaliforniya’da yaptığı bir çalışmada, kap buharlaşmasını girdi olarak kullandığı dalgacık regresyon modelinin (WR) yeterliğini, buharlaşma kabına dayalı eşitlikler ve bu eşitliklerin kalibre edilmiş versiyonları ile karşılaştırarak belirlemiştir.

Araştırmacı, WR modeli ve buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin doğruluğunun belirlenmesinde referans olarak FAO56-PM yöntemini kullanmıştır. FAO24 Pan ETo eşitliğinde K_{pan} değerleri Allen ve Pruitt K_{pan} modeli kullanılarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, WR modeli ve FAO24 Pan ETo eşitliği, Snyder ve Ghare ETo eşitlikleri ve bunların kalibre edilmiş versiyonlarından daha doğru sonuçlar vermiştir. Snyder ve Ghare ETo eşitlikleri ise, benzer sonuçlar vermiştir.

Tablo 4-8’de görüldüğü gibi buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin aylık performansları farklı olmuştur. Ghare; nisan ve mayıs aylarında en küçük RMSE, MBE, RE, t istatistiği değerleri ile ETo’yu en doğru tahmin eden eşitlik olmuştur ($p < 0.05$). FAO24 Pan ETo eşitliği Ghare ETo eşitliği ile birlikte mayıs ayında, Snyder ETo eşitliği ise haziran ayında ETo’yu en doğru tahmin eden eşitlikler olmuştur ($p < 0.05$). Benzer şekilde, Irmak ve ark. (2002), Gundekar ve ark. (2008), Aydın (2019) ve Mahmud ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmalar, FAO24 Pan ETo eşitliğinin ETo’yu tahmin etmedeki başarısının aylara göre değiştiğini göstermiştir. Tablo 6’da görüldüğü gibi, buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin aylara göre aylık ortalama ETo’yu tahmin etmede yüzde bağıl hata (RE) değerleri; %4.6 ile %27.1 arasında değişmiştir. Snyder ETo eşitliği, diğer eşitliklere göre temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında en düşük % RE ile ETo’yu tahmin etmiştir. Ghare ETo eşitliği, diğer eşitliklere göre nisan, mayıs, haziran aylarında en düşük % RE ile ETo’yu tahmin etmiştir.

Tablo 3. Mevsimsel ölçekte buharlaşma kabına dayalı eşitliklerin ETo’yu tahmin etme performans istatistikleri (2000-2021) (Nisan-Ekim)

Eşitlikler	Günlük ortalama ETo, mm gün ⁻¹	RMSE, mm gün ⁻¹	RE (%)	MAE, mm gün ⁻¹	MBE, mm gün ⁻¹	R ²	b	a	d
FAO24 Pan	4.62	0.576	13.3	0.485	0.276	0.87	1.23	-0.73	0.952
Snyder	4.40	0.406	9.4	0.336	0.062	0.86	1.06	-0.20	0.958
Ghare	4.64	0.459	10.6	0.381	0.297	0.86	0.90	0.74	0.955

Not: Günlük ortalama ETo (FAO56-PM) = 4.34 mm gün⁻¹

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ETo) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

Tablo 4. Buharlaşma kabına dayalı eşitlikler ile tahmin edilen aylık ortalama ETo için RMSE değerleri (mm gün⁻¹) (2000-2021)

Eşitlikler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
FAO24 Pan	0.504	0.441	0.452	0.739	0.848	0.509	0.365
Snyder	0.536	0.455	0.250	0.326	0.464	0.384	0.361
Ghare	0.207	0.294	0.242	0.342	0.520	0.577	0.749

Tablo 5. Buharlaşma kabına dayalı eşitlikler ile tahmin edilen aylık ortalama ETo için MBE değerleri (mm gün⁻¹) (2000-2021)

Eşitlikler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
FAO24 Pan	-0.432	-0.132	0.327	0.688	0.771	0.425	0.268
Snyder	-0.481	-0.282	-0.004	0.224	0.380	0.304	0.281
Ghare	-0.032	-0.008	0.105	0.266	0.467	0.549	0.727

Tablo 6. Buharlaşma kabına dayalı eşitlikler ile tahmin edilen aylık ortalama ETo için RE(%) değerleri (mm gün⁻¹) (2000-2021)

Eşitlikler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
FAO24 Pan	14.4	10.0	8.7	13.6	17.0	12.6	13.2
Snyder	15.3	10.3	4.8	6.0	9.3	9.5	13.1
Ghare	5.9	6.6	4.6	6.3	10.4	14.3	27.1

Tablo 7. Buharlaşma kabına dayalı eşitlikler ile tahmin edilen aylık ortalama ETo için t istatistiği değerleri (mm gün⁻¹) (2000-2021)

Eşitlikler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
FAO24 Pan	8.988	1.717	5.647	13.945	11.929	8.143	5.938
Snyder	10.884	4.340	0.077	5.179	7.829	7.011	6.803
Ghare	0.851	0.156	2.597	6.760	11.193	16.579	22.195

Not: t_{crit} (0.01) = 2.750 (n=31), t_{crit} (0.01) = 2.756 (n=30); t_{crit} (0.05) = 2.042 (n=31), t_{crit} (0.05) = 2.045 (n=30);

Tablo 8. Buharlaşma kabına dayalı eşitlikler ile tahmin edilen aylık ortalama ETo değerleri (mm gün⁻¹) (2000-2021)

Eşitlikler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
FAO24 Pan	3.07**	4.30 ^{ns}	5.56**	6.12**	5.75**	4.46**	3.03**
Snyder	3.02**	4.15**	5.22 ^{ns}	5.66**	5.36**	4.34**	3.04**
Ghare	3.47 ^{ns}	4.42 ^{ns}	5.33*	5.70**	5.45**	4.58**	3.48**
FAO56-PM	3.50	4.43	5.23	5.44	4.98	4.03	2.76

t istatistiğine göre FAO56-PM yönteminden istatistiksel olarak farklı olan ortalama aylık ETo değerleri

*p < 0.05, **p < 0.01, ns: önemsiz

Tablo 8'den görüldüğü gibi, buharlaşma kabına dayalı eşitlikler tarafından tahmin edilen aylık ETo değerleri 3.02 mm gün⁻¹ ile 6.12 mm gün⁻¹ arasında değişirken, FAO56-PM yöntemi ile tahmin edilen ETo değerleri 2.76 mm gün⁻¹ ile 5.44 mm gün⁻¹ arasında değişmiştir. FAO24 Pan

ETo eşitliği nisan ve mayıs aylarında ETo'yu FAO56-PM yöntemine göre daha az (underestimate), diğer aylarda daha fazla (oversetimate) tahmin etmiştir. Snyder ETo eşitliği nisan, mayıs ve haziran aylarında, ETo'yu FAO56-PM yöntemine göre daha az,

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşıma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ETo) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

Ghare ETo eşitliği ise, nisan ve mayıs aylarında ETo'yu FAO56-PM yöntemine göre daha az, diğer aylarda FAO56-PM yöntemine göre, ETo'yu daha fazla tahmin etmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, kurak Kaliforniya şartları için geliştirilen Snyder ETo ve Ghare ETo eşitlikleri, Akdeniz iklimi koşullarının görüldüğü Adana'da, ETo'yu tahmin etmede FAO24 Pan ETo eşitliğinden daha iyi performans göstermişlerdir. Stockle ve ark. (2004) tarafından verilen kriterlere göre Snyder ETo eşitliği mevsimsel ölçekte çok iyi bir performans gösterirken, Ghare ETo ve FAO24 Pan ETo eşitlikleri ise mevsimsel ölçekte iyi bir performans göstermiştir. Eşitliklerin ETo'yu tahmin etmede aylık performanslarında ise farklılıklar olmuştur. Snyder ve Ghare ETo eşitlikleri, FAO24 Pan ETo eşitliğine göre daha çok ayda ETo'yu FAO56-PM yöntemine yakın doğrulukta tahmin etmiştir. Snyder ve Ghare ETo eşitlikleri, ETo'yu tahmin etmede; rüzgâr hızı (U) ve oransal neme (RH) ihtiyaç duymamasına rağmen, FAO24 Pan ETo eşitliğinden hem mevsimlik hem de aylık ölçekte daha başarılı sonuçlar vermiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, Adana yöresi koşullarında öncelikle Snyder ETo eşitliğinin ETo'yu tahmin etmede kullanılması önerilir. Bu eşitlik, yöre koşullarında sulama programlamasında başarıyla kullanılabilir. Buharlaşıma kabına dayalı eşitliklerin aylık performansları dikkate alındığında, Ghare ve FAO24 Pan ETo eşitliklerinin yöre şartları için kalibre edilmesi gerekir. Snyder ve Ghare eşitliklerinin daha fazla nemli ve daha fazla rüzgârlı iklim koşullarına sahip alanlarda da test edilmesi önerilir.

Kaynaklar

Abdel-Wahed, M., Snyder, R.L. (2008). Simple equation to estimate reference evapotranspiration from evaporation pans surrounded by fallow soil. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 134(4): 425-429.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water*

requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* (56), Rome.

Allen, R.G., Pruitt, W.O. (1991). FAO-24 reference evapotranspiration factors. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 117(5):758-773.

Aschonitis, V.G., Antonopoulos, V.Z., Papamichail, D.M. (2012). Evaluation of pan coefficient equations in a semi-arid Mediterranean environment using the ASCE-standardized Penman-Monteith method. *Agricultural Sciences* 3(1):58-65.

Aydın, Y. (2019). Determination of reference ETo by using different Kp equations based on Class A pan evaporation in Southeastern Anatolia Project (GAP) Region. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(6):15117-15129.

Bölük, E. (2016). Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf, Accessed 12 January 2023.

Çobaner, M. (2013). Reference evapotranspiration based on Class A pan evaporation via wavelet regression technique. *Irrigation Science* 31:119-134.

CSB (2023). İlimizi tanıyalım. Adana Valiliği, Çevre , Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. <https://adana.csb.gov.tr/ilimiz-taniyalim-i-1222>, Accessed 16 February 2023.

Cuenca, R.H. (1989). *Irrigation system design: an engineering approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. 552. *Evapotranspiration. Water Resources Bulletin* 10(3):486-498.

Doorenbos, J., Pruitt, W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper (24), Rome.

Frevert, D.K., Hill, R.W., Braaten, B.C. (1983). Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 109(1983):265-270.

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşıma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ETo) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

- Ghare, A.D., Porey, P.D., Ingle, R.N. (2006). Discussion of "simplified estimation of reference evapotranspiration from pan evaporation data in California" by Snyder, R.L., Orang, M., Matyac, S., Grismer, M.E. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 132(5):519-520.
- Grismer, M.E., Orang, M.N., Snyder, R.L., Matyac, R. (2002). Pan evaporation to reference evapotranspiration conversion methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 128(3):180-184.
- Gundekar, H.G., Khodke, U.M., Sarkar, S., Rai, R.K. (2008). Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. *Irrigation Science* 26 (2): 169-175.
- Irmak, S., Haman, D.Z., Jones, J.W. (2002). Evaluation of Class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 128(3):153-159.
- Jacovides, C.P., Kontoyiannis, H. (1995). Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. *Agricultural Water Management* 27:365-371.
- Kades C. 2019. Adana Ekonomisi 2019. <https://www.adanato.org.tr/WebDosyalar/V2/Dosyalar/2020/8/13/adanaekonomisi-2019-16-53-18.pdf>, Accessed 14 January 2023.
- Karunanithi, N., Grenney, W.J., Whitley, L.D., Bovee, K. (1994). Neural networks for river flow prediction. *Journal of Computing in Civil Engineering* 8(2):201-220.
- Koç, D.L. (2022). Assessment of pan coefficient models for the estimation of the reference evapotranspiration in a Mediterranean environment in Turkey. *PeerJ* 10:e13554.
- MGM (2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace>, Accessed 7 March 2022.
- MGM (2023). Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendi> rme/ililceleristatistik.aspx?m=ADANA, Accessed 10 February 2023.
- Orang, M. (1998). Potential accuracy of the popular non-linear regression equations for estimating pan coefficient values in the original and FAO-24 tables. Unpublished California Department of Water Resources Report. Sacramento, USA.
- Pereira, A.R., Nova, N.A.V., Pereira, A.S., Barbieri, V. (1995). A model for the class A pan coefficient. *Agricultural and Forest Meteorology* 76(2):75-82.
- Raghuwanshi, N.S., Wallender, W.W. (1998). Converting from pan evaporation to evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 124(5):275-277.
- Sabziparvar, A.A., Tabari, H., Aeni, A., Ghafouri, M. (2010). Evaluation of Class A pan coefficient models for estimation of reference crop evapotranspiration in cold semi-arid and warm arid climates. *Water Resources Management* 24(5):909-920.
- Sentelhas, P.C., Folegatti, M.V. (2003). Class A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ETo). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7(2003): 111-115.
- Snyder, R.L. (1992). Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 118 (6):977-980.
- Snyder, R.L., Orang, M.N., Matyac, S., Grismer, M.E. (2005). Simplified estimation of reference evapotranspiration from pan evaporation data in California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 131(3):249-253.
- Stanhill, G. (2002). Is the Class A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements? *Agricultural and Forest Meteorology* 112 (3-4):233-236.
- Stockle C.O., Kjelgaard, J., Bellocchi, G. (2004). Evaluation of estimated weather data for calculating Penman-Monteith reference

Akdeniz İklimi Koşullarında Buharlaşma Kabına Dayalı Eşitliklerin Kıyas Bitki Su Tüketimini (ET_o) Tahmin Etme Performanslarının Karşılaştırılması

- crop evapotranspiration. *Irrigation Science* 23:39-46.
- Tabari, H., Grismer, M.E., Trajković, S. (2011). Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. *Irrigation Science* 31:107-117.
- Trajković, S., Kolaković, S. (2010). Comparison of simplified pan-based equations for estimating reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 136(2):137-140.
- Willmott, C.J. (1981). On the validation of models. *Physical Geography* 2:184-194.
- Zouzou, Y., Citakoglu, H. (2021). Reference evapotranspiration prediction from limited climatic variables using support vector machines and Gaussian processes. *European Journal of Science and Technology* 28:346-351.



Araştırma Makalesi

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

Oğuz EROL^{1*}, Hamdi ÖZAKTAN², Zehra TOSUN¹,

ÖZ

Bu çalışma, Kayseri ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin (Tunç, Aslanbey, Nihatbey, Atabay, Karlı, Aydoğan, Göktürk, Bahadır ve Çiftçi) teknolojik özelliklerinin ve aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Deneme tesadüf bloklar deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kuru ağırlık 35.65-45.89 g, kuru hacim 31.33-42.00 ml, yaş ağırlık 77.36-101.89 g, ıslak hacim 78.67-99.33 ml, su alma kapasitesi 0.42-0.56 g/tane, su alma indeksi %1.05-1.35, hidrasyon katsayısı %104.67-135.40, şişme kapasitesi 0.45-0.57 ml/tane, şişme indeksi %2.22-2.55, birim hacim ağırlığı 1.09-1.16 g/ml, pişme süresi 37.67-45.43 dk ve pişme sonrasında dağılan tane sayısı 0.00-20.00 arasında değişim göstermiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda özellikler arası önemli ilişkiler bulunmuştur. PCA analizi sonuçlarına göre Atabay çeşidi incelenen özellikler bakımından diğer çeşitlere göre üstünlük göstermiş ve farklı bir bölgede bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite, Korelasyon, Pişme Süresi, Şişme indeksi

Determination of Technological Characteristics of Some Registered Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties Cultivated in Kayseri Ecological Conditions by Multivariate Statistical Analysis

ABSTRACT

This study was carried out to determine the technological properties and the relations between some chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars (Tunç, Aslanbey, Nihatbey, Atabay, Karlı, Aydoğan, Göktürk, Bahadır and Çiftçi) grown in Kayseri ecological conditions. The experiment was carried out according to the randomized blocks design with 3 replications. According to the results obtained from the study, dry weight is 35.65-45.89 g, dry volume is 31.33-42.00 ml, wet weight is 77.36-101.89 g, wet volume is 78.67-99.33 ml, water absorption capacity is 0.42-0.56 g/grain, water absorption index is 1.05% - 1.35, hydration coefficient 104.67-135.40%, swelling capacity 0.45-0.57 ml/grain, swelling index 2.22-2.55%, unit volume weight 1.09-1.16 g/ml, cooking time 37.67-45.43 minutes, and number of grains dispersed after cooking 0.00-20.00 varied between them. As a result of the correlation analysis, significant relations between the features were found. According to the results of PCA analysis, Atabay cultivar showed superiority compared to other cultivars in terms of examined characteristics and was found in a different region.

Keywords: Quality, Correlation, Cooking Time, Swelling index

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-8329-1488, 0000-0001-8869-4526, 0009-0001-3525-3409

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 09.04.2023

Kabul Tarihi: 29.05.2023

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, TÜRKİYE

² Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Kayseri, TÜRKİYE

*E-posta: oguz.erol.1426@gmail.com

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

Giriş

Yemelik baklagiller içerdiği yüksek protein, vitamin (A, B, C, E) ve mineraller (kalsiyum, fosfor, potasyum ve demir) nedeniyle insan ve hayvan beslenmesinde önemli bitkilerdir (Pekşen ve Artık, 2004). Yemelik baklagiller kuru tanelerinde ortalama %22-26 protein ihtiva etmesi ve zengin aminoasit profili nedeniyle insan beslenmesinde önemli bitkisel protein kaynağıdır (Mart ve ark., 2022). Düşük yağ oranları ve kolesterol içermemeleri yemelik baklagilleri kalp ve damar dostu besinler yapmaktadır (Pekşen ve Artık, 2004). Bunun yanında yüksek karbonhidrat ve diyetel lif ihtiva etmesi nedeniyle insanların diyetlerinde önemli bir yer tutmaktadırlar (Özaktan ve Erol, 2023; Gaur ve ark., 2016).

Yemelik baklagiller içerisinde yer alan nohut (*Cicer arietinum* L.) ülkemizde 2022 yılında 456.8 bin ha ekim alanı ve 580.000 ton üretim miktarı ile en fazla üretimi yapılan yemelik baklagil cinsidir (TÜİK, 2023). Nohut gen merkezleri içerisinde Türkiye'nin de içinde bulunduğu geniş bir alandan köken almıştır (Adak, 2021). Sıcağa ve kurağa mercimekten sonra en dayanıklı baklagil genusudur (Şehirli, 1988). Tanesinin kimyasal bileşimi, iklim, çevre, bitki besin maddeleri, toprak yapısı, agronomik uygulamalar, biyotik ve abiyotik stres faktörleri ve genotipe göre değişkenlik göstermektedir (Adak, 2021). İçerdiği proteinin yaklaşık %76-90 sindirilebilir durumdadır (Pekşen ve Artık, 2004). Nohut taneleri çiğ tüketildiğinde besinsel değerleri pek değişmez ancak, tüketimden önce yapılan fiziksel, biyokimyasal ve pişirme işlemleri besinsel değerlerinde değişime sebep olmaktadır. Pişirme işlemiyle nişasta ve proteinin sindirilebilirliği artmasına karşılık protein, mineral maddeler, nişasta, selüloz, hemiselüloz ve lignin konsantrasyonlarında azalmaların olduğu saptanmıştır (Adak, 2021). Nohut geleneksel kullanımda kuru bakliyat olarak tüm tane şeklinde tüketilse de nohut unu,

humus, leblebi ve baharatlı nohut cipsi şeklinde de tüketilmektedir (Özaktan ve ark. 2022; Atmaca, 2008; Özaktan, 2021). Türkiye'de kişi başı nohut tüketimimiz 6.65 kg/kişi ile dünya ortalamasının (1.34 kg/kişi) çok üstünde ve ilk sıradadır.

Nohutta pişme süresi çeşit, yetiştirme koşulları, iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Wang ve ark. 2017). Pişme süresi kalıtsal bir özellik olup, çeşitler arasında farklılıklar göstermektedir (Özaktan, 2021; Kaur ve ark., 2005). Teknolojik özellikler değerlendirilirken yaş ağırlık, ıslak hacim, şişme kapasitesi, şişme indeksi, su alma kapasitesi ve su alma indeksi değerlerinin yüksek ve pişme süresinin kısa olması istenir (Gülümser ve ark., 2008). Pişme süresi pişme kalitesinin sadece bir ögesidir. Bununla birlikte pişme sonrasındaki tane görünümü, kabuk atmama, tat, koku gibi özellikler de tüketicinin isteğine göre değişmektedir. Nohutta pişme süresi ve pişme kalitesinin iyileştirilmesi önemli ıslah parametreleri arasında yer almaktadır (Adak, 2021).

Bu çalışmada, Kayseri koşullarında yetiştirilmiş olan nohut çeşitlerinin teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve birbirleri ile ilişkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Denemenin yapıldığı Kayseri iline ait iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde denemenin vejetasyon dönemini kapsayan Nisan- Ağustos ayları arası ortalama sıcaklık Nisan ve Haziran ayları haricinde uzun yıllar ortalamasının altında seyretmiştir. Aylık toplam yağış miktarı bakımından ise Nisan, Temmuz ve Ağustos aylarında uzun yıllar ortalamasının altında seyretmiş, Mayıs ve Haziran aylarında ise uzun yıllar ortalamasının yaklaşık iki katı yağış gözlemlenmiştir.

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

Çizelge 1: Kayseri ili 2022 yılı ve uzun yıllara ait iklim verileri

Aylar	2022		Uzun yıllar ortalaması	
	Aylık ortalama sıcaklık(°C)	Aylık toplam yağış (mm)	Aylık ortalama sıcaklık(°C)	Aylık toplam yağış (mm)
Ocak	-2,2	44,1	-1,0	38,0
Şubat	2,4	25,3	0,5	38,9
Mart	0,4	69,5	5,6	49,6
Nisan	13,4	23,1	10,7	46,9
Mayıs	13,8	72,1	15,1	57,9
Haziran	19,9	82,9	19,3	40,6
Temmuz	21,6	0,6	22,7	11,9
Ağustos	25,1	---	22,6	9,5

Çizelge 2: Deneme arazisine ait toprak analiz sonuçları

Yıllar	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	pH	EC (Mmhos/cm)	Organik madde (%)	P ₂ O ₅ (kg/da)	Kireç (%)
2022	13.25	12.45	73.60	Kumlu tınlı	7.33	1.09	0.119	5.22	1.64

Deneme arazisinin farklı lokasyonlarından 0-30 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin analizi Erciyes Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Toprak analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde deneme arazisinin kumlu-tınlı toprak sınıfına sahip, hafif alkali, tuzsuz, organik madde bakımından düşük (Anonim, 2018), yarayışlı fosfor bakımından düşük sınıfta (Ülgen ve Ateşalp, 1972) ve kireç bakımından kireçli toprak sınıfında yer almıştır (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Materyal

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak Tunç, Aslanbey, Nihatbey, Karlı, Atabay, Göktürk, Aydoğan, Bahadır ve Çiftçi nohut çeşitleri kullanılmıştır. Çalışma, 2022 yetiştirme sezonunda Erciyes Üniversitesi merkez kampüsünde bulunan Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERUTAM), Yıldırım Beyazıt İstasyonu’nda yürütülmüştür. Deneme, 08.04.2022 tarihinde sıra arası 30 cm, sıra üzeri 5 cm ve ekim derinliği 5 cm olacak şekilde el ile Tesadüf Bloklar Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak

kurulmuştur. Parsel uzunluğu 3 m ve her parsel 6 sıra olarak, parsel ve blok arası 1 m olarak ekimi gerçekleştirilmiştir. Ekimden sonra çıkışların homojen olmasının sağlanması amacıyla bir kez yağmurlama sulama yapılmıştır. Ekim öncesi dekara saf 5 kg P₂O₅ ve 2 kg N uygulanmıştır. Çiçeklenme dönemi öncesinde yabancı ot kontrolü ve toprağın havalandırılması amacıyla bir defa el ile çapalama işlemi yapılmıştır. Yetiştirme sezonu boyunca nohut sineği ve antraknoza karşı Decis 2,5 EC ve Bellis ticari isimli ilaçlarla kimyasal mücadele yapılmıştır. Hasat olgunluğuna erişen çeşitler ayrı ayrı hasat edilmiştir. Hasatta her parselin başından ve sonundan 0.5 metre ve parselin her iki kenarındaki birer sırası kenar tesiri olarak atılmış ve kalan kısımdan örnekler alınmıştır.

Yöntem

Teknolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Kuru ağırlık, kuru hacim, yaş ağırlık, ıslak hacim, su alma kapasitesi, su alma indeksi, hidrasyon katsayısı, şişme kapasitesi, şişme indeksi, birim hacim ağırlığı, pişme süresi ve pişme sonrası dağılan tane sayısı Özaktan (2021)

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

tarafından kullanılan yöntemle göre belirlenmiştir.

Kuru Ağırlık (K.A.)(g): 70 °C sabit sıcaklıkta 24 saat boyunca etüvde bekletilen tanelerden tesadüfi olarak seçilmiş 100 tane ağırlığı 0,01 g hassasiyetinde terazide tartılarak belirlenmiştir.

Yaş Ağırlık (Y.A.)(g): Kuru ağırlığı alınan 100 tane yaklaşık 150 ml saf su içerisinde 16 saat bekletildikten sonra çıkarılıp peçete ile yüzeyindeki fazla su uzaklaştırıldıktan sonra 0,01 g hassasiyetinde terazi ile tartılıp yaş ağırlık olarak kaydedilmiştir.

Kuru hacim (K.H.)(ml): Kuru ağırlığı alınmış olan 100 tane 100 ml dereceli silindir içine alınıp üzerini geçecek kadar su eklenmiş toplam hacimden eklenen su miktarı çıkarılarak belirlenmiş ve kaydedilmiştir.

Islak Hacim (I.H.)(ml): 16 saat suda bekletilmiş taneler kurulandıktan sonra 250 ml dereceli silindir içerisinde üzerini geçecek kadar su eklenmiş ve dereceli silindir üzerinde okunan değerden eklenen su miktarı çıkarılarak belirlenmiştir.

Su alma kapasitesi (S.A.K.)(g/tane):

$$S. A. K = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{100 - \text{Şişmeyen Tane Sayısı}}$$

Su Alma İndeksi (S.A.İ.)(%):

$$S. A. İ = \frac{\text{Şişme Kapasitesi}}{\text{Kuru Ağırlık}}$$

Hidrasyon Katsayısı (H.K.)(%):

$$H. K. = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{\text{Kuru Ağırlık}} \times 100$$

Şişme Kapasitesi (Ş.K.)(ml/tane):

$$Ş. K = \frac{\text{Islak hacim} - \text{Kuru Hacim}}{100 - \text{Şişmeyen Tane Sayısı}}$$

Şişme İndeksi (Ş.İ.)(%):

$$Ş. İ = \frac{\text{Islak Hacim}}{\text{Kuru Hacim}}$$

Birim Hacim Ağırlığı (B.H.A.)(g/ml):

$$B. H. A. = \frac{\text{Kuru Ağırlık}}{\text{Kuru Hacim}}$$

Pişme Süresi (P.S.)(dk): 220 °C ısıtıcı üzerinde 600 ml hacme sahip erlenmayer içerisinde

yaklaşık 500 ml su kaynatılır. Önceden 16 saat ıslatılmış olan 100 adet tohum yaklaşık 500 ml kaynamakta olan su içerisine atılıp 30 dk sonra kontrol edilir ve bu süreden itibaren her 5 dk da bir kaynamakta olan sudan tesadüfen seçilen bir tane kontrol edilmiştir. Tane kotiledonundaki beyaz rengin kayb olduğu süre pişme süresi olarak kaydedilmiştir.

Pişme Sonrası Dağılan Tane Sayısı (P.S.D.T.)(adet): Tanelerin pişirme işlemi tamamlandıktan sonra pişme süresi kaydedildikten sonra pişmiş tanelerin suyu süzülür ve tane bütünlüğünü kaybetmiş dağılmış olan taneler sayılarak pişme sonrasında dağılan tane sayısı belirlenir ve kaydedilir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda elde edilen veriler “JMP 13.2.0” istatistik paket programı ile tesadüf blokları deneme desenine göre PCA, korelasyon ve varyans analizleri yapılmıştır. Çeşit ortalamaları Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır (Snedecorand Cochran, 1967).

Bulgular ve Tartışma

Kayseri ekolojik koşullarında yetiştirilmiş olan nohut çeşitlerinde teknolojik özelliklerden kuru ağırlık, kuru hacim, yaş ağırlık, ıslak hacim, su alma kapasitesi ve su alma indeksi değerlerine ait ortalama değerleri ve Tukey grupları çizelge 3’de özetlenmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde çeşitlerin kuru ağırlık, kuru hacim, yaş ağırlık, ıslak hacim, su alma kapasitesi ve su alma indeksi değerleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Ortalama kuru ağırlık değeri 38.87 g olarak belirlenmiştir. Kuru ağırlık değerleri 35.65-45.89 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek kuru ağırlık değerine sahip çeşitler sırasıyla 45.89 ve 45.61 g ile Aslanbey ve Atabay çeşitleri olmuş istatistiksel olarak aynı ve en yüksek sınıfta yer almışlardır. En düşük kuru ağırlık değeri ise 35.73 g ile Bahadır çeşidinden elde edilmiş ve ayrıca Aslanbey ve Atabay dışındaki tüm çeşitler istatistiksel olarak en düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 3). Nohutta teknolojik özelliklerin incelendiği diğer çalışmalarda Şamcı ve Sözen (2018) kuru tane ağırlığının 26.6- 64.0 g, Mart ve ark. (2021a) 35.32- 49.84 g olarak belirlediklerini bildirmişlerdir.

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

Çizelge 3 Kayseri ekolojik koşullarında yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuru ağırlık, kuru hacim, yaş ağırlık, ıslak hacim, su alma kapasitesi ve su alma indeksi değerlerine ait ortalama değerler ve Tukey grupları

Çeşitler	K.A	K.H	Y.A	I.H	S.A.K	S.A.İ
Aslanbey	45.89 a	42.00 a	101.89 a	99.33 a	0.56 a	1.22 ab
Atabay	45.61 a	39.33 ab	93.33 ab	87.33 ab	0.48 abc	1.05 c
Aydoğan	37.45 b	34.00 bc	82.41 bc	83.33 b	0.45 bc	1.20 b
Bahadır	35.73 b	31.33 c	77.36 c	78.67 b	0.42 c	1.17 bc
Çiftçi	36.92 b	34.00 bc	82.60 bc	84.67 ab	0.46 bc	1.24 ab
Göktürk	35.65 b	32.67 c	78.91 bc	80.00 b	0.43 bc	1.21 ab
Karlı	38.49 b	34.00 bc	85.21 bc	86.67 ab	0.47 bc	1.21 ab
Nihatbey	38.08 b	34.00 bc	89.44 abc	78.67 b	0.51 ab	1.35 a
Tunç	36.01 b	32.67 c	79.95 bc	82.00 b	0.44 bc	1.23 ab
Ortalama	38.87	34.89	85.68	84.52	0.47	1.21
F Değeri						
Çeşit	8.429*	7.200*	7.008*	4.319*	6.325*	7.378*
Blok(Tek.)	7.393*	4.267*	3.572	3.681*	1.184	5.469*

*: Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.05$), ** Sırasıyla 0.05 ve 0.01 olasılık düzeylerinde istatistik olarak önemlidir. K.A: kuru ağırlık (g), K.H: kuru hacim (ml), Y.A: yaş ağırlık (g), I.H: ıslak hacim (ml), S.A.K: su alma kapasitesi (g/tane), S.A.İ: su alma indeksi (%)

Ortalama kuru hacim değeri 34.89 ml olarak belirlenmiştir. Kuru hacim değerleri 31.33-42.00 ml arasında değişim göstermiştir. En yüksek kuru hacim değerine sahip çeşit 42.00 ml ile Aslanbey olurken, bunu 39.33 ml ile Atabay çeşidi takip etmiş ve istatistiksel olarak en yüksek sınıfta yer almışlardır. En düşük kuru hacim değeri ise 31.33 ml ile Bahadır çeşidinden elde edilmiş ve ayrıca Göktürk ve Tunç çeşitleri de istatistiksel olarak en düşük sınıfta yer almışlardır (Çizelge 3). Literatür incelendiğinde, nohut bitkisinde kuru hacim değerini Özaktan (2021) 25.67- 41.67 ml olarak belirlemiş ve yapılan çalışma ile uyumludur. Mart ve Akın (2022) 75-00- 91.00 ml olarak belirlemişler ve çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyumlu bulunmamıştır. Aradaki farkın, toprak özellikleri, yetiştirme dönemi ve iklim özelliklerinden ileri geldiği varsayılmaktadır.

Ortalama yaş ağırlık 85.68 g olarak belirlenmiş ve yaş ağırlık değerleri 77.36- 101.89 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaş ağırlık değeri 101.89 g ile Aslanbey çeşidinden elde edilmiş olup, Atabay ve Nihatbey çeşitleri de istatistiksel olarak en yüksek sınıfta yer almıştır. En düşük yaş ağırlık 77.36 g ile Bahadır

çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 3). İncelenen diğer çalışmalarda nohut bitkisinde yaş ağırlık değerlerini Mart ve ark. (2022) 72.21- 97.70, Sarımurat ve ark. (2022) 67.10- 84.76 g ve Özaktan (2021) 78.41- 103.85 g arasında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Ortalama ıslak hacim değeri 84.52 ml olarak belirlenmiştir. Islak hacim değerleri 78.67-99.33 ml arasında değişim göstermiştir. En yüksek ıslak hacim değeri 99.33 ml ile Aslanbey çeşidinden elde edilmiştir. Atabay, Çiftçi ve Karlı çeşitleri de istatistiksel olarak en yüksek değere sahip olan Aslanbey çeşidi ile aynı grupta yer almıştır. En düşük ıslak hacim değeri ise 78.67 ml ile Bahadır ve Nihatbey çeşitlerinden elde edilmiş ve ayrıca Aydoğan, Göktürk ve Tunç çeşitleri de istatistiksel olarak en düşük sınıfta yer almışlardır (Çizelge 3). Elde edilen sonuçlar, Kaya ve ark. (2016) ve Özaktan (2021) ile uyumludur.

Ortalama su alma kapasitesi 0.47 g/tane olarak belirlenmiştir. Su alma kapasitesi 0.42- 0.56 g/tane arasında değişim göstermiştir. En yüksek su alma kapasitesi 0.56 g/tane ile Aslanbey çeşidinden elde edilmiştir. Atabay ve Nihatbey çeşitleri de istatistiksel olarak en yüksek sınıfta yer almışlardır. En düşük su alma kapasitesine

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

sahip çeşit ise 0.42 g/tane ile Bahadır çeşidi olmuştur. (Çizelge 3). İncelenen diğer çalışmalarda su alma kapasitesi değerlerini Mart ve ark. (2021a) 0.37- 0.52 g/tane, Kaya ve ark. (2016) 0.39- 0.72 g/tane ve Sarımurat ve ark. (2022) 0.26- 0.43 g/tane aralığında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ortalama su alma indeksi değeri %1.21 olarak belirlenmiştir. Su alma indeksi % 1.05 ile 1.35 arasında değişim göstermiştir. En yüksek su alma indeksine sahip çeşit %1.35 ile Nihatbey

Çizelge 4 Kayseri ekolojik koşullarında yetiştirilen nohut çeşitlerinin hidrasyon katsayısı, şişme kapasitesi, şişme indeksi, birim hacim ağırlığı, pişme süresi ve pişme sonrasında dağılan tane sayısı değerlerine ait ortalama değerler ve Tukey grupları

Çeşitler	H.K	Ş.K	Ş.İ	B.H.A	P.S	P.S.D.T
Aslanbey	122.20 ab	0.57 a	2.37 ab	1.09 ab	39.33 bc	20.00 a
Atabay	104.67 c	0.48 ab	2.22 b	1.16 a	40.67 bc	1.33 b
Aydoğan	120.17 b	0.49 ab	2.46 ab	1.10 ab	39.67 bc	1.33 b
Bahadır	116.50 bc	0.47 ab	2.51 a	1.14 ab	42.67 ab	0.00 b
Çiftçi	123.90 ab	0.51 ab	2.49 ab	1.09 b	42.67 ab	0.00 b
Göktürk	121.33 ab	0.47 ab	2.45 ab	1.09 ab	37.67 c	4.00 b
Karlı	121.43 ab	0.53 ab	2.55 a	1.13 ab	45.33 a	0.00 b
Nihatbey	135.40 a	0.45 b	2.32 ab	1.12 ab	42.67 ab	4.00 b
Tunç	122.70 ab	0.49 ab	2.52 a	1.10 ab	43.00 ab	4.00 b
Ortalama	120.92	0.50	2.43	1.11	41.52	3.85
F Değeri						
Çeşit	7.378*	2.922*	3.863*	3.317*	7.713*	14.636**
Blok(Tek.)	5.469*	2.327	0.243	2.846	1.096	1.164

*: Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.05$), ** Sırasıyla 0.05 ve 0.01 olasılık düzeylerinde istatistiki olarak önemlidir. H.K: hidrasyon katsayısı (%), Ş.K: şişme kapasitesi (ml/tane), Ş.İ: şişme indeksi (%), B.H.A: birim hacim ağırlığı (g/ml), P.S: pişme süresi (dk), P.S.D.T: pişme sonrasında dağılan tane (adet)

Kayseri koşullarında yetiştirilen nohut çeşitlerinin teknolojik özelliklerinden hidrasyon katsayısı, şişme kapasitesi, şişme indeksi, birim hacim ağırlığı pişme süresi ve pişme sonrasında dağılan tane sayısı değerlerine ait ortalama değerler ve Tukey grupları çizelge 4 de verilmiştir. Çizelge 4 incelendiği zaman çeşitlerin hidrasyon katsayısı, şişme kapasitesi, şişme indeksi, birim hacim ağırlığı ve pişme süresi üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 ve pişme sonrası dağılan tane sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

çeşidi olurken Aslanbey, Çiftçi, Göktürk, Karlı ve Tunç çeşitleri de istatistiksel olarak aynı ve en yüksek sınıfta yer almışlardır. En düşük su alma indeksi değerine sahip çeşit ise %1.05 ile Atabay çeşidi olmuştur (Çizelge 3). Su alma indeksi yönünden incelenen diğer çalışmalarda Sastry ve ark. (2019) %0.88- 1.60, Uzun ve ark. (2012) %0.963- 1.227 ve Mart ve ark. (2021a) %0.95- 1.09 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ortalama hidrasyon katsayısı % 120.92 olarak bulunmuştur. Hidrasyon katsayısı değerleri %104.67- 135.40 arasında değişim göstermiş olup, en yüksek hidrasyon katsayısına sahip çeşit %135.40 ile Nihatbey çeşidi olmuş ve ayrıca Aslanbey, Çiftçi, Göktürk, Karlı ve Tunç çeşitleri de istatistiksel olarak en yüksek sınıfta yer almıştır. En düşük değer ise %104.67 ile Atabay çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Çalışmadan elde edilen sonuçlar Özaktan (2021) ile benzer bulunmuştur. Şişme kapasitesi göz önüne alındığında çeşitlerin ortalama şişme kapasitesi 0.50 ml/tane

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

olarak belirlenmiştir. Şişme kapasitesi değeri 0.45- 0.57 ml/tane arasında değişim göstermiştir. En yüksek şişme kapasitesine sahip çeşit 0.57 ml/tane ile Aslanbey çeşitidir. Nihatbey haricindeki diğer tüm çeşitler istatistiksel olarak aynı ve en yüksek sınıfta yer almıştır. En düşük değer ise 0.45 ml/tane ile Nihatbey çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). İncelenen şişme kapasitesi karakteri bakımından yapılmış olan diğer çalışmalar göz önüne alınacak olursa, şişme kapasitesini Sastry ve ark. (2019), 0.082- 0.463 ml/tane, Mart ve ark. (2021a) 0.34- 0.54 ml/tane, Kaya ve ark. (2016), 0.253- 1.153 ml/tane ve Özaktan (2021) 0.457- 0.617 ml/tane arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Şişme indeksi değerleri %2.22- 2.55 arasında değişim göstermiştir. Ortalama şişme indeksi %2.43 olarak belirlenmiştir. En yüksek şişme indeksi değerine sahip çeşitler sırasıyla %2.55 ile Karlı ve %2.51 ile Bahadır çeşidi olmuştur. Aslanbey, Aydoğan, Çiftçi, Göktürk ve Nihatbey çeşitleri de istatistiksel olarak aynı ve en yüksek grupta yer almışlardır. En düşük değerinde elde edildiği çeşit %2.22 ile Atabay çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Şişme indeksi değerinin, Mart ve ark. (2021b) %2.21- 2.48, Mart ve ark. (2022) %2.12- 2.59 olarak bulunduğunu bildirmişlerdir.

Birim hacim ağırlığı ortalama değeri 1.11 g/ml olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı değerleri çeşitlere göre 1.09- 1.16 g/ml arasında değişim göstermiştir. En yüksek birim hacim ağırlığı 1.16 g/ml ile Atabay çeşidinden elde edilirken, Çiftçi haricindeki tüm çeşitler istatistiksel olarak en yüksek değere sahip çiftçi çeşidi ile aynı sınıfta yer almışlardır. En düşük değer 1.09 g/ml ile Çiftçi çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Çalışma sonucunda elde edilen birim hacim ağırlığı değeri Özaktan (2021) ile uyumludur.

Çeşitlerin pişme süresi 37.67- 45.33 dk arasında değişim göstermiştir. En uzun pişme süresine sahip çeşit 45.43 dk ile Karlı çeşidi olmuştur. Bahadır, Çiftçi, Nihatbey ve Tunç çeşitleri de istatistiksel olarak en yüksek sınıfta yer almışlardır. En düşük değer ise 37.67 dk ile Göktürk çeşidinden elde edilmiştir. Çeşitlerin ortalama pişme süresi ise 41.52 dk olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde nohutta pişme süresini

Özer ve ark. (2010) 33- 72 dk ve Kaya ve ark. (2016) 30- 90 dk arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Pişme sonrasında dağılan tane sayısı çeşitlere göre 0.00- 20.00 adet arasında değişim göstermiştir. En yüksek dağılan tane sayısı 20.00 adet ile Aslanbey çeşidinden elde edilmiştir. Aslanbey çeşidi haricindeki diğer tüm çeşitler istatistiksel olarak aynı ve en düşük sınıfta yer almışlardır (Çizelge 4). Pişme sonrasında dağılan tane sayısını Özaktan (2021), 1.33- 14.67 adet olarak belirlediğini bildirmişdir.

İncelenen Özellikler Arası Korelasyon Katsayıları

Çalışmada incelenen özelliklerden elde edilen sonuçlara göre belirlenen korelasyon katsayıları çizelge 5’de verilmiştir. Çizelge 5 göz önüne alındığı zaman kuru ağırlık ile kuru hacim ($r=0.973^{**}$), yaş ağırlık ($r=0.929^{**}$), ıslak hacim ($r=0.815^{**}$), su alma kapasitesi ($r=0.752^{**}$), şişme kapasitesi ($r=0.505^{*}$) ve pişme sonrası dağılan tane sayısı ile ($r=0.591^{*}$) aralarında önemli pozitif ilişki ve şişme indeksi ile ($r=-0.721^{**}$) arasında önemli negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Kuru hacim ile yaş ağırlık ($r=0.952^{**}$), ıslak hacim ($r=0.892^{**}$), su alma kapasitesi ($r=0.817^{**}$), şişme kapasitesi ($r=0.615^{*}$) ve pişme sonrasında dağılan tane sayısı arasında ($r=0.719^{**}$) önemli ve pozitif ilişki tespit edilmiş ve ayrıca şişme indeksi ile ($r=-0.661^{**}$) negatif ilişki tespit edilmiştir. Yaş ağırlık ile ıslak hacim ($r=0.825^{**}$), su alma kapasitesi ($r=0.943^{**}$), şişme kapasitesi ($r=0.543^{*}$) ve pişme sonrası dağılan tane sayısı ($r=0.737^{**}$) arasında önemli ve pozitif, şişme indeksi ($r=-0.680^{**}$) ile arasında önemli negatif ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Islak hacim ile su alma kapasitesi ($r=0.734^{**}$), şişme kapasitesi ($r=0.905^{**}$) ve pişme sonrasında dağılan tane sayısı ($r=0.764^{**}$) arasında önemli pozitif ilişki olduğu bulunmuştur. Su alma kapasitesi ile şişme kapasitesi ($r=0.511^{*}$), şişme indeksi ($r=0.560^{*}$) ve pişme sonrasında dağılan tane sayısı ($r=0.780^{**}$) arasında önemli ve pozitif ilişki belirlenmiştir. Su alma indeksi ile birim hacim ağırlığı ($r=-0.549^{*}$) arasında önemli negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Hidrasyon katsayısı ile birim hacim ağırlığı ($r=-0.549^{*}$) önemli ve negatif ilişki olduğu belirlenmiştir.

