



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 39

Sayı/Issue: 3

Ekim/October: 2024



e-ISSN: 1308-8769

<http://dergipark.gov.tr/omuanajas>

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES



e-ISSN: 1308-8769

Volume/Cilt: 39 Issue/Sayı: 3

Ekim / October 2024

Samsun

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

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

Amaç ve Kapsam

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

Aim and Scope

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

Yazışma Adresi / Corresponding Address

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

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

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

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

e-ISSN: 1308-8769

2024 Cilt: 39 Sayı: 3

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

e-ISSN: 1308-8769

2024 Volume: 39 Issue: 3

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Adına Sahibi /

Owner on behalf of Ondokuz Mayıs University

Prof. Dr. Fatma AYDIN

Rektör / Rector

Baş Editör / Chief Editor

Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Editörler / Editors

Doç. Dr. Hasan AKAY

Dr. Öğrt. Üyesi Uğur BAŞER

Prof. Dr. Deniz EKİNCİ

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Doç. Dr. Alper TANER

Doç. Dr. Aydın ALTOP

Dr. Attila SALAMON

Dr. Öğrt. Üyesi Mehmet TÜTÜNCÜ

Dr. Alfadhl Yahya KHALED

Dr. Maria DATTENA

Dr. Dinu GAVOJDIAN

İstatistik Editörü / Statistic Editor

Doç. Dr. Hasan Samet ABACI

Mizanpaj/Layout

OMÜ Yayın Koordinatörlüğü

Mizanpaj Editörleri / Layout Editors

Kismet AYDIN

Özlem TEKİNER

Gülbeyaz BOZKURT

Yayın Yeri ve Tarihi/Publication Place and Date

Samsun, Ekim / October 2024

YAYIN DANIřMA KURULU /
ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ
Atatürk Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Canan CAN
Gaziantep Üniversitesi/Türkiye

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

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

Doç. Dr. Murat ÇANKAYA
Erzincan Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Fikretin şAHİN
Yeditepe Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Ahmet şAHİN
Ahi Evran Üniversitesi/Kırşehir

Prof. Dr. Süleyman KODAL
Ankara Üniversitesi/Türkiye

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

Prof. Dr. Nebahat SARI
Çukurova Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Sedat SERÇE
Niğde Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Selçuk Üniversitesi/Türkiye

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

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

Prof. Dr. Mogens VESTERGAARD
University of Aarhus/Denmark

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

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

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

Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Kağan KÖKTEN
Bingl Üniversitesi/Türkiye

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

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makalesi/Research Article

Buğdayda Yapay Epidemide Sarı Pas Hastalığı İnokule Edilen ve Edilmeyen Bitkilerin Ayrımında Çok Bantlı (Hiperspektral) Verilerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması 441-468

Investigation of the Possibilities of Using Hyperspectral Data to Differentiate Yellow Rust Disease Inoculated and Non-Inoculated Plants Under Artificial Epidemic in Wheat

Metin AYDOĞDU, Kadir AKAN

The Forage Yield and Silage Quality of Maize-Sorghum-Sainfoin Mixtures 469-483

Mısır-Sorghum-Korunga Karışımlarının Ot Verimi ve Silaj Kalitesi

Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ, Uğur BAŞARAN, Erdem GÜLÜMSER, Hanife MUT

Bazı İnsektisit ve Akarisitlerin Laboratuvar Koşullarında Bazı Faydalı Böcekler Üzerindeki Yan Etkilerinin Araştırılması 485-494

Side Effects of Some Insecticides and Acaricides on Different Beneficial Insects in Laboratory Conditions

Doğançan KAHYA, Şebnem Tirenç KARUT, Ahmet DOĞRU, Sadık Emre GÖRÜR

Kuraklık Stresi Altında Horoz İbiği (*Amaranthus albus* L.) Bitkisinde Riboflavin Uygulamalarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi 495-514

*Effect of Riboflavin Applications on Physiological and Biochemical Characteristics of Amaranth (*Amaranthus albus* L.) Plant Under Drought Stress*

Rüveyde TUNÇTÜRK, Erol ORAL, Murat TUNÇTÜRK, Tülay TOPRAK

The Effect of Putrescine and Modified Atmosphere Packaging (MAP) Treatments on Fruit Quality Characteristics of Strawberry (Kabarla cultivar) During Cold Storage 515-526

Soğuk Depolama Sırasında Çilek (Kabarla Çeşidi) Meyve Kalite Özellikleri Üzerinde Putresin ve Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Uygulamalarının Etkisi