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

Şişme kapasitesi ile pişme sonrası dağılan tane sayısı arasında ($r=0.656^{**}$) pozitif ve önemli ilişki bulunmuştur.

Çizelge 5. İncelenen karakterler arasındaki korelasyon katsayıları (r)

	K.A	K.H	Y.A	I.H	S.A.K	S.A.İ	H.K	Ş.K	Ş.İ	B.H.A	P.S	P.S.D.T
K.A	1,00	0,97	0,93	0,82	0,75	-0,43	-0,43	0,51	-0,72	0,29	-0,24	0,59
K.H		1,00	0,95	0,89	0,82	-0,31	-0,31	0,62	-0,66	0,06	-0,34	0,72
Y.A			1,00	0,83	0,94	-0,06	-0,06	0,54	-0,68	0,09	-0,19	0,74
I.H				1,00	0,73	-0,22	-0,22	0,90	-0,25	-0,15	-0,20	0,76
S.A.K					1,00	0,27	0,27	0,51	-0,56	-0,11	-0,12	0,78
S.A.İ						1,00	1,00	-0,10	0,24	-0,55	0,20	0,17
H.K							1,00	-0,10	0,24	-0,55	0,20	0,17
Ş.K								1,00	0,18	-0,33	-0,03	0,66
Ş.İ									1,00	-0,34	0,41	-0,29
B.H.A										1,00	0,37	-0,39
P.S											1,00	-0,44
P.S.D.T												1,00

K.A: kuru ağırlık, K.H: kuru hacim, Y.A: yaş ağırlık, I.H: ıslak hacim, S.A.K: su alma kapasitesi, S.A.İ: su alma indeksi, H.K: hidrasyon katsayısı, Ş.K: şişme kapasitesi, B.H.A: birim hacim ağırlığı, P.S: pişme süresi, P.S.D.T: pişme sonrasında dağılan tane

Nohutta özellikler arası ilişkilerinin incelendiği diğer çalışmalarda Özaktan (2021) kuru ağırlık ile yaş ağırlık, ıslak hacim ve su alma kapasitesi arasında önemli ve yüksek pozitif korelasyon olduğunu, ıslak hacim ile şişme indeksi ve birim hacim ağırlığı arasında yüksek ve negatif korelasyon olduğunu su alma kapasitesi ile ıslak hacim ve yaş ağırlık arasında önemli pozitif korelasyon ve pişme süresi ile diğer parametreler arasındaki ilişkilerin önemsiz olduğunu bildirmiştir. Uzun ve ark. (2012) su alma indeksi ile hidrasyon kapasitesi arasında önemli pozitif korelasyon olduğunu belirlediklerini bildirmişlerdir. Tripathi ve ark. (2012) Şişme kapasitesi ile şişme indeksi arasında pozitif önemli korelasyon olduğunu ve pişme süresi ile oluşan korelasyonun negatif ve önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Williams ve ark. (1983) pişme süresi ile şişme kapasitesi arasında

pozitif ve önemli ilişki tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Biplot Analizi

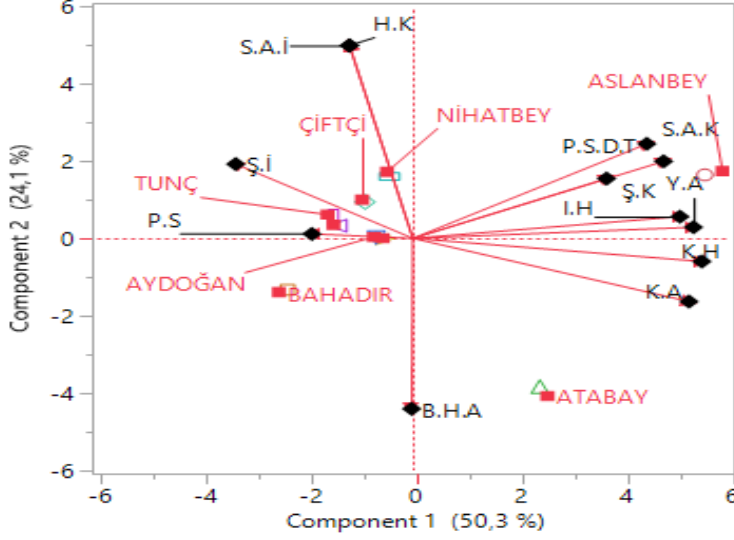
Kayseri koşullarında yetiştirilen bazı nohut çeşitlerinin teknolojik özelliklerine ilişkin biplot analizi çıktısı şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1 göz önüne alındığı zaman özdeğeri 1’den yüksek olan 4 adet temel bileşen eksenine olduğu görülmektedir. Birbirinden bağımsız toplam 8 adet temel bileşen eksenine elde edilmiştir. Toplam varyasyonun %74.421 ini oluşturan ilk 2 temel bileşen (PC1 ve PC2) eksenine ait özdeğerler sırasıyla 6.03 ve 2.89 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında yapılan temel bileşenler analizinin başarı ile yorumlanabileceğini ifade etmektedir (Mohammadi and Prasanna, 2003; Gozen 2008; Özaktan ve ark., 2022). Atabay çeşidinin kuru

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

ağırlık ve kuru hacim bakımından diğer çeşitlerden ayrılması ve ayrı bölgede bulunması bu özellikler bakımından diğer çeşitlere nazaran sayısı, yaş ağırlık, ıslak hacim, su alma kapasitesi ve şişme kapasitesi özellikleri ile Aslanbey çeşidinin eksenlerinin aynı doğrultuda

daha üstün olduğunu göstermektedir. Pişme sorasında dağılan tane

olması da bu özellikler bakımından Aslanbey çeşidinin üstün olduğunu göstermektedir.



Eksenler	Öz değer	Varyans	Toplam varyans
1	6.0383	50.319	50.319
2	2.8923	24.102	74.421
3	1.5112	12.593	87.014
4	1.3003	10.836	97.850
5	0.2026	1.688	99.538
6	0.0550	0.458	99.997
7	0.0003	0.003	99.999
8	0.0001	0.001	100.000

Şekil 1: Çeşitler ve incelenen parametreler üzerine yapılan biplot analizi ve değerleri

K.A: kuru ağırlık, K.H: kuru hacim, Y.A: yaş ağırlık, I.H: ıslak hacim, S.A.K: su alma kapasitesi, S.A.İ: su alma indeksi, H.K: hidrasyon katsayısı, Ş.K: şişme kapasitesi, B.H.A: birim hacim ağırlığı, P.S: pişme süresi, P.S.D.T: pişme sonrasında dağılan tane

Sonuç ve Öneriler

Kayseri koşullarında yetiştirilen bazı nohut çeşitlerinin teknolojik özelliklerinin ve aralarındaki ilişkilerinin belirlendiği çalışmadan elde edilen bulgular ışığında incelenen tüm özellikler üzerine çeşitlerin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İncelenen karakterler bakımından Aslanbey çeşidi diğer çeşitlere nazaran üstün özellikler göstermesine rağmen pişme sonrasında tanelerin dağılması istenmeyen bir özellik olduğundan dolayı önerilmemektedir. Atabay çeşidi incelenen kuru

ağırlık, kuru hacim, yaş ağırlık, ıslak hacim, su alma kapasitesi, şişme kapasitesi ve birim hacim ağırlığı bakımından üst sınıfta yer alması pişme süresinin kısa olması ve pişme sonrasında tane bütünlüğünü korumasından dolayı Kayseri koşullarında üretilmesinin ve tüketilmesinin uygun olduğu düşünülmektedir. Temel bileşenler analizi sonucunda, Atabay çeşidi diğer çeşitlerden ayrı bir bölgede bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda incelenen karakterler arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Ancak daha kesin sonuçlar için

Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Belirlenmesi

denemenin bir yıl daha tekrarlanması veya farklı lokasyonda tekrarlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 2018. www.naturalresources.sa.gov.au/.../140916-standard-tests-a...Erişim tarihi: 15.05.2018
- Adak, M. S., 2021. Yemeklik Baklagiller Ankara Üniversitesi Yayınları 699. Ders Kitabı: 53:102 s.
- Atmaca, E. 2008. Eskişehir koşullarında bazı nohut çeşit ve hatlarında farklı ekim zamanı ve sıra arası mesafelerinin verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkisi. Fen Bilimleri Enst. Tarla Bitkileri Bölümü Ankara.
- Gaur, P.M., Singh, M.K., Samineni, S., Sajja, S.B., Jukanti, A.K., Kamatam, S., & Varshney, R.K. 2016. Inheritance of protein content and its relationships with seed size, grain yield and other traits in chickpea. *Euphytica*, 209: 253-260. DOI 10.1007/s10681-016-1678-2
- Gozen, V. 2008. Morphologic Characterization in Hybrid Greenhouse Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Breeding and Determination of Appropriate Hybrid Combinations and Hybrid Seed Quality. Ankara University Graduate School of Natural and Applied Science Department of Horticulture, Ph.D. Thesis, 185s, Ankara.
- Gülümser, A., H. Bozoglu, E. Pekşen. 2008. Edible legumes (Application Book), 2nd edition, OMU Faculty of Agriculture, Samsun.
- Kaur, M., Singh, N., & Sodhi, N. S. (2005). Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 69, 511–517. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.09.002>
- Mart, D., & Akın, R. (2022). Investigation of Quality Traits of Some Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties Winter Grown in Different Locations. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(3), 520–529.
- Mart, D., Akın, R., Türkeri, M., Atmaca, E., & Mart, S. (2022). Evaluation of Morphological, Quality and Yield Characteristics of Some Registered Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties in the Eastern-Mediterranean Region. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(3), 555–562.
- Mart, D., Türkeri, M., Akın, R., Atmaca, E., Dumrul, S. E., Çankaya, N., Ökdem, G., Yücel, D., Karaköy, T., Mart, S., & Anlarsal, E. (2021a). Evaluation of Morphological , Quality and Yield Characteristics of Some Registered Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties in The Eastern-Mediterranean Region. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 7(2), 116–124.
- Mart, D., Türkeri, M., Akın, R., Atmaca, E., Yücel, D., Karaköy, T., Ökdem, G., Dumlu, S. E., Çankaya, N., Mart, S., & Can, C. (2021b). Doğu Akdeniz Bölgesinde İleri Çıkmış Nohut (*Cicer arietinum* L.) Hatlarında Kışlık Ekimde Verim ve Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Çukurova J. Agric. Food Sci.*, 36(2), 345–356. <https://doi.org/10.36846/cjafs.2021.61>
- Mohammadi, S.A. & Prasanna, B.M. 2003. Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Science* 43, 1235–1248. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1235>
- Özaktan, H., ve Erol, O. (2023). Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Bazı Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi* 6(1):67-72

**Kayseri Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Tescilli Nohut (*Cicer arietinum* L.)
Çeşitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle
Belirlenmesi**

- Özaktan, H., Kıbık, G., ve Erol, O. (2022). Yeni Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Kayseri Koşullarında Agro-morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(2):62-70
- Özaktan, H. (2021). Technological Characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars Grown Under Natural Conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(2), 235–243. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1018627>
- Özer, S., Karaköy, T., Toklu, F., Baloch, F. S., Kilian, B., & Özkan, H. (2010). Nutritional and physicochemical variation in Turkish kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces. *Euphytica*, 175, 237–249. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0174-3>
- Pekşen, E., Artık, C., (2005). Antibesinsel Maddeler Ve Yemeklik Tane Baklagillerin Besleyici Değerleri. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20(2), 110-120.
- Şamcı, A., & Sözen, Ö. (2018). Yerel Nohut Genotiplerinin Bazı Kalite Parametrelerinin Ortaya Konulması. 21. Yüzyılda Fen ve Teknik, 5(9), 19–28.
- Sarimurat, M. Ş., Kulaz, H., & Erdin, F. (2022). Determination of Yield and Quality Characteristics of Some Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties Cultivated in Van Ecological Conditions. *MAS Journal Of Applied Sciences*, 7(1), 128–138. <https://doi.org/10.52520/masjaps.211>
- Sastry, D. V. S. S. R., Upadhyaya, H. D., & Srinivas, T. R. (2019). Variation for seed physical and hydration properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) mini core collection and their relevance to conservation and utilization. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 17(4), 311–324. <https://doi.org/10.1017/S1479262119000030>
- Şehirali S. 1988. Yemeklik Tane Baklagiller, A.Ü. Ziraat Fakül.Yayımları 1089. Ders Kitabı: 314: 435 s.
- Tripathi, S., Sridhar, V., Jukanti, A. K., Suresh, K., Rao, B. V., Gowda, C. L. L., & Gaur, P. M. (2012). Genetic variability and interrelationships of phenological, physicochemical and cooking quality traits in chickpea. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 10(3), 194–201. <https://doi.org/10.1017/S1479262112000251>
- TUİK, 2023. (Web Sayfası: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>), (Erişim tarihi Nisan 2023)
- Uzun, A., Özçelik, H., & Yılmaz, S. (2012). Seçilmiş bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) hatlarının agronomik ve kalite özellikleri bakımından değerlendirilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 1(1), 29–36.
- Ülgen, N. ve M. Ateşalp, 1972. Toprak ve gübre araştırma Enstitüsü Teknik Yayınlar Serisi Sayı:21 Metin Matbaası, Ankara.
- Ülgen, N. ve N. Yurtsever, 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın No:28, Ankara.
- Williams, P. C., Nakoul, H., & Singh, K. B. (1983). Relationship between cooking time and some physical characteristics in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 492–496. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740340510>



Research Article

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Marcelle Michelotti Bettoni¹, Rafael Kudlawiec¹, Vivyan Justi Conceição², Lucas Bernaski¹, Tefide Kizildeniz³

ABSTRACT

In Brazil, cauliflower crop (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) is mainly a backyard gardening production, conducted in small areas of the country. However, its farming practice requires manpower as the production is mostly driven by family farming. Indeed, demand in labor and in sums, further coupled with environmental concerns and high production costs, seeks otherwise alternatives in providing greater efficiency, generating greater yield and quality, compared to other vegetables. Thus, the present study aimed to evaluate the biostimulant effect based on amino acids associated with a nutrient complex with high calcium and boron content in cauliflower cultivation. The experiment was carried out in the municipality of Campo Largo-PR, Brazil in a completely randomized design, with four treatments and three replications. The treatments consisted of 0.50; 0.75 and 1.0ml L⁻¹ doses, plus the control treatment (producer standard), which follows all recommendations for culture, without the addition of the product under study in this article. The applications were performed by foliar spraying, at fortnightly intervals. At the end of the cycle, at 96 days after transplantation, the following parameters were evaluated: plant height, head height, head width and length, number of leaves, stem diameter, the fresh mass of the head, and average yield. The use of the biostimulant based on amino acids, calcium, and boron had a positive effect on the cauliflower crop, with the best results obtained at the dose of 1 ml L⁻¹.

Keywords: Amino acids, Brassica, Cauliflower, Mineral nutrition, Olericulture, Vegetables

Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) Sebze Gelişimi için Amino Asit Biyostimülan Uygulaması

ÖZ

Brezilya'da karnabahar mahsulü (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) esas olarak ülkenin küçük bölgelerinde yürütülen bir arka bahçe bahçeciliği üretimidir. Bununla birlikte, üretim yoğunlukla aile çiftçiliği tarafından yönlendirildiğinden, çiftçilik uygulaması insan gücü gerektirir. Gerçekten de, çevresel kaygılar ve yüksek üretim maliyetleriyle daha da birleşen işgücü ve meblağlardaki talep, diğer sebzelere kıyasla daha fazla verimlilik sağlama, daha fazla verim ve kalite üretme konusunda başka alternatifler aramaktadır. Bu nedenle, bu çalışma karnabahar yetiştiriciliğinde kalsiyum ve bor içeriği yüksek bir besin kompleksi ile ilişkili amino asitlere dayalı biyostimülan etkiyi değerlendirmeyi amaçlamıştır. Deney, Brezilya'nın Campo Largo-PR belediyesinde, dört tedavi ve üç replikasyonla tamamen randomize bir tasarımda gerçekleştirilmiştir. Tedaviler 0.50; 0.75 ve 1.0ml L⁻¹ dozları ve ayrıca bu makalede incelenen ürün eklenmeden kültür için tüm önerileri takip eden kontrol tedavisi (üretici standardı). Uygulamalar iki haftalık aralıklarla yapraklardan ilaçlama ile gerçekleştirilmiştir. Döngünün sonunda, transplantasyondan 96 gün sonra, aşağıdaki parametreler değerlendirildi: bitki boyu, baş yüksekliği, baş genişliği ve uzunluğu, yaprak sayısı, gövde çapı, başın taze kütlesi ve ortalama verim. Amino asitler, kalsiyum ve bor bazlı biyostimülanın kullanımı karnabahar mahsulü üzerinde olumlu bir etkiye sahipti ve en iyi sonuçlar 1 ml L⁻¹ dozunda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Amino asitler, Brassica, Karnabahar, Mineral beslenme, Olerikültür, Sebzeler

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-2493-5890, 0000-0003-0715-6860, 0000-0002-6582-732X, 0000-0003-4807-0756, 0000-0002-5627-1307

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 05.10.2022

Kabul Tarihi: 27.12.2022

¹ Universidade Tuiuti do Paraná, Rua Sydnei Antonio Rangel Santos, 238, CEP 82.010-330, Curitiba, PR, BRAZIL

² Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Produção Vegetal - LPV Avenida Pádua Dias, 11 - Piracicaba/SP - CEP 13418-900. Tel.: (19) 3429-4190 – vivyan.conceicao@usp.br.

³Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Biosystem Engineering Department, 51240, Niğde, TÜRKİYE

*E-Posta: tizildeniz@ohu.edu.tr

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Introduction

Brazilian agriculture is the basis of the country's economic development, with the "green belts" being the main responsible for the supply of fruit and vegetables, which, for the most part, are supplied by small and medium-sized producers. The main vegetable-producing region in the state comprises the regional nucleus of Curitiba, which holds 40% of the state's production (DERAL/SEAB, 2021).

Vegetable crops are highly representative in the state of Paraná, according to the agricultural and vegetable production forecast of the Paraná rural economy department, which in its report includes tuberous, herbaceous, and fruit crops, with a cultivated area of 118,600.00 hectares and a production of 2,917,900 thousand tons generating a balance of 4,250,000,000 billion reais in the 2020 harvest (DERAL/SEAB, 2021). Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) can be produced throughout the year in much of Brazil (FILGUEIRA, 2008). Paraná has a cultivated area of 2,535 thousand hectares and an estimated production of 58,547.00 thousand tons, having generated a balance of 287,026,668 million reais in the 2020 harvest, corresponding to 7% of the total of other vegetable crops (DERAL/SEAB, 2021).

Crop yield and quality are affected by several factors, such as climatic factors, latitude, longitude, seasons of the year (Morais et al., 2012), soil type, water availability, and mineral nutrition, among others.

Aiming at achieving best performance of the culture, adequate management of fertilization must be carried out, it is recommended the administration of nitrogen, in the initial phase, followed by calcium and boron. Boron deficit creates serious issues in cauliflower, which is extremely susceptible to it. Boron has various roles in cauliflower, including flowering and nourishment, and has a direct influence on quality and final yield (Coutinho et al., 1993). Furthermore, boron is involved in various physiological processes targeting calcium metabolism, auxin synthesis, sugar metabolism, solute translocation, and protein synthesis (Thakur et al., 2019). Likewise, boron, calcium is of paramount importance in the plant, in

addition to its structural role in the interconnection of cell wall components (Brett and Waldron, 1996), it participates in physiological processes that occur in the cytoplasm, acting as a protective agent of metabolism (Plieth, 2005). For cauliflower, studies show that this nutrient is important both for increasing yield and for decreasing physiological disorders (Tremblay et al., 2005). Among the various techniques used to obtain qualitative and quantitative increases, there is the use of products with biostimulant effects, the biostimulants, which can be defined as mixtures of bioregulators or the mixture of these with other chemical compounds (Klahold et al., 2005). This definition, however, is neither formal nor accepted by regulatory bodies in Brazil, so far (Du Jardin, 2015).

The biostimulant has a systemic characteristic, having the ability to activate several sites in different locations in the plant (Pecha et al., 2012), acting in the cascade of signals and activating or deactivating several routes, optimizing the productive aspects according to the positive physiological effects that occur in the plant (Oliveira et al., 2017).

In Europe, in 2017, the biostimulant became part of plant nutrition products, being considered "a product that stimulates the nutrition processes of plants, regardless of the nutrient content of the product, with the sole objective of improving one or more of the following plant characteristics: (a) nutrient use efficiency, (b) tolerance to abiotic stresses, or (c) crop quality" (European Parliament, 2019).

Compounds such as amino acids belong to the list of substances of biostimulants that are naturally produced by plants, in addition to their structural function, they are related to the synthesis of vitamins, enzymes, hormones, and chlorophyll, as they have specific receptors inside cell membranes where interact to transmit signals, causing several morphophysiological and biochemical changes in plant structures (Ryan et al., 2002).

Some are also involved in the transport and storage of nutrients, such as glutamate, glutamine, and asparagine, which are involved in nitrogen metabolism (Campos, 2022). There are

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

also amino acids that act in the reduction of free radicals by acting on the routes of the antioxidant system, which has the effect of reducing stress in the plant and consequently affecting its yield (Teixeira, 2017).

Based on the above reference, the objective of this work was to evaluate the application of an amino acid-based biostimulant associated with a nutrient complex with high calcium and boron content in cauliflower cultivation.

Materials and Methods

Experimental Design, Plant and Soil Materials

The course conclusion work was conducted at the Fazenda Fausto Bernaski, located in the municipality of Campo Largo- Paraná, Brazil (25°23'S - 49°28'W). Soil analysis in the experimental area showed the following pH values (CaCl₂) = 4.70; pH SMP = 5.79 (Due to its simplicity, effectiveness, and rapidity, The Shoemaker-McLean-Pratt (SMP) buffer created by Shoemaker et al. (1961) is one of the most extensively used methods to estimate soil potential acidity in Brazil, utilized for evaluating lime demand of soil includes chromium and p-nitrophenol).; Mo g dm⁻³ = 24.10; P Mehlich (mg dm⁻³) = 27.07; K (cmol dm⁻³) = 0.56; Ca (cmol dm⁻³) = 4.00; Mg (cmol dm⁻³) = 2.10; Al (cmol dm⁻³) = 0.00; H+Al (cmol dm⁻³) = 5.80; Sum in Base (cmol dm⁻³) = 6.66; CTC (continuous thermophilic composting) (pH 7.0) (cmol dm⁻³) = 12.46; Bases V% = 53.4; Al (M%) = 0.0; Ca% = 32.1; Mg% = 16.8; K% = 4.5; S (mg dm⁻³) = 14.87; B (mg dm⁻³) = 0.17; Fe (mg dm⁻³) = 36.27; Cu (mg dm⁻³) = 0.80; Mn (mg dm⁻³) = 17.50; Zn (mg dm⁻³) = 2.15 (Agro TecSolo, agronomic analysis and consultancy, May 2022). The soil was prepared 15 days in advance and the transplant of seedlings of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), cultivar "Barcelona", was carried out on March 25, 2022, using a spacing of 0.75 m between rows and 0.60 m

between plants. The experimental design was completely randomized, with 4 treatments and 3 replications, constituting 12 experimental plots, containing 24 plants per plot, totaling 288 plants, and being evaluated 4 central plants per plot.

The treatments consisted of the application, via foliar, of the biostimulant product, in the following doses: 0.50, 0.75 and 1.0 mL L⁻¹, in addition to the control, which was the producer standard, as recommended for the culture, without the addition of the biostimulant. The treatments were applied at regular intervals of 15 days, starting 15 days after transplantation (DAT).

Biostimulant Properties

The commercial product used was Calmax®(OMEX), being composed of (%): 14.60 of Nitrogen (N); 21.80 of Calcium (Ca); 2.90 of Magnesium (Mg); 0.15 of Manganese (Mn); 0.073 of Iron (Fe EDTA); 0.073 of Boron (B); 0.058 of Copper (Cu EDTA); 0.029 of Zinc (Zn EDTA) and 0.0015 of Molybdenum (Mo); pH (10% solution), 6.0-7.0, specific gravity 1.47-1.51 at 18°C.

Agricultural Practices

The producer standard consisted of the following applications as listed in Table 1: 28 DAT-Fylloton (foliar) composed of 6% water-soluble N (76.1 g L⁻¹), 6% N in the organic form (76.1 g L⁻¹), and 20.8% TOC (total organic carbon) (263.7 g L⁻¹); 30 DAT-urea; 42 DAT- K-bomber (leaf), composed of 5% phosphorus (P₂O₅) and 55% potassium (K₂O); Belgen Calcium and boron (leaf) composed of 1% nitrogen, 10% calcium and 2.00% boron.

At 45 DAT, the fertilizer formulated 15-00-14 was applied, as a top dressing, coinciding with the first application of the treatments with the biostimulant. At 60 DAT, together with the second application on the plants that received the treatments, the control plants received K-bomber (leaf) composed of 5% phosphorus (P₂O₅) and 55% potassium (K₂O).

Table 1. Data of the treatment standard producer

Commercial name	Application mode	DAT
Phylloton	Foliar	28
Urea	Roof	30, 60
K-bomber	Foliar	42
Belgen	Foliar	42
N.P.K	Roof	45

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Phytopathological control was carried out on all plants (Table 2), applying Wetcit, orange oil (surfactant), together with fungicides, herbicides, and insecticides, at 28 DAT. These pesticides were: Dithane (fungicide) composed of 800g kg⁻¹ of Mancozeb and 200g kg⁻¹ of other ingredients; Ridomil (fungicide) composed of metalaxyl-m 40g kg⁻¹, mancozeb 640g kg⁻¹ and other ingredients 320g kg⁻¹; and Avatar (insecticide) composed of indoxacarb 150g L⁻¹

and other ingredients 797g L⁻¹. At 42 DAT, the following were applied: Ampligo (insecticide) composed of 50 g L⁻¹ Lambda-cyhalothrin and 100 g L⁻¹ Chlorantraniliprole; Dithane (fungicide) composed of 80% mancozeb and 20 % other ingredients; and Wetcit orange oil. At 60 DAT, Red copper (fungicide) composed of 25 % Cu was applied; Engeo plena S composed of 141 g L⁻¹ thiamethoxam and 106 g L⁻¹ lambda-cyhalothrin; and Wetcit orange oil.

Table 2. Data on phytopathological control applied to all plants.

Commercial name	Chemical group	DAT
Wetcit	Surfactant	28, 42, 60
Dithane	Fungicide	28, 42
Ridomil	Fungicide	28
Avatar	Insecticide	28
Ampligo	Insecticide	42
Red Copper	Fungicide	60
Full engine S	Fungicide	60

Measurements

At the end of the cycle (96 DAT), 4 central plants per plot were evaluated for the following characteristics: plant height (cm), head height (cm), head length (cm), head width (cm), number of leaves, stem diameter (cm), head fresh mass (g) and average yield (t ha⁻¹).

Climatic Data and Irrigation Regime

The experiment was conducted in the open field of the Fazenda Fausto Bernaski, located in the municipality of Campo Largo on March 25th until June, 25th 2022 in Curitiba, Paraná, Brazil (25°23'S - 49°28'W). Curitiba is in the southern

region of Brazil and summer begins in the end of January and finishes in December here. Its climate has two climates as warm, and temperature and it gets a great deal of rainfall throughout the year. Despite being driest month there is still significant amount of rainfall. Cfb is it's the Köppen-Geiger climatic categorization. Curitiba's mean temperature is 17.2 °C. The annual rainfall totals 1630 mm (Figure 1). Upon transplanting the seedlings to the open field, the irrigation was applied and during the whole period of the experiment, the humidity level was enough to cultivate the cauliflower crop without irrigation (Figure 2).

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.)

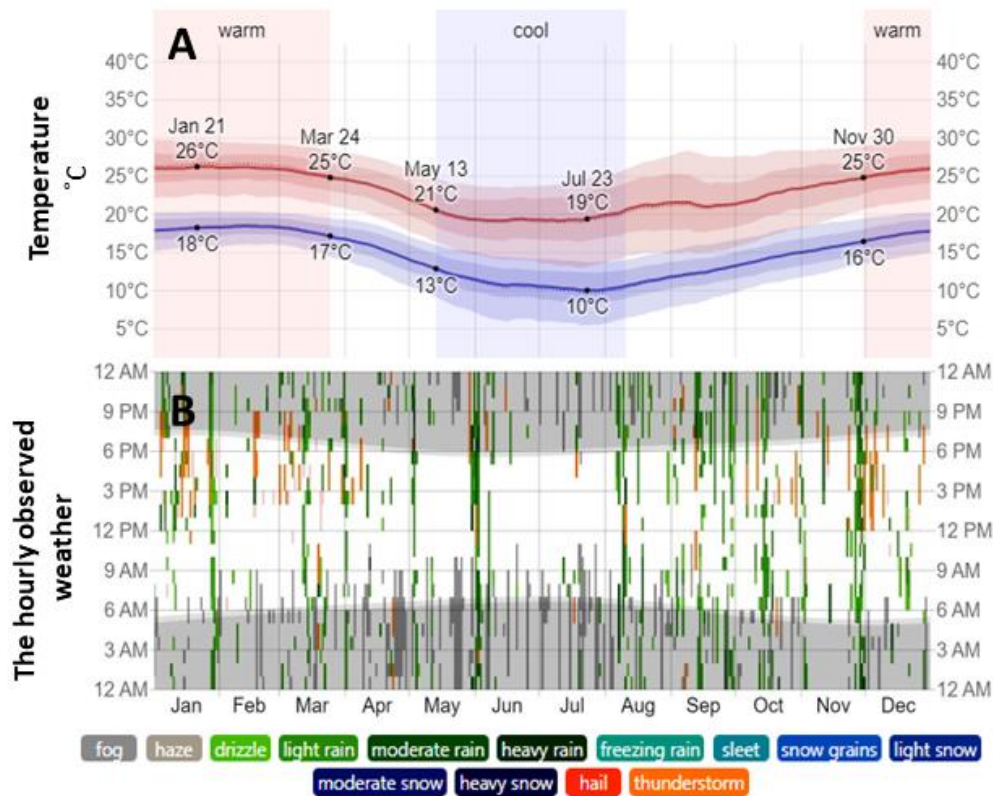


Figure 1. The daily temperature variance (gray bars) and 24-hour highs (red ticks) and lows (blue ticks), ranked the daily average high (faint red line) and low (faint blue line) temperature, with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands (A) and the hourly observed weather, color coded by category (in order of severity and the multiple colors are indicated, the most severe code) (B) in Curitiba, Paraná, Brazil (WeatherSpark, 2022)

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

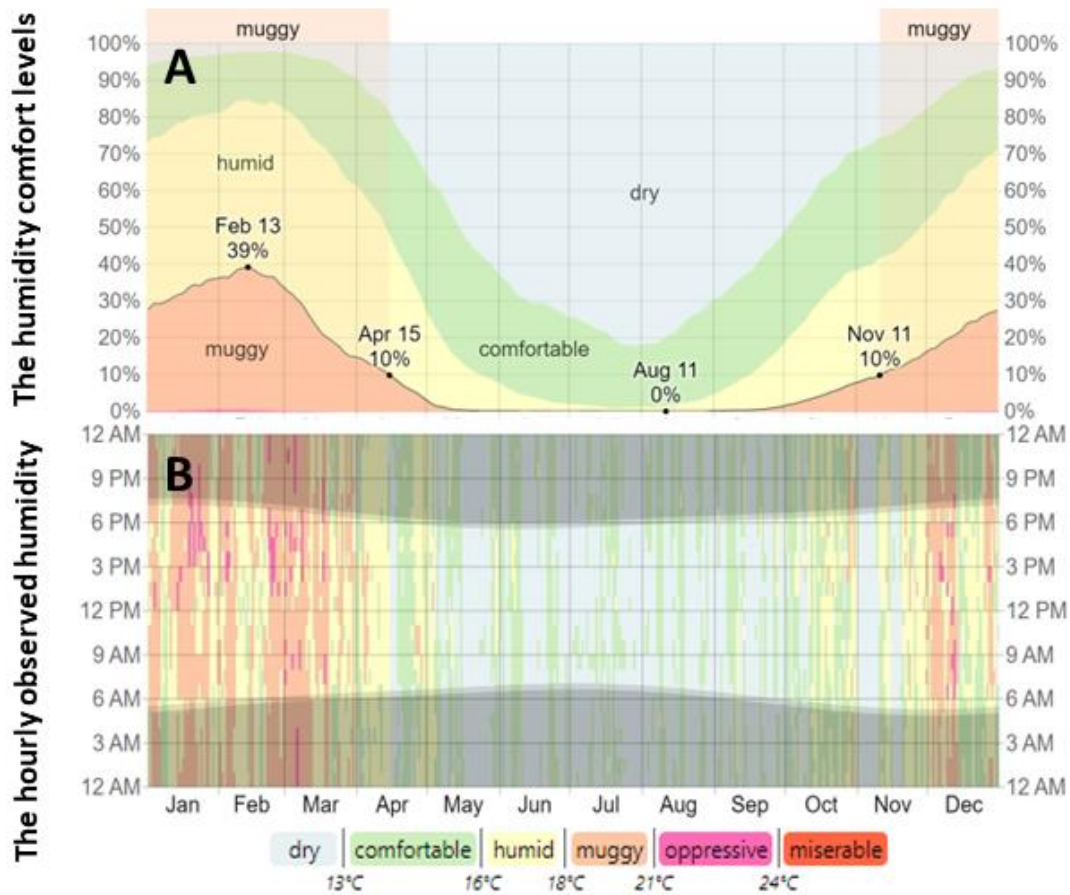


Figure 2. Classified by dew point, both the percentage of spending time at different degrees of humidity comfort (A) and the recorded humidity level of comfort hourly (Night and civil twilight are shown by the dark coverings)(B) in Curitiba, Paraná, Brazil (WeatherSpark, 2022)

Data Analyses

The values obtained were submitted to normality analysis using the Shapiro-Wilk test and the F test, and when significant, the polynomial regression analysis was carried out. The data were processed in the statistical software Sisvar® and the graphs were generated in Excel®.

Results and Discussion

The analysis of variance showed a significant effect of the doses of the product used for all the variables analyzed, except for head height. The regression analysis (Figure 3) for the biometric variables: plant height, head length, and head width, as a function of the applied doses, indicated a linear behavior, in which the variables respond to the progressive increase in doses, according to the test F.

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.)

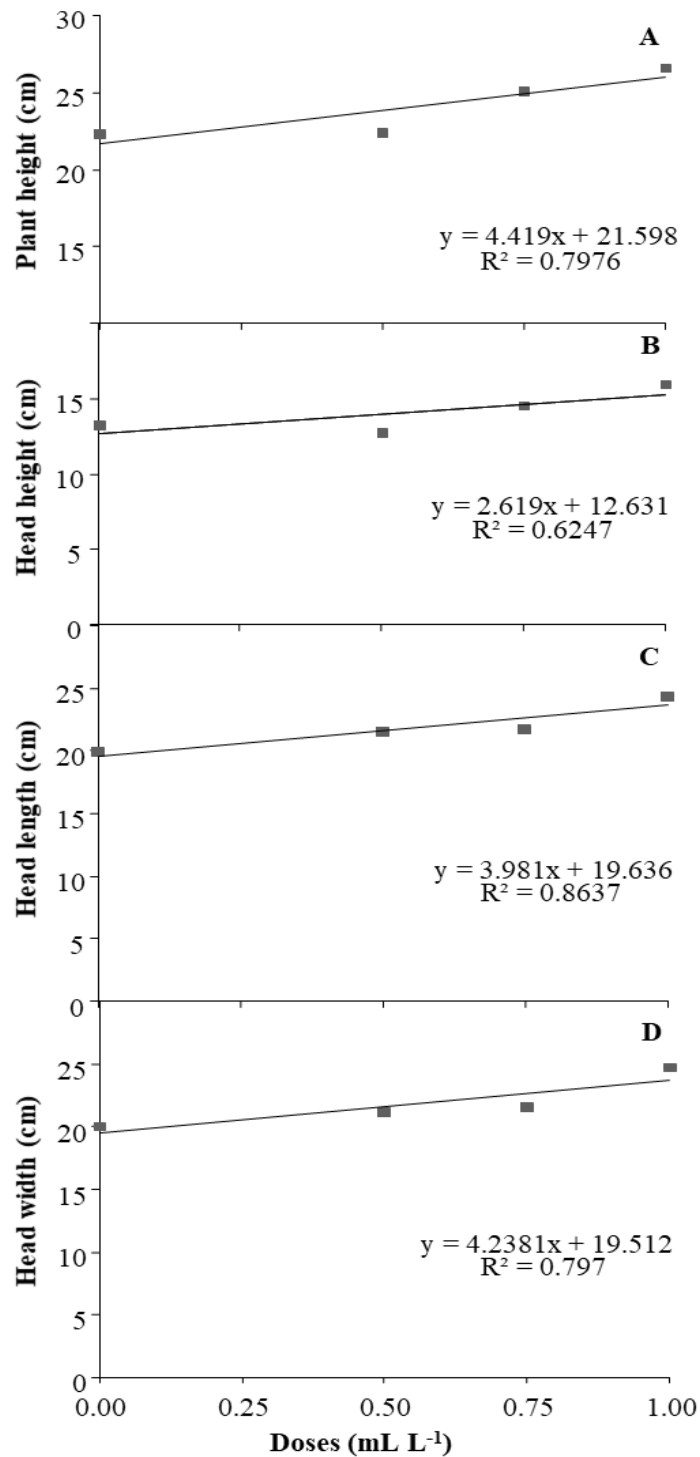


Figure 3. Plant height (A), head height (B), head length (C) and head width (D) of cauliflower

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Such results demonstrate the positive effect of the product on the variables mentioned, in which the regression was significant, the maximum dose, 1 mL L⁻¹, was the one that presented the highest results, being 26.6 cm for plant height (19 % greater than the control), 24.3 and 24.8 cm for head length and width, respectively (Figure 3A). Following the linear trend of the results, this dose could be even higher (22 and 24 % increment; Figure 3A). Plant height of *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. cauliflower can have been significantly influenced by environmental factors. 0, 1 and 2 kg ha⁻¹ doses of boron application of the same variety demonstrated 48.53, 51.41 and 54.25 cm of plant height in India (Kumar et al., 2023). These results are exceeding even our control treatment result (24.3 cm) and these can lead to conclude as it is highly related to genetic and environmental factors influence.

The mean height of head (Figure 3 B) was 14.1 cm, ranging between 12.8 and 15.9 cm, not being affected by the application of the product, therefore, regression analysis was not performed. This factor can be explained by the plant's genetics. According the study conducted by Kumar et al., (2023) in India, the same variety of cauliflower seedlings (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) were targeted to different doses of boron treatments. The control plants mean height of head was reached 12.44 cm that is confirmed our study. In 1 and 2 kg ha⁻¹ boron application was resulted in 13.15 and 16.45 cm increased, respectively (Kumar et al., 2023). These results also agreed to our study that boron application does not result in a significant impact.

The regression analysis (Figure 4) for the biometric variables: number of leaves, stem diameter, fresh head mass, and average yield, as a function of the applied doses, indicated a linear behavior, according to the F test, with the highest dose being 1 ml L⁻¹, which presented the highest values.

The number of leaves (Figure 4A) reached an average of 15.8 leaves, at the dose of 1 ml L⁻¹, 23 % higher than the control. This result is in

agreement with that observed in lettuce (*Lactuca sativa* L.) treated with an amino acid-based biostimulant (Limberger and Gheller, 2012), with the highest number of leaves obtained at higher doses than the highest applied dose of 1 mL. The stem diameter (Figure 4B) showed an increase of 17 % at the highest dose, concerning the control, with 5.3 cm, following the linear trend. For the fresh mass of the head (g) (Figure 4C), a linear behavior was also observed, with an increase of 26 % at the highest dose, concerning the control, with 987 g. For the variable average yield (Figure 4D) the same trend was verified as for the fresh mass, with an increase of 26 % in yield about the control, reaching 21.9 t ha⁻¹.

For the variables related to yields (fresh head mass and yield), a result similar to that obtained in broccoli cultivars (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) treated with an amino acid-based biostimulant was observed (Bettoni et al., 2013). To best of our knowledge, there is not any reported study on amino acid-based biostimulant effect on cauliflower however a study conducted in Iraq on seaweed based biostimulant impact on cauliflower indicates that any significant impact on crop development and yield (Youssif and Tawfeeq, 2022). This can lead us to conclude that the significant improvement of plant development and yield parameters in cauliflower could cause by applied biostimulant including amino acid and high content of boron. Additionally, the result obtained can be related to the amino acid alanine, which participates in the pyruvate pathway, the precursor of proteins that act in the development and growth of plants (Kerbaui, 2008).

The observed increases in fresh mass can be explained by the increase in the largest diameter of the stem, which is a parameter that influences yield (Monteiro et al., 2010). This is due to the increase in water translocation and photoassimilates vessels. Moreover, the results obtained for most variables agree with the literature, being observed that the plant is more responsive, in general, to increased doses of amino acid-based biostimulant products.

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

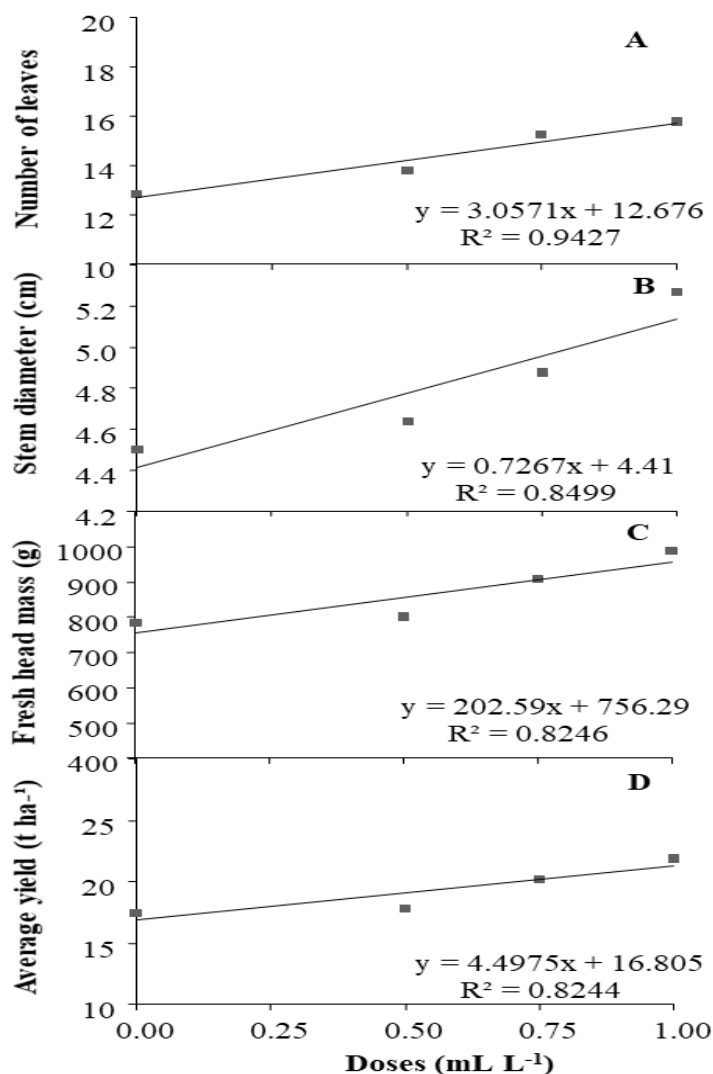


Figure 4. Number of leaves (A), stem diameter (B), fresh head mass (C) and average yield (D) of cauliflower

Conclusions

Cauliflower is a valuable cool season vegetable crop developed for its rich nourishment, great taste, and susceptibility to environmental conditions. The genetic factors have individually and interacting with environmental factors has also significant impact on cauliflower's quality and yield. *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. cauliflower variety resulted in significant influenced by environmental factors. Many times, the environmental factors are not easy to control however the other factors such as

fertilizers application can allow producers to diminish negative impacts caused by soil and climatic factors. In our study, leaf of biostimulant, Calmax® (OMEX) demonstrated the positive effect on the development of cauliflower plants. All variables evaluated have showed a linear behavior according to the F test, with the maximum efficiency found for the biometric variables at the dose of 1.00 mL L⁻¹.