Ferhat OĞURLU, Hikmet OĞURLU, Ceyda Kızgın ÖZCENGİZ, Emine KÜÇÜKER, Erdal AĞLAR

Siyah Alaca Süt Sığırlarında Süt ve Döl Verim Özelliklerinin Temel Etkili Çevresel Faktörlere Göre Varyasyonu 527-539

Variation of Milk and Reproductive Characteristics in Holstein-Friesian Dairy Cattle by Major Environmental Factors

Mustafa KİBAR, Emre BULUT, İbrahim AYTEKİN

Tarla Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesinin İyileştirilmesi Amacıyla Bir Aparatın Geliştirilmesi. 541-561

Development of an Apparatus That Improves the Penetration and Pesticide Drift Performance of Field Sprayers

NEDİM YAŞAR, İlker H. ÇELEN

Yüksek Çözünürlüklü Termal Görüntülerin Üretimi ve Değerlendirilmesi: Landsat 8 ve PlanetScope Uydu Verileri Örneği 563-576

Production and Evaluation of High-Resolution Thermal Images: An Example Using Landsat 8 and PlanetScope Satellite Data

Emre TUNCA

Determining the Potential of Lavender as Cut Flower: Enhancing Vase Life with Different Vase Solutions 577-592

Lavantanın Kesme Çiçek Potansiyelinin Belirlenmesi: Farklı Vazo Çözümleri ile Vazo Ömrünün Artırılması

Akife DALDA ŞEKERCİ

Farklı Silajlık Mısır Çeşitlerinin ve Sıra Üzeri Mesafelerin Kalite Parametrelerine Etkisi 593-605

Effect of Different Silage Corn Variety and Row Distances on Quality Parameters

Sancar BULUT, Fatih ÖNER, Ayşe Özge ŞİMŞEK SOYSAL

Analysis of Genetic Diversity of Some *Vitis labrusca* and *Vitis spp.* with Molecular Markers 607-621

Bazı Vitis labrusca ve Vitis türlerinin Genetik Çeşitliliğinin Moleküler Markörlerle Analizi

Yeşim DOYĞACI, Arif ATAK

Effect of Germination Temperature on Germination and Seedling Growth Parameters in Cotton (*Gossypium Hirsutum L.*) Varieties. 623-636

*Çimlenme Sıcaklığının Pamuk (*Gossypium Hirsutum L.*) Çeşitlerinde Çimlenme ve Fide Büyüme Parametrelerine Etkisi*

Meshenene Charles MALIMA, Muhammet Safa HACIKAMILOĞLU, Orhan KURT

Effects of Mercury on the Growth and Development of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). 637-648

Cıvanın Musca domestica'nın Büyüme ve Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Nazlı SERT, Meltem KÖKDENER

Comparison of Different Fertilization Rates on Yield, Evapotranspiration, and Water Use Efficiency of Sweet Corn Under Drought-Salinity Stresses . . 649-665

Farklı Gübreleme Oranlarının Kuraklık-Tuzluluk Stresi Koşullarında Tatlı Mısırın Verim, Bitki Su Tüketimi ve Su Kullanım Verimliliğinin Karşılaştırılması

Mehmet Sait KİREMİT



Buğdayda Yapay Epidemi Altında Sarı Pas Hastalığı İnokule Edilen ve Edilmeyen Bitkilerin Ayırımında Çok Bantlı (Hiperspektral) Verilerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması

Investigation of the Possibilities of Using Hyperspectral
Data to Differentiate Yellow Rust Disease Inoculated
and Non-Inoculated Plants Under Artificial Epidemic in
Wheat

Metin AYDOĞDU¹, Kadir AKAN²

¹Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü,
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
• metin.aydogdu@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0001-6920-1976

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir, Türkiye
• kadir_akan@hotmail.com • ORCID > 0000-0002-1612-859X

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 07 Ağustos/August 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 17 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 3 | Sayfa/Pages: 441-468

Atıf/Cite as: Aydoğdu, M., Akan, K. "Buğdayda Yapay Epidemi Altında Sarı Pas Hastalığı İnokule Edilen ve Edilmeyen Bitkilerin Ayırımında Çok Bantlı (Hiperspektral) Verilerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması"
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 441-468.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Metin AYDOĞDU

BUĞDAYDA YAPAY EPİDEMİ ALTINDA SARI PAS HASTALIĞI İNOKULE EDİLEN VE EDİLMİYEN BİTKİLERİN AYIRIMINDA ÇOK BANTLI (HİPERSPEKTRAL) VERİLERİN KULLANILMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Sarı pas (*Etmien; Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığının erken dönemde kontrolü yaşanabilecek kayıpların en alt düzeye indirilmesinde kritik derecede önemlidir. Araştırmada hastalık inokule edilen ve inokule edilmeyen bazı ekmeklik ve makarnalık çeşitlerinde spektral yansıma değerleri hesaplanmış, elde edilen grafikler yorumlanarak hastalık stresinin değişen fenolojik dönemlerdeki farklı bant aralıklarındaki gelişimleri değerlendirilmiştir. Araştırma 2018-2019 yetiştirme sezonunda Bayraktar 2000, Demir 2000, Eser ve Kenanbey ekmeklik çeşitleri ile Çeşit-1252, Eminbey, Kızıltan 91 ve Mirzabey 2000 makarnalık çeşitleri kullanılarak yürütülmüştür. Materyal 33-35 cm sıra arası, 1 m uzunluğundaki sıraya 3 tekerrürlü olarak Ekim ayı içinde elle ekilmiştir. Hastalığın taze sporları uçucu mineral yağ içinde homojenize edilerek %0, %25, %50, %100 uygulama dozlarında test materyaline uygulanmıştır. Hastalığın reaksiyon değerlendirmeleri 25 Mayıs ile 06, 15 Haziran tarihlerinde yapılmış olup, enfeksiyon katsayıları hesaplanmıştır. Çalışma sonucu inokule edilmeyen grupla farklı uygulama dozu inokule edilen gruplar karşılaştırıldığında, spektral yansıma değerleri, aynı gelişme dönemi boyunca görünür bölgede artarken, Yakın Kızıl Ötesi bölgede azalma tespit edilmiştir. Hastalık inokule edilmeyen Ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde çiçeklenmenin başlangıcı olan (25 Mayıs 2019) erken orta dönemde (10.5.1), görünür bölge bantlarında düşük yansıma değerleri tespit edilmiş olup, kırmızı (red) bölgeden itibaren yansıma değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Dane bağlama dönemi olan (06 Haziran 2019) orta-geç dönemde (10.5.3), süt olum dönemi olan geç dönemde (10.5.4) Yakın Kızıl Ötesi bölgede ise yansıma değerlerinde bir azalma belirlenmiştir. Çalışma sonucunda buğdayda farklı fenolojik dönemlerde belirlenen yansıma değerleri incelendiğinde, sarı pas hastalığının teşhisinde erken-orta gelişme döneminde, görünür bölge bantlarının, orta-geç dönemde ise Yakın Kızıl Ötesi bölge bantlarının daha belirleyici olduğu görülmüştür. Çalışmanın farklı lokasyonlarda farklı hastalık dozlarında daha sık zaman aralıklarında tekrarlanması ve insanız hava araçlarına takılmış hyperspektral kameralarla doğrulanması faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Sarı pas (*Puccinia striiformis* f. Sp. *tritici*), Çok Bantlı (Hiperspektral) Veri, Uzaktan Algılama.



INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING HYPERSPECTRAL DATA TO DIFFERENTIATE YELLOW RUST DISEASE INOCULATED AND NON-INOCULATED PLANTS UNDER ARTIFICIAL EPIDEMIC IN WHEAT

ABSTRACT

Early control of yellow rust (causal agent; *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) is critically important in minimising the losses that may occur. In this study, spectral reflectance values were calculated in some bread and durum varieties inoculated and not inoculated with disease and the obtained graphs were interpreted and the development of disease stress in different band ranges in different phenological periods were evaluated. The research was conducted in 2018-2019 growing season using Bayraktar 2000, Demir 2000, Eser and Kananbey bread varieties and Variety-1252, Eminbey, Kızıltan 91 and Mirzabey 2000 durum varieties. The material was sown by hand in 33-35 cm row spacing, 1 m long row in 3 replications in October. Fresh spores of the disease were homogenised in essential mineral oil and applied to the test material at 0%, 25%, 50%, 100% application doses. The reaction evaluations of the disease were made on 25 May and 06, 15 June and the infection coefficients were calculated. As a result of the study, spectral reflectance values increased in the visible region and decreased in the Near Infrared region during the same growth period when the non-inoculated group and the groups inoculated with different application doses were compared. In the early middle period (10.5.1), which is the beginning of flowering (25 May 2019) in bread and durum wheat varieties that were not inoculated with the disease, low reflection values were detected in the visible region bands, and an increase in reflection values was observed from the red region. A decrease in reflectance values was determined in the Near Infrared region in the middle-late period (10.5.3), which is the grain setting period (06 June 2019), and in the late period (10.5.4), which is the milking period. As a result of the study, when the reflectance values determined in different phenological periods in wheat were examined, it was seen that visible region bands were more determinative in the early-mid development period and Near Infra Red region bands were more determinative in the middle-late period in the diagnosis of yellow rust disease. It would be useful to repeat the study at different locations with different disease doses at more frequent time intervals and to verify it with hyperspectral cameras mounted on unmanned aerial vehicles..