Acknowledgments

The authors appreciated the support provided by Dr. Marcos Antonio Dolinski, Universidade

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Tuiuti do Paraná. Also, a special thank goes to the Omex company for supplying the raw material in carrying out the research.

Conflict of Interest Statement

The authors of the article declare that there is no conflict of interest.

Authors' Contribution

R.K: investigation, formal analysis, and writing. M.M.B.: conceptualization, methodology, validation, resources, writing, reviewing and editing, visualization, supervision. Conceptualization, methodology, validation, formal analysis, writing, reviewing and editing, visualization. T.K.: conceptualization, methodology, validation, writing, reviewing and editing. All the authors approved the paper for publication.

References

- Bettoni, M. M., dos Santos Fabbrin, E. G., Olinik, J. R., & Mógor, Á. F. (2013). Efeito da aplicação foliar de hidrolisado protéico sob a produtividade de cultivares de brócolis. *Revista Agro@mbiente Online*, 7(2):179-183.
- Brett, C. T., & Waldron, K. W. (1996). *Physiology and biochemistry of plant cell walls* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Campos, R. S. Hortaliças são beneficiadas pelos aminoácidos. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/>. Acesso em 15/08/2022.
- Coutinho, E. L. M., Natale, W., & SOUZA, E. D. (1993). Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In *Nutrição e adubação de hortaliças* (85-140). Piracicaba: Potafos.
- DERAL/SEAB. Previsão de safras. (2021). Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras> Accessed 17 August 2022.
- Du Jardin, P. (2015). Bioestimulantes vegetais: definição, conceito, principais categorias e regulação. *Sci. Hort* 196: 3-14.
- European Parliament (2019). Relatório sobre a proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes com a marcação CE.
- Filgueira, F. A. R. (2008). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viosa, MG: UFV.
- Kerbaui, G. (2008). *Fisiologia vegetal*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 431 p.
- Klahold, C. A. (2005). Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante.
- Kumar, M., Chaudhary, S. K., Kumar, R., Singh, S. K., Prabhakar, M. K., & Singh, P. K. (2023). Effect of Boron and Zinc on Growth and Yield Attributes in Early Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(6): 104-110.
- Limberger, P. A., & Gheller, J. A. (2012). Efeito da aplicação foliar de extrato de algas, aminoácidos e nutrientes via foliar na produtividade e qualidade de alface crespa. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 1(1), 148-161.
- Monteiro, B. C. B., Charlo, H. C. D. O., & Braz, L. T. (2010). Desempenho de híbridos de couve-flor de verão em Jaboticabal. *Hortic. Bras* 28:115-119.
- Morais Júnior, O. P.; Cardoso, A.F.; Leão, E.F.; Peixoto, N. (2012). Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. *Ciência Rural*, Santa Maria, v42, 11:1923-1928.
- Oliveira, F. A.; Oliveira, J. M.; Neta, M. L. S.; Oliveira, M. K.; Alves, R. C. (2017). Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. *Hortic. Bras* 35:1:141-146.
- Pecha, J., Fürst, T., Kolomazník, K., Friebrová, V., & Svoboda, P. (2012). Protein biostimulant foliar uptake modeling: the impact of climatic conditions. *AIChE J*.58(7): 2010-2019.
- Plieth, C. (2005). Calcium: just another regulator in the machinery of life. *Ann. Bot* 96(1): 1-8.
- Ryan, C. A., Pearce, G., Scheer, J., & Moura, D. S. (2002). Polypeptide hormones. *The Plant Cell* 14(1):251-S264.

Amino Acids Substance Biostimulants Application for Vegetable Development of Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

- Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Umburanas, R. C., Reichardt, K., & Neto, D. D. (2017). Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. *Front. Plant Sci* 8:327.
- Thakur, D., Kumar, P., & Shukla, A. K. (2019). Impact of foliar feeding of boron supplements on growth, yield contributing characters and quality of cauliflower. *BFIJ* 11(2): 77-82.
- Tremblay, N., Bélec, C., Coulombe, J., & Godin, C. (2005). Evaluation of calcium cyanamide and liming for control of clubroot disease in cauliflower. *J. Crop Prot.* 24(9):798-803.
- Youssif, H. E., & Tawfeeq, A. M. (2022). Effect of foliar application of seaweed extract and cytokinin on growth and yield of cauliflower plant (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21 (4):17-24.
- WeatherSpar (2022) Weather History in Curitiba Brazil. <https://weatherspark.com/h/y/29910/2022/Historical-Weather-during-2022-in-Curitiba-Brazil#Sections-Precipitation> . Accessed 21 March 2023.



Araştırma Makalesi

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

Yaşar Mutlu Türkmen^{1*}, Hüseyin Başpınar², Cengiz Kazak³

ÖZ

Bu çalışmada, Milas (Muğla)'da açık tarla domates yetiştiriciliğinde zarar oluşturan Hemiptera takımı Cicadellidae familyası türleri ile farklı renk yapışkan tuzaklara yönelimi ve popülasyon gelişmelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmalar 2014 ve 2015 yılları üretim sezonunda yazlık açık tarla domates üretimi yapılan bir alanda yürütülmüştür. Deneme alanında domatesten toplanan cicadellid türleri *Empoasca decipiens* Paoli, *Zyginida sohrab* Zachvatkin, *Austragallia sinuta* (Mulsant & Rey) ve *Cicadulina bipunctella* (Melichar) olarak tanımlanmıştır. Toplanan türlerin yoğunlukları sırasıyla %83.22, 15.44, 0.67 ve 0.67 olarak belirlenmiştir. Cicadellid türlerin tuzak renk tercihini belirlemek amacıyla 2014 ve 2015 yıllarında yürütülen çalışmalarda her iki üretim sezonunda da en çok tercih edilen tuzak rengi sırasıyla %42.96 ve %57.98 ile sarı renk yapışkan tuzak olmuştur. Cicadellid türlerinin beyaz, siyah, kırmızı ve yeşil renkleri tercih etme oranları 2014 yılı için sırasıyla, %7.30, 12.35, 10.60, 10.77; 2015 yılı için ise %5.80, 9.57, 13.25 ve 13.40 olarak gerçekleşmiştir. Çalışmada her iki yılda da mayıs ayı sonundan itibaren cicadellid erginleri tuzaklarda yakalanmaya başlanmış ve haziran ayı ortasında popülasyon yoğunlukları tepe noktasına ulaşmıştır. Elde edilen sonuçlar yörede domateste verim kayıplarına zarar oluşumunda Cicadellidae familyası türlerinin rolü açısından tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Cicadellid, Domates, Renk tuzakları, Muğla

Population Developments Depending on Different Trap Colors and Cicadellidae (Hemiptera) Species in Field Tomatoes in Milas (Muğla)

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the population developments and orientation to different colored sticky traps of Hemiptera order Cicadellidae family species that cause damage in field tomato cultivation in Milas (Muğla). The studies were carried out in an area where summer field tomato production was made in 2014 and 2015 growth seasons. Cicadellid species collected from tomatoes in the experimental area were identified as *Empoasca decipiens* Paoli, *Zyginida sohrab* Zachvatkin, *Austragallia sinuta* (Mulsant&Rey) and *Cicadulina bipunctella* (Melichar). The densities of the collected species were determined as 83.22%, 15.44, 0.67 and 0.67, respectively. In the studies carried out in 2014 and 2015 to determine the trap color preference of cicadellid species, the most preferred trap color in both growth seasons was the yellow sticky trap with 42.96% and 57.98%, respectively. The rate of preference of white, black, red and green colors by cicadellid species for 2014 was 7.30%, 12.35, 10.60, 10.77, respectively. It was found as 5.80%, 9.57, 13.25 and 13.40 with above-given same trap color order, in 2015. In both years, cicadellid species started to be caught in traps from the end of May and their population densities reached the peak in mid-June. The results were discussed in terms of the role of Cicadellidae family species in yield losses in tomato in the region.

Keywords: Cicadellid, tomato, color traps, Muğla.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-6683-9392, 0000-0002-8659-7834, 0000-0002-2810-0244

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 28.06.2023

Kabul Tarihi: 15.06.2023

¹Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ar-Ge Birimi, 48100, Menteşe/MUĞLA

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 09070, Koçarlı/AYDIN

³Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 01330, Sarıçam/ADANA

*E-posta: y.mutluturkmen@gmail.com

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

Giriş

Solanaceae familyası içinde yer alan domates (*Solanum lycopersicum* L.), dünya genelinde kültür bitkileri içinde en çok üretilen ve buna bağlı olarak da tüketimi yapılan sebzelerden biridir (Anonim, 2011; Mamay ve Yanık, 2012). Türkiye ekonomisinde de önemli bir yere sahip olan domatesin taze tüketim ve işlenmiş ürün hammaddesi olarak yetiştirilmektedir (Vural ve ark., 2000). Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi domateste de yaprak, meyve ve köklerde beslenerek zarar oluşturan birçok zararlı ve hastalık etmeni bulunmaktadır (Demirci ve ark., 2005; Anonim, 2021). Bu türlerden biri de Hemiptera takımı Cicadellidae familyası içinde yer alan Cüce ağustos böcekleridir. Cicadellidler olarak da bilinen bu zararlı grubu konukçu bitkide emgi yaparak doğrudan beslenmekte, aynı zamanda virüs ve virüs benzeri patojenlerin vektörü olarak domates de dahil olmak üzere pek çok kültür bitkisinde önemli zararlar oluşturmaktadır (Riedle-Bauer ve ark., 2008). Dünyada domateste zarar oluşturan cicadellidlerin varlığına ilişkin çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda zararlıların türlerinin belirlenmesi, dağılımı, popülasyon gelişmesi ile birlikte farklı türlerin virüs hastalıkları vektörü olarak rolü ve mücadelesine ilişkin sonuçlar elde edilmiştir (Singh ve ark., 1999; Draz ve ark., 2013; Daniel ve ark., 2014; Asiry ve ark., 2022). Ülkemizde domateste zarar oluşturan cicadellid türlerin varlığı ve zarar oluşturma potansiyeline ilişkin çalışmaların varlığı sınırlıdır. Bu çalışmalarda ilk olarak Ege bölgesinde sanayi domatesi yetiştiriciliğinde Auchenorrhyncha alt takımına ait türler saptanmıştır (Durmuşoğlu ve Öncüer, 1991; Öncüer ve ark., 1992; Civelek, 1992). Sonrasında, Karsavuran ve ark. (1992), Bursa'da sanayi domatesi yetiştirilen alanlarda *Asymmetresca decedens* (Paoli) ve *Empoasca decipiens* Paoli'in popülasyon gelişimleri üzerine bildirimlerde bulunmuştur. Başpınar (1994), Adana ilinde patlıcan, susam ve domates üzerinde en yaygın cicadellid türü olarak *E. decipiens*'i bulmuştur. Karsavuran ve ark. (2009), yine Bursa'da sanayi domatesi üretim alanlarında Cicadellidae familyasına ait 19 tür saptamışlardır. Bu türler arasında *Alebra albostrigella* (Fallen), en yaygın ve örneği en bol

toplanan tür olurken *E. populi* (Edwards) bunu ve *Typlocyba quercus* (Fabricius) izlemiştir. Konya (Meram)'da gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise toplanan tüm cicadellid ve cixiid türlerinden %15.7'sinin domateste bulunduğu, bunlar arasında *Zygidinia sohrab* Zachvatkin en baskın tür olurken bunu *E. decipiens* ve *Psammodettix striatus* (L.)'un izlediğini bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2016). Kılıç ve Sertkaya (2019), Hatay'da Solanaceae familyası üzerinde gerçekleştirdikleri örneklemelerde 25 cicadellid türün varlığını bildirmişlerdir. Bu türlerden 17'sinin domateste de bulunduğunu saptamışlardır. Tüm türler içerisinde en yaygın türün *E. decipiens* olduğunu belirtmişlerdir. Zararlılar ile başarılı bir şekilde mücadele edebilmek için hedef türlerin doğru olarak tanımlanmasının yanında örneklemeleri de çok büyük bir önem taşımaktadır. Cicadellidae familyası türleri biyolojileri gereği yumurtalarını bitki dokularına bırakmaları ve çok hareketli olmalarından dolayı doğrudan yaprak üzerinde sayımlar yerine çoğunlukla yapışkan tuzaklar aracılığı ile örneklenmektedirler. Farklı konukçu bitkilerde cicadellid türlerinin farklı renk yapışkan tuzaklar ile örneklenmesine ilişkin olarak gerçekleştirilen çalışmalar bulunmasına karşın domateste bu konuya ilişkin olarak gerçekleştirilmiş çalışma sınırlı sayıdadır. Bu çalışmalarda çoğunlukla olarak sarı renk yapışkan tuzakların etkili olduğu bildirilmekle birlikte cicadellid tür bazında bunun yeşil renkli tuzaklardan kırmızıya kadar farklılık gösterebileceğine ilişkin çalışmalara da rastlanmaktadır. (Rodriguez- Soana ve ark., 2012; Saeed ve ark. 2013; Bian ve ark., 2014). Muğla ilinde daha önce böyle bir çalışmanın yapılmamış olması ve yukarıda bildirilen gerekçelere bağlı olarak, bu çalışmada Cicadellidae (Hemiptera) familyası türlerinin Milas (Muğla) açık tarla domates üretim alanlarında varlığı ve bunların farklı renkteki yapışkan tuzaklara yönelimi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2014-2015 yıllarında Milas ilçesi (Muğla), Çamköy Köyü'nde açık tarla koşullarında domates üretimi yapılan bir alanda Hemiptera takımı Cicadellidae familyasına ait

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

türlerin varlığı, popülasyon gelişmeleri ve farklı renk yapışkan tuzakların cicadellid erginlerini çekme etkilerini belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalar tesadüf blokları deneme desenine göre 1 da'lık domates üretim alanında, 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür, her bir parsel yaklaşık olarak 100 m² büyüklüğünde ve 150 bitki olacak şekilde oluşturulmuştur. Denemelerde *S. lycopersicum* BT-236 domates çeşidi kullanılmış, domates fideleri 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla 20 Nisan ve 10 Mayıs tarihlerinde deneme alanına şaşırtılmıştır. Denemelerde her iki yılda da domates bitkileri sıra arası ve sıra üzerleri sırası ile 100 ve 50 cm olacak şekilde dikilmiştir. Denemelerde hastalık ve zarar etmenleri mücadele ve diğer kültürel işlemler üretici tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2014 ve 2015 yıllarında insektisit olarak sırası ile 3 ve 2 defa chlorantraniliprole + abamectin, fungusit olarak ise aynı yıl sırasına bağlı olarak 2 ve 3 defa propineb uygulaması yapılmıştır. Denemelerde birinci yıl çalışmalarına 16.05.2014 ve ikinci yıl çalışmalarına ise 26.05.2015 tarihlerinde, 2015 yıllarında sırası ile 16 ve 26 Mayıs tarihlerinde başlanmıştır.

Çalışmalarda yapışkan tuzak olarak 15x20 cm boyutlarında her iki yüzeyi ince tabaka halinde böcek yakalama zambakı (Polyisobuthylene, SMC Blapı, Üretici firma: SMC İlaç Kimya Yapı San. ve Tic. A.Ş.) sürülmüş beyaz, kırmızı, sarı, siyah, yeşil renkli pleksiglas levhalar kullanılmıştır. Pleksiglas levhalar örnekleme çalışmaları için özel hazırlanmış yüksekliği 1 m olan ahşap platformlara yerden 60 cm yükseklikte ve her parselde bir renk tuzak olacak şekilde yukarıda bildirilen 4 tekerrürlü olarak asılmıştır.

Her iki yılda da ilk tuzak kurulumundan 1 hafta sonra ilk sayımlar yapılmış ve sayımlara haftalık olarak üretim sezonu süresince devam edilmiştir.

Sonuçlar ve Tartışma

Milas (Muğla) açık tarla domates üretim alanında saptanan cicadellid türleri ve yoğunlukları

Milas (Muğla) açık tarla domates üretim alanında var olan cicadellid türlerinin belirlenmesi için denemenin kurulduğu tarladan

Pleksiglas levhalar haftalık olarak yenileriyle değiştirilmiş sayımlarda laboratuvar ortamında tuzakların her iki tarafında bulunan cicadellid erginleri sayılmıştır. Daha sonra pleksiglas levhalar spatula yardımıyla temizlenerek tekrar böcek zambakı sürülmüş ve bir sonraki örnekleme için hazırlanmıştır.

Yapışkan tuzakların yerleştirildiği deneme alanlarında var olan cicadellid türleri ile olası doğal düşmanlarını belirlemek için deneme alanındaki her bir parselden haftalık olarak, 3 farklı yerden, normal yürüme hızıyla 20 sn. ve toplam 60 sn olacak şekilde, toplama hunisinin çapı 15 cm olan sırtta taşınabilir vakum aletiyle (CDC Backpack Aspirator-Model 1412- Florida, USA) bitki üzerinde bulunan böcek örnekleri tül kese içerisine toplanmıştır.

Toplama sonrasında her tül kese içerisine üzerinde tarih ve parsel numarası yazılı olan etiketler konulmuş ve -18 °C'de sıcaklıkta 24 saat bekletilerek böcek örneklerinin ölmesi sağlanmıştır. Toplanan örneklerden cicadellid olduğu düşünülen böcek örnekleri teşhis için içerisinde %70'lik alkol bulunan Eppendorf tüplere konulmuş ve daha sonra cicadellid türlerin teşhisi yapılmıştır.

İstatistik Analiz

Çalışmada elde edilen verilere Tekrarlı Ölçümler İçin Anova Varyans Analizi uygulanmıştır. "Farklı tuzak renkleri" ve "Örnekleme tarihleri" faktör olarak kabul edilmiş, her iki faktöre bağlı olarak farklı renk tuzaklarda yakalanan cicadellid yoğunlukları arasında istatistiki olarak fark olup olmadığı belirlenmiştir. Bu yöntemde "Farklı tuzak renkleri" gruplar arası, "Örnekleme tarihleri" ise grup içi faktör olarak değerlendirilmiştir. Tuzak renklerinin istatistiki olarak önemli bulunması durumunda ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde Student Newman Keuls (SNK) testi kullanılmıştır (P<0.05) (SPSS 23.0).

2014 yılı üretim sezonu süresince haftalık olarak toplanan cicadellid örneklerinden yapılan tanılama sonucunda 4 tür ve toplam 149 birey elde edilmiştir. Çalışmada tanılanan cicadellid türleri *Empoasca decipiens* Paoli, *Zyginida sohrab* Zachvatkin, *Austragallia sinuta* (Mulsant & Rey) ve *Cicadulina bipunctella* (Melichar) olarak belirlenmiştir. Teşhis edilen

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

cicadellid türlerinin sayı ve % oranları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Milas-Muğla açık tarla domates üretim alanında vakum aletiyle toplanan Cicadellidae familyası türleri ve yoğunlukları (%)

Toplanan Cicadellid Türleri	Tür Birey Sayısı (adet)	Cicadellid Türlerinin Doğadaki Yoğunlukları (%)
<i>Empoasca decipiens</i>	124	83.22
<i>Zyginida sohrab</i>	23	15.44
<i>Austragallia sinuta</i>	1	0.67
<i>Cicadulina bipunctella</i>	1	0.67
Toplam birey sayısı	149	100.00

Çalışmada toplanan örnekler arasında en yoğun rastlanan tür %83.22 ile *E. decipiens* olmuş bunu %15.44 ile *Z. sohrab* ve %0.67'lik oranlarla *A. sinuta* ve *C. bipunctella* izlemiştir.

Farklı renk yapışkan tuzakların cicadellid erginlerini çekme etkileri ve popülasyon gelişmeleri

Gerçekleştirilen Tekrarlı Anova analiz sonuçları incelendiğinde tüm üretim sezonu süresince tuzaklara bağlı olarak yakalanan toplam ortalama cicadellid yoğunlukları arasında istatistiki olarak fark bulunmuştur ($F=89.70$; $df=4$; $P<0.001$) (Çizelge 2). Benzer şekilde “örnekleme tarihleri” ile “örnekleme tarih” ve “tuzak” etkileşimleri de farkta istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($F_{\text{tarih}}=16.14$; $df=2.53$; $P<0.001$) ($F_{\text{tarih} \times \text{tuzak}}=3.77$; $df=10.33$; $P=0.001$). Farklı renk yapışkan tuzakların 2014 yılı üretim sezonunda tuzak başına yakaladıkları haftalık ortalama ve toplam birey sayılarına ilişkin değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Söz konusu 2014 yılı üretim sezonunda elde edilen sonuçlara

Çizelge 2. Çamköy (Milas, Muğla)'de 2014 yılı üretim sezonunda farklı renk yapışkan tuzaklarda yakalanan toplam ortalama cicadellid ergin birey sayıları (Ort. \pm SH)

Tuzak Rengi	Ergin Birey/Haftalık* (Adet)	Ergin Birey/Toplam (Adet)
Sarı	42.96 \pm 9.28 a	2.234
Beyaz	5.83 \pm 1.42 b	303
Siyah	9.88 \pm 2.01 b	513
Kırmızı	10.60 \pm 2.79 b	551
Yeşil	10.77 \pm 2.57 b	553
TOPLAM		4.154

(*)Ortalamalar yukarıdan aşağı doğru izlendiğinde aynı harfi içeren değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir ($p<0.001$)

Cicadellid türlerinin 2014 yılı üretim sezonunda tuzaklarda ilk görülme tarihleri tuzak rengi fark

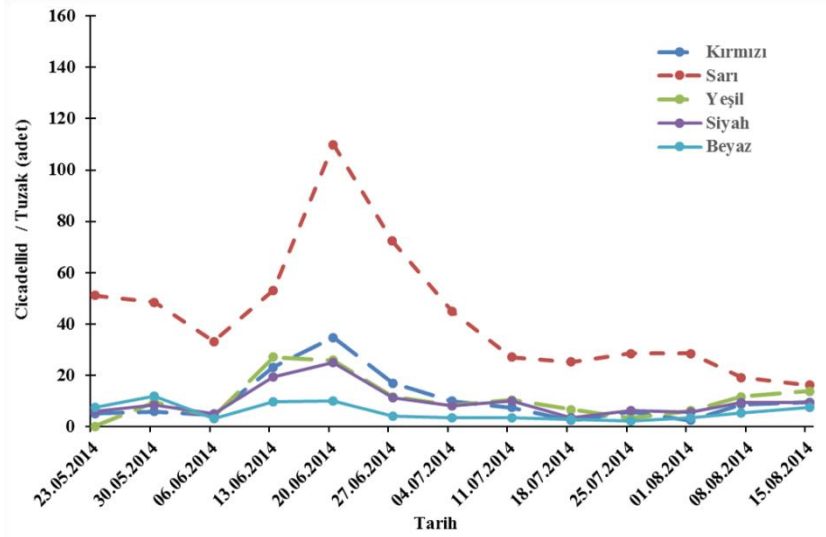
göre tuzak başına yakalanan haftalık toplam ortalama cicadellid yoğunlukları “Beyaz”, “Siyah”, “Kırmızı”, “Yeşil” ve “Sarı” renk yapışkan tuzaklar için sırası ile 5.83, 9.88, 10.60, 10.77 ve 42.96 adet/tuzak olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Bu sonuçlara bağlı olarak yalnızca sarı renk tuzakta yakalanan ortalama cicadellid yoğunluğu diğer tüm farklı renk tuzaklarda yakalananlardan istatistiki olarak farklı bulunurken, diğer tuzak renkleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($P<0.001$). Aynı tuzak sırasına bağlı olarak deneme süresince yakalanan toplam ergin cicadellid sayıları da sırası ile 303, 513, 551, 553 ve 2.234 adet/tuzak olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Tuzaklarda 2014 yılı üretim sezonunda tuzaklarda yakalanan toplam 4.154 cicadellid bireyin beyaz, siyah, kırmızı, yeşil ve sarı renk yapışkan tuzaklarda yakalanan birey sayılarının % oranları sırasıyla %7.30, 12.35, 13.26, 13.31 ve 53.78 olarak gerçekleşmiştir.

etmeksizin 23 Mayıs tarihinde olmuştur. Tuzaklarda görülen en yüksek haftalık ergin

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

birey sayıları yukardaki sıraya bağlı olarak 110.00, 34.75, 27.25, 25.00, 12.00 adet/tuzak; tarihler ise sarı, kırmızı ve siyah renk tuzaklar

için 20 Haziran, beyaz ve yeşil renk tuzaklar için sırasıyla 30 Mayıs ve 13 Haziran olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çamköy (Milas, Muğla)'de 2014 yılı üretim sezonunda farklı renk yapışkan tuzaklarda yakalanan haftalık ortalama cicadellid ergin popülasyonu gelişmesi (Ort.+SH)

Farklı renk yapışkan tuzakların 2015 yılı üretim sezonunda tuzak başına yakaladıkları haftalık ortalama, toplam ve % ergin bireylere ilişkin veriler Çizelge 3'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2015 yılı üretim sezonunda tuzak başına yakalanan haftalık toplam ortalama cicadellid sayıları “Beyaz”, “Siyah”, “Kırmızı”,

“Yeşil” ve “Sarı” renk yapışkan tuzaklar için sırası ile 7.16, 11.96, 16.55, 16.75 ve 72.46 adet/tuzak olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Aynı tuzak sırasına bağlı olarak deneme süresince yakalanan toplam ergin cicadellid sayıları da sırası ile 406, 670, 927, 938 ve 4.058 adet/tuzak olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çamköy (Milas, Muğla)'de 2015 yılı üretim sezonunda farklı renk yapışkan tuzaklarda yakalanan toplam cicadellid ergin birey ortalama sayıları (Ort.+SH)

Tuzak Rengi	Ergin Birey/Haftalık* (Adet)	Ergin Birey/Toplam (Adet)
Sarı	72.46 ± 9.39 a	4.058
Beyaz	7.16 ± 2.02 c	406
Siyah	11.96 ± 1.75 bc	670
Kırmızı	16.55 ± 2.85 b	927
Yeşil	16.75 ± 3.74 b	938
TOPLAM		6.999

(*)Ortalamalar yukarıdan aşağı doğru izlendiğinde aynı harfi içeren ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($p < 0.001$)

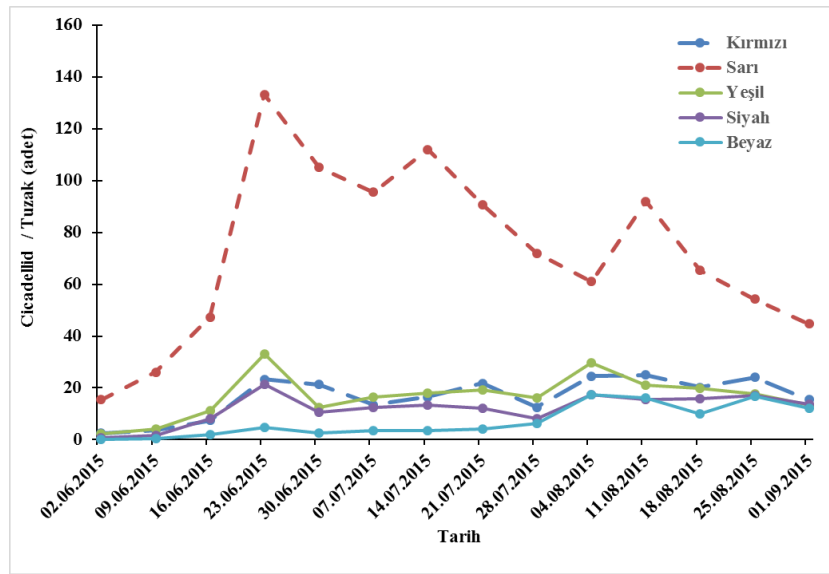
Çalışmanın birinci yılına benzer şekilde 2015 yılında da Tekrarlı Anova analiz sonuçlarına bağlı olarak tüm üretim sezonu süresince tuzaklarda yakalanan toplam ortalama cicadellid yoğunlukları arasında istatistiki olarak fark

bulunmuştur ($F = 136.007$; $df = 4$; $P < 0.001$) (Çizelge 3). Yine benzer şekilde “örnekleme tarihleri” ile “örnekleme tarih” ve “tuzak” etkileşimleri de istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($F_{\text{tarih}} = 18.71$; $df = 4.14$; $P < 0.001$)

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

($F_{\text{tarih} \times \text{tuzak}} = 6.65$; $df = 16.7$; $P = 0.001$). Tuzaklarda yakalanan toplam 6.999 cicadellid ergin bireyin beyaz, siyah, kırmızı, yeşil ve sarı renk yapışkan tuzaklarda yakalanan birey sayılarının % oranları sırasıyla %5.80, 9.57, 13.25, 13.40 ve 57.98 olmuştur. Örnekleme tarihlerine bağlı olarak haftalık cicadellid popülasyon yoğunlukları arasında beyaz ve siyah renk tuzaklar ile kırmızı ve yeşil renk tuzaklar kendi arasında istatistiki açıdan benzer bulunurken, bu iki grup sarı renk tuzaktan

istatistiki açıdan farklı bulunmuştur ($P < 0.001$). Cicadellid türlerinin 2015 yılı üretim sezonunda tuzaklarda ilk görülme tarihleri tüm tuzaklarda 2 Haziran olmuştur. Tuzaklarda görülen en yüksek haftalık ergin birey sayıları beyaz, siyah, kırmızı, yeşil ve sarı renk tuzaklar için sırasıyla 17.50, 21.25, 25.00, 29.75 ve 133.25 adet/tuzak olarak gerçekleşmiştir. Tarihler ise sarı ve siyah renk tuzaklar için 23 Haziran, yeşil ve beyaz tuzaklar için 4 Ağustos, kırmızı renk tuzak için ise 11 Ağustos olmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çamköy (Milas, Muğla)'de 2015 yılı üretim sezonunda farklı renk yapışkan tuzaklarda yakalanan haftalık ortalama cicadellid ergin popülasyon gelişmesi

Bu çalışmada en yaygın tür olarak *E. decipiens* saptanmış, bunu çok daha düşük yoğunlukta *Z. sohrab* izlemiştir. Saptanan diğer iki tür olan *A. sinuta* ve *C. bipunctella* yoğunlukları ise birbirlerine benzer ve çok düşük oranda (<%1) bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar benzer özellikte doğa koşullarında domates ve diğer sebze türlerinde cicadellid türlerinin saptanması ve yoğunluklarının belirlenmesine ilişkin çalışmalarından elde edilen sonuçlara benzer bulunmuştur. Durmuşoğlu ve Öncüer (1991), Manisa ilinde sanayi domatesi yetiştirilen alanlarda *Empoasca* türlerini önemli zararlılar grubunda bildirmiştir. Karsavuran ve ark. (1992), Bursa'da yine sanayi domatesi yetiştirilen alanlarda *A. decedens* ve *E. decipiens*'i en yaygın iki tür olarak

saptamışlardır. Ayrıca tüm çalışmalar süresince *E. decipiens*'in *A. decedens*'ten her zaman daha fazla sayıda yoğunluk oluşturduğunu da belirtmişlerdir. Başpınar (1994) da Adana domates üretim alanlarında *A. decedens* ve *E. decipiens*'in bulunma oranlarını karşılaştırdığı çalışmada, toplanan cicadellid örneklerinin %67'sinin *E. decipiens*'den oluştuğunu saptamıştır. Kılıç ve Sertkaya (2019), Hatay'da Solanaceae familyası üzerinde gerçekleştirdikleri örneklemelerde belirledikleri 25 cicadellid türün 17'sinin domatestede bulunduğunu ve bu türler içinde *E. decipiens*'in en yaygın tür olduğunu belirtmişlerdir. *Empoasca decipiens*'ten sonra en yaygın ikinci tür olarak belirlenen *Z. pullula*'nın ise Ege Bölgesi'nde Aydın, İzmir ve Manisa illerinde

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

mısır yetiştirilen alanlarda *A. decedens* ile birlikte en yoğun ve yaygın iki tür olduğu, konukçuları arasında domatesinde bulunduğu bildirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2007). Konya (Meram)'da gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise domateste en baskın cicadellid türü olarak *Z.* Farklı konukçu bitkilerde bazı cicadellid türlerini yakalamada tuzak renginin yeşilden kırmızıya kadar farklılık gösterebileceği bildirilmiştir (Rodriguez- Soana ve ark., 2012; Saeed ve ark. 2013; Bian ve ark., 2014). Bu çalışmada her iki yılda da en fazla cicadellid sarı renkli yapışkan tuzakta yakalanmıştır. Bunu kendi aralarında istatistiki olarak fark olmamakla birlikte yeşil ve kırmızı renkli tuzaklar izlemiştir. Demirel ve Yıldırım (2008), pamukta *E. decipiens*'i en fazla sarı ve turuncu renkli yapışkan tuzakların çektiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Hegab ve ark. (1989) da sarı yapışkan tuzakların farklı tarla ve sebze bitkileri ile meyve bahçelerinde bazı cicadellid türleri için dikkate değer bir ölçüde bir çekiciliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. Thein ve ark., (2011) ise şeker pancarında zararlı iki cicadellid türü olan *Matsumura-tettix hiroglyphicus* (Matsumura) ve *Yamatotettix flavovittatus* Matsumura' u çekmede mavi ve sarı renkli yapışkan tuzakların beyaz, portakal rengi, yeşil ve renksiz tuzaklara göre çok daha etkili olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada diğer renk tuzaklarda yakalanan birey sayıları birbirlerine benzer bulunurken, beyaz renkli yapışkan tuzaklar her iki yılda da en düşük sayıda birey yakalamıştır. Elde edilen bulgular diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur. Bu çalışmada her iki yılda da mayıs ayı sonundan itibaren cicadellid erginleri sarı renkli yapışkan tuzaklarda yakalanmaya başlamış ve haziran ayı ortasında popülasyon yoğunlukları tepe noktasına ulaşmıştır. Aynı renk yapışkan tuzakta 2014 yılında temmuz ayı ortasına kadar cicadellid popülasyon yoğunluğunda düşüş izlenirken, düşük yoğunlukta da olsa ağustos ayı ortasına kadar tuzaklarda erginler yakalanmaya devam etmiştir. Popülasyon yoğunluğundaki

sohrab bulunurken bunu yine *E. decipiens*'in izlediği bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2016). Bu farklılığın bölgesel bazda ve yoğun olarak üretimi yapılan kültür bitkisi türü ile birlikte ekolojik farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

düşüş 2015 yılında bir önceki yıla göre daha düşük tepe noktaları şeklinde ve Eylül ayı başına kadar devam etmiştir. Karsavuran ve ark. (1992), Bursa'da domateste *E. decipiens* popülasyon yoğunluğunun haziran ayının ilk iki haftası içinde tepe noktasına ulaştığını sonrasında düşüşün eylül ayı ortasına kadar devam ettiğini bildirmiştir. Başpınar (1994), Adana'da pamukta *A. decedens* ve *E. decipiens* popülasyonlarında genel olarak nisan, mayıs aylarından itibaren artış görülmeye başladığını ve temmuz ayı içinde tepe noktasına ulaştığını saptamıştır. Çoban (2007), Aydın'da pamukta sarı renkli yapışkan tuzakta *A. decedens* ve *E. decipiens*'in ilk çıkışlarının mayıs ayı sonu, popülasyonların tepe noktasına ulaşmalarının ise yıllara göre değişiklik göstermekle birlikte haziran ayının ikinci yarısı ile temmuz ayı içinde olduğunu belirtmiştir. Eltez ve Karsavuran (2013), İzmir'de sanayi domatesi yetiştirme alanlarında *E. decipiens* ve *A. decedens* türlerini domatesin fenolojisinin büyük bir bölümünde görülmesi nedeniyle önemli tür olarak sınıflandırmış ve en yüksek bulaşmanın temmuz ayı ortalarında görüldüğünü bildirmiştir. Bu çalışmada en etkili tuzak olarak bulunan sarı renkli yapışkan tuzakta saptanan cicadellid popülasyon gelişmesine ilişkin bulgular diğer sonuçlar ile benzer bulunmuştur.

Bu çalışma ile Muğla ilinde ilk defa domateste en yaygın cicadellid türü ile örneklenmesi ve popülasyon gelişmelerine ilişkin ön bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında Muğla ilinde domates yetiştirilen diğer alanlarda da benzer çalışmalar yapılarak bildirilen verim kayıplarına ilişkin hastalık ve zarar oluşumunda Cicadellidae familyası türlerinin rolünün açık olarak ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

Kaynaklar

- Ahmed, E., Uysal, M., Şahbaz, A., 2016. Konya ili Meram ilçesinde Solanaceae familyasına ait sebzelerde zararlı Cicadellidae ve Cixiidae (Homoptera) türleri. *Selcuk J Agr Food Sci*, 3(2): 177-183.
- Anonim, 2011. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Web Sayfası: www.tarim.gov.tr), Domates Hastalık ve Zararlıları ile Mücadele (Çiftçi Eğitim Serisi: 7) (5-6).
- Anonim, 2021. Domates hastalık ve zararlıları ile mücadele. Tarım ve Orman Bakanlığı (<https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Menu/17/Uretici-Bilgi-Kosesi>). Erişim tarihi: 15.11.2022
- Asiry, K.A., Huda, M.N., Mousa, M.A.A., 2022. Abundance and population dynamics of the key insect pests and agronomic traits of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) varieties under different planting densities as a sustainable pest control method. *Horticulturae*, (8); 976.
- Başpınar H., 1994. Some observations on dominant structure and population changes of *Asymmetrasca decedens* and *Empoasca decipiens* (Hom., Cicadellidae) on different crops in Adana. *Turk J Entomol*, 18 (2): 71-76.
- Bian, L., Sun, X., Luo, Z., Zhang, Z., Chen, Z., 2014. Design and selection of trap for capture of the tea leafhopper, *Empoasca vitis*, by orthogonal optimization. *Entomol Exp Appl*, 151 (3): 247-258.
- Civelek, H. S., 1992. Yenişehir (Bursa)'de Sanayi domateslerinde görülen *Asymmetrasca decedens* Paoli ve *Empoasca decipiens* Paoli (Homoptera: Cicadellidae)'in popülasyon değişim-leri üzerinde araştırmalar. Türkiye II. Entomoloji Kongresi (28-31 Ocak 1992, Adana) Bildirileri, No: 5, 541-548.
- Çoban, B., 2007. *Asymmetrasca decedens* ve *Empoasca decipiens* (Homoptera: Cicadellidae)'in bazı biyo-ekolojik özelliklerinin incelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 48 s.,
- Daniel, C., Koller, M. and Wyss, E., 2014. Neem-Azal T/S to control leafhoppers and aphids in greenhouse sweet pepper and tomato. *Acta Horti*, 1041, 157-162.
- Demirci, F., Erdoğan, C., Tathıldil, F. F., 2005. Ankara ili Ayaş ve Nallıhan ilçelerinde domates üretim alanlarında zirai mücadele uygulamaları. *Tarım Bilim Derg*, 11 (4): 422-427.
- Demirel, N., Yıldırım, A. E., 2008. Attraction of various sticky traps to *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) and *Empoasca decipiens* Paoli (Homoptera: Cicadellidae) in cotton. *J Entomol*, 5 (6): 389-394.
- Draz, A. A. K., Darwish, A. E. A., Tabikha, R. M. M., 2013. Effect of different rates of nitrogen fertilizer on infestations level with piercing sucking insect pests of tomato *Lycopersicon esculentum*. *J Agric Environ Sci*, 12(3): 20-31.
- Durmuşoğlu, E., Öncüler, C., 1991. Manisa ilinde sanayi domateslerinde görülen zararlılar ve yoğunlukları üzerinde incelemeler. *Ege Üniv Fen Bil Enst Derg*, 2(3): 167-171.
- Eltez, S., Karsavuran Y., 2013. İzmir (Bergama, Kınık) ilinde sanayi domatesi üretim alanlarında görülen zararlı türlerin yayılış ve bulaşma oranları üzerinde araştırmalar. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg*, 50 (1): 29-38.
- Hegab, A. M., El Zohairy, M. M., Helaly, M. M., 1989. Survey and seasonal abundance of leafhoppers infesting certain solanaceous vegetable plants in newly reclaimed sandy areas at Salhia district, Egypt. *Zagazig J Agric Res*, 16(2): 165-187.
- Karsavuran, Y., Öncüler, C., Civelek, H. S. ve Gümüş, M., 1992. Yenişehir (Bursa)' de sanayi domateslerinde görülen *Asymmetrasca decedens* (Paoli) ve *Empoasca decipiens* Paoli (Homoptera, Cicadellidae)'in popülasyon değişim-leri üzerinde incelemeler. Türkiye II. Entomoloji Kongresi (28-31 Ocak 1992, Adana) Bildirileri, Entomoloji Derneği Yayınları No: 5, 541-548.
- Karsavuran, Y., Zeybekoğlu, Ü., Şahin, F., Saygılı, H., Özdemir, N., 2009. Bursa ili sanayi domatesi üretim alanlarında

Milas (Muğla)'da Tarla Domatesinde Zararlı Cicadellidae (Hemiptera) Türleri İle Farklı Tuzak Renklerine Bağlı Olarak Popülasyon Gelişmeleri

- görülen Auchenorrhyncha (Homoptera) türleri üzerine araştırmalar. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg*, 46 (2): 117-122.
- Kılıç, M., Sertkaya, E., 2019. Hatay ilinde yetiştirilen Solanaceae familyasına ait sebzelerde zararlı Cicadellidae, Cixiidae ve Delphacidae (Hemiptera) Türleri. *MKU Tar Bil Derg*, 24 (3): 217-231.
- Mamay, M., Yanık, E., 2012. Şanlıurfa'da domates alanlarında Domates güvesi [*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)]'nin ergin popülasyon gelişimi. *Turk Bull Entomol*, 2 (3): 189-198.
- Öncüer, C., Karsavuran, Y., Yoldaş, Z., Durmuşoğlu, E., 1992. Sanayi domateslerinde görülen zararlılar, yayılım ve bulaşma oranları üzerine araştırmalar. Türkiye II. Entomoloji Kongresi (28-31 Ocak 1992, Adana) Bildirileri, Entomoloji Derneği Yayınları No: 5, 705-713.
- Riedle-Bauer, M., Sára, A., Regner, F., 2008. Transmission of a Stolbur phytoplasma by the Agalliinae leafhopper *Anaceratagallia ribauti* (Hemiptera, Auchenorrhyncha, Cicadellidae). *J Phytopathol*, 156: 687-690.
- Rodriguez-Saona, C. R., Byers, J. A., Schiffhauer, D., 2012. Effect of trap color and height on captures of blunt-nosed and sharp-nosed leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) and non-target arthropods in cranberry bogs. *Crop Proc*, 40: 132-144.
- Saeed S, Amin MA, Saeed Q, Farooq M., 2013. Attraction of *Idioscopus clypealis* (Leith) (Cicadellidae: Homoptera) to sticky colored traps in mango orchard. *Am J Plant Sci*, 4: 2275-2279.
- Singh, U. C., Singh, R., & Nagaich, K. N., 1999. Evaluation of tomato varieties against jassid (*Empoasca devastans*), white fly (*Bemisia tabaci*) and leaf curl in India. *Indian J Entomol*, 61 (2): 173-176.
- Thein, M. ., Jamjanya, T., Hanboonsong, 2011. Evaluation of colour traps to monitor insect vectors of sugarcane white leaf phytoplasma. *Bull Insectology*, 64: 117-118.
- Vural, H., Esiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), 440. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Yılmaz, E., Karsavuran, Y., Başpınar, A., 2007. Aydın, İzmir ve Manisa illeri mısır ekiliş alanlarında görülen Cicadellidae (Homoptera) familyasına bağlı türlerin saptanması üzerinde araştırmalar. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg*, 44 (3): 43-58.