Keywords: Wheat, Yellow Rust (*Puccinia striiformis* f. Sp. *tritici*), Hyperspectral Data, Remote Sensing.



1. GİRİŞ

Uzaktan algılama teknolojilerinin bitkisel üretim alanlarında farklı amaçlarla kullanımı her geçen gün artmakta olup, kritik düzeyde verilerin hızlı toplanması ve işlenmesi ulusal ve küresel düzeyde sürdürülebilir gıda güvenliğinin sağlanması için önemlidir. Uzaktan algılama teknikleri ve konularında son dönemde yaşanan gelişmeler bazı fitopatogenler tarafından oluşturulan bitki hastalıklarının yerinde belirlenmesinde, hiperspektral teknikler kullanılarak bitkiye herhangi bir zarar verilmeden teşhis imkanları sağlayabilmektedir (Lu ve ark., 2018). Hiperspektral analizler, zengin dar bant ve yüksek çözünürlük özellikleri nedeniyle bitkiler üzerinde hastalıkların neden olduğu biyofiziksel ve morfolojik değişimlerin ortaya konulabilmesinde önemli bir araçtır. Bu avantajları nedeniyle farklı gelişme dönemlerinde bitkilerde gözlenebilecek bazı hastalıkların erken teşhis edilebilmesinde ve erken dönemde kontrol edilmesi için karar alınmasında önemli bilgilerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir (Zhang ve ark., 2012; Devadas ve ark., 2015). “Hiperspektral Uzaktan Algılama” teknikleri, farklı tipteki bazı abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin bitkilerde neden olduğu fakat çıplak gözle belirlenemeyen biyofiziksel ve biyokimyasal değişikliklerin tespit edilmesinde kullanılabilmektedir (Mahlein ve ark., 2013). Birçok basit ama etkili optik araç kullanılarak insan gözünün algılayabileceğinden çok daha geniş bir spektral bant aralığında nesne veya yapılar algılanabilmektedir (Hatfield 1993; Nicolas 2004; Moshou ve ark., 2005; Qin ve Zhang 2005). “Uzaktan Algılama” ve “Optik sensor” teknolojilerindeki son dönem de yaşanan gelişmeler, geniş alanlarda bazı bitkisel ürünlerin de vejetasyonun gelişimi, farklı stresleri varlığı, şiddeti ve yaygınlığının belirlenmesi ile aralarındaki ilişkileri önyargıdan ve olası kişisel değerlendirme yanlışlarının bir sonucu olarak oluşabilecek hataları ortadan kaldırarak veya en alt seviyeye indirerek, izlenen parametre veya parametreler hakkında sürekli kayıt altına alabilme ve depolama imkanı vermektedir. Optik sensor teknolojisi ve buna bağlı uzaktan algılama teknikleri bitki kanopisinin spektral yansıma karakteristikleri üzerine dayandırılmaktadır. Bu karakteristikler; bitkinin vejetatif dönemde beklenen gelişme (sağlığına), yaprağın pigment ve fotokimyasal kapsamı ile bunların ışık ile olan ilişkisine bağlıdır (Gitelson ve ark., 2001).

Bitki hastalıklarının öncelikle teşhis sonrasında ise hastalık şiddetinin belirlenmesi için hipersektral uzaktan algılama verileri kullanılarak, buğdayın spektral yansıma özelliklerinin ortaya konulması, sarı pas hastalığının şiddetinin belirlenmesinde, hastalığın kontrolünün zamanında ve ekonomik olarak yapılması için önemlidir. Sağlıklı olarak değerlendirilen yeşil bitkilerin yeşil bant dışında visible (görünür) bölgede yüksek absorbsiyon (düşük reflektans) gösterdiği, Yakın Kızılötesi (Near Infrared Reflectance, NIR) bölgede düşük absorbsiyon yüksek reflektans gösterdiği bildirilmiştir (Nilsson ve ark., 1995).

Bitki hastalıklarının tespitinde, spektral verilerin etkin olarak kullanımı, uygulama amacına bağlıdır. Bant aralıklarına göre 400-700 nm bitkinin yaprak pigment kompozisyonu ve strüktürünü, 700-1100 nm ise su kapsamı hakkında bilgi verebilmektedir (Mahlein ve ark., 2013). Farklı araştırma grupları tarafından, bitki yaprağının sahip olduğu klorofil, antosiyanin ve su miktarını belirlemek için farklı dalga boylarından reflektans değerleri kullanılarak elde edilmiş farklı indeksler geliştirilmiştir (Penuelas ve ark., 1995; Gitelson, ve ark., 2002). Naidu ve ark. (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada, bitki virüs hastalıkların teşhisinde yaprak reflektans değerlerini kullanmıştır. Hastalıkla enfekteli olan ve enfekteli olmayan yaprakların tespiti, vejetasyon indeksleri kullanılarak %70 doğrulukta belirlenebilmiştir. Moshou ve ark. (2004) tarafından yürütülen bir çalışmada ise, bitkilerde kanopi seviyesinde yapılan çalışmalarda spektral bölgede sarı pas hastalığının belirlenmesinde kullanılabilecek en hassas bantların 680, 725 ve 750 nm olduğunu rapor etmişlerdir. Buğdayda pas hastalıklarının tarla koşullarında belirlenmesi için kanopi ve yaprak seviyesinde olmak üzere farklı çalışmalar yürütülmüştür. Benzer şekilde Zhang ve ark. (2012) tarafından yürütülen bir çalışma sonucunda, bitkide sarı pas hastalığının belirlenmesinde, bazı spektral bant bölgelerindeki spektral şekiller ve spektral özellikler arasında korelasyonlar olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmanın amacı; bazı ekmeklik ve makarnalık çeşitler kullanılarak yapay epidemide şartlarında farklı sarı pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığı spor dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde oluşan hastalık şiddeti gelişiminin spektral yansıma değerleri ile izlenmesi ve çalışma sonucunda hastalıklı inokule edilen ve edilmeyen bitki gruplarının karşılaştırılarak, farklı düzeylerde hastalık gözlenen test bitkilerin ayırımında kullanılabilecek spektral bölgelerin ve bant aralıklarının incelenmesidir.

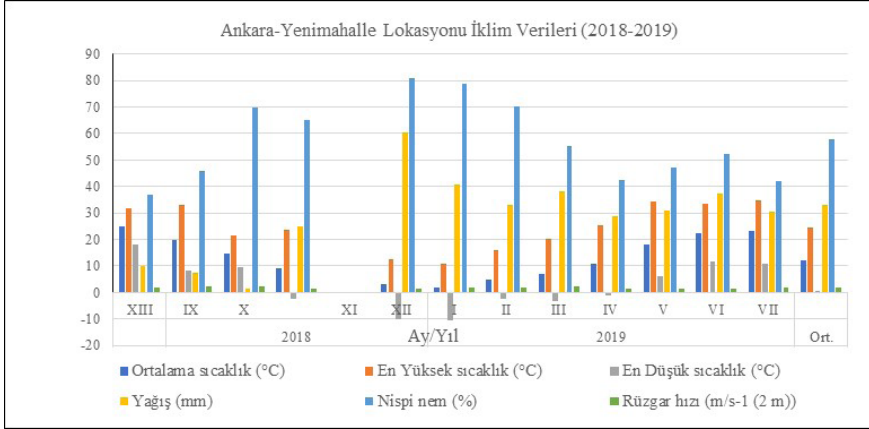
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Temel Araştırma Bilgileri ve Materyal

Araştırma, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü (TARM) Yenimahalle (Ankara) lokasyonu araştırma alanlarında 2018-2019 üretim sezonunda yürütülmüştür. Lokasyona ilişkin 2018-2019 yılının bazı aylarına ilişkin ortalama iklim verileri (OMNİ-Meteoroloji) Şekil' 1 de verilmiştir (Anonim, 2019). Araştırma alanı toprak tekstürü, killi-tınlı olarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan üretici ve tüketici ihtiyaçlarına uygun olarak farklı yıllarda, TARM Müdürlüğü tarafından tescil ettirilmiş 4 ekmeklik ve 4 makarnalık çeşidin yapay ve doğal epidemide şartlarında sarı pas hastalığına karşı olan reaksiyonları bilinmektedir (Çizelge 1). Araştırma materyaline ek olarak; hastalığının yayılması, değerlendirme zamanı-

nın belirlenmesi ve hastalık reaksiyon düzeylerinin kontrol edilmesi için amacıyla “Little Club” genotipi “hassas kontrol” olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. 2018-2019 üretim sezonu Yenimahalle (Ankara) lokasyonunun da ölçülen bazı ortalama aylık iklim verileri