Araştırma Makalesi

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

Medine MANDOLLU¹, Mukaddes KAYIM^{1*}

ÖZ

Bu çalışmada, Gaziantep ve Şanlıurfa illerinin Nizip ve Birecik ilçelerinde 2018-2020 yılları arasında 10 farklı bahçede 10 yaş üzerindeki antep fıstığı ağaçlarında solma, dal kuruması ve geriye doğru ölüme neden olan patojenler araştırılmıştır. *Fusarium oxysporum*, *Fusarium equiseti* ve *Fusarium solani* fungus türleri, Gaziantep ili Nizip ilçesinde antep fıstığı ağaçlarında yapraklarda küçülme ve solmalara, taç ve dallarda kurumalara, köklerde ise çürüklüğe neden olmuştur. Fungus türleri, koloni rengi, konidilerin morfolojik karakterlerine göre ve ITS gen dizilerinin NCBI gen bankasındaki diğer genlerle eşleştirme analizleri ile tanımlanmıştır. Şanlıurfa ili Birecik ilçesinde antep fıstığının solgunluk ve dal kurumasına neden olan patojen, ITS dizisi analizi ve konidial morfoloji özellikleri ile *Neoscytalidium dimidiatum* fungus türü olarak tanımlanmıştır. Bu fungus türlerinin, Güneydoğu Anadolu Bölgesin'nde antepfıstığı ağaçlarında hastalık etmeni olduğu, dal ve fidan patojenisite testi ile kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antepfıstığı, Geriye doğru ölüm, *Fusarium* spp., ITS, *Neoscytalidium dimidiatum*

Investigation of Fungal Causal Agents of Root Rot and Die Back on Pistachio Trees

ABSTRACT

In this study, fungal pathogens were investigated on over 10-yr old, pistachio trees that displayed wilting, drying of branches, dieback, and root rot in 10 different orchards in Nizip and Birecik counties of Gaziantep and Şanlıurfa provinces respectively between 2018 and 2020. The fungal species, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium equiseti* and *Fusarium solani* caused stunting and wilting of leaves, drying of the branches, and dieback of trees with root rot in Nizip county of Gaziantep province. Fungi species were identified by colony color, morphological characteristics of conidia, and alignment analyses of ITS gene sequences with other genes in the NCBI gene bank. The causative agent of a wilting and dead branch of pistachios in Birecik county of Şanlıurfa province was identified as *Neoscytalidium dimidiatum* which was determined by the conidial morphology and nucleotides alignment of the ITS gene. Fungal species have been proven to be disease agents of pistachio trees in Southeastern Anatolia by pathogenicity test of cutting segments of branches and trees.

Keywords: Dieback, *Fusarium* spp., ITS, *Neoscytalidium dimidiatum*, Pistachio

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-0735-9759, 0000-0003-0309-0390

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 14.12.2022

Kabul Tarihi: 15.06.2023

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 01330, Sarıçam/Adana

*E Posta: kayimukaddes@gmail.com

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

Giriş

Dünya’da antepfıstığı üretiminde Amerika Birleşik Devletleri, İran, Türkiye, Çin ve Suriye ilk 5 ülkeler arasındadır. Ülkemiz antepfıstığı üretimi açısından 2019 yılı FAO verilerine göre 85.000 ton üretim ile 4. sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Antepfıstığı üretiminde birim alandan fazla üretim alma amacı ile damla sulamanın yetiştiriciliğe dahil edilmesi ile birlikte Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde üretim alanında ciddi bir artış meydana gelmiştir. Bu bölgede yer alan Şanlıurfa ve Gaziantep illerinde toplam üretim alanı 2.910.800 dekara ulaşmıştır (TÜİK 2021). Doğu Akdeniz ve Ege Bölgesi’nde belli alanlarda bir miktar üretim yapılmaktadır. Her ne kadar antepfıstığının ülkemizde yaygın olarak yetiştirildiği Gaziantep ve Şanlıurfa illeri, uygun iklim koşullarına sahip olsada yetiştiricilikte yapılan hatalı uygulamalar, bitkilerde açılan yaralar, toprak altı damla sulamadan kaynaklanan sürekli nemli ortam yaratma biyotik hastalık etmenleri için uygun koşullar yaratmaktadır. Bu hastalık etmenlerinden en yaygın görülenleri, köklerde çürüklüğe neden olan *Phytophthora* spp., *Veticillium dahliae* ve *Fusarium* spp. türleri iken sürgünlerde yanıklık, dallarda kurumalara ve geriye doğru ölümlere *Botrytis cinerea*, *B. dothidea*, *Armillaria mella*, *Phomopsis* sp., *Schizophyllum commune* ve *Fusarium equiseti*’nin yaprak ve meyvelerde leke ve çürüklüklere ise *Alternaria alternata* ve *Pseudocercospora pistacina* fungus türlerinin neden olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından saptanmıştır (Michailides ve ark., 1995; Eskalen ve ark., 2001; Demirözer, 2014; Sarpkaya, 2014). Derviş ve ark. (2019), tarafından Şanlıurfa iline ait 3 farklı içerde antepfıstığı ağaçlarında dallarda kurumalara neden olan etmenin *Neoscytalidium dimidiatum* olduğu moleküler bir çalışma ile rapor edilmiştir. Kaliforniya’da olduğu gibi son yıllarda, Türkiye’de Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde birçok antepfıstığı bahçelerinde toprak altı damla sulama sistemlerinin kurulmasıyla birlikte, su miktarının fazla ve düzensiz verilmesi ağaçlarda dal, gövde kurumalarına, kök çürüklüklerine ve geriye doğru ölümlere neden olmuştur. Bu çalışma özellikle Gaziantep-Nizip ve Şanlıurfa-Birecik

ilçelerinde antepfıstığı ağaçlarında gözlenen kök çürüklüklerine, tek taraflı dal kurumalarına ve geriye doğru ölümlere neden olan patojenlerin saptanması amacı ile yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Güdümlü örnekleme amacı ile her iki ilçede (Nizip ve Birecik) 10 farklı antepfıstığı bahçesinden gelişmede durgunluk, yapraklarda küçülme, dallarda kuruma ve taçta tamamen kuruma belirtileri gösteren antepfıstığı ağaçlarından sürgün, dal, gövde ve kök parçaları patojen izolasyonunda bitki materyali olarak kullanılmıştır. Koch postülatı ile hastalık etmenlerini ispatlamak için *Pistacia vera* L. anacından 10 adet kök çürükük etmeni (*F. solani*), ve dal kurummasına neden olan etmenler (*F. oxysporum*, *F. equiseti*, *N. dimidiatum* ve kontrol) için “Uzun” ve “Kırmızı” antepfıstığı çeşitlerinden 5’şer adet fidan (20 adet “Uzun” ve 20 adet “Kısa” çeşidi), kesik dallarda testleme için 6’şar adet 25 cm uzunluğunda aynı çeşitlerin dalları (toplam 52 adet) kullanılmıştır. Patojenite testleri Bölüm arazisi seralarında yürütülmüştür. Fungus materyalleri hastalıklı kök ve elde edilen fungus türlerinin saf miselleri kullanılmıştır.

Metot

Antepfıstıklarında Hastalık Oranlarının Belirlenmesi

İki ilçeye ait toplam 10 farklı antepfıstığı bahçesinde ağaçların taç kısmında tek taraflı dal kuruma, yanıklık, ana gövdede sakızlama, yapraklarda solgunluk ve küçülme hastalık belirtisi açısından tüm ağaçlar incelenmiştir. Bahçeler özellikle hastalık belirtilerinin yoğun olduğu bölgelerden rastgele seçilmiştir. Güdümlü örnekleme çalışmalarına iki yıl (2018-2020) devam edilmiştir. Hastalık belirtisi izlenen ağaçların yaşı, hastalığa karşı duyarlılık ve dayanıklılık gibi karakterleri dikkate alınmamıştır. Bu amaçla % hastalık oranı, hastalık belirtisi gösteren ağaç sayısının toplam incelenen ağaç sayısına bölündükten sonra 100 ile çarpılarak elde edilmiştir.

Surveyler, Hastalıklı Dokuların Alınması ve Patojen İzolasyonları

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

Survey ve örnekleme çalışmaları 2018 - 2020 yılları arasında hastalık belirtilerinin yoğun olarak gözlemlendiği Nizip ve Birecik ilçelerinden 5'şer adet farklı bahçelerde yaz sonu-sonbahar (Eylül-Kasım) ve ilkbahar aylarını kapsayan, periyodik olmayan arazi çıkışları şeklinde, 2 farklı dönemde simptomlu ağaçlardan kök, dal veya gövde örneği alınarak patojen izolasyonları gerçekleştirilmiştir. Hastalıklı bitki dokularının alınmasında, survey yapılan bahçelerde tüm ağaçlar incelenmiş, yapraklarda küçülme, solgunluk, dal kabuklarında koyu renklilik, yanıklık, ölü doku, taçta geriye doğru ölüm, iletim demetlerinde renklenme ve gövdede sakızlama, kabuk altında odun dokuda nekrotik leke belirtisi gösteren ağaçların bitki doku örnekleri alınmıştır. Yukarıda sayılan belirtileri gösteren antepfıstığı ağaçlarının gövde ve yan dalları, 20-30 cm uzunluğunda testere ile kesilerek soğutulmuş örnekleme kutularına konularak laboratuvara getirilmiştir. Patojen izolasyonu ve tanılama çalışmaları için nekrozlu bitki dokularından 1 - 2 cm eninde parçalar kesildikten sonra kabuk dokular soyulmuş ve çeşme suyu ile yıkanmıştır. Bu dokulardan tekrar bir büstri yardımı ile daha küçük parçalara (0.5-1 cm²) ince kesitler şeklinde parçalara ayrıştırılarak %1'lik ticari sodium hipokloritte 1-2 dak. yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve 4-5 kez sterilize destile su ile yıkanmıştır. Steril filtre kağıtlar üzerinde 5-10 dak. bekletilerek laminar air flow kabinde kurutulmuş ve 100mg/L tetrasiklin içeren PDA ortamında 5 gün kültüre alınmıştır. Bu inkübasyon süresinde, bitki parçalarından PDA ortamı üzerinde gelişen fungal misellerden küçük diskler alınarak aynı besi ortamında alt kültürler oluşturulmuştur. Tek spor kültürleri, 1/1000 oranında sulandırılan konidilerden hazırlanmış ve 100 µl PDA ortamına yayılarak ertesi gün tek spordan gelişen fungus kolonileri seçilerek oluşturulmuştur.

Patojenlerin Tanılanması

Morfolojik Özellikleri

Fungal patojenlerin morfolojik özellikleri besi ortamında gelişen misel koloni rengi, şekli ve misellerde gelişen konidilerin şekilleri, büyüklükleri, uzunluk/en oranları gibi özellikler mikro ve makro konidi oluşumları ve bölme sayıları dikkate alınmıştır. Botryosphaeriaceae familyasına ait fungus morfolojisinde Phillips ve

ark. (2013),'nın geliştirdiği tanı anahtarı kullanılmıştır. Fusarium türlerinin morfolojik özelliklerinin tanısında ise Crespo ve ark. (2019),'nın kullandığı yöntemler dikkate alınmıştır.

Moleküler Analizler

DNA İzolasyonu ve Polimeraz Zincir Reaksiyonu

Patojen fungusların moleküler tanısında ITS gen bölgesi (5,8 S, ITS1, ITS2 ve ribosomal RNA) kullanılmıştır. Bu amaçla ITS5 ileri primer (5'-GGAAGTAAAGTCGTAACA AGG-3') ve ITS4 geri primer (5'-TCCTCCGCT TATTGATATGC-3') çiftleri DNA çoğaltımında kullanılmıştır (White ve ark, 1990). Bu amaçla öncelikle fungal patojenlerin DNA izolasyonunda 100 mg misel parçaları her izolattan ayrı ayrı alınarak Qiagen DNeasy plant mini kiti ve protokolleri kullanılmıştır.

Patojenite Testleri

Hastalık belirtisi gösteren antepfıstığı ağaçlarından izole edilen 5-10 günlük tek spor kültürleri PDA besi ortamında geliştirilmiştir, Sağlıklı antepfıstığı ağaçlarından 25 cm uzunluğunda ve 1-2 cm çapında olacak şekilde kesilen dallar önce % 0,5'lik sodyum hipoklorit ile 10 dak. yüzeysel sterilizasyon uygulanmış ve hemen sterilize edilmiş destile su ile 3 kez yıkanmıştır. Yüzeysel sterilize edilen dallar laminar air flow içerisinde otoklav edilmiş filtre kağıtlarında kurutulduktan sonra hemen sıvılaştırılmış parafin ile kesik uçlar kaplanmış ve bitki dokusundan su kaybı önlenmiştir. Kesik dalların tam ortasına, 4mm çaplı delici disk ile odun dokusuna zarar vermeden kabuk dokusu çıkarılmıştır. Bu kısma yine aynı büyüklükte mantar delici ile PDA'da 5-7 gün geliştirilen patojenlere ait misel diskleri yerleştirilmiştir. Kontrol için kullanılacak dallara sadece PDA besi ortamı diskleri yerleştirilmiştir. Her patojen izolat ve kontrol için 6 adet kesik dal kullanılmıştır. Patoje inokule edilen dallar içerisi etil alkol ile dezenfekte edilmiş, tabanında steril su ile emdirilmiş kaba filtre kağıtları bulunan 5 litrelik saklama kaplarına aktarılmıştır. Dalların suya temas etmemesi için, saklama kabın tabanına 25 mm çaplı 150 mm uzunluğundaki cam tüpler yerleştirilmiştir. Dallar saklama kapları içerisindeki 25±2°C'de 17 gün inkübe edilmiştir (Damm ve ark, 2007; Wang ve ark,

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

2011). Kesik dal patojenisite çalışmasında en uzun nekroz oluşturan virulent izolatlar seçilmiş ve fidan patojenisite çalışmasında kullanılmıştır. Fidanların patojenisite testinde de aynı yöntem uygulanmış sadece *Fusarium* izolatları anaçların hemen toprak hizasında olacak şekilde gövde ve kök boğazına patojen diskler yerleştirilmiş, *N. dimidiatum* için anaç üzerine aşılı “Uzun” çeşidinin gövdesine disk yerleştirilmiştir. Sera koşullarında $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 6 ay inkübe edilmiştir (Şekil 1). Fidanlarda bu süre içerisinde kabuk ve odun dokusunda oluşan sakızlama ve nekrotik alanlar ölçülerek kayıt edilmiştir. Fidanların patojenisite çalışmalarında *Neoscytalidium*

dimidiatum patojen izolatları için Uzun çeşidi, *Fusarium* spp. için anaç antepfıstığı dalları ve fidanları kullanılmıştır. Dal Patojenisite testlerinde her tekerrür 1 dal olmak üzere 6 tekerrürlü ve fidan patojenisite testlerinde her tekerrür 1 fidan olmak üzere 5 tekerrürlü patojenisite testleri, tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiştir. Elde edilen verilerin varyans analizinde, tek yönlü varyans analizi SPSS istatistik yazılım programları kullanılmıştır. Verilerin ortalamaları % 5 önem seviyesinde Student Newman Keuls testi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. *Neoscytalidium dimidiatum*'un “Uzun” çeşidi antepfıstığına ve *Fusarium* spp. türlerinin buttum anacı fidan gövdelerine inokulasyonu

Bulgular ve Tartışma

Hastalık Belirtileri ve Hastalık Çıkış Oranlarının Belirlenmesi

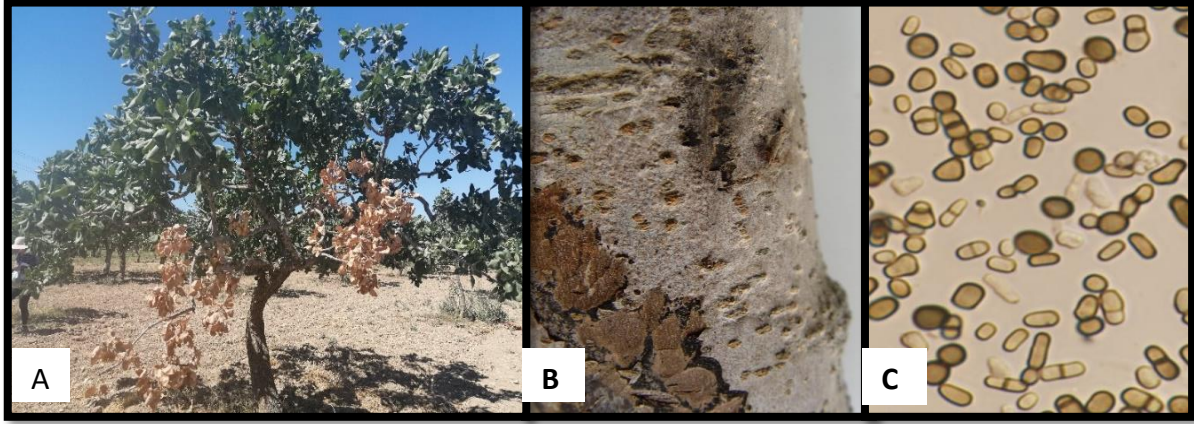
2018-2020 yılları arasında yılda iki kez olmak üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Gaziantep ve Şanlıurfa illerinde toplam 10 bahçede örneklemeye çalışmaları yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar ilçe bazında değerlendirilmiştir. Antepfıstıklarında taçtan başlayan ve gövdeye doğru ilerleyen kuruma belirtisi gösteren ağaçların hastalık belirtilerinde iki ilde bazı farklılık gözlenmiştir. Şanlıurfa ilinde, Birecik ilçesindeki hastalıklı ağaçlarda genellikle tek

tarafalı dal kurumaları (Şekil 2) daha çok görülürken, Gaziantep ili, Nizip ilçesindeki ağaçlarda ağırlıklı olarak ağaçların tüm taç kısmında genel kuruma olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3). Taçta tamamen kurumanın gözlemlendiği ağaçlarda yaprak çok daha küçük ve solgun görümlü iken, Şanlıurfa ili, Birecik ilçesindeki ağaçlarda tek tarafalı dal kuruma simptomların gözlemlendiği ağaçlarda yapraklar daha geniş ve solgunluk gözlenmemiştir. Birecik ilçesindeki hastalıklı ağaçlardaki belirtiler daha çok 30-40 yaşındaki ağaçlarda, tek tarafalı dal kuruması şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2A). Kuru dallarda

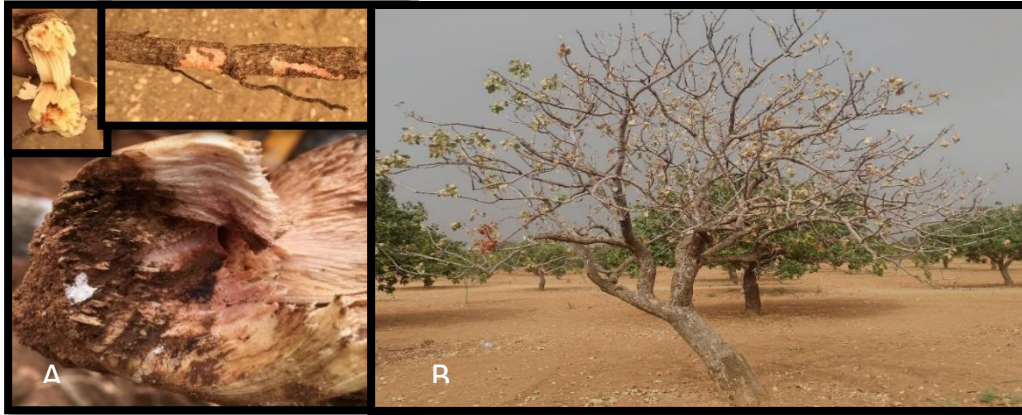
Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

yapraklar dökülmeden dal üzerinde asılı kalmaktadır (Şekil 2A), ayrıca dallarda kabuk dokusunun altında patojenin siyah renkli misel ve konidileri oluşmakta (Şekil 2BC) ve zamanla dal tamamen kurumaktadır. Kurumaların tek dal üzerinde olması, ağaçlardaki zararlı böceklerden

kaynaklandığının düşünülmesi nedeniyle budamalar sıklıkla yapılmış ancak hastalık budamayla yeni dallara da bulaşmış ve zamanla bulaşıklığın yoğun olduğu ağaçlar ölümle sonuçlanmıştır.



Şekil 2. Şanlıurfa ili, Birecik ilçesinde antepfıstığı ağaçlarında tek taraflı dal kurumaları (A), aynı ağacın gövde kabuğu altında *N. dimidiatum* fungus miselleri (B) mikroskop altında konidilerin şekilleri (C) (x40 büyültme)



Şekil 3. Gaziantep Nizip ilçesinde *Fusarium oxysporum* ve *F. solani* fungusu ile infekteli antepfıstığı ağacı kökleri (A) ve *F. equiseti* ile infekteli antepfıstığı ağacı (B)

Geriye doğru tek dal kuruma belirtileri özellikle eylül-kasım ayları arasında gözlenmiştir. Nizip ve Birecik ilçelerindeki % hastalık çıkış oranları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’de görüldüğü üzere, Nizip’in Yolçatı mahallesinde bulunan 4 nolu bahçede hastalık oranı %9 ile en yüksek oranda saptanmış, bunu %7.6 ile Günaltı’nda bulunan 1 nolu bahçe takip etmiştir. Diğer taraftan ağaç sayısının en fazla olduğu Güzelköy mahallesindeki 3 nolu

bahçede hastalık oranı %0.85 olarak saptanmıştır. Nizip ilçesindeki tüm bahçelerde hastalık oranının Şanlıurfa ili, Birecik ilçesine göre yüksek olmasının nedeni öncelikle toprak altı damla sulamanın bu bölgede daha yaygın olup, düzensiz sulama nedeniyle antep fıstığı ağaçlarının kök bölgesinin sürekli nemli kalması mevcut *Fusarium* türlerinin bitki köklerinde infeksiyon yapmasına neden olmuştur. Diğer taraftan geleneksel antepfıstığı

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

yetiştiriciliğinde susuz tarım uygulanmaktadır. bahçelerde *Fusarium* kök çürüklüklerine Toprak altı damla sulama sistemi olmayan rastlanmamıştır.

Çizelge 1. Nizip ve Birecik ilçelerinde 2018-2020 yılları arasında farklı antepfıstığı bahçelerinde kök çürüklüğü ve geriye doğru ölüm nedeniyle ortaya çıkan yüzde (%) hastalık oranları

İller	Mahalleler	Bahçe Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı	Hastalıklı Ağaç Sayısı	% Hastalık Çıkış Oranı
Gaziantep	Günaltı	1	144	11	7.6
	Günaltı	2	240	5	2.08
	Güzelköy	3	936	8	0.85
	Yolçatı	4	350	32	9
	Yolçatı	5	600	8	1.3
Şanlıurfa	Surtepe	1	225	5	2.2
	Surtepe	2	200	2	1
	Çiftlik	3	230	7	3
	Çiftlik	4	800	3	0.3
	Şehir Bağı	5	368	4	1.1



Şekil 4. Gaziantep ili Nizip ilçesinde *Fusarium equiseti* fungusu ile infekteli antepfıstığı ağacından alınan enine kesit (A) ve *F. equiseti*'nin PDA besiyetisinde gelişen kolonisi (B) (siyahimsı yapılar fungusun klamidiosporları içermektedir).

Birim alandan fazla üretim almak amacı ile son yıllarda toprak altı damla sulama sistemleri ile sulu tarıma geçiş yapılması, damla sulama ile sulanan bahçelerin su miktarı ile doğrudan ilişkili olup bu ilçede özellikle kök çürüklüğü belirtilerini dolayısı ile ağaç ölümlerini arttırmıştır. Toprak yapıları ve arazi koşullarına göre, damla sulama sisteminin olduğu her bahçede bu hastalığa rastlanmadığı gözlemlenmiştir. Bu tip ağaçların köke yakın gövdeleri enine kesildiğinde odun dokuda halka şeklinde kahverengi nekroz ve etrafında pembeleşme şeklinde belirtiler gözlemlenmiştir.

Bu tip belirtilmeli dokulardan patojene özgü kesif kokular yayılmaktadır (Şekil 4). Şanlıurfa ili Birecik ilçesinden hastalıklı dal örneklerinden *N. dimidiatum* fungusu %38 gibi en yüksek oranında saflaştırılmıştır. Bunun yanısıra %10 *Trichoderma* spp., %10 *Colletotrichum* sp., %8 *Fusarium* spp., %6 *Nigrospora* sp., %5 *Aspergillus* spp., %4 *Penicillium* spp., ve %15 tanımlanmayan türler de saflaştırılmıştır.

Hastalık Etmenlerinin Morfolojik Özellikleri
PDA besiyetisinde başlangıçta beyaz misel olarak gelişen *F. equiseti* 10 gün sonra kremimsi beyaz ve pembe renge dönüşmektedir. Kültür

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

yaşlandıkça besi ortamına temas eden miselyum pembe renge dönüşmektedir. 25 ± 2 °C'deki iklim odasında fungal kolonide bir ay sonra koyu kahverengi-siyah renkli klamidiosporlar çoğalmaktadır (Şekil 4B). Makrokonidiler 5-7 bölmeli iken mikrokonidileri bölmesiz ya da bir bölmeli gelişmektedir. Fungus havai misel olarak gelişmektedir. *F. equiseti*'nin makrokonidi ölçümleri $(13.8-21.5 (-29.2) \times (4.0-5.1 (-6.3)) \mu\text{m}$ olarak maksimum, ağırlıklı ve minimum boy ve en uzunlukları olarak verilmiştir. Mikrokonidi ölçümleri ise maksimum (6.7), orta (9.8) ve minimum (14.4) boy ve en uzunlukları ise maksimum (2.8), ağırlıklı (3.7) ve en küçük (4.7) μm 'dir. Klamidosporların ölçümleri yapılmamış ancak bir petride ortalama 300-400 klamidiospor gelişimi gözlenmiştir. Eskalen ve ark. (2001), antepfıstığı ağaçlarındaki hastalıkları saptamak amacı ile yapmış oldukları çalışmada izole ettikleri patojenleri sadece koloni morfolojisine bakarak ve konidilerin mikroskop altında şekillerini dikkate alarak antepfıstığı kök çürüklüklerine *Phytophthora* sp., *Verticillium* sp., *Aspergillus* sp. ve *F. equiseti* fungus türlerinin neden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise dal ve gövdelerde kurumaya neden olan etmenin *F. equiseti* olduğu hem morfolojik karakter hemde konidi şekil ve büyüklükleri dikkate alınarak saptanmış ve moleküler analiz ile de kanıtlanmıştır (Şekil 5). Nizip ilçesinde tamamen kurumanın kök ve kök boğazı çürüklüğü ile ortaya çıktığı saptanmış olup etmenler ise *F. oxysporum* ve *F. solani* olarak tanımlanmıştır. *F. oxysporum*'da başlangıçta *F. equiseti* gibi beyaz misel olarak gelişmektedir. Ancak ilerleyen dönemde *F. oxysporum* koloni rengi beyaz ve daha az havai misel oluşturmaktadır. Bazı koloni renkleri hafif pembemsi renk alabilmektedir. (kolonş deseni burada verilmemiştir). Bu fungus türü de bol miktarda hem mikro ve makrokonidiler üretmiştir. Mikrokonidileri genelde bölmesiz olup, bazıları tek bölmelidir. Makrokonidileri ise en az 4 bölmeli olup en fazla 7 bölmeli gelişim göstermektedirler.

Makrokonidilerin maksimum, orta ve minimum büyüklükleri $(18.5-27.3 (-33.6) \times (2.5-3.7 (-7.4)) \mu\text{m}$ 'dir. Mikrokonidilerin maksimum, orta ve minimum büyüklükleri $(5.3-6.5 (-8.4) \times (2.2-3.1 (-3.8))$

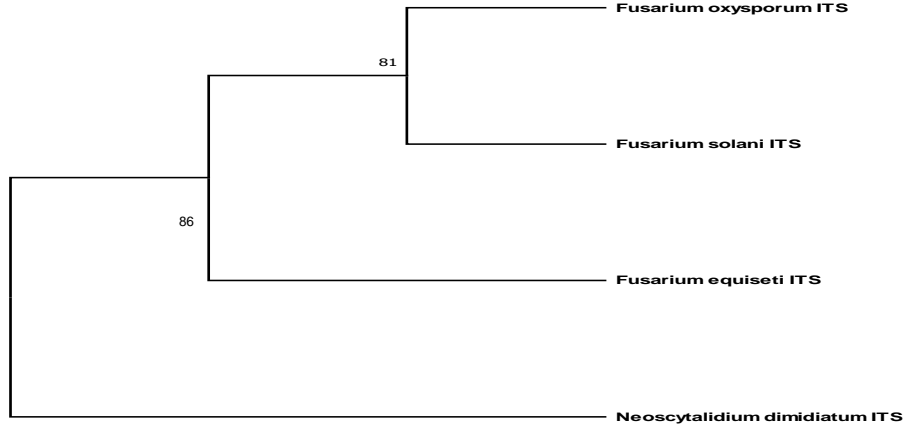
μm 'dir. Antepfıstığı ağaçlarında kök çürüklüğü etmeni *F. solani* olduğu patojen izolasyonu ile saptanmıştır. *F. solani* diğer iki fungusa göre çok daha farklı koloni miseli oluşturmuştur. Bu etmenin miselleri besi ortamına yapışık olarak kremi renkte gelişmiştir. Koloni rengi değişmemiş ve klamidiospor oluşu gözlenmemiştir. Makrokonidileri 3-5 bölmeli gelişmiş, maksimum, orta ve minimum büyüklükleri $(32.6-36.5 (-43.7) \times (4.7-6.8 (-8.7)) \mu\text{m}$ 'dir. Mikrokonidiler bölmesiz veya bir bölmeli olup, maksimum, orta ve minimum büyüklükleri $(5.59-10.0 (-11.3) \times (3.1-4.3 (-5)) \mu\text{m}$ 'dir. *F. equiseti* PDA besi ortamında kültüre alındıktan bir gün sonra 11.5 mm'ye ulaşmış 2. günden sonra günlük 22 mm koloni çapları artmıştır. 4. günden sonra tüm petriyi kaplamış ve 86 mm koloni çapı oluşturmuş, *F. oxysporum* ise 5. günün sonunda kolonisi tüm petriyi kaplamıştır.

Neoscytalidium dimidiatum PDA besi ortamında kültüre alındığında çok hızlı bir şekilde başlangıçta beyazımsı misel sonra kurşuni grimsi renkte koloni geliştirmiş, 3 günde tüm petriyi kaplamıştır. Başlangıçta koloni rengi açık grimsi iken hızla koyu gri ve siyaha dönüşmüştür. Miselleri havai gelişmiş, misel koloni üzerinde bol miktarda piknidium ve içerisinde eşeysiz piknidiosporlar oluşturmuştur (Şekil 2C). Konidileri oldukça değişken morfoloji sergilemiştir. Bazıları bölmesiz, diğerleri iki ve üç bölmeli, şekilleri karemsi, dikdörtgen ve düzensiz silindirik formdadır. Konidiler başlangıçta krem renkte, olgunlaştıkça kahve ve koyu kahverengiye dönüşmektedir. Bu fungus türünde mikrokonidi ve makrokonidi ölçümleri yapılmamıştır.

Hastalık Etmenlerinin Moleküler Analizi

Gaziantep ili, Nizip ilçesi ve Şanlıurfa ili, Birecik ilçesinde antepfıstığı bahçelerinde hastalık etmeni olarak saptanan *F. oxysporum*, *F. solani* ve *F. equiseti* türleri için birer adet izolat ve *N. dimidiatum* fungus türü için 2 izolat National Center for Biotechnology Information (NCBI) gen veri bankasından ITS gen dizileri için sırasıyla OP886970, OP886971, OP886972, OP889670 ve OP889671 erişim numaraları alınmıştır. Bu fungus türlerinin ITS gen dizilerinin maksimum parsimoni soy ağacına göre farklı gruplar oluşturduğu Şekil 5'de gösterilmiştir.

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

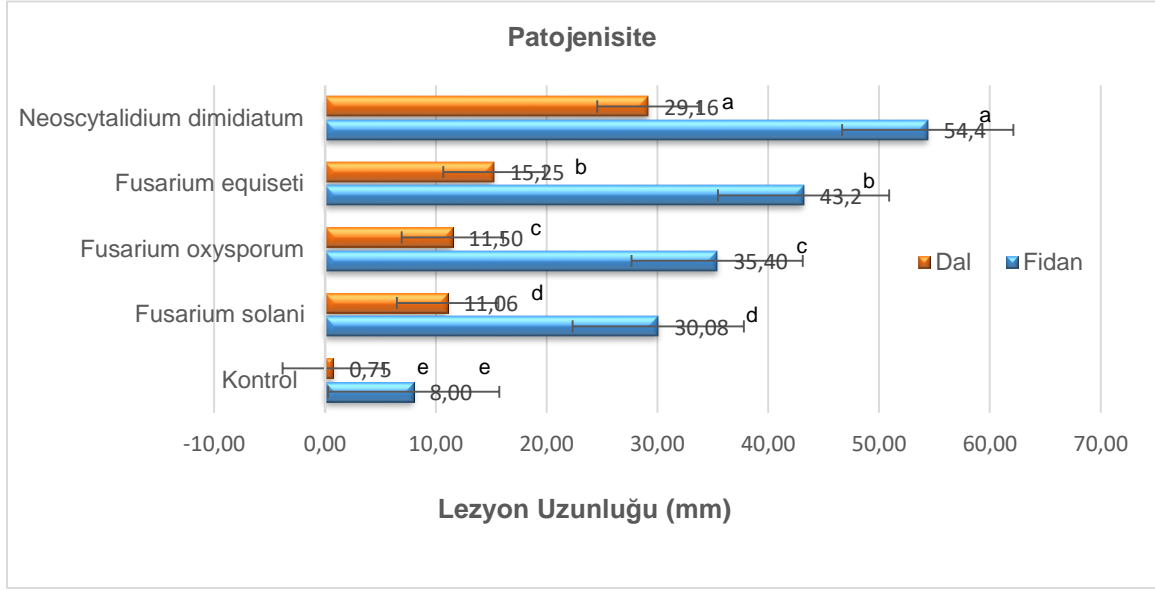


Şekil 5. Antepfıstığı ağaçlarında kök çürüklüğü, geriye doğru kuruma ve dal kurumalarına neden olan *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti* ve *N. dimidiatum* fungus türlerinin ITS gen dizilerinin Maksimum parsimoniye göre soy ağacı. Dallanma noktalarındaki Bootstrap değerleri (%) verilmiş olup, 1000 tekrar içermektedir.

Şekil 5’de görüldüğü üzere antepfıstıklarından elde edilen patojen izolatların hepsinin farklı fungus türleri olduğu ITS gen dizilerinin karşılaştırma analizleri ve oluşturdukları soy ağaçları ile de ispatlanmıştır. *F. oxysporum* (OP886970), *F. equiseti* (OP886972) ve *F. solani* (OP886971) funguslarının ITS gen dizileri NCBI gen bankasında sırasıyla MN056949, MT560337 ve MG734215 erişim numaralarına ait *Fusarium* türlerinin ITS nükleotid dizileri ile %100 homojen bulunmuştur. *N. dimidiatum* (OP889670 ve OP889671) fungusunun ITS gen dizisi ise MH744381 erişim numarası ile %100 homojenlik göstermiştir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü nedeniyle antepfıstığı ağaçlarının geriye doğru ölümü, dal kuruması gibi hastalık belirtileri Eskalen ve ark., (2001) tarafından bildirilmiş ancak patojen türleri belirtilmemiştir. Burada yapılan çalışmada Gaziantep ili Nizip ilçesindeki antepfıstığı ağaçlarında kök çürüklüğüne *F. oxysporum* ve *F. solani* fungus türlerinin neden olduğu simptomlu dokulardan yapılan patojen izolasyonu, fungus morfolojisi ve ITS gen dizi analizleri ile belirlenmiştir. Nitekim

Kaliforniya’daki antepfıstığı ağaçlarında da özellikle kök ve kök boğazı çürüklüğüne ve iletim demetlerinde renk bozulmalarına *F. oxysporum*, *F. solani* ve *F. proliferatum* fungus türlerinin neden olduğu rapor edilmiştir (Crespo ve ark., 2019). Ancak Kaliforniya’daki antepfıstıklarında ayrıca *Neocosmospora falciformis* ve *N. solani* türleri de saptanmıştır. Tunus’daki antepfıstıklarında kök çürüklüğüne neden olan fungusun *F. solani* olduğu Triki ve ark. (2011) tarafından, Suriye’deki antepfıstıklarında ise Walid ve Abeer (2017), tarafından yapılan çalışmalarla bildirilmiştir. Nizip ilçesindeki antepfıstığı ağaçlarının kök ve kök boğazı dokularından yapılan izolasyon çalışmalarında baskın olarak *F. oxysporum* ve *F. solani* türlerine ait koloni gelişimleri gözlenmiş olup, dallardan yapılan (Şekil 4) izolasyonlarda ise *F. equiseti* fungusu elde edilmiştir. *F. equiseti* fungus türü özellikle dal iletim demetlerinde nekroza ve pembemsi renklenmeye neden olmuş, son derece virulent bir patojen olduğu hem dal inokulasyonu hem de fidan patojenisite testleri ile belirlenmiştir (Şekil 6).

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması



Şekil 6. Antepfıstığı “Uzun” çeşidi ve Buttum anaçlarında dal ve fidan patojenisite testleri. Ortalamalar arasındaki fark tek yönlü varyans analizi ve Student-Newman-Keuls (SNK) testine göre belirlenmiştir. (Dal patojenisite testinde $P < 0,001$ DF:4 F:990,592; Fidan patojenisite testinde $p < 0,001$; DF:4; F:277,062)

Şanlıurfa ili Birecik ilçesindeki antepfıstığı ağaçlarında tek taraflı veya taç içerisinde sadece bir veya iki dalda kuruma belirtilerinin *N. dimidiatum* fungusu nedeniyle olduğu hem patojenin kabuk dokusu altında oluşturduğu misel, piknidium ve konidlerin mikroskopik morfolojilerine bakılarak hem de dokudan patojen izolasyonu ile birlikte etmenin moleküler analizi ve patojenisite testleri ile belirlenmiştir. Bu bölgede gözlem yapılan bahçelerdeki ağaçlarda kök çürüklüğü belirtilerine rastlanmamıştır. *N. dimidiatum* patojen türüne ayrıca Nizip ilçesinde bazı ağaçlarda da rastlanmıştır. *N. dimidiatum*, Botryosphaeriaceae familyasına dahil funguslardandır. Bu patojen familyasına dahil bir çok fungus cinsi ve türü Türkiye’de bir çok farklı bölgede sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında, asmalarda, orman ağaçlarında ve çileklerde sürgün yakılıklarına dallarda nekrotik alanlarla birlikte kurumalara, sakızlamaya, meyvelerde sap ucu çürüklüğüne neden olmaktadır (Çeliker ve Michailides, 2012; Kurbetli ve Demirci, 2014; Yıldız ve ark., 2014; Akgül ve ark., 2015; Kayım ve ark., 2015; Kayım ve ark., 2016; Endes ve ark., 2016; Awan ve ark., 2016; Derviş ve ark., 2019; Endes ve Kayım, 2022). Kaliforniya’da Michailides ve ark. (1995), Güney Afrikada’da Swart ve

Blodgett (1998), antepfıstığı ağaçlarında dal kanserlerine, kurumalara ve sürgün yanıklığına *Botryosphaeria dothidea* fungusunun neden olduğunu bildirmişleridir. Nouri ve ark. (2019), Kaliforniya’daki antepfıstığı ağaçlarında dal kanserleri ve ağaçlarda geriye doğru ölümlere 11 farklı fungus türünün bunlar arasında *Diplodia mutila* ve *Neofusicoccum mediterraneum* gibi Botryosphaeria cinsine ait türlerin de yer aldığını bildirmişleridir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar diğer ülkelerdeki antepfıstığı ağaçlarındaki dal kanserleri ve geriye doğru ölümlerle benzer belirtiler gözlenmiş ancak Türkiye’deki baskın fungus türünün *Neoscytalidium dimidiatum* olup, son derece virulent bir patojen olduğu belirlenmiştir. Derviş ve ark. (2019), tarafından Şanlıurfa ili Haliliye, Bozova ve Siverek ilçelerinde antepfıstığı ağaçlarında dallarda yanıklık kapanmayan yaralara ve dal kurumalarına *Neoscytalidium dimidiatum* fungusunun neden olduğunu bildirmişleridir. Bizim yaptığımız çalışma da bunu kanıtlamıştır.

Sonuçlar

Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin sadece iki farklı ili kapsayan ancak birbirine sınır olan Nizip ve Birecik iki farklı ilçedeki antepfıstığı ağaçlarında gözlenen yaprak solgunlukları,

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

yapraklarda küçülme, ağaç taçlarında kuruma ve kök çürüklüklerine *F. oxysporum*, *F. solani* ve *F. equiseti* türlerinin neden olduğu saptanmıştır. Burada belirlenen türler Nizip ilçesi için ilk rapor niteliğindedir. Kapalı damlama sulamada çok düzenli ancak yeterli sulama yapılması, mümkünse toprak örnekleri alınarak nematod varlığı açısından incelenmesi gerekmektedir. Diğer taraftan toprak işleme yapılırken ağaç köklerinde yara açılmamalıdır. Birecik ilçesindeki tek taraflı dal kurumaları ile başlayan ağaç ölümlerinin *Botryosphaeriaceae* familyasına dahil *Neoscytalidium dimidiatum* fungus türü olduğu belirlenmiştir. Bu patojen budama veya herhangi bir yaradan bitki dokusunu infekte ettikten sonra kabuk altında odun dokuda gelişmesine devam edebilmektedir. Patojen iletim demetlerini de istila ederek dallarda kurumalara ve ilerlemesi durumunda tüm ağacın ölümü ile sonuçlanmaktadır. Bu tip ağaçlarda derin budama yapılarak ağacın koruyucu fungusitlerle ilaçlanması ve büyük yaraların aşı macunu ile kapatılması son derece önem taşımaktadır. Patojen izolasyonları sırasında faydalı *Trichoderma* türleri de saflaştırıldığından gelecekte yapılacak çalışmalarda bu faydalı mikroorganizmaların da mücadelede kullanılması için ön çalışmalar yapılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (Proje No: FYL-2019-11406) desteklenmiştir. Gaziantep ili Nizip ilçesindeki hastalıklı antepfıstığı ağaçlarından örneklerin alınmasına katkı sağlayan antepfıstığı üreticisi sayın Kasım Böler'e ve Şanlıurfa ili Birecik ilçesindeki ağaçların surveyine katkısından dolayı GAP Agro Ziraai ilaç limited şirketine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akgül, D.S., Savaş, N.G., Teker, T., Keykubat, B., Mayorquin, J.S. Eskalen, A. (2015) Fungal trunk pathogens of Sultana Seedless vineyards in Aegean region of Turkey. *Phytopathol Med* 54(2):380–393.

Awan, Q.N., Akgül, D.S., Unal, G., (2016) First Report of *Lasiodiplodia*

pseudotheobromae Causing Postharvest Fruit Rot of Lemon in Turkey. *J Plant Dis* 100(11):2327.

Crespo, M., Lavrance D.P., Nouri M.T., Doll D.A., Trouillas F.P.(2019) Characterization of *Fusarium* and *Neocosmospora* Species Associated With Crown Rot and Stem Canker of Pistachio Rotscocks in California, *Plant Dis* 103:1931-1939.Çeliker, N.M., Michailides, T.J. (2012) First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing canker and shoot blight of fig in Turkey. *New Dis Rep* 25:12.

Damm, U., Crous, P.W., Fourie, P.H. (2007) *Botryosphaeriaceae* as potential pathogens of *Prunus* species in South Africa, with descriptions of *Diplodia africana* and *Lasiodiplodia plurivora* sp. nov. *Mycol* 99(5): 664–680.

Demirözer, Ş. (2014) Antepfıstığında Meydana Gelen Geriye Ölüm Etmenlerinin Belirlenmesi, Gaziantep Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs.

Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çiftçi, O., Serçe, U.Ç., Dikilitaş, M. (2019) First Report of *Neoscytalidium dimidiatum* Causing Canker, Shoot Blight, and Root Rot of Pistachio in Turkey. An International Journal of Applied Plant Pathology *Plant Dis* 103: 1411-1411.

Eskalen, A., Kusek, M., Danisti, L., Karadağ, S., Ak, B.E. (2001) Fungal diseases in pistachio trees in East Mediterranean and southeast Anatolian regions. XI GREMPA Seminar on pistachios and almonds. Proceedings of the XI GREMPA Seminar organized by the Universty of Harran with the collaboration of the FAO-CIHEAM inter-Regional Cooperative Research and Development Network on Nuts, Şanlıurfa, Turkey 1-4 sep, 56 261-264.

Endes, A., Kayım, M., Eskalen, A. (2016) First Report of *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, and *Diplodia seriata* causing bot canker and gummosis of nectarines in Turkey. *Plant Dis* 100(11):2321.