Figure 1. Some average monthly climate data measured at Yenimahalle (Ankara) location during the 2018-2019 growing season

Çizelge 1. Araştırma da kullanılan çeşitler tescil yılları ve hastalık reaksiyon grubu

Table 1. Varieties used in the research, registration years and disease reaction group

Ekmeklik Grup			Makarnalık Grup		
Çeşit Adı	Tescil Yılı	Hastalık Reaksiyonu	Çeşit Adı	Tescil Yılı	Hastalık Reaksiyonu
Eser	02.05.2003	Dayanıklı	Eminbey	06.04.2009	Dayanıklı
Bayraktar 2000	28.04.2000	Orta Hassas	Çeşit-1252	26.04.2000	Orta Hassas
Demir 2000	28.04.2000	Hassas	Kızıltan 91	26.04.1991	Orta Hassas
Kenanbey	06.04.2009	Hassas	Mirzabey 2000	28.04.2000	Orta Hassas

2.2 Yöntem

2.2.1 Materyalin Ekimi

Araştırmanın yürütülmesinde kullanılan ekmeklik ve makarnalık çeşitler ile hassas kontrol genotipi için dört farklı hastalık dozu uygulaması (%0, %25, %50,

%100) için tesadüfî blokları deneme desenine göre ekilmiştir. Hem ekmeklik hem de makarnalık çeşitler için hastalık inokule edilmeyen 2 blok (negatif kontrol veya %0 dozu*ekmeklik ve makarnalık grup) ve hastalık inokule edilen altı blok (%25, %50, %100*ekmeklik ve makarnalık grup) olmak üzere toplam 8 bloktan oluşturulmuştur. Tüm materyale, hastalığın erken dönemde bulaşmanın engellenmesi için tekerrürler arası mesafe 50 cm., farklı hastalık dozu uygulama blokları arasındaki mesafe 75 cm. olacak şekilde planlanmıştır. Tüm test materyali 3 tekerrürlü olarak, 2018 yılı Ekim ayı içerisinde 33-35 cm sıra aralığı ve 1 metre sıra uzunluğu olacak şekilde 3 sıra olarak elle ekilmiştir.

2.2.2 Test Materyaline Hastalığın İnokülasyonu

Tarla (ergin) evresi çalışmaları için hastalık inokülasyonu “Ulusal Bitki Koruma Standartlarına” (Li ve ark., 1989) uygun olarak yürütülmüştür. Bitkinin sapa kalkma dönemi olarak değerlendirilen 06 Mayıs 2019 tarihinde (Bitki gelişme dönemi, Feekes skalası 6) birinci inokülasyon, 13 Mayıs 2019 tarihinde (çiçeklenme başlangıcı öncesi dönem Feekes skalası 10) ikinci inokülasyon uygulaması yapılmıştır. Hastalık inokülasyonu için hastalık enfeksiyonu için uygun olabilecek sıcaklık ve nem koşullarının sağlanabildiği güneşin batışına yakın bir zamanda yapılmıştır. İnokülasyon sırasında havanın rüzgarsız olmasına özellikle dikkat edilmiş olup, inokülasyon dozunun diğer tüm bloklara taşınması veya bulaşmasının engellenmesi için uygulama yapılan bloğun çevresi plastik taşınabilir bariyerlerle çevrelenerek spor taşınımı engellenmiştir. Hastalık inokülasyon uygulamaları için yeni toplanan etmenin ürediniosporları 3 mg/200 mL (%25), 6 mg/200 mL (%50), 12 mg/200 mL (%100) dozları için uçucu mineral yağ (Soltrol® 170) içerisinde homojenize edilerek ULV+® cihazı kullanılarak hastalık gözlemlerinin alınacağı 6 bloğa uygulanmıştır. Negatif Kontrol Grubu olan %0 grubuna aynı miktarda saf su uygulanmıştır.

2.2.3 Hastalık Reaksiyonların Değerlendirmesi ve Hiperspektral Gözlemlerin Alınması

Çalışmanın amacı, hastalık inokule edilmeyen ve hastalık inokule edilen gruplar arasında hastalık reaksiyonlarını en iyi korele edebilecek spektral yansıma değerlerini ve bu değerlerin ayrılmasında kullanılabilecek olan bant aralıklarının belirlenmesidir.