Antepfıstığı Ağaçlarında Kök Çürüklüğü ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması

- Endes, A., Kayım, M. (2022) Morphological and Molecular Characterization of Botryosphaeriaceae Species Associated with Dieback and Gummosis on Plum Trees in Turkey. *Com rendus de l'Acad Bulgare des Sci* 75(2): 295-302.
- FAO 2020. Food And Agriculture Organization Of The United Nations Rome (2018) (Erişim tarihi: 10.11.2022).
- Kayım, M., Endes, A., Eskalen, A. (2015) First Report of *Neofusicoccum parvum* and *Diplodia* sp. Associated With Wood Canker and Dieback on Almond in Turkey. XVIII Internatiol Plant Protection Congress, Berlin, 798s.
- Kayım, M., Endes, A., Eskalen, A. (2016) Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Bazı Meyve Ağaçlarında Botryosphaeriaceae Grubu Patojenlerin Durumu. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongre Bildiri Özetleri, İnci Kağıtçılık Ofset Matbaa, Konya, 938s.
- Kurbetli, I., Demirci, F. (2014) Outbreak of stem canker and dieback of pear trees caused by *Botryosphaeria obtusa* (anamorph *Diplodia seriata*) in Turkey. *New Dis Rep* 30.
- Michailides, T.J., Morgan, D.P., Doster, M.A. (1995) Diseases of Pistachio in California and Their Significance. *Acta Hort* 419, 337-343.
- Nouri, M.T., Lawrence, D.P., Holland, L.A., Doll, D.A., Kallsen, C.E., Culumber, C.M., Trouillas, F.P. (2019) Identification and Pathogenicity of Fungal Species Associated with Canker Diseases of Pistachio in California. *Plant Dis* 2019, 103:2397-2411.
- Philips, A.J.L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M.J., Groenewald, J.Z. Crous, P.W. (2013). The *Botryosphaeriaceae*: genera and species known from culture. *Study in Mycol* 76:51-167.
- Sarpkaya, K. (2014) Antepfıstığında Karazenk Hastalığına Neden Olan *Pseudocercospora Pistacina'* nın Biyolojisi, Epidemiyolojisi Ve Mücadelesine Yönelik Çalışmalar. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana.
- Swart, WJ., Blodgett JT. (1998) First Report of *Botryosphaeria dothidea* of Pistachio Trees in South Africa. *Plant Dis* 82 960.
- Triki, M.A., Chaabouni A.C., Ioos R. (2011). Emergence of *Fusarium solani* Causing Root Rot of Pistachio Trees In Tunisia. International Symposium on Pistachios and Almonds 2011.912.107
- TÜİK (2021) Türkiye İstatistik Kurumu. 2022. (Erişim tarihi:10.11.2022).
- Walid, N., Abeer, R. (2017) First Report of *Fusarium solani* Causing Root Rot of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Seedlings in Nurseries in Syria. The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. ISSN:2305 - 5243; AIF(NSP)-316.
- Wang, F., Zhao, L., Li, G., Huang, J., Hsiang, T. (2011) Identification and characterization of *Botryosphaeria* sp. causing gummosis of peach trees in Hubei Province, central China. *Plant Dis* 95:1378-1384.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. In: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Academic Press, New York, USA, 315-322.
- Yıldız, A., Benlioğlu, K., Benlioğlu, H.S. (2014) First Report of Strawberry Dieback Caused by *Lasiodiplodia theobromae*. *Journal Plant Dis* 98(11): 1579.



Research Article

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

Mahamed Abdalla Makaay Abass^{1*}, A. Nafi BAYTORUN²

ABSTRACT

For profitable production, greenhouses must be heated, particularly during the winter in all the zones in Turkey, and the high load of heating was calculated in zone III. Throughout all Turkey zones, ventilation plays a role in regulating the greenhouse climate for a part of the year. The cooling load (in hours) was calculated to be high in zone II compared to other zones, and the Fan&Pad system is more effective in this zone, however, in Zone III it is possible to control the temperature to the comfort levels by using a short-term fog cooling system.

Keywords: Greenhouse, Heating, Ventilation, Cooling

Türkiye'de Farklı İklim Bölgelerinde Sera İklimlendirmesi

ÖZ

Kazançlı üretim için, Türkiye'nin tüm bölgelerinde kış aylarında seraların ısıtılması gereklidir, ayrıca III. Bölgede yüksek ısıtma yükü hesaplanmıştır. Tüm Türkiye bölgelerinde havalandırma, yılın bir dönemde sera ikliminin düzenlenmesinde rol oynamaktadır. II. Bölge'de soğutma yükünün (saat olarak) diğer bölgelere göre yüksek olduğu hesaplanmış ancak bu Bölge'de fan-ped sistemi daha etkilidir. III. Bölge'de kısa süreli sisleme soğutma sistemi kullanılarak sıcaklığın konfor seviyelerine kadar kontrol edilmesi mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Sera, Isıtma, Havalandırma, Soğutma

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-6614-1784, 0000-0002-5971-6893

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 7.12.2022

Kabul Tarihi: 10.05.2023

¹ Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Turkey

² Al neelain University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Sudan

*E Posta: makaway87@gmail.com

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

Introduction

Due to the overuse of agricultural land, rapid population growth, and subpar product quality, measures that will increase production must be implemented. These measures include providing and distributing the materials required for adopting modern agricultural technology, raising the production of fruits and vegetables, and significantly increasing the greenhouse area (Nasrollahi et al., 2021). The primary objective of a greenhouse is to enhance yields during the non-cultivation season, which can be achieved by maintaining the optimal temperature throughout the crop's life cycle understanding the microclimate and its characteristics is necessary to keep the greenhouse running at its best during the different stages of plant development. To create a practical physical model, it is imperative to have accurate calculations of solar radiation, mass transfer coefficients, and heat transfer coefficients because these factors have a significant impact on the greenhouse energy and mass balance (Su and Xu, 2017; López-Cruz et al., 2018).

Accurate knowledge about plant requirements at different growth stages, and under various light conditions, can contribute to the design of adaptive control strategies for more cost-effective and competitive production. The production's ability to succeed depends directly on the greenhouse's environment, which must have the ideal values of light, temperature, ventilation, and moisture, the temperature is one of these aspects that should be established within the greenhouse since it is one of the most crucial climatological factors (Nasrollahi et al., 2021). Greenhouse inside air temperature depends mainly on the outside climatic conditions (ambient temperature and solar radiation) and greenhouse design parameters (Choab et al., 2019). By operating at the ideal temperature for each stage of the crop, the greenhouse may merely produce a higher yield outside of the crop-growing season. To achieve this, the right heating or cooling technique must be used (Paksoy and Beyhan, 2015; Hassanien et al., 2016). Higher indoor air temperatures are required for optimal plant development in cold areas. By maintaining the greenhouse effect or

by employing any suitable heating technique, these temperatures can be reached. The greenhouse effect, on the other hand, is only necessary for two to three months at a time in hotter places, with the remaining months necessitating the usage of more efficient cooling technology (Aljubury and Ridha, 2017; Zhou et al., 2017). The most significant cost that influences greenhouse farming's profitability is heating, because of this, it might not be economical for plants in some locations to use heating operations to satisfy their needs. To protect plants from potential frost hazards, the technique should only be utilized in specific locations (Canakci et al., 2013; Yagcioglu, 2005). While ambient temperatures can reach 38°C, Ajwang and Tantau (2004), Kittas et al., (2005) found that temperatures within a greenhouse without a climate controller maybe 20-30°C greater than those outside. Temperatures are slightly increased by 2 to 4°C in greenhouses compared to open spaces, according to data from the study by Shamshiri et al. (2018), daytime temperatures in greenhouses are noticeably higher than in open spaces. The temperature difference in a greenhouse that is not ventilated and heated to a certain temperature varies depending on the heat stored in the greenhouse. During the day, this difference is significant, while it is exceptionally low at night because of the lack of solar radiation.

The temperature, relative humidity, and CO₂ required for optimal plant growth are controlled through greenhouse ventilation. When the relative humidity of the outside air is lower than that in the greenhouse, the ventilation replaces the greenhouse air with outside air until the equilibrium point between the humid indoor and outdoor air in the greenhouse is established (H. Zhang et al., 2021). Therefore, natural or mechanical ventilation theoretically reduces the greenhouse temperature close to the outside temperature. For this reason, ventilation helps to provide the necessary comfortable environment for plants not only during hot periods but also during the production period (Shamshiri, 2013). When the average daily temperature is between 12 and 22 °C, it is possible to provide suitable conditions with ventilation for the plants in the

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

greenhouse, while the temperature difference reached in empty greenhouses with good ventilation is 2-3°C, it can be reduced to 1-2°C in fully planted greenhouses (Baytorun ve ark., 2000, 2017; Zabeltitz, 2011).

Greenhouse cultivation in hot climates is characterized by the heat load caused by high solar radiation, which creates major problems in the greenhouse environment and restricts plant growth. Temperatures should not be below 12°C or above 30°C in the greenhouse for optimum growth of plants and quality crops (Costantino et al., 2021). In this context, it is necessary to remove the excessive heat load from the greenhouse during hot periods.

In regions where the temperature is not too high, natural ventilation is the most common and least expensive technique for creating a moderate greenhouse climate (Baytorun et al., 2019). However, natural ventilation is not sufficient to remove excessive heat load from the greenhouse during periods of high solar radiation. Cooling is required to keep the temperature and water budget at an optimum or near-optimal value in the greenhouse (Baytorun et al., 2019). In case the daily average temperature rises above 22°C or the maximum temperature above 27°C, active cooling should be done in greenhouses (Kittas et al., 2013).

In this study, to answer the question of ventilation, heating, or cooling? In greenhouses, the required year-round acclimatization for model modern plastic greenhouses was determined by considering meteorological data for the different regions in Turkey.

Methodology

Temperature management and adaptation for day and night in greenhouses are necessary for optimal plant development, all environmental management systems strive to promote plant

development and deliver a mature harvest promptly, with the desired quality that the producer's market requires. However, to react to daily variations in climatic conditions, micrometeorological parameters must be precisely monitored. Maintaining temperatures, relative humidity, light, and CO₂ as close as possible to the ideal point for crop development is known as climate control. A greater emphasis has been placed on precise environmental control of greenhouses because of the global energy crisis to avoid high energy usage and, as a result, economic losses. The distribution of solar radiation depending on the time of the year is of great importance for the selection and design of the appropriate systems in greenhouse air conditioning, for the determination of plant growth and water requirement. Another climate parameter that affects plant growth in greenhouses is air temperature. The temperature in a region varies depending on solar radiation, seasons, latitude, and altitude above sea level, distance to the sea, wind intensity, and cloudiness. For suitable plant growth in the greenhouse, the temperature values should be between 17-27°C (Shamshiri et al., 2018). Throughout the entire year, a variety of greenhouses are in use for growing plants like tomatoes, cucumbers, lettuce, peppers, or even flowers.

In this study, different mathematical models have been used to predict the behavior of the environmental variables in high-tech greenhouses in diverse climatic areas of Turkey following TS 825 standards. Using the models, it was possible to determine how much air conditioning is required. Calculations were performed using meteorological data (solar radiation, ambient air temperature, humidity, and wind velocity), as well as technical/thermal characteristics of the greenhouses.

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

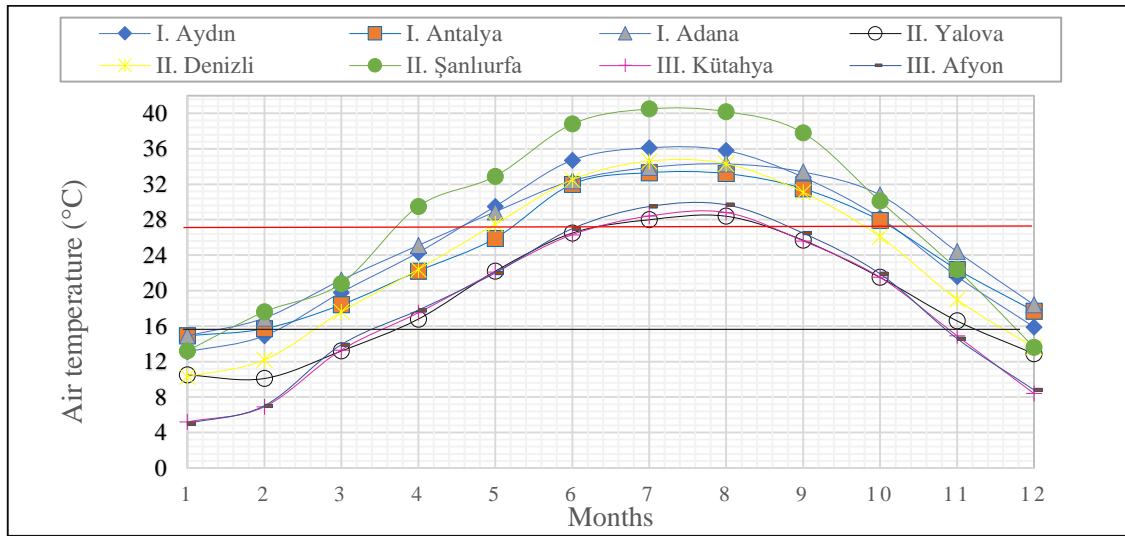


Figure 1. Monthly maximum temperature values of provinces in different climate zone

Figure 1 shows that ambient air temperatures may be extremely high, exceeding 27 °C in the summer times, and cooler months dip to below 16°C. In these conditions, to maintain the inside temperature at levels that are optimal for the crop, cooling and heating systems must be used, the most popular system is forced or natural ventilation. The efficient utilization of information is essential to the success of system assessments in greenhouse automation and control. Reducing the unnecessary energy needed for greenhouse heating and cooling, particularly in areas with unfavorable climatic conditions, is crucial for preserving market competitiveness. As expected during the summer months the heating loads are equal to

zero, while the cooling loads are not eliminated during the winter.

Heating Calculations

Generally, heating demands have been calculated based on the outside temperature, which is different from the indoor temperature environment due to the greenhouse effect. In this study, in the greenhouse monthly and seasonal heating requirements were estimated in the different climatic regions based on the inside temperature. However, with the aid of the developed heating model (Equation 1), the heat stored in the greenhouse during the day was taken in the heating calculation.

$$q = \sum_{n=1}^{8760} \left(\frac{A_c}{A_G} * U_{CS} * (\theta_{i_n} - \theta_{i,oH_n} - \Delta\theta_{sp_n}) * (1 - EE_{ESn}) \right) * t_{Si} \quad (1)$$

q : Heat energy requirement [W.m⁻²]

θ_{i_n} : The desired temperature in the greenhouse [°C]

θ_{i,oH_n} , the temperature in the greenhouse that is not heated and ventilated to a certain temperature [°C]

$\Delta\theta_{sp}$: Temperature rise due to the characteristics of the greenhouse [°C]

U_{CS} : Heat requirement coefficient [W m⁻² K⁻¹]

A_c : The cover surface area [m²]

A_G : The greenhouse ground area [m²]

EE_{ESn} : Heat saving provided by the night curtain

n : Hours of the year

t_{Si} : Time zone in simulation (1 h)

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

Ventilation Calculations

In the study, the ventilation model that was developed based on the energy balance (Equation 2) and the Bernoulli equation (Equation 3) was used to calculate the maximum inside temperature and the period (h) when the temperature is higher than 22°C in high-tech greenhouses at different ventilation opening ratios, in addition, to calculate the ventilation rate according to the size, location, and wind speed at the ventilation openings. To define the effectiveness of ventilation in controlling greenhouse temperature, the climate values of the climatic zone defined were used in the ventilation model that was developed based on the following equations, the data required for the calculations are defined which is such as the greenhouse size information, cover material information, ventilation system information,

climate, and location information, and other data are defined.

The air change created by the pressure difference in the greenhouses is expressed by Equation 2 according to the energy balance method when the heat flux to the soil and the heat energy used in photosynthesis (2%-3%) are neglected. The ventilation rate that occurs as a result of the wind effect and the dimensions of the ventilation flaps is calculated with the help of Equation 3. Equation 4 is created by equalizing the ventilation rate that is determined by the energy balance technique (Equation 2) with the number of air changes determined by the Bernoulli equation (Equation 3). In the study, using Equation 4, the temperature difference that can be reached depending on the ratio of the ventilation opening area of the greenhouse floor area was calculated

$$\tau * I_o = U * \frac{A_C}{A_G} * \Delta T + V_A * c_p * \rho * \Delta T + E_V * f * \tau * I_o \quad (2)$$

V_A : Ventilation rate

τ : Permeability of the cover material (-),

I_o : Solar radiation intensity ($W.m^{-2}$),

c_p : Specific heat of the air ($Wh.kg^{-1}K^{-1}$),

ρ : Density of air ($kg.m^{-3}$),

ΔT : Indoor-outdoor temperature difference ($^{\circ}C$),

U : Heat transfer coefficient of the cover material ($W.m^{-2}K^{-1}$),

A_C : cover surface area (m^2),

E_V : Evaporation coefficient (-),

f : Vegetation factor (-).

$$V_A = \frac{A_V}{2 * A_G} * C_d * v_w \sqrt{C_w} * (\varepsilon * (2 - \varepsilon)) \quad (m^3/m^2s) \quad (3)$$

A_V : Ventilation opening area (m^2),

A_G : Ventilation opening area

ε : Porosity coefficient,

v_w : Wind speed ($m.s^{-1}$),

C_w : Wind effect coefficient (-),

C_d : Discharge coefficient (-).

$$\frac{A_V}{A_G} = \frac{2}{c_p * \rho * v_w * C_d \sqrt{C_w} * (\varepsilon * (2 - \varepsilon))} * \left[\frac{\tau * I_o (1 - E * f)}{\Delta T} - \frac{A_C}{A_G} * U \right] \quad (4)$$

Cooling Calculations

When the average daily temperature rises above 22°C and 27°C in naturally ventilated greenhouses, cooling measures must be taken to

create desirable conditions for the plant. In evaporative cooling, the necessary parameters for the system could be determined by the model

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

that has been developed according to the psychometric equations. In any climate zone, if a high-tech greenhouse is equipped with evaporative cooling, the data such as the external climatic conditions (the temperature, relative humidity) and greenhouse information, the size and effectiveness of pads used in the greenhouse could be used with the help of the developed program to evaluate the system efficiency.

Results and discussions

The climate of the relevant place should be examined to determine the suitability of the place where the greenhouse will be established in terms of climate and to determine the air-conditioning measures to be taken. The climate charts prepared for this purpose are compared with the monthly average daily air temperatures and the daily total solar radiation. From the graphs that could be obtained, it is possible to determine the heating, ventilation, shading, and cooling times for various plant species, as well as to determine the climate measures to be taken in greenhouses depending on the months. For this reason, climate data is a potentially useful tool in the primary assessment of suitability for greenhouse cultivation in greenhouses (S. Zhang et al., 2020).

Heating

It's crucial to maintain a comfortable greenhouse interior temperature during the growing season. Heating activities should be carried out at the time when the inside temperature is below 16°C (Fig.1), which is considered to be the ideal temperature for greenhouse vegetable

production (Canakci et al., 2013). The grower occasionally can maintain an interior temperature above 16°C and due to economic concerns, it could be necessary to maintain this temperature below 16°C for a while because during the growing season the price of a harvested commodity may decrease, or energy prices could rise.

To figure out how the heating activities are important, the climatic data in different climatic zones of Turkey which are divided according to TS 825 standards was used in the modeling, the period of the temperature in hours when it is lower than 16°C under outside conditions. Fig.2 shows that, the heating operation must be carried out between November and April in zone I, October and May in zone II, and September and May in zone III. The period required for the greenhouse's heating operation relies on both the temperature and the amount of solar energy received, zone III has the lowest night temperature values and needs heating operations more than the others. The model was used to predict the heating period based on the temperature inside greenhouses that are not heated and ventilated to a certain temperature in the months of the year. in zone I, During the year, the temperature in the outdoor environment (θ_o) is below 16 °C at 3686 hours in zone I, 4544 h in zone II, and 6060 h in zone III, due to the greenhouse effect ($\theta_{i,oH}$) These periods became 2691h, 3361 h, and 4522h in zone I, zone II and zone III respectively.

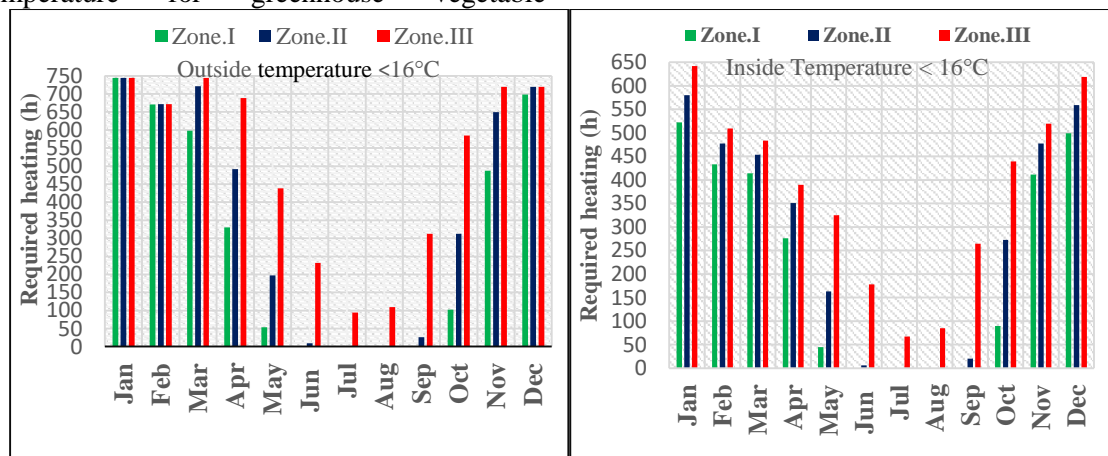


Figure 2. The average periods (in hours) when the outside temperature and the inside temperature are below 16 °C in different climate zone

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

To predict the effect of energy stored during the day at the inside temperature at night, the required heating periods are calculated based on the temperature inside greenhouses by taking into account the temperature rises ($\Delta\theta_{sp}$) during the night. Fig.3 demonstrates that in Antalya climatic conditions, to keep the temperature in the greenhouse at a minimum of 16°C, the required for heating throughout the year will be 3491 h according to the outside temperature, however considering the greenhouse effect the heating load as time decreases to 2683 h. the

heat energy that is stored in the greenhouse during the day causes the temperature of the greenhouse to rise, which is taken into consideration in the calculations done by the heating model, the calculated heating period was 2427 h which is different from the findings of Canakci et al, (2013) who indicated that as 321 h, the variations in the results might be attributable to the fact that in his study the calculation utilized the mean high daily temperature and ignored temperature rises throughout the night.

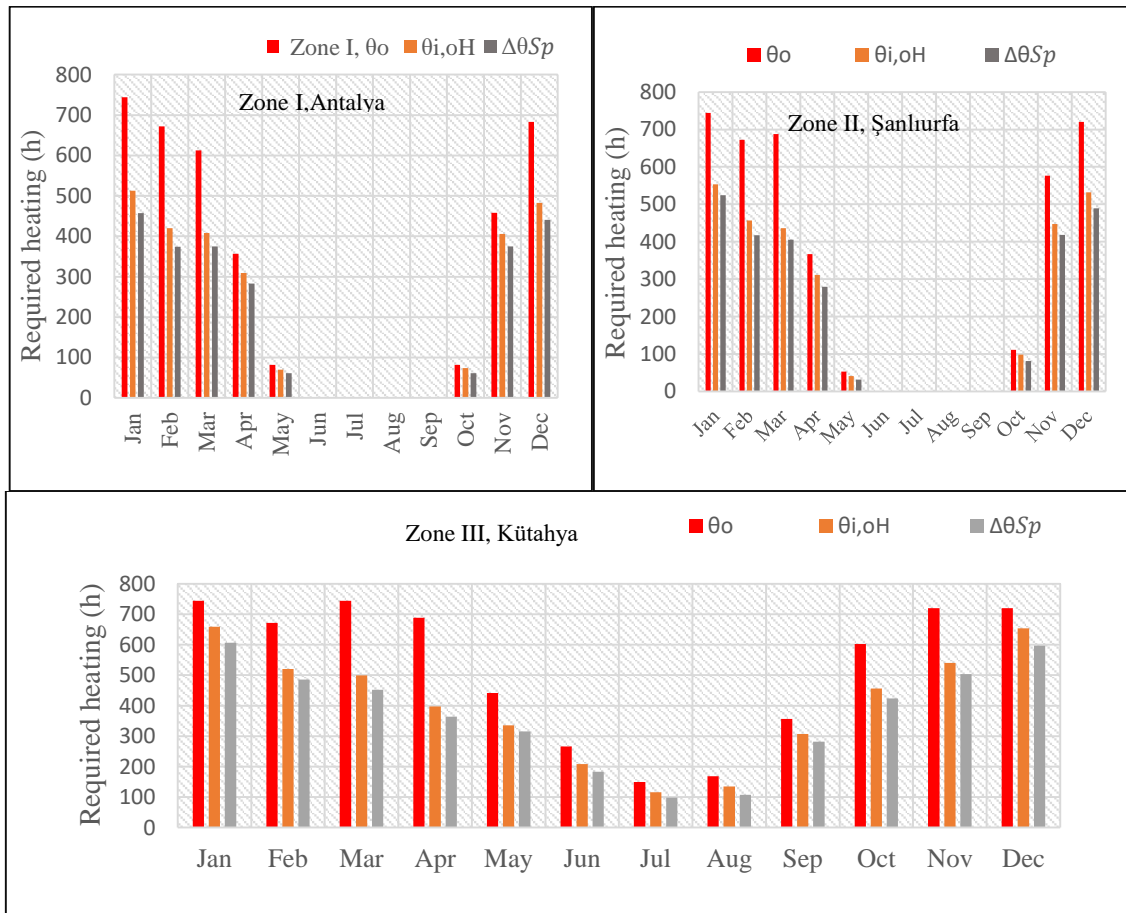


Figure 3. The required heating load (in hours) in different climate conditions

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

Under the climatic conditions of Şanlıurfa, the temperature drops below 16°C for 3931h throughout the year, this value becomes 2875h in the greenhouse covered with PE due to the greenhouse effect, however, considering the temperature rise in the greenhouse at night, this value decreases to 2646 h. In Kütahya climatic conditions, the outside air temperature drops below 16°C for 6273 h, while it stays below 16°C for 4827 hours in the greenhouse. However, considering the temperature rise in the greenhouse, the temperature in the greenhouse tends to be below 16°C at 4419h (Fig.3).

To assess the relationship between the required heating in hours and climate zones, random locations are selected to calculate the heating requirement. Fig.4 shows that, the shortest

heating periods are shown in zone I, and the longest happened in zone III. The heating energy consumption varies across different climate zones, which is more remarkable during the cold months. It was found that a significant difference occurs in January (Nasrollahi et al., 2021). Considering the climate data, the increase in heating operation is observed when the heating is applied at a high set point which leads to an increase in the cost. However, measures including heat conservation in the greenhouses can be taken to reduce heating requirements and lower costs. Generally, Heating is not carried out in the daytime due to the sufficient intensity of solar radiation.

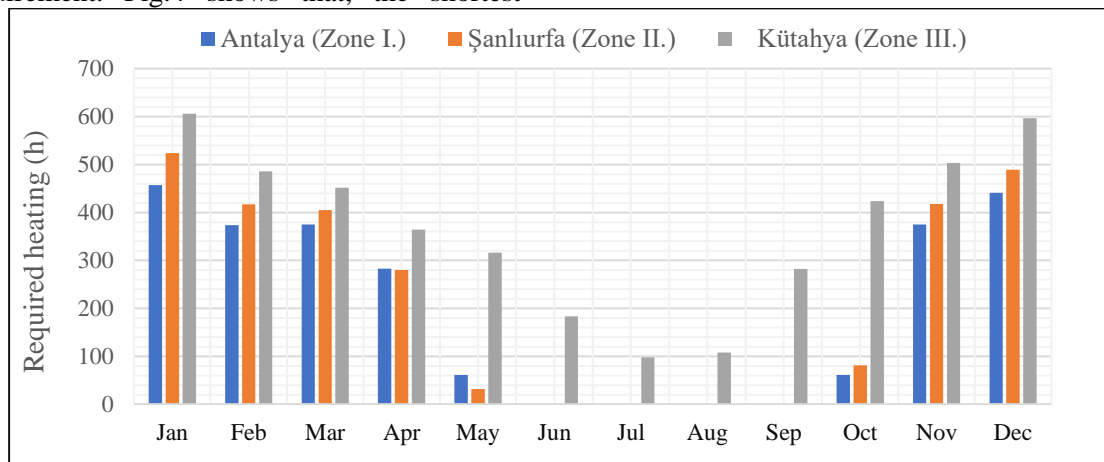


Figure 4. The heating periods (in hours) at different climate zone according to $\Delta\theta_{sp}$

Ventilation efficiency

Over the last few decades, greenhouse technologies have improved in terms of environmental regulation (e.g., indoor temperature, relative humidity, and CO₂ concentration). One efficient technique to change the indoor climate is through ventilation, recent years have seen a substantial increase in research interest in natural ventilation due to its low energy needs. When the average daily temperature is between 12 and 22 °C, it is possible to provide suitable conditions with ventilation for the plants in the greenhouse (Soussi et al., 2022). This section summarizes the modeling results related to greenhouse ventilation, the temperature periods when it is

higher than 22°C depending on the months of the year, and the maximum temperature through this period are considered the factors to evaluate the ventilation effectiveness under different climate conditions.

Figure 5 shows that, in Antalya, the months of the year affect both the highest temperature values that occur and the temperature periods when it is higher than 22°C, while the outdoor temperature is greater than 22°C in 264 hours in May, the highest temperature occurred during this period is 25.9°C, at the ventilated greenhouse with vent opening of 0.4 which is equipped with a mesh insect net, the temperature inside the greenhouse tends to be higher than

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

2°C in 295h, and the maximum temperature during this period is 26.5°C.

To minimize crop mineral depletion and fungal infections, efficient greenhouse ventilation is essential for the Mediterranean region, the design of the ventilation opening as 40% of the

greenhouse floor area means good conditions for the plant could be provided in the greenhouse in October, November, March, April, and May. These results are in line with the findings of Baytorun & Abass, (2022).

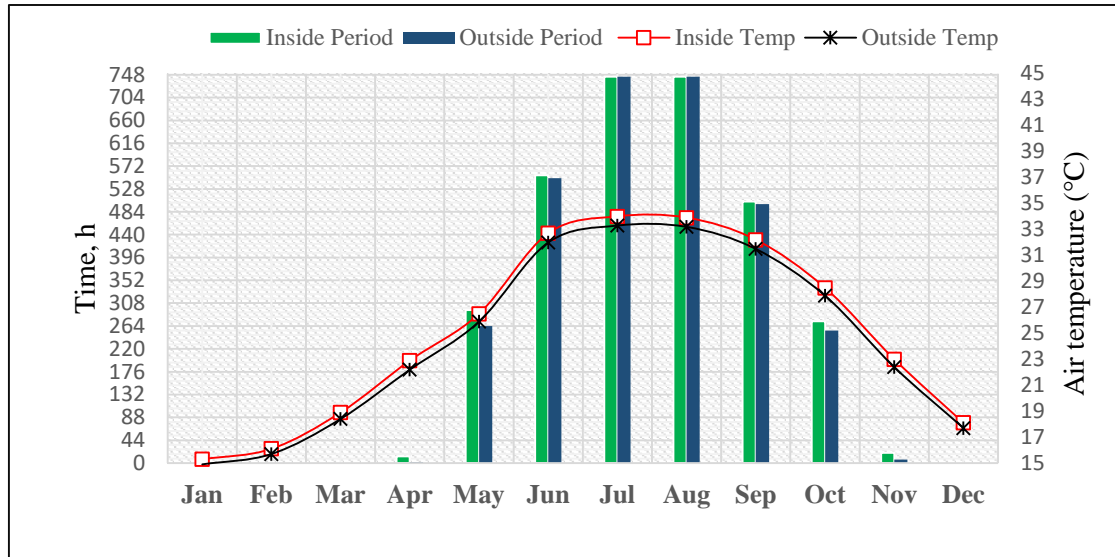


Figure 5. The period (in hours) when the temperature is higher than 22°C and the maximum temperature in Antalya climate conditions

Figure 6 shows that in the climatic conditions of Şanlıurfa the months of the year affect both the highest temperature values that occur and the temperature periods when it is higher than 22°C, while the outdoor temperature is greater than 22°C in 430 hours in May, the greatest temperature that happened during this time was 32.9°C, at the ventilated greenhouse with vent opening of 0.4 which is equipped with a mesh insect net, the temperature inside the greenhouse

tends to be higher than 22°C in 434h, and the maximum temperature during this period is 34.3°C, in this case, it is possible to provide the necessary comfortable environment for plants in the greenhouse with ventilation even plus shading, especially during March, April, and November, however, active cooling should be operated to control the greenhouse temperature at hot months. These results are in line with the findings of Magrini et al. (2022).

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

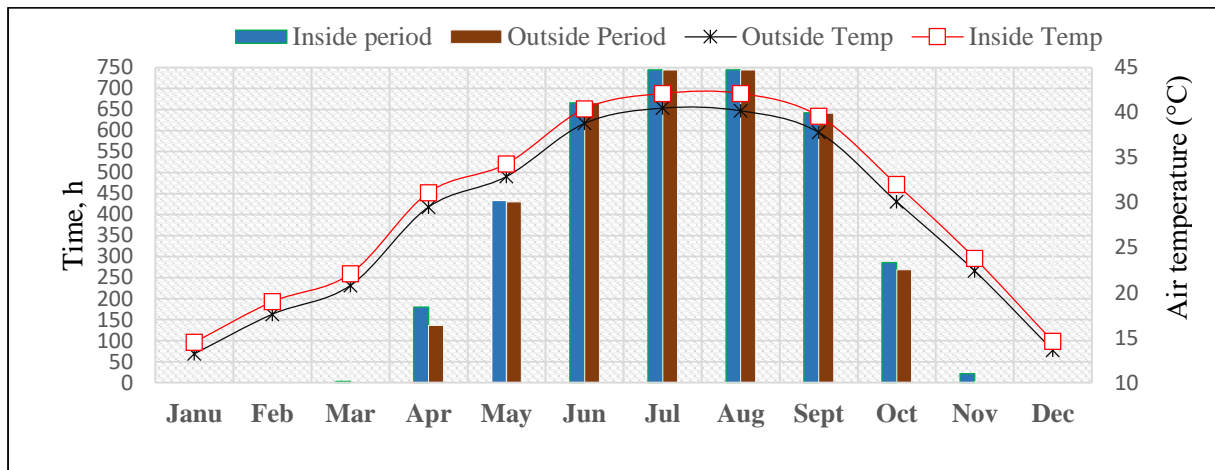


Figure 6. The period (in hours) when the temperature is higher than 22°C and the maximum temperature in Şanlıurfa climate conditions

Figure 7 shows that in Kütahya the ventilation effect in the greenhouse changes depending on the greenhouse location and as well as on the months of the year. In July, while the outdoor temperature is greater than 22°C in 304 hours, the greatest temperature that happened during this time was 28.4°C. , at the ventilated greenhouse with a vent opening of 0.4% which is equipped with a mesh insect net, the

temperature inside the greenhouse tends to be higher than 22°C in 324 h, and the maximum during this period is 29.4°C which is in line with the optimum temperature of plant production according to Jones (2013), these results indicate that the ventilation efficiency of a greenhouse not only depends on its design characteristics but also is influenced by the weather conditions at its location.

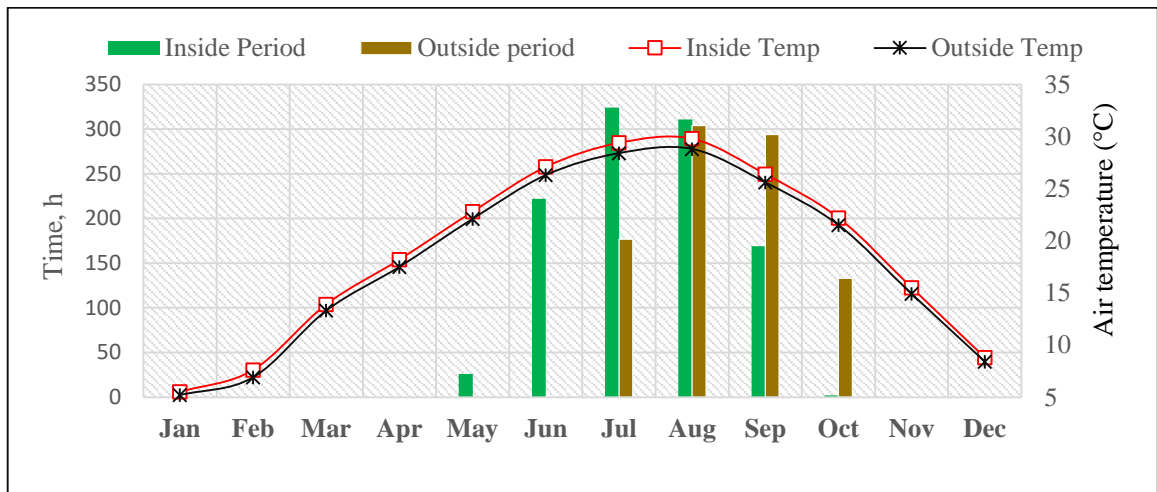


Figure 7. The period (in hours) when the temperature is higher than 22°C and the maximum temperature in Kütahya climate conditions

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

Cooling effect

Increasing yearly yield per unit area, profitability, export season, and production season are some of the most important concerns facing modern greenhouse farming. However, in many locations, the cooling method used (ventilation and shading) do not produce the ideal conditions, particularly during the hot summer months (Ventilation section), Evaporative systems for cooling greenhouses have been developed to provide the desired

growing conditions in the greenhouse during the hot period of the year.

Table 1 displays the temperature periods that occur over 27°C depending on the months of the year in naturally ventilated greenhouses that are shaded by 50% in various climate zones. The data shows that the cooling loads in the region (I) of the greenhouse are needed for a maximum of 1734h in Adana. However, the maximum in the region (II) was estimated to be 2560 h in Şanlıurfa. Additionally, region III had the lowest cooling load determined.

Table 1. The period (in an hour) when the temperature is higher than 27°C at various climatic zones in naturally ventilated greenhouses

Zone/	Province	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
I.	Aydın	0	0	0	0	109	314	404	374	226	35	0	0	1462
	Antalya	0	0	0	0	0	272	436	416	271	36	0	0	1431
	Adana	0	0	0	0	112	307	424	442	304	145	0	0	1734
II.	Yalova	0	0	0	0	0	8	165	165	0	0	0	0	338
	Denizli	0	0	0	0	39	269	377	356	178	1	0	0	1220
	Şanlıurfa	0	0	0	37	223	457	685	650	394	114	0	0	2560
III.	Kütahya	0	0	0	0	0	4	116	137	0	0	0	0	257
	Afyon	0	0	0	0	0	0	143	154	0	0	0	0	297
	Nevşehir	0	0	0	0	0	0	121	123	0	0	0	0	244

Figure 8 shows that, under the conditions of Adana, with pad efficiency of 90%, the interior temperature tends to be above 27°C (set point) in 510 h (G+ cooling) as opposed to 1734 h in a naturally ventilated greenhouse (G-cooling), the results showed that the cooling system was able to keep the greenhouse temperature below outside air temperature for the specific ventilation rate (0.05 m³ s⁻¹ m⁻²). Although in

addition, temperatures in the greenhouse can reach 30°C, and 31.2°C in July and August respectively. This situation shows that evaporative cooling is insufficient to provide the necessary comfortable environment for plants in some parts of June, July, and August, These results are also in line with those presented by Baytorun et al., (2019).

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

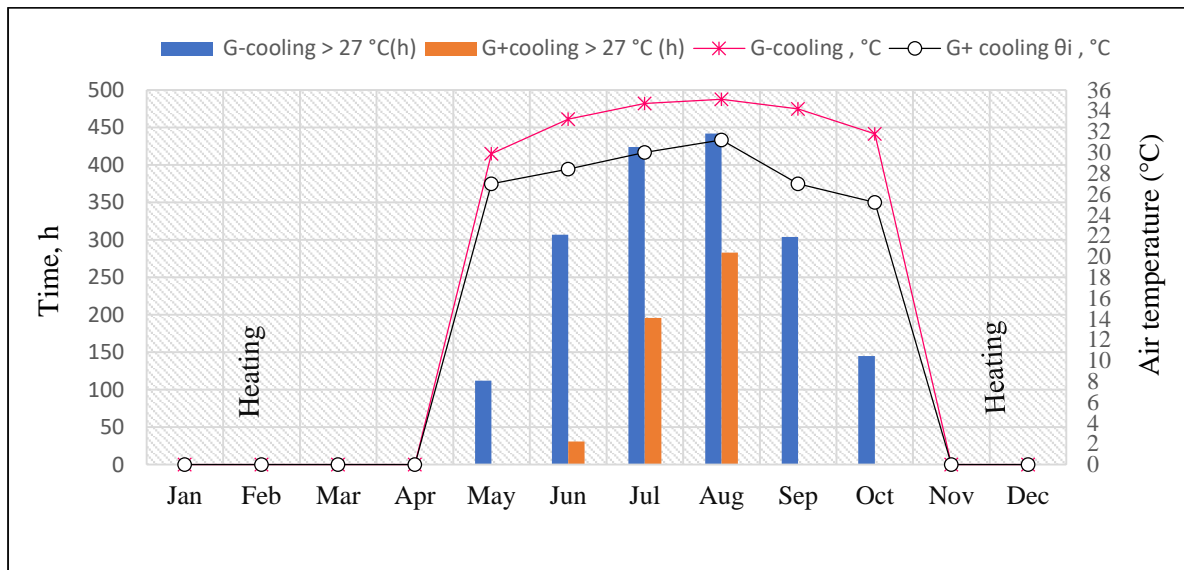


Figure 8. The period (in hours) when the temperature is higher than 27°C and the maximum temperature in ventilated, cooled greenhouse under Adana climate conditions

Figure 9 shows that, in Şanlıurfa, the cooling of the greenhouse is necessary for the period from the end of May until the first week of October, at pad efficiency of 90%, it is possible to keep the inside temperature below 27°C except in 11 h compared to 2560 h in just ventilated

greenhouse, it could be noticed that evaporative cooling is most effective in Şanlıurfa climate condition and that because outdoor relative humidity (RH) is less than in other climate zones.

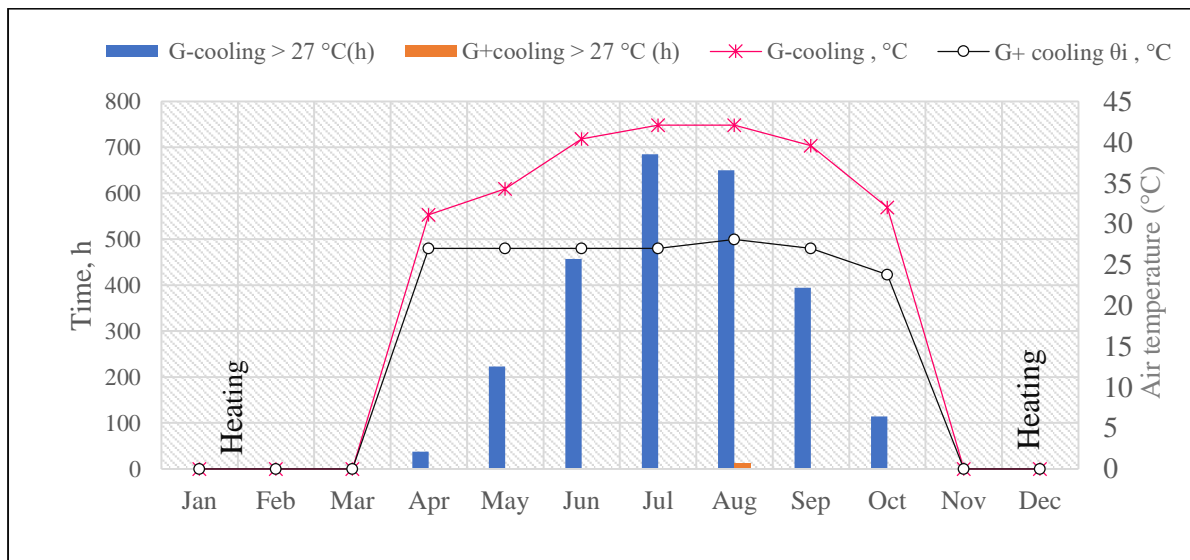


Figure 9. The period (in hours) when the temperature is higher than 27°C and the maximum temperature in ventilated, cooled greenhouse under Şanlıurfa climate conditions

Figure 10 shows that, in Kütahya, the cooling of the greenhouse is necessary for July and August, at pad efficiency of 90% it is possible to keep the

inside temperature below 27°C., However, the maximum temperature values that occur in greenhouses that are shaded and naturally

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

ventilated during hot periods reach 30°C, which is consistent with the fact that it will be possible to control the temperature to the comfort levels desired by the plants by using short-term fog

cooling system in the greenhouse because with these systems it is possible to reduce the inner greenhouse temperature to around 6.6°C from the ambient air temperature (Öztürk, 2003).