Bu amaca yönelik olarak; tüm test materyalinin yaprak düzeyinde ve kanopi seviyesinde sarı pas hastalığının şiddetinin hesaplanması için, sarı pas hastalığına özgü farklı renk değişimlerine göre belirlenen spektral reflektans değerlerindeki farklılıklar kullanılarak çoklu korelasyon (multi correlation) tekniği uygulanmıştır.

Hastalık gözlemleri 25 Mayıs 2019, 06 Haziran 2019, 15 Haziran 2019 tarihlerinde (7 günlük periyotlarla) hastalık inokule edilmeyen ve hastalık inokule edilen grupların farklı fenolojik dönemlere göre bitki fenolojisi ile ilgili tüm gözlemler, aynı gün içinde farklı fenolojik gelişme dönemleri için Feekes skalası kullanılarak alınmıştır (Large, 1954). Hastalık reaksiyonlarının değerlendirilmesi ve hiperspektral değerlendirmeleri eş zamanlı olarak yapılmıştır. Hastalık reaksiyonlarının değerlendirildiği hiperspektral gözlemlerin alındığı tarihler, fenolojik dönem ve Feekes skalası ile Zadoks skalaları Çizelge 2’ de verilmiştir (Fowler, 2018).

Çizelge 2. Gözlem tarihleri ile Feekes skalası ve Zadoks skalasına göre bitki evresi

Table 2. Plant stage according to Feekes scale and Zadoks scale with observation dates

Gelişme Dönem	Gözlem Tarihleri	Evre	Feekes Skalası	Zadoks Skalası
Erken	25 Nisan 2019	Başaklanma Sonu	10.5.0	59
	25 Mayıs 2019	Çiçeklenme Başlangıcı (Erken Dönem)	10.5.1	60
	06 Haziran 2019	Dane Bağlama (Erken-Orta Dönem)	10.5.3	69
Geç	15 Haziran 2019	Süt Olum Dönemi (Orta-Geç Dönem)	10.5.4	71

Her tekrerrürde ve her hastalık uygulama dozundan 20 yaprak olacak şekilde (8 çeşit *5 yaprak) üç tekrerrürde toplam 60 bayrak yaprağında hastalık reaksiyonu değerlendirilmiştir. Hiperspektral ölçümler üstten üçüncü yaprak tercih edilmekle birlikte, bu yaprağın ölçüm için uygun olamadığı durumlarda üstten ikinci yaprakтан yapılmıştır.

2.2.4 Hastalık Reaksiyonlarının ve Hiperspektral Verilerin Değerlendirilmesi

Hastalığın reaksiyonlarının değerlendirmesi için “Modifiye Cobb” skalası kullanılmıştır. Bu skalaya göre; “Hastalığın şiddeti” (Hastalığın yaprak da kapladığı % alan) (Peterson vd., 1948) ve “hastalığın reaksiyon tipleri” (Reaksiyon tipleri; R:0,2; MR:0,4, MR-MS:0,6; MS:0,8; S: 1) (Roelfs vd., 1992) çarpımı ile Enfeksiyon Katsayısı (EK) hesaplanmıştır (Roelfs vd., 1992). EK reaksiyon birlikte değerlendirildiğinde 5 grup oluşturulmuştur (Akan, 2019). Bu reaksiyonları grupları EK= 0; Immun, EK ≤ 0,1-5; Dayanıklı, EK ≤ 5.1-20; Orta Dayanıklı, EK ≤ 20.1-40; Orta Hassas, EK ≤ 40.1-100; Hassas olarak değerlendirilmiş olup EK= 0-20; Dayanıklı grup, EK ≤ 20.1-100 hassas grup olarak değerlendirilmiştir.

Hastalık indeksinin (Hİ) hesaplanmasında Huang vd., (2007) tarafından bildirilen eşitlik 1. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HI(\%) = \frac{\sum xf}{n \sum f} \times 100 \quad [1]$$

$HI(\%) = \text{Hastalık İndeksi}$

$n = \text{En yüksek hastalık şiddeti değeri}$

$f = \text{Her hastalık şiddeti derecesindeki yaprakların sayısı}$

Bu hesaplama için ölçüm yapılan yaprakların dijital ve termal kamera kullanılarak elde edilen resimlerinden ArcGIS 10.5.1 Programı* içerisinde "Image Classification" görüntü sınıflama modülünde kontrolsüz sınıflandırma (Unsupervised Classification) uygulaması kullanılarak her bir çeşit için ortalama bir hastalık şiddeti (%HŞ) hesaplanmıştır.