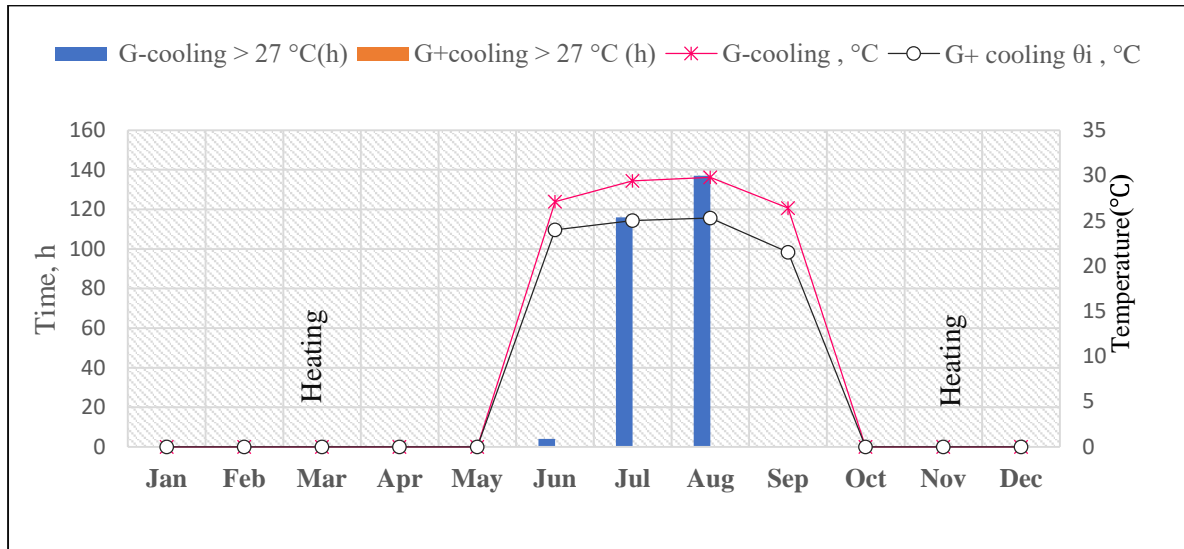


Figure 10. The period (in hours) when the temperature is higher than 27°C and the maximum temperature in ventilated, cooled greenhouse under Kütahya climate conditions

Conclusion

To choose the size, style, and configuration of the heater and heat distribution systems inside the greenhouse, the design heat load of the structure must be calculated. The heat load is a function of the temperature difference between inside and outside the greenhouse and other factors. A crucial point to concern in natural ventilation is that the inside air temperature of the greenhouse can never be less than the outside air temperature, and unless the winds are very consistent and the greenhouse is oriented properly, the inside air temperature will always be greater than the outside temperature. This can become a major problem during the warm season when maximum cooling is required.

In Antalya's climate conditions, it is possible to provide optimum conditions for plants in greenhouses with ventilation in October, November, March, April, and May. Since the average temperature rises above 27°C in July and August, it is not possible to continue plant

production without active cooling in greenhouses. However, due to the high humidity in the Mediterranean region, the high operating cost of evaporative cooling, and the growth of the products produced in the greenhouse under external climatic conditions, cooling is not preferred in the greenhouses and the greenhouses are left empty.

Şanlıurfa is more disadvantageous than Antalya in terms of heating. In Antalya conditions, greenhouses need to be heated only at night, while in Şanlıurfa, greenhouses need to be heated all day in January. In addition, evaporative cooling is mandatory in greenhouses due to high temperatures from May to early October.

Kütahya, which has a continental climate, greenhouses need to be heated all day in December, January, and February, partially all day in November and March, and only at night in October and April. On the other hand, since the temperature in the ventilated greenhouse is 30°C, it will be possible to carry out production

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

all year with ventilation, shading, and fogging cooling

References

- Ajwang, P. O., Tantau, H. J. (2004). Prediction of the effect of insect-proof screens on climate in a naturally ventilated greenhouse in humid tropical climates. *International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys2004* 691, 449–456.
- Aljubury, I. M. A., Ridha, H. D. (2017). Enhancement of evaporative cooling system in a greenhouse using geothermal energy. *Renewable Energy*, 111, 321–331.
- Baytorun, A. N., Abass, M. A. M. (2022). Seralarda Doğal Havalandırma Açıklıklarının Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1), 67–78.
- Baytorun, A. N., Akyüz, A., Zaimoğlu, Z. (2000). Seralarda iklimlendirme. 2. Uluslararası Turfanda Şurası, Anamur.
- Baytorun, A. N., Mahamed, A., Makaay, A. (2019). Determination of Evaporative Cooling Possibilities in Greenhouses in Different Climate Regions. 34(December), 29–38.
- Baytorun, A. N., Üstün, S., Akyüz, A., Önder, D. (2017). Akdeniz İklim Koşullarında Seralarda Havalandırma Açıklık Oranlarının Belirlenmesi.
- Canakci, M., Emekli, N. Y., Bilgin, S., Caglayan, N. (2013). Heating requirement and its costs in greenhouse structures: A case study for Mediterranean region of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 483–490.
- Choab, N., Allouhi, A., El Maakoul, A., Kousksou, T., Saadeddine, S., Jamil, A. (2019). Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies. *Solar Energy*, 191, 109–137.
- Costantino, A., Comba, L., Sicardi, G., Bariani, M., Fabrizio, E. (2021). Energy performance and climate control in mechanically ventilated greenhouses: A dynamic modelling-based assessment and investigation. *Applied Energy*, 288, 116583. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116583>.
- Hassanien, R. H. E., Li, M., Lin, W. D. (2016). Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 989–1001.
- Jones, J. B. (2013). Instructions for growing tomatoes in the garden and green-house. GroSystems, Anderson, SC, USA, 716.
- Kittas, C., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Bakker, J. C. (2013). Greenhouse climate control and energy use. In *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas*.
- López-Cruz, I. L., Fitz-Rodríguez, E., Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., Kacira, M. (2018). Development and analysis of dynamical mathematical models of greenhouse climate: A review. *Eur. J. Hortic. Sci*, 83(5), 269–280.
- Magrini, A., Marengo, L., Bodrato, A. (2022). Energy smart management and performance monitoring of a NZEB: Analysis of an application. *Energy Reports*, 8, 8896–8906.
- Nasrollahi, H., Ahmadi, F., Ebadollahi, M., Najafi Nobar, S., Amidpour, M. (2021). The greenhouse technology in different climate conditions: A comprehensive energy-saving analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47(July), 101455. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101455>.
- Öztürk, H. H. (2003). Evaporative cooling efficiency of a fogging system for greenhouses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(1), 49–57. <https://doi.org/10.3906/tar-0208-1>.
- Paksoy, H. Ö., Beyhan, B. (2015). Thermal energy storage (TES) systems for greenhouse technology. In *Advances in thermal energy storage systems* (pp. 533–548). Elsevier.

Greenhouse Climatization in Different Climate Regions in Turkey

- Shamshiri, R. (2013). A Review of Greenhouse Climate Control and Automation Systems in Tropical Regions. *Journal of Agricultural Science and Applications*, 02(03), 175-182. <https://doi.org/10.14511/jasa.2013.020307>.
- Shamshiri, R. R., Jones, J. W., Thorp, K. R., Ahmad, D., Man, H. C., Taheri, S. (2018). Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: A review. *International Agrophysics*, 32(2), 287–302. <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0005>.
- Soussi, M., Chaibi, M. T., Buchholz, M., Saghrouni, Z. (2022). Comprehensive Review on Climate Control and Cooling Systems in Greenhouses under Hot and Arid Conditions. *Agronomy*, 12(3), 626.
- Su, Y., Xu, L. (2017). Towards discrete time model for greenhouse climate control. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 10(2), 157–170.
- Yagcioglu, A. (2005). Greenhouse mechanization. Ege University, Faculty of Agriculture, Publication, 562.
- Zhang, H., Yang, D., Tam, V. W. Y., Tao, Y., Zhang, G., Setunge, S., Shi, L. (2021). A critical review of combined natural ventilation techniques in sustainable buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141(February), 110795. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110795>.
- Zhang, S., Guo, Y., Zhao, H., Wang, Y., Chow, D., Fang, Y. (2020). Methodologies of control strategies for improving energy efficiency in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122695.
- Zhou, N., Yu, Y., Yi, J., Liu, R. (2017). A study on thermal calculation method for a plastic greenhouse with solar energy storage and heating. *Solar Energy*, 142, 39–48.



Research Article

**Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents
of Olive Leaves**

Nurhan USLU^{1*}, Mehmet Musa ÖZCAN¹

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of factors such as irrigation, variety and collection time on mineral contents of olive leaves. The highest Ca (31115.73 mg/kg), K (8398.34 mg/kg) and S (1679.05 mg/kg) contents were determined in leaves of Gemlik variety collected in irrigated orchard. Olive leaves of Ayvalık variety grown in irrigated orchard contained the maximum levels of Mg (3394.94 mg/kg) and P (949.13 mg/kg). The P, K and Mg amounts of olive leaves, in general, showed an increase with irrigation treatment. Generally, a regular increase or decrease did not observe in levels of macro elements of olive leaves based on collection time. Concerning the micro element contents of leaves, the highest Na contents were found in Ayvalık (241.11 mg/kg) and Yağlık (237.65 mg/kg) varieties. An increase was obtained in Fe contents of Yağlık olive leaves with irrigation during collection period. The concentrations of both macro and micro elements showed differences depending on the collection time, irrigation process and variety of olive leaves.

Keywords: Olive leaves, variety, irrigation, collection time, mineral

**Zeytin Yapraklarının Mineral İçerikleri Üzerine Sulama, Çeşit ve Toplama
Zamanının Etkisi**

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, zeytin yapraklarının mineral içerikleri üzerine sulama, çeşit ve toplama zamanı gibi faktörlerin etkisinin değerlendirilmesidir. En yüksek Ca (31115.73 mg/kg), K (8398.34 mg/kg) ve S (1679.05 mg/kg) içerikleri sulanan bahçeden toplanan Gemlik çeşidinin yapraklarında belirlenmiştir. Sulanan bahçede yetişen Ayvalık çeşidinin yaprakları maksimum seviyede Mg (3394.94 mg/kg) ve P (949.13 mg/kg) içermektedir. Zeytin yapraklarının P, K ve Mg miktarları genel olarak sulama uygulaması ile artış göstermiştir. Genel olarak, zeytin yapraklarının makro element seviyelerinde toplama süresine bağlı olarak düzenli bir artış veya azalma gözlenmemiştir. Yaprakların mikro element içerikleri ile ilgili olarak, en yüksek Na içeriği Ayvalık (241.11 mg/kg) ve Yağlık (237.65 mg/kg) çeşitlerinde bulunmuştur. Yağlık çeşidine ait zeytin yapraklarının Fe içeriklerinde toplama periyodu boyunca sulama işlemiyle artış tespit edilmiştir. Hem makro hem de mikro elementlerin konsantrasyonları toplama zamanına, sulama işlemine ve zeytin yaprağı çeşidine bağlı olarak farklılık göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Zeytin yaprakları, çeşit, sulama, toplama zamanı, mineral

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-1392-8604, 0000-0002-5024-9512

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 7.12.2022

Kabul Tarihi: 10.05.2023

¹ Food Engineering Department, Faculty of Agriculture, Selçuk University, Konya, Turkey

*E Posta: nurhanuslu@selcuk.edu.tr

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Introduction

Olive tree (*Olea europaea* L.) is economically the most significant and one of the oldest cultivated plants (Zohary et al., 2012; Özcan and Matthaus, 2017). Olive leaves, which are known as by-product of olive tree and obtained after pruning of trees and harvesting of olives, are of interest because of their positive effects on health in the recent years (Molina-Alcaide and Yáñez-Ruiz, 2008). Olive leaves are traditionally used as herbal tea for curing certain diseases due to contain several bioactive compounds in high quantities (Özcan and Matthaus, 2017). The interest of both the public and the scientific community to medicinal plants increases day by day, and the use of these plants in modern medicine is becoming widespread because of availability and safeness (Ozyigit et al., 2018). In addition to bioactive properties, olive leaves are a good source of minerals, which have a great importance in human health due to affect biochemical and physiological processes in metabolism (Łozak et al., 2002).

Since olive varieties are affected differently by ecological factors, requirement of varieties for macro- and micronutrients or their effective use of these nutrients may show differences (Dimassi et al., 1999; Jordao et al., 1999; Toplu et al., 2009). However, the metabolism and function of the plant can be damaged depending on excessive mineral deficiency or accumulation (Cetinkaya et al., 2016). The fertilizer and water deficiency lead to decrease of the photosynthetic rate and shoot growth in the plant, hence fruit yield and quality reduce (Bongi and Palliotti, 1994). Moreover, the lack of water in the plant causes nutritional disorders, especially as it limits the displacement and availability of minerals (Grattan and Grieve, 1999; Bartels and Sunkar, 2005; Yousif et al., 2010). The determination of the mineral contents of olive leaves during the cropping cycle is of importance thanks to the following advantages: (1) detecting nutritional status and requirement of fertilizer of tree, (2) evaluating effectiveness of the fertilization programs, (3) detecting toxicities arising from elements (Bedbabis et al., 2016).

There is lack of studies about the effect of irrigation on mineral contents of olive leaves. This study was performed to investigate the

influences of irrigation and also variety and harvest time on macro and micro element amounts of olive leaves.

Material and Methods

Collection of olives leaves

Olive leaves belonged to Ayvalık, Çöpaşı, Gemlik and Yağlık varieties grown in irrigated (altitude: 280 m) and arid (altitude: 307 m) orchards in Mersin (Mut-Çortak) location collected from each side of the three trees, and at 20 days intervals between September and December in 2018. Samples were transferred to the laboratory in paper bags and dried at room temperature prior to analyses. The collection times of olive leaves were September 15th, October 6th, October 27th, November 17th, December 8th, and December 29th, respectively.

Climatic conditions

The average monthly humidity, temperature and total monthly rainfall graphs of the location (Mersin- Mut) where the olives leaves were collected in 2018 are shown in Table 1.

Irrigation process

Irrigation was carried out with a drip irrigation system which was applied once a month for a total of 4 hours. Therefore, the total amount of irrigation water was 640 L/month. Irrigation process was applied till October.

Mineral analysis

Olive leaves weighed 0.2 g for each sample were dissolved in microwave device (Cem MARSXpress, USA) under high temperature (210 °C) and pressure (200 PSI) with 5 ml of HNO₃ and 2 ml of H₂O₂ (30% w/v) and a 40-cell microwave was used to ensure the reliability of the analysis. A blank and a certified reference material (1547a Wheat Flour, 8346 Condition Wheat Flour, 1547 Peach Leaves, NIST) were added to the set. The volumes of the dissolved samples were completed to 20 ml with deionized water and the concentrations of minerals in the samples determined by Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES; Varian-Vista Model, France) (Tošić et al., 2015).

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Table 1. Climatic conditions of location collected olive leaves

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Rainfall (kg/m ²)	63.60	32.30	48.60	3.30	33.30	43.10	0.00	0.00	0.80	20.50	24.30	84.90
Temperature(°C)	8.20	11.20	14.80	19.60	23.10	26.10	30.40	30.30	27.30	20.70	14.50	8.70
Humidity (%)	64.40	68.60	56.80	42.40	50.50	51.60	37.10	36.50	35.80	52.50	55.90	71.00

Climatic conditions were obtained from Konya Meteorology Provincial Directorate

Table 2. Mineral contents of olive leaves

Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest	
P	Rainfed	Ayvalık	633.23 ± 10.53H	701.75 ± 5.12FG	590.35 ± 8.81IJ	717.29 ± 12.64EF	697.30 ± 11.66FG	685.23 ± 9.59G
		Çöpaşı	331.25 ± 8.73T	348.55 ± 12.01T	427.62 ± 3.56S	424.37 ± 8.37S	483.41 ± 9.84OPQR	571.75 ± 9.43JL
		Gemlik	488.27 ± 10.91OPQ	625.61 ± 16.91H	518.88 ± 13.43N	418.36 ± 10.59S	427.77 ± 11.77S	62.21 ± 2.79U
		Yağlık	430.93 ± 11.66S	472.47 ± 10.08QR	412.55 ± 4.86S	501.34 ± 8.63NOP	479.63 ± 4.65PQR	458.73 ± 6.35R
	Irrigated	Ayvalık	822.69 ± 7.74D	578.08 ± 19.73JK	707.99 ± 13.77EFG	949.13 ± 69.31A	882.26 ± 18.79C	825.44 ± 12.89D
		Çöpaşı	422.95 ± 7.76S	497.71 ± 17.06NOPQ	523.12 ± 10.68MN	508.76 ± 11.75NO	545.92 ± 10.14LM	559.05 ± 12.08KL
		Gemlik	922.84 ± 20.78B	615.80 ± 15.08H	908.43 ± 13.34B	731.60 ± 10.49E	918.95 ± 9.69B	717.43 ± 14.41EF
		Yağlık	611.89 ± 12.40HI	558.04 ± 11.36KL	682.40 ± 7.50G	721.31 ± 3.47EF	617.20 ± 16.89H	708.60 ± 12.16EFG
K	Rainfed	Ayvalık	6189.24 ± 121.88I	5456.85 ± 77.10L	4327.20 ± 43.49QRS	5382.33 ± 90.35L	5061.32 ± 72.70M	5429.23 ± 81.72L
		Çöpaşı	5070.22 ± 81.71M	4887.46 ± 102.19N	4907.55 ± 89.82N	3897.04 ± 119.69V	4262.90 ± 65.85S	3718.04 ± 67.14W
		Gemlik	6609.25 ± 105.71H	4403.94 ± 45.95Q	4308.80 ± 47.51RS	4047.86 ± 67.64U	3699.14 ± 134.39W	157.11 ± 20.30Y
		Yağlık	4603.69 ± 30.56P	5022.28 ± 31.47M	4171.58 ± 86.44T	3900.08 ± 126.01V	4319.80 ± 61.63QRS	5071.80 ± 75.60M
	Irrigated	Ayvalık	8203.25 ± 124.46B	4295.60 ± 128.06S	4587.05 ± 80.50P	6788.40 ± 88.38G	6183.61 ± 33.03I	4824.50 ± 62.54NO
		Çöpaşı	5800.93 ± 127.81J	5813.16 ± 25.30J	5022.74 ± 33.44M	5000.56 ± 28.42M	2484.68 ± 107.66X	5569.89 ± 81.11K
		Gemlik	7577.77 ± 52.42C	6133.63 ± 58.65I	7472.15 ± 48.23D	5866.99 ± 57.30J	8398.34 ± 59.33A	7293.32 ± 105.03F
		Yağlık	7381.56 ± 85.95E	4786.94 ± 79.57O	4394.02 ± 91.15QR	4642.73 ± 76.83P	4254.90 ± 76.71ST	4043.64 ± 60.61U

P: Phosphorus, K: Potassium

Mean (three replicates) ± standard deviation of each parameter

Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.01$) were compared with Duncan test

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Table 2. (continued) Mineral contents of olive leaves

	Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest
Ca	Rainfed	Ayvalık	12906.85 ± 116.38-	16865.92 ± 78.09W	19995.92 ± 15.46M	21375.42 ± 88.81I	21410.19 ± 63.11I	19822.46 ± 63.34NO
		Çöpaşı	18692.60 ± 113.61R	21067.22 ± 77.24J	21653.51 ± 68.01H	21097.23 ± 85.58J	23110.60 ± 93.39F	22673.90 ± 102.62G
		Gemlik	17798.26 ± 104.93T	17858.57 ± 65.83T	21614.31 ± 109.79H	19881.20 ± 65.16N	18886.87 ± 48.34Q	1487.58 ± 35.18'
		Yağlık	20696.92 ± 119.47K	15038.02 ± 53.63[14669.77 ± 82.01/	19769.36 ± 80.17O	21575.05 ± 91.11H	23482.32 ± 89.68E
	Irrigated	Ayvalık	15953.60 ± 213.90Y	20481.69 ± 110.43L	20067.68 ± 75.46M	14360.11 ± 68.02]	14106.64 ± 147.35^	14694.82 ± 161.74/
		Çöpaşı	18060.19 ± 78.84S	16807.57 ± 88.46W	17373.25 ± 99.19U	17796.55 ± 90.95T	19155.16 ± 68.88P	16788.62 ± 111.97W
		Gemlik	27568.65 ± 82.60B	31115.73 ± 99.09A	26775.19 ± 85.59B	27570.25 ± 49.58B	27431.28 ± 85.72C	24384.84 ± 102.22D
		Yağlık	12870.53 ± 90.74-	14110.13 ± 119.76^	14031.10 ± 43.95I^	16660.70 ± 81.36X	15762.99 ± 62.83Z	17067.51 ± 65.32V
	Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest
Mg	Rainfed	Ayvalık	1505.13 ± 32.53V	2023.07 ± 28.95NO	2172.77 ± 95.91HIJK	1997.38 ± 41.43O	2039.22 ± 44.87NO	1866.44 ± 37.80PQ
		Çöpaşı	1714.04 ± 21.55S	1611.68 ± 89.26T	1722.34 ± 89.23S	1542.72 ± 79.10TUV	1410.82 ± 102.10W	1914.24 ± 66.45P
		Gemlik	2227.44 ± 45.76GHI	2222.26 ± 36.47GHI	1744.11 ± 77.29RS	1615.68 ± 69.86T	1810.95 ± 38.76QR	111.04 ± 12.29X
		Yağlık	1560.63 ± 134.65TUV	1610.42 ± 35.38T	1523.03 ± 102.76UV	1524.08 ± 72.69UV	1603.61 ± 61.45TU	2006.99 ± 9.80O
	Irrigated	Ayvalık	3394.94 ± 133.47A	2060.59 ± 84.72MNO	2226.35 ± 82.43GHI	2383.53 ± 108.70D	2187.32 ± 44.20GHIJ	2354.04 ± 74.94D
		Çöpaşı	2150.04 ± 69.64IJKL	2131.61 ± 37.60JKLM	2341.19 ± 71.88D	2266.63 ± 72.33EFG	3042.20 ± 48.15B	2253.94 ± 69.21FGH
		Gemlik	2329.95 ± 63.46DEF	2373.15 ± 69.37D	2539.53 ± 75.42C	2073.48 ± 82.58LMNO	2269.40 ± 83.24EFG	2387.77 ± 80.74D
		Yağlık	1901.40 ± 29.41P	2033.12 ± 41.03NO	1914.15 ± 33.47P	2033.39 ± 27.02NO	2101.71 ± 37.75KLMN	2184.13 ± 96.94GHI J

Ca: Calcium, Mg: Magnesium

Mean (three replicates) ± standard deviation of each parameter

Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.01$) were compared with Duncan test

Table 2. (continued) Mineral contents of olive leaves

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest	
S	Rainfed	Ayvalık	1204.26 ± 99.24JK	1362.21 ± 59.06EFG	1307.37 ± 58.39GH	1392.03 ± 90.47EF	1228.83 ± 83.20IJ	1292.00 ± 51.19HI
		Çöpaşı	1195.69 ± 70.74JK	1282.78 ± 70.56HI	1392.59 ± 96.87EF	1127.55 ± 54.98LMN	1088.62 ± 57.78LMNO	1311.10 ± 65.08GH
		Gemlik	1311.69 ± 47.53GH	1155.30 ± 64.83KL	1003.98 ± 13.94P	891.19 ± 110.58Q	1098.83 ± 76.90LMNO	120.97 ± 26.70R
		Yağlık	1086.29 ± 89.79MNO	1071.26 ± 55.35NO	1090.12 ± 64.42LMNO	1044.34 ± 65.40OP	1077.25 ± 61.16MNO	1141.73 ± 61.04KLM
	Irrigated	Ayvalık	1580.57 ± 94.76BC	1314.88 ± 82.01GH	1392.68 ± 123.36EF	1502.33 ± 34.27D	1386.69 ± 86.40EF	1308.40 ± 60.11GH
		Çöpaşı	1082.54 ± 52.38MNO	1090.05 ± 75.66LMNO	1096.09 ± 73.60LMNO	1197.88 ± 38.79JK	1099.21 ± 80.84LMNO	1054.97 ± 71.28OP
		Gemlik	1679.05 ± 94.03A	1401.63 ± 48.33EF	1676.04 ± 88.81A	1534.55 ± 74.18CD	1608.68 ± 85.02B	1318.49 ± 76.08GH
		Yağlık	1515.52 ± 91.70D	1396.48 ± 96.20EF	1337.12 ± 80.41FGH	1241.69 ± 72.31IJ	1285.17 ± 105.83HI	1410.05 ± 53.69E
Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest	
Na	Rainfed	Ayvalık	211.45 ± 2.52CD	241.11 ± 7.95A	176.69 ± 6.00JKL	158.16 ± 3.86OP	186.14 ± 7.52FGH	156.46 ± 7.40OP
		Çöpaşı	156.10 ± 6.73OP	180.27 ± 3.85HIJ	227.29 ± 7.42B	152.43 ± 9.56PQ	137.43 ± 4.35UVW	140.50 ± 11.33STU V
		Gemlik	171.17 ± 5.11LM	178.84 ± 6.05IJ	176.75 ± 7.65JKL	133.40 ± 8.92VW	151.85 ± 5.90PQ	3.42 ± 0.58Z
		Yağlık	237.65 ± 3.93A	192.07 ± 5.18F	147.81 ± 5.70QR	122.54 ± 5.15X	187.51 ± 4.51FG	147.27 ± 9.63QRS
	Irrigated	Ayvalık	216.16 ± 15.59C	208.24 ± 11.43DE	131.68 ± 10.37W	185.66 ± 6.31FGHI	143.18 ± 9.51RSTU	137.66 ± 11.00UVW
		Çöpaşı	170.50 ± 9.96LM	178.46 ± 8.64JK	136.72 ± 5.56UVW	160.91 ± 2.22NO	69.88 ± 6.29Y	156.19 ± 8.27OP
		Gemlik	202.50 ± 8.56E	151.41 ± 10.11PQ	122.46 ± 8.64X	161.53 ± 8.56NO	171.57 ± 7.54KLM	181.01 ± 6.59GHIJ
		Yağlık	167.30 ± 9.69MN	188.97 ± 8.92F	138.98 ± 12.13TUV	120.44 ± 9.38X	145.69 ± 7.67QRST	123.35 ± 8.34X

S: Sulphur, Na: Sodium

Mean (three replicates) ± standard deviation of each parameter

Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.01$) were compared with Duncan test

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Table 2. (continued) Mineral contents of olive leaves

Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest	
Fe	Rainfed	Ayvalık	77.23 ± 9.45RS	128.58 ± 4.26FGHI J	119.45 ± 5.35IJKL	131.90 ± 5.80EFGH I	158.54 ± 10.80C	138.01 ± 4.91DEFG
		Çöpaşı	98.87 ± 8.61MNOPQ	121.00 ± 7.52HIJK	146.90 ± 6.80CDE	122.00 ± 8.94GHIJ K	88.24 ± 8.97PQR	83.46 ± 6.33QRS
		Gemlik	98.72 ± 11.36MNOP Q	95.46 ± 9.91NOP Q	136.88 ± 8.75DEFGH	95.52 ± 7.01NOPQ	150.20 ± 9.55CD	13.22 ± 0.28T
	Irrigated	Yağlık	129.20 ± 3.75FGHI	131.74 ± 5.24EFG HI	128.56 ± 8.79FGHIJ	87.10 ± 9.40PQR	96.65 ± 8.24MNOPQ	105.51 ± 6.83KLMN O
		Ayvalık	103.58 ± 7.30LMNOP	139.87 ± 10.18DEF	100.00 ± 7.01MNOPQ	89.72 ± 8.87OPQR	70.71 ± 12.15S	86.98 ± 8.13PQR
		Çöpaşı	119.57 ± 6.39IJKL	119.27 ± 9.49IJKL	91.33 ± 9.10OPQR	142.23 ± 10.87DEF	119.16 ± 3.48IJKL	132.62 ± 5.04EFGHI
	Gemlik	127.74 ± 4.02FGHIJ	305.36 ± 38.64A	88.60 ± 9.82PQR	160.43 ± 11.42C	199.62 ± 4.02B	112.13 ± 8.04JKLM	
	Yağlık	140.65 ± 12.01DEF	146.26 ± 7.93CDE	140.58 ± 11.19DEF	118.12 ± 4.86IJKL	160.25 ± 10.82C	109.27 ± 3.52KLMN	
Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest	
Cu	Rainfed	Ayvalık	11.15 ± 1.00LMNOPQR	14.09 ± 0.59E	13.02 ± 0.95FG	11.12 ± 0.63LMNOPQ R	12.00 ± 0.90IJKLM	55.26 ± 0.79A
		Çöpaşı	10.37 ± 0.59QRST	11.14 ± 1.12LMNOPQ R	14.33 ± 0.91DE	11.25 ± 0.47LMNOPQ	10.79 ± 0.33PQRST	12.04 ± 0.93HIJK L
		Gemlik	12.18 ± 0.14GHIJK	11.68 ± 0.93KLMNOP	13.01 ± 0.48FG	10.22 ± 0.45RST	11.63 ± 0.84KLMNO P	0.95 ± 0.01V
		Yağlık	13.18 ± 0.56F	10.85 ± 0.40PQRS	9.92 ± 1.22T	10.25 ± 0.81RST	12.92 ± 0.51FGH	12.19 ± 1.04GHIJ K
	Irrigated	Ayvalık	14.11 ± 0.64E	12.99 ± 0.41FG	10.90 ± 0.64OPQR S	15.04 ± 1.14D	11.83 ± 1.05JKLMN O	53.84 ± 1.16B
		Çöpaşı	11.01 ± 1.09NOPQRS	11.05 ± 0.95MNOPQR	10.21 ± 1.07RST	11.12 ± 0.78LMNOPQ R	7.37 ± 0.49U	12.74 ± 0.26FGHI J
		Gemlik	13.59 ± 0.71EF	12.87 ± 1.06FGHI	13.10 ± 0.42FG	13.10 ± 0.91FG	13.18 ± 0.82F	28.66 ± 0.80C
		Yağlık	11.69 ± 0.49KLMNOP	11.96 ± 1.22IJKLMN	10.62 ± 0.74QRST	9.91 ± 0.32T	11.23 ± 0.88LMNOP Q	10.09 ± 0.86ST

Fe: Iron, Cu: Copper Mean (three replicates) ± standard deviation of each parameter Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.01$) were compared with Duncan test

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Table 2. (continued) Mineral contents of olive leaves

	Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest
Mn	Rainfed	Ayvalık	22.13 ± 0.81P	24.97 ± 0.27N	29.94 ± 0.54J	28.99 ± 0.48UV	26.65 ± 0.79UV	20.77 ± 0.57UV
		Çöpaşı	17.22 ± 0.62X	20.23 ± 0.94ST	22.23 ± 1.03P	18.65 ± 0.92P	18.76 ± 0.74Z	19.22 ± 0.45[
		Gemlik	19.25 ± 0.84UV	46.73 ± 1.01E	19.91 ± 0.18TU	22.39 ± 0.83Y	14.75 ± 0.42R	2.77 ± 0.14W
		Yağlık	17.02 ± 0.61X	17.22 ± 0.59X	14.10 ± 0.40Z	15.67 ± 0.78J	21.04 ± 1.10I	18.40 ± 0.69K
	Irrigated	Ayvalık	21.01 ± 0.50R	19.10 ± 1.17VW	24.19 ± 0.57O	30.16 ± 0.83G	31.98 ± 1.27A	29.07 ± 0.30H
		Çöpaşı	45.99 ± 0.30F	47.21 ± 0.91E	49.34 ± 0.76D	42.76 ± 0.47L	61.17 ± 0.86G	34.15 ± 0.91H
		Gemlik	54.18 ± 0.45B	51.06 ± 0.71C	25.23 ± 0.94N	27.13 ± 0.49M	42.64 ± 0.85QR	28.92 ± 0.42K
		Yağlık	17.09 ± 0.73X	21.25 ± 0.64QR	20.10 ± 0.45ST	26.08 ± 0.88LM	21.20 ± 0.75RS	21.90 ± 0.64PQ
Zn	Rainfed	Ayvalık	9.44 ± 0.62PQR	11.03 ± 0.82NO	11.05 ± 0.98NO	10.02 ± 0.93P	11.23 ± 0.61NO	10.02 ± 0.81P
		Çöpaşı	7.15 ± 0.99V	8.49 ± 0.66ST	8.51 ± 0.67ST	7.38 ± 0.48UV	8.67 ± 0.73RST	7.19 ± 0.90UV
		Gemlik	10.95 ± 0.55O	9.94 ± 0.71P	9.00 ± 0.77QRS	8.96 ± 0.87RS	9.80 ± 0.77PQ	0.96 ± 0.01W
		Yağlık	7.21 ± 0.78UV	6.93 ± 0.69V	8.49 ± 0.69ST	6.88 ± 0.47V	8.01 ± 0.75TU	7.15 ± 1.14V
	Irrigated	Ayvalık	24.03 ± 0.35B	14.93 ± 0.36I	13.87 ± 0.44JK	13.68 ± 1.74JKL	12.96 ± 0.83L	16.88 ± 0.98GH
		Çöpaşı	23.06 ± 0.70C	19.15 ± 0.54EF	18.44 ± 0.73F	16.80 ± 0.37GH	19.92 ± 0.50E	14.30 ± 0.87IJ
		Gemlik	20.90 ± 1.00D	17.15 ± 0.52G	16.21 ± 1.07H	27.07 ± 0.57A	17.30 ± 0.56G	11.84 ± 0.58MN
		Yağlık	11.86 ± 0.26MN	19.14 ± 0.82EF	19.74 ± 0.96E	13.13 ± 0.97KL	14.34 ± 0.66IJ	12.14 ± 0.69M

Mn: Manganese, Zn: Zinc

Mean (three replicates) ± standard deviation of each parameter

Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.01$) were compared with Duncan test

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Table 2. (continued) Mineral contents of olive leaves

	Process	Variety	1st Harvest	2nd Harvest	3rd Harvest	4th Harvest	5th Harvest	6th Harvest
B	Rainfed	Ayvalık	12.20 ± 0.90JK	13.11 ± 0.62I	12.21 ± 0.71JK	13.28 ± 0.07HI	13.08 ± 0.75I	14.05 ± 0.55GH
		Çöpaşı	9.46 ± 0.49RS	10.08 ± 1.22PQRS	8.50 ± 0.69T	9.35 ± 0.43S	9.88 ± 0.31QRS	9.59 ± 0.26QRS
		Gemlik	13.95 ± 0.21GH	10.89 ± 0.71MNO	11.95 ± 0.64KL	9.24 ± 0.47S	9.98 ± 0.51QRS	0.95 ± 0.01U
		Yağlık	13.96 ± 0.82GH	10.85 ± 0.40MNOP	10.25 ± 0.75OPQR	11.12 ± 0.85LMN	9.40 ± 0.13S	12.26 ± 0.93JK
	Irrigated	Ayvalık	22.90 ± 0.57A	14.92 ± 0.37F	12.90 ± 0.48IJ	11.65 ± 0.67KLM	11.14 ± 0.67LMN	11.13 ± 0.82LMN
		Çöpaşı	11.17 ± 0.86LMN	9.40 ± 0.53S	9.49 ± 0.69RS	9.46 ± 0.59RS	8.35 ± 0.48T	11.24 ± 0.98LM
		Gemlik	16.86 ± 0.22D	20.10 ± 0.47B	19.04 ± 0.85C	15.01 ± 0.79F	16.25 ± 0.66DE	15.55 ± 0.66EF
		Yağlık	20.08 ± 0.43B	14.18 ± 0.87G	11.92 ± 0.20KL	10.98 ± 0.11MNO	10.39 ± 0.66NOPQ	12.15 ± 0.68JK
Ni	Rainfed	Ayvalık	0.99 ± 0.01GH	1.80 ± 0.21F	2.76 ± 0.25CD	1.62 ± 0.23F	2.87 ± 0.07CD	2.82 ± 0.11CD
		Çöpaşı	2.72 ± 0.32CD	2.71 ± 0.38CD	3.44 ± 0.78AB	2.62 ± 0.39CD	2.44 ± 0.44D	3.76 ± 0.22A
		Gemlik	1.84 ± 0.08F	0.94 ± 0.01H	0.00 ± 0.00I	0.95 ± 0.01H	0.92 ± 0.03H	0.00 ± 0.00I
		Yağlık	3.78 ± 0.14A	0.92 ± 0.01H	1.78 ± 0.04F	2.70 ± 0.00CD	2.73 ± 0.18CD	2.89 ± 0.13CD
	Irrigated	Ayvalık	3.49 ± 0.55AB	1.48 ± 0.59FG	1.45 ± 0.63FGH	0.91 ± 0.04H	1.66 ± 0.39F	3.46 ± 0.62AB
		Çöpaşı	1.69 ± 0.18F	1.81 ± 0.21F	1.90 ± 0.15EF	1.61 ± 0.27F	2.69 ± 0.30CD	2.76 ± 0.31CD
		Gemlik	2.51 ± 0.44CD	3.75 ± 0.21A	2.37 ± 0.45DE	2.42 ± 0.47D	3.04 ± 1.27BC	2.46 ± 0.53CD
		Yağlık	2.83 ± 0.06CD	1.81 ± 0.23F	1.65 ± 0.30F	1.63 ± 0.30F	1.82 ± 0.23F	1.81 ± 0.18F

B: Boron, Ni: Nickel

Mean (three replicates) ± standard deviation of each parameter

Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.01$) were compared with Duncan test

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

Statistical analysis

Statistical analyses of the results were performed by using SPSS-Statistics-22 statistical program. The means of significant variation sources were compared to Duncan Multiple Comparison Test with the help of MSTAT program. The significance level is given as $p < 0.01$ unless otherwise stated.

Results and Discussion

Mineral contents of olive leaves belonging to Ayvalık, Çöpaşı, Gemlik and Yağlık varieties collected different times are given in Table 2. The phosphorus (P) content varied between 578.08 mg/kg and 949.13 mg/kg for Ayvalık leaves; 331.25 mg/kg and 571.75 mg/kg for Çöpaşı leaves; 62.21 mg/kg and 922.84 mg/kg for Gemlik leaves; 412.55 mg/kg and 721.31 mg/kg for Yağlık leaves. In a study performed by Paskovic et al. (2020), P contents of olive leaves belonging to five different varieties varied between 1.36 and 1.67 g/kg, which was lower than the current study. In another study, the highest and lowest levels of P were recorded in olive leaves belonging to Gemlik (1.6-2.0 g/kg) and Savrani (1.1-1.4 g/kg) varieties (Toplu et al., 2009). The highest and lowest P amounts were found in Ayvalık leaves (949.13 mg/kg) collected on November 17th (4th harvest), and Gemlik leaves (62.21 mg/kg) collected on December 29th (6th harvest), respectively. The fluctuations were observed in P contents of leaves during the collection period, although Çöpaşı leaves showed a regular increase in P levels when the collection time progressed from 1st harvest to 6th harvest. Similarly, P amounts of Kilis Yağlık and Gemlik varieties did not show a regular increase or decrease (Cetinkaya et al., 2016). In another study, the amounts of P were similar at collection period-1 (October 2017) and collection period-2 (January 2018), however, it was lower at collection period-3 (March 2018) (Lukic et al., 2020). Generally, irrigation treatment increased P contents of olive leaves, and the highest increase from 62.21 mg/kg to 717.43 mg/kg was determined in Gemlik leaves collected on December 29th with irrigation process. Çetinkaya et al. (2016) informed that arid conditions caused lower accumulation of P.

The potassium (K) contents of Ayvalık, Çöpaşı, Gemlik and Yağlık olive leaves were equal to 4295.60-8203.25 mg/kg, 2484.68-5813.16 mg/kg, 157.11-8398.34 mg/kg and 3900.08-7381.56 mg/kg, respectively. Similar K contents (5.28-7.85 g/kg) were recorded by Paskovic et al. (2020). The highest K amount was detected in Gemlik variety (8398.34 mg/kg) picked on December 8th (5th harvest) from irrigated trees. Additionally, a regular reduction was obtained in K contents of rainfed Gemlik leaves during the whole collection period, and irrigation led to increase (from 157.11 mg/kg to 7293.32 mg/kg in especially last collection time) in this mineral for all harvest dates. This result was in accordance with the study of Çetinkaya et al. (2016), which recorded that the limited water amount caused a reduction in the availability of K. Similarly, in another study, it was recorded that the availability of K in soil was limited in non-irrigated olive orchards (Fernandez-Escobar et al., 1999). An increase was observed with irrigation treatment for other leaf varieties, except Ayvalık and Yağlık leaves collected on October 6th and December 29th; Çöpaşı and Yağlık leaves picked on December 8th.

Olive leaves were a significant source of the calcium (Ca), ranging from 12906.85 mg/kg to 21410.19 mg/kg in Ayvalık; from 16788.62 mg/kg to 23110.60 mg/kg in Çöpaşı; from 1487.58 mg/kg to 31115.73 mg/kg in Gemlik; from 12870.53 mg/kg to 23482.32 mg/kg in Yağlık leaves. The high amounts of Ca are generally determined in olive leaves of Mediterranean region due to calcareous soils (Toplu et al., 2009). In a previous study, Ca contents of olive leaves were found as 25.07 g/kg for Drobnica; 19.59 g/kg for Istarska bjelica; 22.19 g/kg for Leccino; 17.50 g/kg for Levantinka; 11.45 g/kg for Oblica (Paskovic et al., 2020). Harvest time caused a significant difference in Ca concentration of olive leaves ($p < 0.01$). Moreover, irrigation process reduced the amounts of Ca in the Çöpaşı and Yağlık leaves, while irrigation application increased the Ca contents of the Gemlik leaves during collection period. For Ayvalık leaves, an increase in first three harvest, and a

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

decrease the last three harvest were determined. Opposite to that Ca content of Gemlik variety increased in non-irrigation conditions (Cetinkaya et al., 2016).

The magnesium (Mg) amounts of Ayvalık, Çöpaşı, Gemlik and Yağlık olive leaves were recorded between 1505.13 mg/kg and 3394.94 mg/kg, 1410.82 mg/kg and 3042.20 mg/kg, 111.04 mg/kg and 2539.53 mg/kg, 1523.03 mg/kg and 2184.13 mg/kg, respectively. The Mg contents of irrigated Ayvalık, Çöpaşı, Gemlik and Yağlık leaves were higher than the rainfed samples in all harvests. However, no regular increase or decrease was obtained in the Mg amounts along with the collection period. Similarly, Mg concentrations of leaves, which were higher than the current study, were equal to 8.53 g/kg, 9.59 g/kg and 9.56 g/kg when collected on October 2017, January 2018 and March 2018, respectively (Paskovic et al., 2020). In another study, Mg amounts of olive leaves belonging to Madural, Verdeal and Cobrançosa varieties were recorded as 1.02 g/kg, 1.58 g/kg and 0.88 mg/kg, respectively (de Oliveira et al., 2023). In a study recorded by Christos et al. (2005), the concentration of Mg exhibited seasonal change in the value of 1.0-2.0 g/kg.

The highest sulphur (S) contents were recorded as 1580.57 mg/kg, 1679.05 mg/kg and 1515.52 mg/kg in Ayvalık, Gemlik and Yağlık leaves collected in irrigated orchard on September 15th, respectively, whereas the maximum S amount of Çöpaşı leaves was found as 1392.59 mg/kg when leaves were collected in rainfed orchard on October 27th. Moreover, it was determined that irrigation process increased the S contents of leaves belonged to Gemlik and Yağlık varieties.

The sodium (Na) contents were ascertained between 131.68 mg/kg and 241.11 mg/kg in Ayvalık; 69.88 mg/kg and 227.29 mg/kg in Çöpaşı; 3.42 mg/kg and 202.50 mg/kg in Gemlik; 120.44 mg/kg and 237.65 mg/kg in Yağlık leaves. In a previous study, Toplu et al. (2009) revealed that the highest and lowest Na contents were equal to 450 mg/kg in olive leaves of Kilis Yağlık variety and 320 mg/kg in leaves of Gemlik variety. The Na contents of Yağlık leaves showed a reduction during harvest period for rainfed and 53.84 mg/kg for irrigated trees), and the amounts of this element reached their

when irrigation process was applied, while a major increase from 3.42 mg/kg to 181.01 mg/kg was observed in Gemlik leaves collected on December 29th. There are considerably differences in the levels of Na based on collection date. Na contents of olive leaves can show differences between 100 and 300 mg/kg in regard to the cultivar (Loupassaki et al., 2002). The iron (Fe) contents of Ayvalık, Çöpaşı, Gemlik and Yağlık olive leaves ranged from 70.71 mg/kg to 158.54 mg/kg; from 83.46 mg/kg to 146.90 mg/kg; from 13.22 mg/kg to 305.36 mg/kg; from 87.10 mg/kg to 160.25 mg/kg, respectively. According to the study of Paskovic et al. (2020), olive leaves contained lower amounts of Fe (68.24-88.95 mg/kg) than the current results. The Fe amounts of Yağlık leaves collected in irrigated orchard were higher than those of rainfed samples. On the other hand, the effect of irrigation on Fe contents of Ayvalık, Çöpaşı and Gemlik leaves showed differences in regard to sampling date. Muthuchelien et al. (1997) informed that reduction in iron amount is related to peroxidase activity reduced with irrigation.

In addition to these elements, olive leaves contained copper (Cu, 0.95-55.26 mg/kg), manganese (Mn, 2.77-61.17 mg/kg), zinc (Zn, 0.96-27.07 mg/kg), boron (B, 0.95-22.90 mg/kg) and nickel (Ni, 0.00-3.78 mg/kg) in minor amounts. The concentrations of these elements varied depending on the sampling time, however, there is no any regular increase or decrease was determined. In a study, published by Paskovic et al. (2020), Zn, Mn, Cu and B amounts of olive leaves belonging to different varieties were reported as 22.17-25.85 mg/kg, 46.74-67.68 mg/kg, 11.09-16.19 mg/kg and 15.78-18.28 mg/kg, respectively. It was informed that seasonal differences can be observed in Mn contents of olive leaves with the range of 14.0–52.8 mg/kg (Christos et al., 2005). In another study, Mn, Zn and Cu concentrations of olive leaves were reported as 22.3-34.52 mg/kg, 14.3-27.2 mg/kg and 11.0-25.0 mg/kg, respectively (Toplu et al., 2009). The highest Cu content in current study was observed in Ayvalık leaves (55.26 mg/kg

maximum levels when collected on December 29th for both orchards. Moreover, irrigation

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

caused a significant increase in Mn and Zn elements, especially in Çöpaşı and Gemlik varieties. Similarly, B and Ni amounts of irrigated Gemlik leaves were higher than those of rainfed samples during collection period.

Regarding to the effect of irrigation on P, K, Mg, Ca contents of olive leaves, a similar increase was informed due to higher mobility in soils and enhance transportation of these elements to the leaves with irrigation process (Bie et al., 2004; Koyro, 2006; Wu and Xia, 2006; Cetinkaya et al., 2016). Moreover, the water stress conditions decrease in leaf area because of leaf shrinkage and also cause reduction in some elements such as N, P, K, Ca, Na, Cl in olive leaves (Shaheen et al., 2011). Similarly, in another study, the results revealed that the macro and micro element compositions of irrigated leaves belonged to cv. Gemlik were better than rainfed samples (Cetinkaya et al., 2016).

Conclusion

The macro and micro element contents of olive leaves were significantly affected from variety, irrigation treatment and collection time. Olive leaf was a significant source of macro elements such as P, K, Ca, Mg and S. Additionally, olive leaves contained in minor amounts of Na, Fe, Cu, Mn, Zn, B and Ni. The lowest macro and micro element contents were observed in olive leaves belonging to Gemlik variety collected on December 29th. The irrigation treatments positively affected especially cv. Gemlik but it should be noted that the concentration of macro and micro elements varied differently according to the sampling times. For olive leaves of Ayvalık, Yağlık and Çöpaşı varieties, the effect of irrigation treatment on mineral contents varied according to collection time. Therefore, it was not easy to make a general comment because of fluctuation in mineral amounts during collection period.

References

- Bartels, D., Sunkar, R. (2005) Drought and salt tolerance in plants. *Crit Rev Plant Sci* 24:23-58.
- Bedbabis, S., Rouina, B. B., Clodoveo, M. L., Ferrara, G. (2016) 'Chemlali' olive trees

in an irrigated grove: effects of tree age on virgin olive oil quality and mineral nutrient distribution in roots, leaves and fruits. *Fruits* 71(4): 21-228.

- Bie, Z., Ito, T., Shinohara, Y. (2004) Effects of sodium sulphate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce. *Sci Hortic* 99:215-224.
- Bongi, G., Palliotti, A. (1994) Olive. In: *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops: Temperate Crops*. B. Shaffer and P. C. Anderson (Eds.), 165-187, CRC Press, Boca Raton.
- Cetinkaya, H., Koc, M., Kulak, M. (2016) Monitoring of mineral and polyphenol content in olive leaves under drought conditions: Application chemometric techniques. *Ind Crops Prod* 88:78-84.
- Christos, A. C., Ioannis, N. T., Athanassios, N. M. (2005) Seasonal variation of nutritional status of olive plants as affected by boron concentration in nutrient solution. *J Plant Nutr* 28:30-321.
- de Oliveira, N. M., Lopes, L., Cheu, M. H., Soares, E., Meireles, D., Machado, J. (2023) Updated Mineral Composition and Potential Therapeutic Properties of Different Varieties of Olive Leaves from *Olea europaea*. *Plants* 12:1-8.
- Dimassi, K., Therios, I., Passalis, A. (1999) Genotypic effect on leaf mineral levels of 17 olive cultivars grown in Greece. *Acta Hortic* 474:345-8.
- Fernandez-Escobar, R., Moreno, R., Garcia-Creus, M. (1999) Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. *Sci Hortic* 82: 25-45.
- Grattan, S. R., Grieve, C. M. (1999) Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci Hortic* 78: 127-157.
- Jordao, P. V., Marcelo, M. E., Centeno, M. S. L. (1999) Effect of cultivar on leaf-mineral composition of olive tree. *Acta Hortic* 474:349-52.
- Koyro, H. W. (2006) Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential

Influence of Irrigation, Variety and Collection Time on Mineral Contents of Olive Leaves

- cash crop halophyte (*Plantago coronopus* L.). *Environ Exp Bot* 56:136-146.
- Loupassaki, M. H., Chartzoulakis, K. S., Digalaki, N. B., Androulakis, I. (2002) Effects of salt stress on concentration of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and sodium in leaves, shoots, and roots of six olive cultivars. *J Plant Nutr* 25:2457-2482.
- Łozak, A., Sołtyk, K., Ostapczuk, P., Fijałek, Z. (2002) Determination of selected trace elements in herbs and their infusions. *Sci Total Environ* 289:33-40.
- Lukic, I., Paskovic, I., Zurga, P., Germek, V. M., Brkljaca, M., Marcelic, S., Ban, D., Grozic, K., Lukic, M., Uzila, Z., Ban, S. G. (2020) Determination of the variability of biophenols and mineral nutrients in olive leaves with respect to cultivar, collection period and geographical location for their targeted and well-timed exploitation. *Plants* 9:1-20.
- Molina-Alcaide, E., Yáñez-Ruiz, D. R. (2008) Potential use of olive by-products in ruminant feeding: a review. *Anim Feed Sci Technol* 147:247-264.
- Muthuchelian, K., Murugan, C., Nedunchezianand, N., Kulandaivelu, G. (1997) Photosynthesis and growth of *Erythrina variegata* as affected by water stress and triacantanol. *Photosynthetica* 33:241-248.
- Ozyigit, I. I., Yalcin, B., Turan, S., Saracoglu, I. A., Karadeniz, S., Yakcin, I. A., Demir, G. (2018) Investigation of Heavy Metal Level and Mineral Nutrient Status in Widely Used Medicinal Plants' Leaves in Turkey: Insights into Health Implications. *Biol Trace Elem Res* 182:387-406.
- Özcan, M. M., Matthaus, B. (2017) A review: benefit and bioactive properties of olive (*Olea europaea* L.) leaves. *Eur Food Res Technol* 243:89-99.
- Paskovic, I., Lukic, I., Zurga, P., Germek, V. M., Brkljaca, M., Koprivnjak, O., Major, N., Grozic, K., Franic, M., Ban, D., Marcelic, S., Ban, S. G. (2020) Temporal Variation of Phenolic and Mineral Composition in Olive Leaves Is Cultivar Dependent. *Plants* 9:1-16.
- Shaheen, M. A., Hegazi, A. A., Himmam, I. S. (2011) Effect of water stress on vegetative characteristics and leaves chemical constituents of some transplants olive cultivars American-Eurasian. *J Agric Environ Sci* 11:663-670.
- Toplu, C., Uygur, V., Yildiz, E. (2009) Leaf mineral composition of olive varieties and their relation to yield and adaptation ability. *J Plant Nutr* 32:1560-73.
- Tošić, S. B., Mitic, S. S., Velimirovic, D. S., Stojanovic, G. S., Pavlovic, A. N., Pecev-Marinkovic, E. T. (2015) Elemental composition of edible nuts: fast optimization and validation procedure of an ICP-OES method. *J Sci Food Agric* 95:2271-2278.
- Wu, Q., Xia, R. (2006) Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth: osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *J Plant Physiol* 163:417-425.
- Yousif, B. S., Nguyen, N. T., Fukuda, Y., Hakata, H., Okamoto, Y., Masaoka, Y., Saneoka, H. (2010) Effect of salinity on growth mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops; New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and water spinach (*Ipomoea aquatica*). *Int J Agric Biol* 12:211-216.
- Zohary, D., Hopf, M., Weiss, E. (2012) Domestication of Plants in the Old World: *The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. 116-121, Oxford University Press, Oxford, UK



Araştırma Makalesi

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Hatice KAYA¹, Benian Pınar. AKTEPE², Yeşim AYSAN^{1*}

ÖZ

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*'in neden olduğu Bakteriyel Solgunluk Hastalığı ekonomik anlamda domates bitkilerinde önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Hastalıkla mücadelede mikrobiyal gübreler, iki dezenfektan ve domateste ruhsatlı bir bakırlı preparatın domates bitkilerinde baskılayıcı etkisi ve yeşil aksamdaki toplam bakteriyel floraya etkisi bu çalışmada araştırılmıştır. Uygulamalar arasında, 14 farklı antagonist bakteri türünü içeren bir biyolojik mücadele ürünü olan Bio-Ag, hastalığı %51.07 oranında baskılayarak en etkili uygulama olarak belirlenmiştir. SS-Süper Roots ve SS-Stomafix uygulamaları da etkili diğer uygulamalar olarak belirlenmiş ve hastalık sırasıyla %35.70 ve %35.17 oranında baskılanmıştır. Sonuç olarak mikrobiyal gübrelerin Bakteriyel Solgunluk Hastalığı'nın biyolojik mücadelesinde kullanılma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, Bakteriyel Solgunluk, Mikrobiyal Gübre, Dezenfektan, Biyolojik Mücadele.

Investigation of Chemical and Biological Control Possibilities of Tomato Bacterial Wilt Disease

ABSTRACT

Bacterial Wilt Disease caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* results in significant crop losses economically in tomato plants. This study investigated the suppressive effect of microbial fertilizers, two disinfectants, and a licensed copper based compound to control tomato bacterial wilt disease and the effect on the total bacterial flora on tomato leaves. Among the applications, Bio-Ag, a biological control product containing 14 different types of antagonistic bacteria, was determined the most effective treatment by suppressing the disease by 51.07%. Applications of SS-Super Roots and SS-Stomafix were also determined as other effective applications and the disease was suppressed by 35.70% and 35.17%, respectively. As a result, it was determined that microbial fertilizers have the potential to be used in the biological control of Bacterial Wilt Disease.

Keywords: Tomato, Bacterial Wilt, Microbial Fertilizer, Disinfectant, Biological Control

ORCID ID (Yazar Sırasına Göre)

0000-0002-4920-9660;0000-0002-4731-9954;0000-0003-2647-5111

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 10.04.2023

Kabul Tarihi: 30.06.2023

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sarıçam, Adana

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Kadirli, Osmaniye

*E-posta: aysanys@gmail.com¹

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Giriş

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dünyada ve ülkemizde üretim ve tüketim açısından önde gelen sebzelerdendir. Ülkemizin konumu nedeniyle sahip olduğu iklim koşulları sebze üretimini her geçen yıl arttırmakta ve hem açık alanda hem de örtü altında sofralık ve sanayi domatesinin üretilmesine olanak sağlamaktadır. 2021 yılı TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre ülkemizde toplam 13.095.258 ton (Anonim, 2022a), dünyada ise 186.821.216 ton domates üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonymous, 2022). Sebze üretiminde domatesin ilk sırada gelmesinin nedeni, zengin mineral ve vitamin içeriğiyle beslenmedeki önemi ve gıda sanayinde turşu, konserve, dondurulmuş, salça ve ketçap olarak farklı kullanım alanlarına sahip olmasıdır (Anonim, 2022b).

Sofralarımızda önemli bir yeri olan domates bitkisinde, birçok biyotik ve abiyotik kökenli hastalık etmenleri önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Ekonomik anlamda domates bitkilerinde önemli ürün kayıplarına sebep olan biyotik etmenlerden biri de *Microbacteriaceae* familyası içerisinde yer alan *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et al.'in (*Cmm*) neden olduğu Bakteriyel Solgunluk ve Kanser Hastalığı'dır (Agrios, 2005; Fatmi ve ark., 2017; Peritore-Galve ve ark., 2021). Etmen *Solanaceae* familyasından domates (*Lycopersicon esculentum* L.), biber (*Capsicum annum* L.) ve patlıcan (*Solanum melongena*)'da hastalık oluştursa da ekonomik anlamda önemli olduğu tek kültür bitkisi domatestir (Jones ve ark., 2016). Hastalık etmeni ilk kez Amerika Birleşik Devletleri'nin Michigan eyaletindeki domates üretim alanlarında 1909 yılında saptanmıştır (Gleason ve ark., 1993). Tokgönül (1998)'in bildirdiğine göre bu hastalığın varlığı ülkemizde ilk olarak İç Anadolu bölgesinde belirlenmiş ve sonrasında diğer bölgelere bulaşık tohum veya fidelerle yayılım göstermiştir (Sahin ve ark., 2002; Basim ve ark., 2004; Belgüzar ve ark., 2019). Hastalığın belirtileri enfeksiyonun başlangıç yerine göre farklılık göstermektedir. Enfeksiyon, tohumdan gelişip iletim demetlerine girmiş ise sistemik enfeksiyondan, domates bitkisinde koltuk alma işlemi gibi kültürel işlemler

sırasında açılan yaralardan veya hidadot gibi doğal açıklıklardan oluşmuşsa lokal enfeksiyondan söz edilir. Sistemik enfeksiyonda ilk hastalık belirtisi solgunluktur. Bitki fide döneminde sistemik enfeksiyona yakalanmış ise genç fideler hızla solar, çöker ve ölür, olgun dönemde ise bitkilerde solgunluk semptomu daha yavaş ve dereceli olarak ilerler. Hastalıklı bitkiler boyuna kesildiğinde iletim demetlerindeki renk değişimi kolaylıkla görülebilir. Hastalık etmeninin erken dönemde iletim demetlerinde oluşturduğu sarımsı renklenme, ilerleyen dönemlerde kahverengileşir ve gövdelerde çatlama meydana gelir. Patojen bakterinin iletim demetlerindeki bu tahribatından dolayı yeterli su ve besin alamayan bitkiler solmuş bir hal alır. Hastalık adını spesifik koşullar altında gelişen gövde solgunluklarından alır. Lokal enfeksiyonlarda ise belirtiler, nekrozlar ve yaprak lekeleri ile başlayıp uygun şartlar altında ilerleyerek sistemik enfeksiyonu başlatabilirler. Meyve de ise ortası kahverengi ve çevresi beyaz bir hale ile çevrili kuş gözü lekeleri olarak adlandırılan semptomlar gösterir. Lokalize olmuş bir enfeksiyon zamanla, iletim demetlerine ilerleyerek uygun koşullar altında sistemik bir enfeksiyonu başlatabilir (Çetinkaya-Yıldız ve Aysan, 2008). Patojen latent dönemdeyken tohumda, bulaşık toprakta, topraktaki bitki artıklarında ve yabancı otlar üzerinde epifitik olarak yaşamını sürdürebilmektedir (Fatmi ve ark., 2017; Peritore-Galve ve ark., 2021). Etmenin farklı yerlerde yaşamını sürdürebilme yeteneğinden dolayı mücadelesi oldukça zordur. Bitki hastalıkları ile mücadelede yoğun biçimde kullanılan kimyasalların insan sağlığı ve doğa üzerine olan olumsuz etkilerinin olması, özellikle bakteriyel patojenlerin pestisitlere karşı direnç oluşturmaları, son yıllarda bakteriyel hastalıkların mücadelesinde doğa dostu alternatif yöntemlerin kullanılmasını öncelikli konular haline getirmiştir (Aktepe ve Aysan, 2022; Ercan ve ark., 2022; Tümen ve ark., 2023). Bu hastalığın mücadelesinde bakteriyofajlar (Cemen ve ark., 2018), bitki ekstraktları ile uçucu yağlarının (Oloyede ve ark., 2021), antagonist mikroorganizmaların ve yeni nesil gübrelerin (Belgüzar ve ark., 2021; Coşkun ve Horuz, 2023; Çetinkaya-Yıldız ve Aysan, 2014;

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Gül ve Horuz, 2021) başarıyla kullanılabileceğini gösteren pek çok araştırma makalesi bulunmaktadır. Bakteriyel Solgunluk Hastalığı'nın biyolojik mücadelesinde *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Paenibacillus*, *Lactococcus*, *Pseudomonas*, *Aureobasidium*, *Pantoea*, *Bifidobacterium* ve *Saccharomyces* cinslerinin içerisinde yer alan türlerin dost mikroorganizma olarak kullanımı hakkında son yıllarda pek çok araştırma yayınlanmıştır (Abo-Elyousr ve Almasaudi, 2022; Hwajin ve ark., 2022; Uçar ve Akköprü, 2022). Bu antagonistler, farklı etki mekanizmalarıyla (yer ve besin rekabeti, antibiyosis, siderefor üretimi ve bitkide dayanıklılığın uyarılması) bitki gelişimini arttırdığı gibi patojenleri de baskılayarak hastalık oluşumunu engellerler (Özaktan ve ark., 2010). Özellikle toprak orijinli *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pantoea agglomerans* türlerini içeren ticari ürünler organik asit ve amino asit üretme özelliğine sahip olmaları nedeniyle bitkinin kök gelişimine olumlu etki sağladığı bilinmektedir. Ayrıca bu dost mikroorganizmalar bitkinin kök bölgesine veya yeşil aksamına kolonize olduğunda klorofil ve karotenoid içeriğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Bitkideki faydalı mikroorganizma dengesinin olumlu yönde değişimiyle bitki sağlıklı büyürken hastalıklara da dayanıklı hale gelmektedir (Shoda, 2020). Ayrıca, bitkilerin kök bölgesinde yararlı mikroorganizma sayısını artırarak topraktaki fosfat, demir ve azot bitkiler tarafından alınabilir hale gelir. Buna bağlı olarak verim ve ürün kalitesini artırmaya yardımcı olur (Kumar ve ark., 2021). Bu hastalığın mücadelesinde üreticinin etkili bir şekilde kullanabileceği ruhsatlı bir kimyasal bulunmamaktadır. Entegre hastalık yönetimi kapsamında sağlıklı fide kullanımı, üretim alanında patojen bakterinin sekonder yayılmalarını önlemek için hijyen kurallarına uyulması ve bakırlı preparatların kullanımı, aktivatör veya biyolojik mücadele ürünlerinin kullanımı ile bitkide dayanıklılığın uyarılması önerilmektedir. Mikroorganizmalar üretim zincirinde çalışan personelin ellerine, kıyafetlerine (özellikle ayakkabılar) ve taşıma

materyaline yapışarak bir yerden diğerine veya bir bitkiden diğerine mekanik olarak kolaylıkla taşınır. Tarımsal üretim alanlarında patojenlerin bu bulaşma sorununu önlemek için genellikle hijyen kurallarına uyulur ve dezenfektanlar kullanılır (Wales ve ark., 2020). Örneğin üretim alanına giriş ve çıkış kapılarına dezenfektan içeren paspasların yerleştirilmesi, personelin el hijyenine dikkat etmesi ve günlük temiz kıyafet giymeleri bitki patojen bakterilerin yayılmasını önlemek için önemli kültürel önlemlerdir (Baysal-Gurel ve ark., 2013). Üretim alanında kullanılan budama makaslarının, bıçakların veya koltuk alımında işçi ellerinin dezenfeksiyonunda kullanılması gereken kimyasal dezenfektanların son yıllarda bitkiye püskürtülmesi işlemi ile karşılaşmaktayız.

Bu çalışmada iki dezenfektanın, domateste ruhsatlı bir bakırlı preparatın ve üç farklı mikrobiyal gübrenin domates bitkilerinde *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu Bakteriyel Solgunluk Hastalığı'na etkisi cam serada saksı denemesiyle araştırılmıştır. Ayrıca bu preparatların domates yeşil aksamındaki toplam bakteriyel floraya etkisi de ortaya konmuştur.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada patojen bakteri olarak, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü bakteriyoloji laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan Prof. Dr. Yeşim Aysan tarafından izole edilip farklı metotlarla tanısı yapılmış YA-142 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatu kullanılmıştır. Çalışmada, domateste ruhsatlı bakırlı preparat Kocide, iki dezenfektan (klordioksit ve hidrojen peroksit), ve üç farklı mikrobiyal gübre olarak ruhsatlı biyolojik mücadele ürününün (SS-Stomafix, Bio-Ag ve SS-Süper Root) domates bitkilerinde *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu Bakteriyel Solgunluk Hastalığına etkisini değerlendirirken kullanılmıştır (Çizelge 1). Patojenite testinde ve sera denemesinde Panzer F1 çeşidi domates fideleri kullanılmıştır.

Domates Bakteriye Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Çizelge 1. Dezenfektanların, bakırlı preparatın ve biyolojik mücadele ürünlerinin içerik özellikleri

Ticari adı	İçerik	Üretici Firma
Kocide 2000	%35'lik metalik bakıra eşdeğer bakır hidroksit	Corteva Agriscience
Best Clean	pH düzenleyici (belirsiz oranda hidrojen peroksit)	Agro Flora Kimya Tarım Ürünleri San. ve Tic. Ltd
SMC-000	pH düzenleyici (belirsiz oranda klordioksit)	Semica Kimya A.Ş
SS-Stomafix	<i>Bacillus subtilis</i> (1×10^{10} hücre/ml)	Supersol Biyoteknoloji AŞ.
SS-Süper Root	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Paenibacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Pantoea agglomerans</i> karışımı (1×10^7 hücre/ml)	Supersol Biyoteknoloji AŞ.
Bio-Ag	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. longum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>Lactococcus lactis</i> , <i>Streptococcus termophilus</i> , <i>Rhodopseudomonas palustris</i> , <i>R. spheroides</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> karışımı (1×10^7 hücre/ml)	Agrotrade Kimya

Clavibacter michiganensis izolatının virülensliğinin artırılması ve patojen konsantrasyonunun belirlenmesi

Bakteriyoloji laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan YA-142 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatı altı aydan fazla süredir %40'lık gliserol içerisinde -20 °C'de saklandığından dolayı virülensliğinde azalma olduğu düşünülmüştür. Bu izolat besi yerinde geliştirildikten sonra belirli süspansiyondaki bakteri koloni sayısı tespit edilmiş, domateste patojenite çalışması yapılarak izolatın virülensliği artırılmış ve denemelerde kullanılmak üzere geri izole edilmiştir. TSA besi yerinde 25 °C'de 48 saat geliştirildikten sonra steril bir öze ile toplanmış ve steril saline buffer (%0.85'lik NaCl) ile bir bakteri süspansiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonun yoğunluğu macfarland dansiyometresinde 0.70 ölçüm değerine ayarlanmıştır. Hazırlanan patojen bakteri süspansiyonundan 1 ml alınıp içerisinde 9 ml steril su bulunan tüplerle 6 kez seyreltilerek seyreltme serileri hazırlanmıştır. Her bir seyreltme serisinden 100 µl alınarak TSA besi yeri içeren petrilere steril cam bagetle yayma işlemi yapılmıştır. Her bir seyreltmeden iki tekrarlı olmak üzere toplam 12 petriye farklı oranlarda seyreltilmiş bakteri süspansiyonu yayılmıştır. Petriler 25 °C'de 72 saat inkübe

edildikten sonra gelişen sarı renkli koloniler sayılarak macfarland dansiyometresinde 0.70 ölçüm değerinde hazırlanan süspansiyonun içerdiği ml'deki bakteri koloni sayısı hesaplanmıştır (Klement ve ark., 1990).

Her bir patojen bakteri süspansiyonuna ait altı farklı seyreltme serisinden 100'er µl alınıp steril şırınga ile domates fidelerinin (Panzer F1) kök boğazından yaklaşık 1 cm yukarıdaki kabuk altı dokusuna enjekte edilmiştir. Her bir seyreltmeden iki tekrarlı olmak üzere toplam 12 domates fidesine bakteri aşılması yapılmıştır. Patojenle inokule edilen bitkiler Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde bulunan 25±2 °C sıcaklık, %75 nem ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık iklim odası koşullarında muhafaza edilmiştir. Domates fideleri günlük olarak kontrol edilmiş ve patojen inokulasyonundan 25 gün sonra yapraklarda solgunluk ve sararma belirtileri gözlemlendiğinde, boyuna kesilerek iletim demetlerinde görülen lezyon boyu ölçülerek bitki boyuna oranlanıp hastalık oranı (%) hesaplanmıştır. Toplamda altı farklı bakteri yoğunluğu içeren süspansiyonla bulaştırılan bitkilerde gözlenen hastalık oranı ayrı ayrı not edilmiştir. Hastalık belirtisinin görüldüğü en düşük bakteri konsantrasyonu saksı çalışmasında kullanılmak üzere seçilmiştir. En iyi hastalık belirtisinin gözlemlendiği bir

Domates Bakteriye Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

bitkiden TSA besiyeri kullanılarak yeniden patojen izolasyonu yapılmış ve Koch postulatı aşamaları tamamlanmıştır. İzolasyon petrisinden saflaştırılan YA-142 kodlu re-izolatın hastalık yapma yeteneği belirlenip virülensliği artırılmıştır. Bu izolatın gram reaksiyonu, TSA besiyerindeki koloni rengi ve akşam sefası bitkisinde aşırı duyarlılık reaksiyonu (Lelliott ve Stead, 1987; Gitaitis, 1990) belirlendikten sonra ileriki çalışmalarda patojen izolat olarak kullanılmak üzere, eğik olarak hazırlanmış YDCA besiyerinde 4 °C'deki buzdolabında saklanmıştır.

Domates Bakteriye Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Deneme, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü araştırma ve deneme parselinde ısıtmasız cam serada 25 Mart 2022 tarihinde saksı denemesi olarak kurulmuştur. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu Bakteriye Solgunluk Hastalığına biyolojik (Bio-Ag, SS-Stomafix, SS-Süper Root) ve kimyasal (bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit) ürünlerin etkinliği araştırılırken bu ürünler kök daldırması ve yeşil aksama püskürtme şeklinde Çizelge 2. Uygulama zamanları ve dozları

uygulama yapılmıştır.

Antagonist bakterileri içeren biyolojik mücadele ürünleri bitkide dayanıklılık mekanizmalarını uyarma yetenekleri olduğu bildirildiğinden fide dikimi öncesi köke uygulanmış ve ardından yeşil aksam püskürtmeleri yapılmıştır. Kimyasal ürünler olan bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit sadece yeşil aksama püskürtme şeklinde uygulaması yapılmıştır (Soykan ve Aysan, 2011).

Kimyasalların ve Biyolojik Mücadele Ürünlerinin Hazırlanması ve Uygulama Şekilleri:

Çizelge 2'de görüldüğü gibi, denemeye alınan tüm biyolojik ve kimyasal ürünler üretici firmanın önerdiği dozlarda hazırlanmıştır. Kimyasallardan bakır hidroksit içerikli Kocide 2000 adlı ürünün tavsiye dozu 100 litre suya 150-200 gr olduğu için denemede kullanılmak üzere bir litre saf suya 2 gr eklenerek küçük bir miktarda hazırlanmıştır. Dezenfektanlar olan klordioksit ve hidrojen peroksit için bir litre saf suya 2.5 ml eklenerek hazırlanmıştır. Biyolojik mücadele ürünleri olan Bio-Ag ve SS-Stomafix bir litre saf suya 5 ml eklenerek hazırlanırken SS-Süper Root adlı ürün bir litre saf suya 3.5 ml eklenerek hazırlanmıştır.

Uygulamalar	Uygulama zamanı			Uygulama dozu
	1. uygulama	2. uygulama	3. uygulama	
Bakır Hidroksit	Şaşırtmadan üç gün sonra	10 gün sonra	17 gün sonra	2.0 gr/lt
Hidrojen Peroksit	Şaşırtmadan üç gün sonra	10 gün sonra	17 gün sonra	2.5 ml/lt
Klordioksit	Şaşırtmadan üç gün sonra	10 gün sonra	17 gün sonra	2.5 ml/lt
Bio-Ag	Şaşırtmadan üç gün sonra	10 gün sonra	17 gün sonra	5.0 ml/1lt
SS-Stomafix	Şaşırtmadan üç gün sonra	10 gün sonra	17 gün sonra	5.0 ml/1lt
SS-Süper Root	Şaşırtmadan üç gün sonra	10 gün sonra	17 gün sonra	3.5 ml/1lt
<i>Clavibacter michiganensis</i>	Şaşırtmadan altı gün sonra			2.1x10 ⁶ hücre/ml

Biyolojik mücadele ürünlerini (Bio-Ag, SS-Stomafix ve SS-Süper Root) içeren antagonist bakteri süspansiyonları ikişer litrelik plastik beher içine alınıp Panzer çeşidi domates fidelerinin kökleri bu süspansiyona 15 dakika daldırılarak kök uygulamaları yapılmıştır (Şekil 1). Biyolojik mücadele ürünleriyle muamele görmüş fideler eşit oranda toprak ve torf içeren plastik saksılara şaşırtılmış ve eşit oranda can suyu verilmiştir. Sulama esnasında suyun

saksılardan akıp gitmesini önleyecek şekilde her bir saksıya 250 ml su verilmiş saksılar cam seraya yerleştirilmiştir. Kimyasal ürünlerin (bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit) bulunduğu parseldeki fidelere herhangi bir kök uygulaması yapılmadan 25 Mart tarihinde sadece saksılara şaşırtma işlemi yapılmıştır. Çeşme suyuyla eşit oranda can suyu verilen bitkiler birbirine değmeyecek şekilde cam serada konumlandırılmıştır.

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Saksılara fide şaşırtma işleminden üç gün sonra, Çizelge 2’de belirtilen dozlarda taze hazırlanan biyolojik ve kimyasal ürünler temiz bir el pülverizatörü yardımıyla domates bitkilerinin toprak üstünde kalan tüm aksamına eşit oranda denk gelecek şekilde yeşil aksam püskürtmesi yapılmıştır (Şekil 1). Çizelge 2’de görüldüğü gibi, yeşil aksam püskürtme uygulaması yedi günlük aralıklarla iki kez daha yinelenmiştir. Bitkilerin rutin bakım ve sulama işlemleri yapılmış ve ek olarak herhangi bir organik ve inorganik gübre beslemesi yapılmamıştır.

Patojen Bakteri Süspansiyonunun Hazırlanması ve Bitkilere Uygulanması: TSA besi yerinde 25 °C’de 48 saat geliştirilmiş olan YA-142 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatının steril su ile hazırlanan süspansiyonunun yoğunluğu macfarland dansiyometresinde 0.70 ölçüm değerine ayarlanmıştır (Klement ve ark., 1990). Mikrobiyal gübrelerin (Bio-Ag SS-Stomafix ve SS-Süper Root) ve kimyasal ürünlerin (bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit) bitkiye ilk püskürtülmesinden üç gün sonra, yani fidelerin saksılara şaşırtılmasından 6 gün sonra domates bitkilerinin kök boğazı kısmına kabuk altına steril bir enjektör yardımıyla patojen bakteri süspansiyonundan 100 µl inokule edilmiştir (Soykan ve Aysan, 2011). **Deneme Deseni ve Uygulamalar:** Mikrobiyal ürünler (Bio-Ag SS-Stomafix ve SS-Süper Root), kimyasallar (bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit), pozitif ve negatif kontroller olmak üzere 8 uygulama denemede yer almıştır. Her bir uygulama üç tekrar ve her tekrarda altı domates fidesi olacak şekilde deneme planı hazırlanmıştır. Çalışma toplam 160 domates bitkisiyle yürütülmüştür. Pozitif kontrol uygulamasında yer alan domates fideleri sadece patojenle bulaştırılırken, negatif kontrol parselinde yer alan fidelere aynı yöntemlerle sadece steril su uygulaması yapılmıştır.

Değerlendirme: Bitkilerin *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* ile inokülasyonundan sonra rutin uygulama olarak bakım ve sulama işlemlerine devam edilmiştir. Bitkiler hastalık gelişimi açısından günlük olarak incelenmiştir. Pozitif kontrolde gözle görülür hastalık belirtileri (solgunluk, yaprak yanıklığı, dallarda çatlama) gözlemlendikten sonra,

patojen uygulamasından 30 gün sonra, denemede ki tüm bitkiler bir bıçak yardımıyla boyuna kesilip bitkilerin iletim demetlerindeki lezyon boyu ölçülmüş ve tüm bitki boyuna oranlanarak hastalık oranı % olarak hesaplanmıştır (Klement ve ark., 1990). Uygulamaların etkinliği, pozitif kontroldeki hastalık yüzdesinin uygulamaların hastalık yüzdesine oranlanmasıyla % Abbot formülüne göre hesaplanmıştır (Little ve Hills, 1978). Uygulamalar arasındaki istatistiksel farklar Anova istatistik programında LSD çoklu karşılaştırma testinde $p \leq 0.05$ önem düzeyine göre yapılmıştır. Aynı istatistiksel grupta yer alan uygulamalar aynı harfle işaretlenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Farklı Uygulamaların Yapraktaki Toplam Bakteriyel Floraya Etkisi

Denemelerde kullanılan hidrojen peroksit ve klordioksit içeren iki dezenfektan, bakır hidroksit ve farklı antagonist bakterileri içeren üç farklı biyolojik mücadele ürününün sağlıklı domates bitkilerinin yeşil aksamında yaşamını sürdüren toplam bakteriyel flora etkisi çalışmanın bu kısmında ortaya konmuştur. Çalışma iklim odası koşullarında Panzer çeşidi domates fideleri kullanılarak ve her uygulamada 10 bitki olacak şekilde toplam 80 domates fidesiyle kurulmuştur. Bu amaçla üretici firmaların önerdiği şekilde hazırlanan altı farklı ticari preparat sağlıklı domates yapraklarına püskürtülmüştür. Kontrol olarak aynı sayıda domates bitkisine aynı yöntemle steril su püskürtülmüştür. Uygulamadan 1, 4, 7 ve 14 gün sonra, her bir uygulamadaki domates bitkilerinin tüm dallarından, orta kısmındaki yapraklardan yeşil aksam örnekleri alınıp seyreltme tekniği kullanılarak bakteri izolasyonları yapılmış ve 1 gram yapraktaki toplam bakteri popülasyonu Klement ve ark. (1990)’na göre hesaplanmıştır. Bakteri izolasyonu için alınan 10 gram yaprak örneği toplam 90 ml steril saline buffer içeren erlen mayerlere konup dakikada 200 devirde dönen bir erlen çalkalayıcısında 2 saat oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Yeşil aksamdaki bakteriler saline buffer içine geçtikten sonra, buradan 1 ml alınıp içerisinde 9 ml steril su bulunan tüplere aktarılmış ve aynı şekilde toplamda 6 kez seyreltme işlemi yapılmıştır. Her bir seyreltmeden 100 µl alınarak TSA besi yeri içeren steril petrilere cam bagele yayma işlemi

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

iki tekrarlı olarak yapılmıştır. İzolasyon petripleri 25 °C'de 48 saat inkübe edildikten sonra tüm petripler ışıklı ve büyütmeli koloni sayım aletinde incelenerek gelişen tüm koloniler sayılarak not edilmiş ve gram yapraktaki toplam bakteri popülasyonu hesaplanmıştır. Ayrıca, her bir uygulamadan yapılan izolasyonlarda petriplerde gelişen farklı tipteki bakteri kolonileri sayısı da not edilmiş ve çeşitlilik değerlendirilmiştir. Sonuçta steril su uygulanmış kontrol uygulamasıyla kıyaslanarak dezenfektanların, bakırlı preparatın ve biyolojik mücadele ürünlerinin yapraktaki toplam bakteriyel floraya etkisi ortaya konmuştur. Elde edilen veriler Log10 tabanında dönüştürüldükten sonra uygulamalar arasındaki istatistiki farklar Anova istatistik programında LSD çoklu karşılaştırma testinde $p \leq 0.05$ önem düzeyine göre yapılmıştır. Aynı istatistiki grupta yer alan uygulamalar aynı harfle işaretlenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Clavibacter michiganensis izolatının virülensliğinin artırılması ve denemelerde kullanılacak patojen konsantrasyonunun belirlenmesi

YA-142 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatının macfarland dansiyometresinde 0.70 ölçüm değerinde hazırlanan süspansiyonunun ml'de 2.1×10^7 hücre/ml bakteri kolonisi içerdiği hesaplanmıştır. YA-142 kodlu patojen bakterinin, farklı konsantrasyonlardaki süspansiyonu Panzer çeşidi domates bitkilerinin gövdesine enjekte edildiğinde, inokulasyondan 25 gün sonra hastalık belirtileri oluşmuştur (Çizelge 3). Patojen bakterinin 2.1×10^7 hücre/ml, 2.1×10^6 hücre/ml ve 2.1×10^5 hücre/ml popülasyonunu içeren bakteri süspansiyonu domates fidelerinde sırasıyla %50.5, %31 ve %18.6 oranında hastalık oluşturmuştur. Değerlendirmenin yapıldığı inokulasyondan sonraki 25. günde diğer patojen popülasyonlarında herhangi bir hastalık gözlenmemiştir. Saksı çalışmasında kullanılmak üzere patojen bakterinin 2.1×10^6 hücre/ml yoğunluğundaki konsantrasyonu seçilmiştir.

Çizelge 3. YA-142 kodlu patojen izolatın farklı seyreltmelerinin domates bitkisinde oluşturduğu hastalık oranları (%)

Popülasyon	Enfeksiyon oranı (%)				
	Hücre/ml	1	2	3	Ortalama
2.1×10^7		50.5	50.0	51.0	50.5
2.1×10^6		34.5	32.5	26.0	31.0
2.1×10^5		16.0	21.0	19.0	18.6
2.1×10^4		0.0	0.0	0.0	0.0
2.1×10^3		0.0	0.0	0.0	0.0

En iyi hastalık belirtisinin gözlemlendiği bir bitkiden TSA besi yeri kullanılarak yeniden patojen izolasyonu yapılmış ve 5 adet re-izolat elde edilmiştir. Bu izolatların gram pozitif özellikte, TSA besi yerinde sarı renkli koloniler oluşturduğu ve akşam sefası yapraklarında aşırı duyarlılık reaksiyonu pozitif olduğu belirlenmiş ve bu hastalık belirtilerinin patojen bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatının tarafından oluşturulduğu teyit edilmiştir.

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

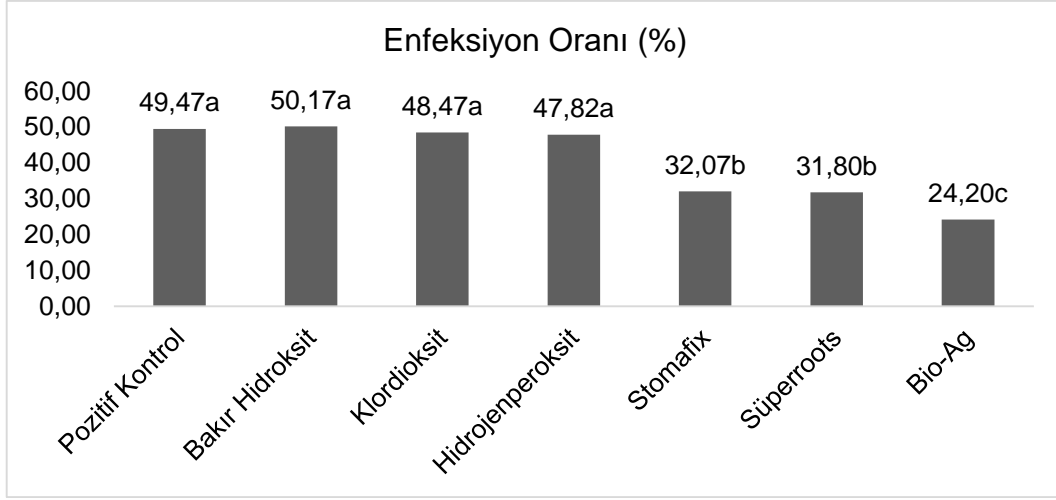
Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü araştırma ve deneme parselinde ısıtmasız cam serada yapılan saksı denemesinde sadece patojenle bulaştırılmış pozitif kontrolde yer alan bitkilerde hastalık belirtileri olarak alt yapraklarda tek taraflı solgunluk, yaprakların kıvrılması, aşağıya sarkması, ardından sararma ve kuruma belirtileri gözlenmiştir. Patojenin inokule edildiği noktada kahverengi yanıklık alanları tespit edilmiştir.

Pozitif kontroldeki hastalık belirtileri ilerledikten sonra patojen inokulasyonundan 30 gün sonra tüm bitkiler kesilerek değerlendirilmiş ve pozitif kontrolde yer alan bitkilerin iletim demetlerinde hastalık oranının ortalama %49.47 olduğu tespit edilmiştir. Bakır hidroksit uygulamasında enfeksiyon oranının ortalama %50.17 ile pozitif kontrolden de yüksek bir değerde olduğu tespit edilmiştir. Bir dezenfektan olan klordioksit uygulaması yapılmış bitkilerde enfeksiyon ortalama %48.47 iken, diğer bir dezenfektan olan hidrojen peroksit uygulanmış bitkilerdeki hastalık oranı da benzer şekilde %47.82 olarak saptanmıştır (Şekil 3). İstatistik analizlerine göre pozitif kontrol, bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit uygulanmış

Domates Bakteriye Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

parsellerdeki hastalık düzeyi aynı grupta yer almış ve aynı harfle işaretlenmiştir. Bu uygulamalar pozitif kontrolle aynı grupta

bulduğundan etkisiz uygulamalar olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Kimyasal ve biyolojik ürünlerin uygulandığı bitkilerdeki hastalık oranları

Biyolojik ürünler olan SS-Stomafix, SS-Süper Root ve Bio-Ag uygulanmış domates bitkilerinde ortalama hastalık oranı sırasıyla %32.7, %31.80 ve %24.20 olarak belirlenmiştir. İstatistiki olarak incelendiğinde bu üç uygulama pozitif kontrolden farklı harfle işaretlendiğinden etkili uygulamalar olarak tespit edilmiştir. Etkili uygulamalar içerisinde SS-Stomafix ve SS-Süper Root uygulamaları aynı istatistiki grupta yer alırken, Bio-Ag uygulaması tek başına ayrı bir istatistiki grupta yer almıştır. Bio-Ag uygulaması en az hastalık oranının belirlendiği en başarılı uygulama olarak tespit edilmiştir. Ayrıca biyolojik ürünlerin uygulandığı bitkilerde, hastalığın patojenin inokule edildiği bölgede sınırlı kaldığı, pozitif kontroldeki gibi enfeksiyonun iletim demetlerinde ilerlemediği gözlenmiştir. Negatif kontrol olarak sadece steril suyla uygulama görmüş bitkilerde herhangi bir hastalık belirtisi gözlenmemiştir.

Çizelge 4'te görüldüğü gibi, 14 farklı antagonist bakteri türünü içeren bir biyolojik mücadele ürünü olan Bio-Ag, domates fidelerinin köklerine ve yeşil aksamına uygulandığında, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu Bakteriye Solgunluk Hastalığını %51.07 oranında baskılamıştır. Bu hastalığa en etkili ve en başarılı uygulamanın Bio-Ag olduğu belirlenmiştir. Bunu takiben, SS-Süper Roots ve SS-Stomafix uygulamaları da etkili diğer uygulamalar olarak

belirlenmiş ve hastalık sırasıyla %35.70 ve %35.17 oranında baskılanmıştır.

Dezenfektan ürünler olan hidrojen peroksit ve klordioksit uygulanmış bitkilerde, hastalık sırasıyla %3.33 ve %2.02 oranında azalmıştır. Bakır hidroksit uygulaması hastalığı azaltmada etkili olmayan bir kimyasal olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde, bu üç uygulama pozitif kontrol ile aynı grupta yer aldığından *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu Domates Solgunluk Hastalığını engellemede başarısız uygulamalar olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Dezenfektanların, bakırlı preparatın ve biyolojik mücadele ürünlerinin Domates Bakteriye Solgunluk Hastalığına etkisi

Uygulamalar	Enfeksiyon Oranı (%)	Etki (%)
Pozitif Kontrol	49.47 a*	0
Bakır hidroksit	50.17 a	-1.45
Klordioksit	48.47 a	2.02
Hidrojenperoksit	47.82 a	3.33
SS-Stomafix	32.07 b	35.17
SS-Süperroots	31.80 b	35.70
Bio-Ag	24.20 c	51.07
Negatif Kontrol	0.00	0.00

*: LSD çoklu testine göre aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark $p \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Üretim alanında patojen bakterilerin sekonder yayılmalarını önlemek için kültürel işlemler esnasında kullanılan makasların, bıçakların ve ellerin dezenfekte edilmesi hastalık yönetimi açısından oldukça önemlidir ve hijyen uygulamalarıyla patojenin üretim alanında yayılımı engellenmektedir (Baysal-Gürel ve ark., 2013). Ülkemizde domates üreticisinin dezenfektanları yeşil aksama püskürtmesi yerine kültürel işlemler esnasında kullanılan makasların, bıçakların ve ellerin dezenfeksiyonunda kullanması gerektiği bu çalışmayla da gösterilmiştir. İletim demetlerinde yaşamını devam ettiren ve iletim demetlerinde hastalığa neden olan *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'nin baskılanmasında bakırlı preparatların azaltıcı etkisinin olmadığı bu çalışmayla bir kez daha belirlenmiştir. Bakırlı preparatlar yeşil aksamda yaşayan ve domateste yaprak lekelerine neden olan *Xanthomonas* türleri ve *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* gibi bakteriyel etmenlerin mücadelesinde oldukça başarıyla kullanılırken (Gül, 2019) iletim demetlerinde bulunan patojen bakterilere maalesef etkileri olmamaktadır. Ancak bu patojenlerin bir bitkiden diğerine değme veya su sıçraması yoluyla gerçekleşen sekonder yayılmalarını önlemede başarıyla kullanılmaktadır. Pek çok patojen bakterinin sekonder yayılmasını önlemede, üreticilerin dezenfektanları tercih etmeleri sonucu yeşil aksamdaki saprofitik ve/veya antagonistik bakterilerin yaşamı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Dezenfektanların uygulanmasından sonra bunlardan olumsuz etkilenen türler yok olurken ortamda kalan veya o alana sonradan gelen bakteri türleri o yaşam yerinde çoğalmaya ve yerleşmeye başlar. Değişen mikrobiyal yaşam ve ekolojik denge hastalık etmenlerini baskılamada yeterli olamayabilir.

Doğal hayatı ve mikrobiyal çeşitliliği korumak için kimyasal mücadeleye alternatif birçok yöntem son yıllarda araştırmacıların ortak çalışma konusudur. Özellikle farklı çevre dostu mikroorganizmaların ve bitkide hastalıklara dayanıklılığı uyaran bitki aktivatörlerinin kullanımıyla bakteriyel hastalıkların azaltılabileceğini gösteren birçok araştırma mevcuttur (Ghadamgahi ve ark., 2022;

Panebianco ve ark. 2022; Belguzar ve ark., 2021; Li ve ark., 2021; Yin ve ark., 2021; Banayem ve ark., 2020). Bu uygulamalar hem kimyasal kullanımını azaltacak hem de *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerine ait bakteriyel antagonistlerin domates rizosferine ve/veya filosferine yerleşerek doğal hayatın korunmasına katkı sağlamaktadır (Esquivel-Cervantes ve ark., 2022). Son yıllarda yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak çevre dostu mikroorganizmaların hastalığı baskılayıcı etkisi üzerine olmuştur. Bu çalışmada olduğu gibi çoğu araştırmacı bu hastalığın yönetiminde faydalı bakterilerle hastalık etmeninin baskı altına alınarak biyolojik mücadelede kullanımında başarı sağlayacağını belirtmişlerdir (Çetinkaya-Yıldız ve Aysan, 2014; Abo-Elyousr ve ark., 2019; Banayem ve ark., 2020; Golembiovska ve ark., 2020; Lee ve ark., 2020). Kimyasal mücadeleye alternatif bir uygulama olarak mikrobiyal ürünlerin *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'nin neden olduğu domateste Solgunluk Hastalığını baskılayıcı etkisine yönelik yapılmış önceki çalışmalarda da farklı *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp.'ye ait bakteriyel izolatların antagonistik etki gösterdiği bildirilmiştir (Ghadamgahi ve ark., 2022; Panebianco ve ark. 2022; Belguzar ve ark., 2021; Li ve ark., 2021; Yin ve ark., 2021; Banayem ve ark., 2020). Yapılan bu çalışmada domatesteki bu hastalığı baskılamada başarı gösteren biyolojik mücadele ürünleri (SS-Stomafix, SS-Süper Root ve Bio-Ag) farklı *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Rhodopseudomonas* ve *Saccharomyces* cinslerine ait farklı türlerin karışımını içermektedir. Bu dost mikroorganizmalar antimikrobiyal madde üreterek, patojenle besin ve yer rekabetine girerek, bitkinin dayanıklılık mekanizmalarını harekete geçirerek bitki hastalıklarına karşı etkili olmaktadır. Benzer şekilde bu antagonistler domateste bakteriyel kökenli yaprak leke hastalıkları (Aktepe, 2021; Güldoğan ve ark., 2022), fungal hastalıkların (Xinyu ve ark., 2020; Yu ve ark., 2022; Medeiros ve Bettiol, 2021) ve nematodların (Akbay ve ark., 2021) biyolojik mücadelesinde kullanımı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Sonuç olarak, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden

Domates Bakteriyeel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

olduğu domateste Bakteriyeel Solgunluk Hastalığının mücadelesinde hastalıksız tohum ve üretim materyali kullanımına öncelik verilerek, üretim alanında kullanılan aletlerin ve ellerin dezenfeksiyonu, kültürel işlemlerden sonra bakırlı preparatların koruyucu olarak kullanımı, dengeli bitki besleme ve biyolojik mücadele preparatlarıyla hastalıklara dayanıklılığın sağlanmasıyla bir entegre hastalık yönetimi uygulanmalıdır.

Çizelge 5. Dezenfektanların, bakırlı preparatın ve biyolojik mücadele ürünleri uygulanmış bitkilerin yapraklarındaki toplam bakteriyeel popülasyonları

Uygulamalar	Yapraktaki Bakteriyeel Flora (hücre/ml)			
	1 gün sonra	4 gün sonra	7 gün sonra	14 gün sonra
Kontrol	$4.1 \times 10^5 b^*$	$2.2 \times 10^4 e$	$3.0 \times 10^4 c$	$6.0 \times 10^8 b$
SS-Stomafix	$4.5 \times 10^5 a$	$2.8 \times 10^3 d$	$2.8 \times 10^4 c$	$5.0 \times 10^8 c$
Bakır Hidroksit	$4.6 \times 10^4 c$	$1.0 \times 10^3 a$	$2.5 \times 10^4 a$	$7.5 \times 10^8 a$
SS-Süperroots	$2.4 \times 10^4 d$	$3.0 \times 10^3 g$	$8.0 \times 10^4 e$	$2.9 \times 10^8 d$
Bio-Ag	$1.2 \times 10^4 e$	$6.4 \times 10^3 f$	$2.0 \times 10^4 d$	$6.0 \times 10^8 b$
Klordioksit	$9.0 \times 10^3 f$	$7.2 \times 10^3 b$	$7.2 \times 10^3 b$	$2.3 \times 10^8 e$
Hidrojen peroksit	$1.2 \times 10^3 g$	$5.9 \times 10^3 c$	$2.6 \times 10^3 c$	$1.4 \times 10^7 f$

*: LSD çoklu testine göre aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark $p \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Uygulamadan bir gün sonra, sadece steril suyla püskürtme yapılan yaprakların 1 gramında 4.1×10^5 hücre/ml bakteri popülasyonu bulunurken dezenfektanlar olan hidrojen peroksit ve klordioksit püskürmesi sonucu bakteri popülasyonu sırasıyla 9.0×10^3 hücre/ml ve 1.2×10^3 hücre/ml'ye düşmüştür. Benzer şekilde yaklaşık 10 kat azalış bakır hidroksit, SS-Süperroots ve Bio-Ag'de tespit edilmiştir. Bu verilerden farklı olarak biyolojik mücadele ürünlerinden biri olan SS-Stomafix uygulamasında bakteri popülasyonunun kontrol kadar olduğu hatta daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar dördüncü ve yedinci günde yapılan izolasyonlarda da elde edilmiştir. Uygulamadan 14 gün sonra yapılan izolasyonlarda tüm uygulamalarda, bir gram yapraktaki toplam bakteri popülasyonunun benzer olduğu, kimyasal kullanımı sonucu azalan popülasyonun tekrar arttığı belirlenmiştir.

Sonuç

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*'in neden olduğu, Bakteriyeel Solgunluk Hastalığı, domates bitkilerinde önemli verim kaybına sebep olan önemli bir bakteriyeel hastalıktır. Bu hastalığa biyolojik

Dezenfektanların, Bakırlı Preparatın ve Biyolojik Mücadele Ürünlerinin Yapraktaki Toplam Bakteriyeel Floraya Etkisi

Çizelge 5'te görüldüğü gibi, dezenfektanlar, bakır hidroksit ve biyolojik mücadele ürünleri domates bitkilerinin yeşil aksamına püskürtüldüğünde, bu alanda yaşamını sürdüren bakteriyeel popülasyonda değişimler olduğu tespit edilmiş ve bu durum istatistiksel olarak da teyit edilmiştir.

Uygulamadan 14 gün sonra tüm uygulamalarda, bir gram yapraktaki toplam bakteri

(Bio-Ag, SS-Stomafix, SS-Süper Root) ve kimyasal (bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit) ürünlerin etkinliği ve bu ürünlerin domates yapraklarında bakteriyeel floraya etkisi bu çalışma çerçevesinde araştırılmıştır. Kimyasal uygulamalar olarak bakır hidroksit, klordioksit ve hidrojen peroksit uygulaması hastalığı azaltmada etkisiz uygulamalar olarak tespit edilmiştir. Domates fidelerinin köklerine ve yeşil aksamına uygulanan mikrobiyal gübrelerden SS-Süper Root ve SS-Stomafix hastalığı %35.70 ve %35.17 oranında baskılayan başarılı uygulamalar olarak saptanmıştır. Bio-Ag uygulaması ise hastalığı %51.07 oranında baskılayarak en başarılı uygulama olmuştur. Dezenfektanlar (hidrojen peroksit ve klordioksit), bakır hidroksit ve biyolojik mücadele ürünleri domates bitkilerinin yeşil aksamına püskürtüldüğünde, bu alanda yaşamını sürdüren bakteriyeel popülasyonda değişimler olduğu tespit edilmiştir. Sadece SS-Stomafix uygulaması yeşil aksamdaki toplam bakteri popülasyonuna olumsuz bir etki yapmamıştır. Uygulamadan 14 gün sonra tüm uygulamalarda, bir gram yapraktaki toplam bakteri

Domates Bakteriyeel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

popülasyonunun benzer olduğu, kimyasal kullanımı sonucu azalan popülasyonun tekrar arttığı belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma doğrultusunda domates üreticisi, kültürel işlemler esnasında kullanılan aletlerin ve ellerin dezenfeksiyonda hidrojen peroksit ve klordioksit kullanımı, kültürel işlemlerden sonra bakırlı preparatların koruyucu ilaçlama olarak kullanımı ve biyolojik mücadele ürünlerini bu hastalığı baskılamada entegre hastalık yönetimin bir parçası olarak kullanımı önerilebilir.

Teşekkür

FYL-2021-13395 nolu bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Abo-Elyousr, K. A. M., Khalil Bagy, H. M., Hashem, M., Alamri, S. A., Mostafa, Y. S. 2019. Biological control of the tomato wilt caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* using formulated plant growth-promoting bacteria. Egyptian Journal of Biological Pest Control 29 (1) 1-8.

Abo-Elyousr, K. A. M., Almasaudi, N. M. 2022. Application of *Trichoderma harzianum* strain KABOFT4 for management of tomato bacterial wilt under greenhouse conditions. Gesunde Pflanzen 74 (2) 413-421.

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Elviesier Academic Press. London, UK. 530p.

Akbay, N. G., Çetintaş, R., Küsek, M. 2021. Bazı toprak bakterilerinin domates bitkisindeki kök-ur nematodu *Meloidogyne javanica* (Treb) chitwood popülasyonlarına etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 24 (2) 337-343.

Aktepe, B. P. 2021. Domateste bakteriyel benek hastalığının biyolojik mücadelesinde farklı bitki aktivatörleri ve biyolojik preparatların etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 26 (2) 355-364.

Aktepe, B.P., Aysan, Y. 2022. Biological Control of Fire Blight Disease Caused by *Erwinia amylovora* on Apple. Erwerbs-Obstbau, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00751-1>

Anonim, 2022a. TÜİK salçalık ve sofralık domates üretim verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 13.11.2022).

Anonim, 2022b. Tarım Ürünleri Piyasa Raporu, TEPGE (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü). [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepgge/Belgeler/PDF%](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepgge/Belgeler/PDF%20) (Erişim Tarihi: 14.11.2022).

Anonymous, 2022. FAOSTAT domates üretim verileri. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>

Banayem, H. H., Shahryari, F., Ghasemi A. 2020. Survey of fluorescent pseudomonads from rhizosphere and rhizoplane of tomato for biocontrol of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. Journal of Crop Science 9 (3) 395-410.

Basim, E., Basim, H., Dickstein, E. R., Jones, J. B. 2004. Bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on greenhouse-grown tomato in the Western Mediterranean Region of Turkey. Plant Disease 88: 1048. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.9.1048B>

Baysal-Gurel, F., Kurowski, C. J., Li, R., Ling, K. S., Miller, S. A. 2013. Developing hygiene protocols against mechanically transmitted pathogens in greenhouse tomato production systems. In: IV International Symposium on Tomato Diseases, Acta Horticulturae 1069: 275-280.

Belguzar, S., Ciner, I., Eroglu, Z., Yanar, Y. 2021. Effects of rhizobacteria on tomato bacterial cancer and wilt disease. Fresenius Environmental Bulletin 30 (2) 1075-1081.

Cemen, A., Saygılı, H., Horuz, S., Aysan, Y. 2018. Potential of bacteriophages to

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

- control bacterial speck of tomato (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*). Fresenius Environ Bull, 27 (12A) 9366-9373.
- Coşkun T.A Horuz, S. 2023. Phosphites for the management of tomato bacterial canker and stem rot. Journal of Plant Diseases and Protection, 130 (3): 609-617.
- Çetinkaya-Yıldız, R., Aysan, Y. 2008. Domateste bakteriyel solgunluk hastalığı. In: Bitki Bakteri Hastalıkları (H. Saygılı, F. Şahin, Y. Aysan, Editörler), Meta Basım, İzmir, ISBN 978-9944-5882-1-8, s. 49-52.
- Çetinkaya-Yıldız, R., Aysan, Y. 2014. Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının bitki büyüme düzenleyici kökbakterileri ile biyolojik mücadelesi. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi 5 (1) 9-22.
- Çınar, Ö. 1980. Bakteriyel Domates solgunluğu hastalığı (*Corynebacterium michiganense* (Erwin. F. Smith) Jensen)'nin tanımı, savaş yöntemleri ve etmene karşı dayanıklı domates çeşitleri üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 139- Bilimsel Araştırma ve İnceleme Tezleri.
- Ercan, N., Karnez, E., Aktepe, B. P., Aysan, Y. 2022. Domates Öz Nekrozu Hastalığına vermikompost, mikoriza ve potasyum gübrelemesinin etkinliğinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 27 (2) 299-308.
- Esquivel-Cervantes, L. F., Tlapal-Bolaños, B., Tovar-Pedraza, J. M., Pérez-Hernández, O., Leyva-Mir, S. G., Camacho-Tapia, M. 2022. Efficacy of biorational products for managing diseases of tomato in greenhouse production. Plants 11(13) ref.30. DOI : 10.3390/plants11131638.
- Fatmi, M., Bolkan, H., Schaad, N. W. 2017. Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato transplants. In: Detection of Plant Pathogenic Bacteria in Seed and Other Planting Material, Second Edition (R. R. Walcott and N. W. Schaad Edts.). APS Press, Print: 978-0-89054-539-3, The American Phytopathological Society, Minnesota, USA, 111-117s.
- Gautama, S., Chauhanb, A., Sharmac, R., Sehgal, R., Shirkota, C.K. 2019. Potential of *Bacillus amyloliquefaciens* for biocontrol of bacterial canker of tomato incited by *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*. Microbial Pathogenesis 130: 196-203.
- Ghadamgahi, F., Tarighi, S., Taheri, P., Saripella, G.V., Anzalone, A., Kalyandurg, P.B., Catara, V., Ortiz, R., Vetukuri, R.R. 2022. Plant growth-promoting activity of *Pseudomonas aeruginosa* FG106 and its ability to act as a biocontrol agent against potato, tomato and taro pathogens. Biology 11 (1) 140.
- Gitaitis, R.D. 1990. Induction of a hypersensitive-like reaction in 4-o'clock by *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. Plant Disease 74 (1) 58-60.
- Gleason, M. L., Braun, E. J., Carlton, W. M., Peterson, R. H. 1991. Survival and dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomatoes. Phytopathology 81: 1519-1523.
- Golembiowska, S.L., Bambura, O.I., Volska, T.V., Matselykhdoi, B.P. 2020. Antagonistic action of *Streptomyces* species to *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* 10₂. Mikrobiology Journal 82 (2) <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.02.060>.
- Gül, M. A. 2019. Adana'da Domateste Görülen Bakteriyel Benek Hastalığının Bakırlı Preparatlara Duyarlılıklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Doktora tezi, Adana, 41 s.
- Gül, A. T., Horuz, S. 2021. Efficacy of nitrification inhibitors on tomato bacterial canker and wilt (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*). Turkish Journal of Agriculture-Food

Domates Bakteriyeel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

- Science and Technology 9 (1) 124-129.
- Güldoğan, Ö., Aktepe, B. P., Aysan, Y. 2022. Domates Bakteriyeel Benek Hastalığının biyolojik mücadelesinde farklı *Bacillus* türlerinin kullanımı. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 19 (4) 829-839.
- Jones, J. B., Zitter, T. A., Momol, T. M., Miller, S. A., 2016. Compendium of tomato diseases and pests, second edition. American Phytopathology Society Press, 168 pages, ISBN:978-0-89054-434-1
- Karaca, İ. Saygılı, H. 1982. Batı Anadolunun bazı illerinde domates ve biberde görülen bakteriyeel hastalıkların oranı, etmenleri ve konukçu çeşitlerinin duyarlılığı üzerine araştırmalar. III. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 12-15 Ekim 1982, Adana, 12 (15) 182-192.
- Klement, Z., Mavridis, A., Rudolph. K., Vidaver, A., Perombelon, M.C.M. Moore, L.W. 1990. Inoculation of Plant Tissues. In Methods in Phytobacteriology. (Klement, Z., Rudolph. K. and Sands, D.C., Eds.) 95-103. Academia Kiado, Budapest, 567p.
- Kumar, K., Mhetre, A., Ratnaparkhi, G. S., Kamat, S. S. 2021. A superfamily-wide activity atlas of serine hydrolases in *Drosophila melanogaster*. Biochemistry 60 (16) 1312-1324.
- Le K. D., Kim J., Yu N. H., Kim B., Lee C. W., Kim J. C. 2020. Biological control of tomato bacterial wilt, kimchi cabbage soft rot, and red pepper bacterial leaf spot using *Paenibacillus elgii* JCK-5075. Frontiers in Plant Science 11:775. doi: 10.3389/fpls.2020.00775.
- Lelliott, R.A., Stead, D.E. 1987. Methods for The Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants. Methods in Plant Pathology, (T. F. Preece, Series editor), Volume 2, Published on behalf of the British Society for Plant Pathology by Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK., 219p.
- Li, M. S. M., Piccoli, D. A., McDowell, T., MacDonald, J., Renaud J. Yuan Z. C. 2021. Evaluating the biocontrol potential of Canadian strain *Bacillus velezensis* 1B-23 via its surfactin production at various pHs and temperatures. BMC Biotechnology 21: 31, <https://doi.org/10.1186/s12896-021-00690-x>.
- Little, T. M., Hills, F. J. 1978. Agricultural experimentation design and analysis (No. BOOK). John Wiley & Sons.
- Medeiros, C. A. A., Bettiol, W. 2021. Multifaceted intervention of *Bacillus* spp. against salinity stress and Fusarium Wilt in tomato. Journal of Applied Microbiology 131 (5) 2387-2401.
- Oloyede, A. R., Ogbuagor, C. J., Afolabi, C. G., Akintokun, A. K. 2021. Biological control of bacterial canker of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) by use of non-native strains of plant growth-promoting rhizobacteria. Archives of Phytopathology and Plant Protection 54 (15-16) 1182-1203.
- Özaktan, H., Aysan, Y., Yıldız, F., Kınay, P. 2010. Fitopatolojide biyolojik mücadele. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi 1 (1) 61-78.
- Paguirigan, J. A., Liu, R., Im, S. M., Hur, J. S. Kim, W. 2022. Evaluation of antimicrobial properties of lichen substances against plant pathogens. The Plant Pathology Journal 38 (1) 25.
- Panbianco, S., Lombardo, M. F., Anzalone, A., Musumarra, A., Pellegriti, M. G., Catara, V., Cirvilleri, G. 2022. Epiphytic and endophytic microorganisms associated to different cultivar of tomato fruits in greenhouse environment and characterization of beneficial bacterial strains for the control of post-harvest tomato pathogens. International Journal of Food Microbiology, 379 (52) DOI :10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109861.
- Peritore-Galve, F. C., Tancos, M. A., Smart, C. D. 2021. Bacterial canker of tomato: revisiting a global and economically damaging seed-borne pathogen. Plant Disease 105 (6) 1581-1595.
- Sahin, F., Uslu, H., Kotan, R., Donmez, F. 2002. Bacterial canker, caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, on tomatoes in eastern Anatolia region of

Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığının Kimyasal ve Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

- Turkey. Plant Pathology 51 (3) 399.
- Shoda, M. 2000. Bacterial control of plant diseases. Journal of Bioscience and Bioengineering 89 (6) 515-521.
- Soykan Ö, Aysan Y. 2011. Bazı bitki aktivatörleri ile organik ve inorganik gübrelerin domateste bakteriyel solgunluk hastalığına etkisi. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, Kahramanmaraş, Sayfa 317.
- Tokgönül, S. 1998. Ticari Domates Tohumlarında Bakteriyel Solgunluk Etmelinin (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) Saptanması ve Mücadele Olanakları Üzerine Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 93s.
- Tümen, B., Aktepe, B. P., Aysan, Y. 2022. Tohuma uygulanan bakteriyel antagonistlerin biberde bakteriyel leke hastalığına etkisi. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 37 (2) 211-220.
- Uçar, C. Akköprü, A. 2022. Domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in ikincil enfeksiyonuna karşı endofitik bakterilerin biyokontrol kapasitesinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi (Harran Journal of Agricultural and Food Science) 26(1) 50-59.
- Üstün, N., Ulutas, E., Yaşarakıncı, N., Kılıç, T. 2009. Efficacy of some plant activators on bacterial canker of tomato in Aegean Region of Turkey. Acta Horticulturae 808:405-408.
- Wales, A. D., Gosling, R. J., Bare, H. L., Robert, H. D. 2021. Disinfectant testing for veterinary and agricultural applications: A review. Zoonoses and Public Health 68 (5) DOI: 10.1111/zph.12830.
- Xinyu, L. I., Lei, L. I., Lida, C. H. E. N., Yanxia, S. H. I., Ali, C. H. A. I., Xuewen, X. I. E., Baoju, L. I. 2020. Screening and identification of antagonistic bacteria against gray leaf spot of tomato caused by *Stemphylium solani*. Acta Horticulturae Sinica 47 (4) 741.
- Yeşilayer, A., Belgüzar, S., Aslan, H. N. 2019. Antibacterial activity of essential oil and extract of *Origanum onites* L. against bacterial speck of tomato and tomato bacterial wilt disease. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36 (1) 30-35.
- Yin, J., Yu, Y., Zhang, Z., Chen, L., Ruan, L. 2021. Enrichment of potentially beneficial bacteria from the consistent microbial community confers canker resistance on tomato. Microbiological Research 234:126446. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126446>.
- Yu, Y. Y., Si, F. J., Wang, N., Wang, T., Jin, Y., Zheng, Y., Jiang, C. H. 2022. *Bacillus*-secreted oxalic acid induces tomato resistance against gray mold disease caused by *Botrytis cinerea* by Activating the JA/ET Pathway. Molecular Plant-Microbe Interactions 35(8) 659-671.



Araştırma Makalesi

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Türler ile Predatörlerinin Saptanması

Emine YILDIRIM, A. Filiz ÇALIŞKAN-KEÇE^{1*}, M. Rifat ULUSOY

ÖZ

Adana ili soğan yetiştirilen alanlarında zararlı türler ve bunların predatörlerinin saptanması amacıyla 2017-2018 yılları arasında bu çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 4 takıma ait 9 familyadan 18 tür saptanmış olup; belirlenen türlerden soğanda önemli zarar yapanların; *Eobania vermiculata* Müller, *Thrips tabaci* Lindeman ve *Frankliniella occidentalis* Pergande olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada, tespit edilen predatörler 4 takıma ait 6 familyadan türler olup, bunlar içerisinde; 5 tanesi *Aeolothrips collaris* Priesner, *A. fasciatus* L., *A. ericae* Bagnall, *Orius niger* Wolff ve *Coccinella septempunctata* L. olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğan, Soğan zararlıları, predatör, Adana/Türkiye

Determination of Pest Species and Their Predators in Onion Cultivation Areas in The Adana Province of Turkey

ABSTRACT

This study was carried out between 2017 and 2018 in order to determine the harmful pestspecies and their predators in onion-growing areas of Adana province. As a result of the study, 18 species from 9 families belonging to 4 orders were determined; of these species, the ones that cause the most damage to onions; *Eobania vermiculata* Müller, *Thrips tabaci* Lindeman, *Frankliniella occidentalis* Pergande. Additionally, in this study the useful species determined are from 6 families belonging to 4 orders were detected, 5 species among them; *Aeolothrips collaris* Priesner, *A. fasciatus* L., *A. ericae* Bagnall, *Coccinella septempunctata* L., and *Orius niger* Wolff.

Keywords: Onion, Onion pests, predators, Adana/Turkey

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-0025-4698, 0000-0002-9330-1958,0000-0001-6610-1398

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 7.12.2022

Kabul Tarihi: 23.06.2023

¹ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Sarıçam, Adana

*E-posta: afcalskan@cu.edu.tr.

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Türler İle Predatörlerinin Saptanması

Giriş

Zambakgiller familyasına bağlı olan soğan (*Allium cepa* L.), keskin aromatik bir kokuya sahip olup yumruları ve yaprakları yenilebilen iki yıllık otsu bitkidir. Soğan bitkisinin bünyesinde antiseptik ve antibiyotik özellik veren fermentler, aminoasitler, organik hidrosoller ve baz yağlar, şeker, vitamin grupları ve mineraller bulunur. İnsan beslenmesinde sedatif ve iştah açıcı olan soğanın besleyici değeri oldukça yüksek ve hastalıklara karşı koruyucu özelliği de vardır (Karahocagil, 2003). Soğan pişirilerek yemeklerde aroma artırıcı olarak kullanıldığı gibi çiğ olarak da tüketilmektedir. Gelir düzeyi bakımından tüm insanlara hitap eden bir besin olup tüm dünyada yaygın olarak tüketilen bir sebzedir. Ülkemiz mutfağında önemli bir yere sahip olan soğanın hemen hemen tüm yemeklerimizde severek kullanılan ve ekonomik değeri yüksek olan yazlık ve kışlık tüketilebilen bir sebzedir.

Ülkemizin neredeyse bütün bölgelerinde soğanın yetiştiriciliği yapılmakta olup Amasya, Bursa, Trakya Bölgesi ile Balıkesir, Hatay, Çorum, Kastamonu, Tokat ve Denizli illerinde diğer illere göre daha fazla yetiştiriciliği yapılmaktadır (Vural ve ark., 2000). Soğanın ekolojik isteği gelişim zamanlarına göre değişiklik göstermekte olup, erken gelişme döneminde serin iklime, baş bağlama ve başın büyümesi için de hava sıcaklığının yüksek olmasına ihtiyaç duymaktadır.

Soğanın üretiminde biyotik ve abiyotik faktörler önemli bir yere sahip olup soğanda %10-50 oranında verim kaybına neden olmaktadır. Soğan üzerinde yapılan çalışmalarda *Delia antiqua* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae), *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acarina: Acaridae) ve *Bactericera tremblayi* (Wagner) (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae)'nin ekonomik anlamda zarara neden olan türler olduğu belirtilmiştir (Straub, 2004; Ulusoy ve ark., 2016). Yapılan çalışmada Adana ilinde kışlık olarak üretimi yapılan soğanlarda zararlı olan türler ile bunların predatörleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

2017-2018 yılları arasında, Adana ilinde kışlık soğan ekilen alanlarda taze yeşil baş soğan üretiminin yapıldığı Eylül - Mayıs ayları arasında yürütülen çalışmanın ana materyalini soğan bitkileri ile bu alanlardan toplanan zararlı tür ve predatörler oluşturmuştur. Soğan zararlılarını ve predatörlerini saptamak amacıyla Adana'da taze baş soğan üretiminin yoğun olarak yapıldığı alanlara periyodik ve periyodik olmayan arazi çıkışları yapılmıştır.

Soğanda Zararlı Türler ile Predatörlerinin Belirlenmesi

Soğanda zararlı türler ile predatörlerinin örneklenmesinde; zararlı ile bulaşık bitki organının birlikte kültüre alınması, gözle kontrol ve atrap ile yakalama teknikleri kullanılmıştır.

2017 yılının Ekim ayında tarlaya ekilmiş olan soğan tohumlarının çimlenmeleri tespit edildikten sonra örneklemelere başlanmıştır. Örneklemeler düzenli olarak haftada bir tüm Adana ili soğan ekiliş alanlarında yapılmaya çalışılmıştır. Tarlalarda soğanlar henüz bir iki yapraklyken öncelikle bitkiler gözle kontrol edilmiş ve gereksinim duyuldukça atrap, emgi tüpü gibi diğer örnekleme yöntemleri kullanılarak ilk örnekleme yapılmıştır.

Soğan bitkisinin farklı organlarında zarar oluşturan türleri saptamak amacıyla, örnekleme yapılan tarlalara köşegenleri doğrultusunda girilerek daire, dikdörtgen ve çapraz oluşturacak şekilde yürünerek tesadüfi olarak tarlayı temsil edecek 20 farklı noktada gözle kontrol ve örnekleme yapılmıştır. Belirlenen her konumda sıradaki 2 bitkinin toprak altı ve üstünde bulunan bütün organları kontrol edilmiş, belirlenen türler uygun örnekleme yöntemi ile toplanmış ve böcekler etil asetat ile öldürülmüştür. Gözle fark edilmeyen zararlıların tespiti amacıyla tarlanın büyüklüğüne ve konumuna bağlı olarak her araziden tesadüfi olarak 10 - 20 adet soğan bitkisi sökülüp, her bir bitki ayrı ayrı kâğıt torbalara konulup, etiket bilgileri ile birlikte polietilen torbalara yerleştirildikten sonra buz kutusunda laboratuvara götürülmüştür. Laboratuvara getirilen soğan örnekleri buzdolabının buzlüğünde bir süre bekletildikten sonra, üzerinde bulunan olası türler hareketsiz hale getirilmiştir. Daha sonra soğan bitkisinin

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Türler İle Predatörlerinin Saptanması

kök, gövde ve yaprak kısımları stereobinoküler mikroskop altında dikkatlice incelenmiştir.

Gözlemlerde bitkiler üzerinde bulunan ergin dönemde olan fitofag ve predatör türler koleksiyonu yapılmak üzere öldürülmüş, ergin öncesi dönemde olanlar ise ergin olması için kültüre alınmıştır. Ayrıca örneklemeler sırasında thrips, yaprakbiti, yaprak piresi, akar benzeri küçük ve yumuşak vücutlu böcekler samur fırça yardımıyla % 70'lik alkole alınırken thripsler saklama ortamına (10 kısım % 60'lık etil alkol+1 kısım asetik asit ve 1 kısım gliserin; AGA) konulmuştur (Tekşam ve Tunç, 2009, Tunç,1998). Çalışmanın sonunda bulunan türlerin etiket bilgileri üzerlerine yazılıp, koleksiyonları yapılmış ve konusunda uzman bilim insanlarına tarafından teşhisleri yapılmıştır.

Araştırma Bulguları Ve Tartışma

Adana ili soğan ekiliş alanlarında saptanan zararlı türler

Arazi çalışmalarına taze baş soğanın ekimi ile başlanmış ve hasat sonuna kadar devam edilmiştir. Taze baş soğanın ekiminde yağmura gereksinim duyulduğundan dolayı, arazideki gözlemlere başlama ve bitiş tarihleri her bir ekim alanı için iklimsel koşullara bağlı olarak farklılık göstermiştir. Yapılan örnekleme çalışmaları sonucunda, Adana ili soğan ekiliş alanlarında 4 takıma bağlı 9 familyadan 18 zararlı tür tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çalışma boyunca materyal ve metotta da belirtildiği gibi periyodik ve periyodik olmayan arazi surveyleri ile örnekleme Adana'nın 4 farklı bölgesinden toplamda 14 soğan tarlasında yapılmıştır. Bu örnekleme sonucunda kış sezonunda ekilişi yapılan soğanlarda erken dönemde salyangozlardan *Eobania vermiculata*'nın, pamuk, yerfıstığı gibi bitkilerin hasadından sonra da gerek beslenmek ve gerekse kışlamak amacıyla soğanlara gelen başta *Thrips tabaci* olmak üzere *Frankliniella occidentalis*'in zarar yaptığı tespit edilmiştir. Nitekim soğan alanlarında tespit edilen 6 türden en yaygın olanların % 81 ile *T. tabaci* ve % 18 ile *F. occidentalis* olduğu, diğer 4 thripsin ise ancak % 1 civarında bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Adana ili soğan ekiliş alanlarında 2017-2018 yıllarında saptanan zararlılar

Takım	Familya	Tür
Mollusca	Helicidae	<i>Eobania vermiculata</i> Müller
	Hygromiidae	<i>Monacha syriaca</i> Ehrenberg
Thysanoptera	Thripidae	* <i>Thrips tabaci</i> Lindeman
		* <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande
	Melanthripidae	<i>Thrips vulgatissimus</i>
	Phlaeothripidae Aeolothripidae	Haliday <i>Melanthrips fuscus</i> Sulzer
Hemiptera	Triozidae	<i>Haplothrips reuteri</i> Karny
	Aphididae	<i>Rhipidothrips gratus</i> Uzel
Diptera	Agromyzidae	<i>Bactericera tremblayi</i> Wagner
		<i>Aphis fabae</i> Scopoli
		<i>Aphis gossypii</i> Glover
		<i>Myzus persica</i> Sulzer
		<i>Rhopalosiphum padi</i> L.
		<i>Calycomyza</i> sp. <i>Chromatomyia horticola</i> Goureau <i>Melanagromyza</i> sp. <i>Phytomyza rufipes</i> Meigen <i>Phytomyza</i> sp.

*Bu türler bölgede en yaygın görülen ve soğanda zarar yapan türler

Bu çalışma süresince thrips türlerinin kış ayları süresince soğan bitkilerine gelerek gövdeye yakın yaprakların arasında kışı geçirmeye çalıştıkları tespit edilmiştir. Kış ayları süresince gündüz sıcaklıklarının 18 °C'nin üzerine çıktığında soğanlarda beslenmeye başladıkları gözlenmiştir. Trips türlerinin beslendiği soğanların yapraklarında renk açılmaları ve deformasyonlar gözlenmiş ve fakat ekonomik zarar eşik değeri olan 30 thrips/bitki adedi hiçbir tarlada tespit edilmemiş ve mücadeleyi gerektirecek bir zarar durumu da ortaya çıkmamıştır. Nitekim Lodos (1984), thrips

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Türler İle Predatörlerinin Saptanması

türlerinin ergin ve nimfleri bitkilerin öz suyunu emerek zararlı olduğunu, zarar gören yapraklarda deformasyonlar, beyazımsı veya gümüşimsi renk değişimlerinin ortaya çıktığını belirtmiştir. İzmir ili soğan ekiliş alanlarında yapılan bir çalışmada tespit edilen thrips türleri arasında *T. tabaci* popülasyonunun *F. occidentalis*'e göre daha baskın olduğu ve bölgede bu iki thrips türünün ekonomik zarar seviyesine erişmediği bildirilmiştir (Kılıç ve Yoldaş, 2012).

Minaei ve Azemayeshfard (2007), İran'da yaptıkları çalışmada, *T. tabaci*'nin soğanın en önemli zararlılarından birisi olduğunu ve beslenmede en çok soğanın yapraklarını tercih ettiklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 1.'de verilen zararlılardan birçoğu soğanda önemli zarar oluşturan türler olsa da, bölgede soğanın ekim zamanının kışın yapılması sebebiyle bunların ürün kaybına neden olacak bir popülasyon yoğunluğuna ve dolayısı ile gerçek bir ekonomik anlamda zararına rastlanmamıştır. Nitekim yazlık taze soğan ekimi yapılan alanlarda bölgemizde ilk kez tespit edilen zararlılardan *Bactericera tremblayi*'nin nimf ve erginlerinin yapraklarda emgi yaparak deformasyonlara neden olduğu gözlenmiştir. Kılıç ve Yoldaş (2012) yaptıkları çalışmalarında, *B. tremblayi*'ye daha çok ilkbahar aylarında rastladıklarını, ancak haziran ayında ve sonbaharda hasat olgunluğuna gelmiş soğan bitkilerinde de görmenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Klimaszewski ve Lodos (1979), Erzurum ve çevresinde yürüttükleri bir çalışmada; 33 psillid türü tespit etmişler, bunlardan 14 türün Türkiye için yeni kayıt olduğunu ve soğanda *B. tremblayi*'nin varlığını ilk kez ortaya çıkarmışlardır. Daha sonra bu zararlı Konya, Gümüşhane, Kars, Iğdır, Bayburt, Erzincan, Sivas, Bursa ve Balıkesir'de tespit edilmiştir (Serdar ve Aydemir, 1992; Burckhardt ve Önuçar, 1993; Sürer, 2006).

Soğan ekiliş alanlarında yürütülen tüm bu çalışmalar ile bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, özellikle soğanın en önemli zararlısının *T. tabaci* olması bakımından önemli benzerlikler görülmektedir.

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Saptanan Predatörler

Adana ilinde kışlık soğanlar ekildikten sonra yapılan örneklemelerde 4 takıma bağlı 6 familyadan birçok predatör tür tespit edilmiştir. Bunlardan 5 türün teşhisi yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Adana ili soğan ekiliş alanlarında 2017-2018 yıllarında saptanan yararlı türler

Takım	Familya	Tür
Thysanoptera	Aeolothripidae	<i>Aeolothrips collaris</i> Priesner
		<i>A. fasciatus</i> L.
		<i>A. ericae</i> Bagnall
Hemiptera	Anthocoridae	* <i>Orius niger</i> Wolff
Coleoptera	Coccinellidae	*
		<i>Coccinellaseptempunctata</i> L.

*En çok tespit edilen türler

Soğan ekiliş alanlarında predatör türlerden *C. septempunctata*'nın tüm alanlarda yaygın olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Kırmızı örümcek, yaprakbiti, yaprak piresi, thrips ve beyazsinek gibi zararlıların avcısı olan *Aeolothrips* türleri ile *Orius niger*'in ise kış aylarında pamuk, yer fıstığı vb. ürünlerin hasadından sonra soğan bitkilerinin bulunduğu alanlara kışlamak amacıyla geldiği ve aynı zamanda soğanda bulunan zararlı thripslerle de beslendiği kanısına varılmıştır. Nitekim Aeolothripidae familyasına bağlı türlerin çoğunun çiçeklerde yaşayıp, polenlerle ve thripsler dâhil yumuşak vücutlu küçük athropodlarla beslenen fakültatif avcı böcekler olduğu bildirilmiştir (Lodos, 1984; Conti, 2009). Atakan (2008) kışlık sebzelerde zararlı olan thrips türleri üzerinde en yaygın görülen predatörlerin *Orius laevigatus* Fieber ve *O. niger* Wolff (Hemiptera: Anthocoridae) olduğunu belirtmiştir.

Taze baş soğanlarda mücadele yapılacak bir zararlı veya zararlı yoğunluğuna rastlanmamış olup bu anlamda taze baş soğanlarda kimyasal mücadelenin kesinlikle uygulanmaması kanısına varılmıştır. Ancak soğanlarda bilhassa yazlık ekimi yapılan yeşil soğanlarda thrips türlerinin ve *Bactericera tremblayi*'nin sorun oluşturacağı da düşünülmektedir.

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Türler İle Predatörlerinin Saptanması

Kaynaklar

- Atakan, E. (2008). Thrips (Thysanoptera) species occurring in Winter vegetable crops in Çukurova region of Turkey. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43: 227-234.
- Burckhardt, D., and Önuçar, A. (1993) A review of Turkish plant-lice (Homoptera, Psylloidea). *Rev Suisse Zool* 100: 547-574.
- Conti, B. (2009) Notes on the presence of *Aeolothrips intermedius* in northwestern Tuscany and on its development under laboratory conditions. *Bulletin of Insectology*, 62 (1): 107-112.
- Karahocagil, P. (2003) Kuru soğan. *Tarım Ekonomisi Araştırma Enstitüsü (T.E.A.E-BAKİŞ)*, 4 (9):1-4.
- Kılıç, T., ve Yoldaş, Z. (2012). İzmir ilinde taze soğan tarlalarında bulunan akar (Acari) türlerinin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 2012, 36 (2):291.
- Klimaszewski, S.M. and Lodos, N. (1979). Further data about jumping plant lice of Turkey (Homoptera; Psyllidae). *Türkiye Bitki Koruma Dergisi* 3:3-16
- Lodos, N. (1984). *Türkiye Entomolojisi III. (Genel, uygulamalı ve faunistik)*, E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Basımevi, Bornova, İZMİR, 150 s.
- Minaei, K. and Azemayeshfard, P. (2007). Pest thrips in Iran: An introduction *Journal of Insect Science* (online journal) VIII International Symposium on Thysanoptera and Tospoviruses, September, 2007, Iran, 11-15. <http://www.pestinfo.org/Literature/litout.php3>.
- Serdar, K.A., ve Aydemir, M. (1992). Doğu Anadolu Bölgesinde Soğan Psillidi (*Bactericera tremblayi* Wagner) (Homoptera: Psillidae)'nin Yayılışı ve Konukçularının Saptanması Üzerine Çalışmalar. *Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı*, No: 20-21.
- Straub, R.W. (2004). Onion Arthropod Pest Management. (Web page: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/straub.htm>), (Date accessed: January 2019).
- Sürer, İ. (2006). Bursa Ve Balıkesir İlleri Soğan Üretim Alanlarında Bulunan Arthropod Türlerinin Saptanması Ve Önemli Olanlarının Yoğunluklarının Belirlenmesi Üzerine Çalışmalar. *Uludağ Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Bursa, 99 s.
- Tekşam, İ., ve Tunç, İ. (2009). An analysis of Thysanoptera associated with citrus flowers in Antalya, Turkey: composition, distribution, abundance and pest status of species. *Applied Entomology and Zoology*, 44(3):455-464.
- Tunç, İ. (1998). Thrips infestation on fields in Turkey. *Sixth International Symposium on Thysanoptera*, Akdeniz University April 27 May 1, 1998, Antalya, Turkey, 145-150.
- Ulusoy, M.R., N., Uygun, H. Başpınar ve A.F. Çalışkan-Keçe, (2016). *Sebze Zararlıları*. Karahan Kitapevi, ISBN: 978-605-9374-16-3. II. Baskı; Öz Baran Ofset, Adana, 271 s.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 440s.