Hastalık indeksi (HI %), hesaplanmasında, hastalığın yaprağın üst yüzeyinde kapladığı hastalıklı alanın toplam yaprak alanına bölünmesi ve enfeksiyon katsayısı (S:1, S-MS, MS-S: 0,9; MS: 0.8; MS-MR, MR-MS: 0.6; MR: 0.4; R: 0.2) (Roelfs vd., 1992) ile çarpılmasıyla eşitlik 2. elde edilmiştir. Enfeksiyon katsayıları (EK) hastalık şiddeti reaksiyonlarına göre (%HŞ) 5 grup içerisinde sınıflandırılmıştır (İmmun: 0 EK, Dayanıkl: 0.1-5.0, Orta dayanıklı: 5.0-20.0, Orta hassas: 20.1-40.0, Hassas: 41.0-100) (Akan 2019). Her değerlendirmede her çeşit için hastalıkla kaplı alan hastalık şiddetine göre 9 sınıfa ayrılmıştır (%0, %1, %10, %20, %30, %45, %60, %80 ve %100). Herhangi bir hastalık belirtisi gözlenmediği durumda yapılan hesaplanmalarda %0 değeri, yaprağın tamamen hastalıkla kaplı olduğunu ve en şiddetli hastalık sınıfında yapılan hesaplanmalarda %100 değeri ile ifade edilmiştir.

$$H\check{S}(\%) = HI(\%) \times EK \quad [2]$$

$H\check{S}(\%) = \text{Hastalık Şiddeti}$

$EK = \text{Enfeksiyon Katsayısı}$

2.2.5 Bitki Kanopi Seviyesi Spektral Yansıma Ölçümlerinin Alınması ve Değerlendirilmesi

Kanopi spektoradyometrik reflektans ölçümleri, portatif el spektoradyometresi ekipmanı kullanılarak bulutsuz ve güneş ışığının deneme alanına dik geldiği zaman dilimlerinde (11:00-15:00 saatleri arasında) yapılmıştır. Spektoradyometre kullanılarak spektral reflektans ölçümleri, 330-1150 nm 'lık bant genişliğinde

3 nm'lik aralıklar ile yapılmıştır. Ölçümler, bitkinin kanopi yüzeyinden 25 cm.'lik yukarıdan ve toprak yüzeyine 25°'lik bir açı ile yapılmıştır. Yapılan ölçümler, eş zamanlı olarak kablo bağlantısı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ölçümler 3 farklı fenolojik dönemde yapılmış olup alınan spektral yansıma ölçümlerinin (her bir çeşit için 3 adet yansıma değeri) ortalaması alınarak hesaplamada kullanılmıştır.

Bütün fenolojik dönemler için regresyon ve korelasyon analizleri IBM SPSS Statistics (versiyon 24.0) paket programı kullanılarak temel istatistik ve varyans analizleri yapılmıştır (IBM SPSS Statistics 2016).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

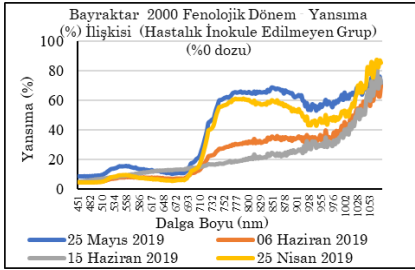
3.1 Farklı Hastalık Dozu Uygulamalarında Hastalık Şiddetinin Farklı Dalga Boylarındaki Yansıma Değerleri ile İlişkileri

Bir yaprağın spektral-optik davranışı, yaprağın strüktürü ve içerisindeki mevcut pigmentlerin yapısına bağlıdır. Klorofil; bitkinin yeşil yaprakları içerisindeki mevcut dominant pigmenttir. Klorofil, elektromanyetik spektrum üzerindeki görünür (visible) bölgedeki mavi (blue) (450 nm) ve kırmızı (red) (680 nm) bölgelerdeki ışığın yaklaşık %70-90'lık kısmını absorbe eder. Yeşil ışık ne kadar az absorbe edilirse o kadar fazla yansıtılır (Nilsson, H.E., 1995a). İnsan gözü sadece canlı bitkinin rengi olarak yeşil ışığın baskın olduğu yansımasını görür (Myers 1983; Lillesand ve Kiefer 1994; Campbell 1996).

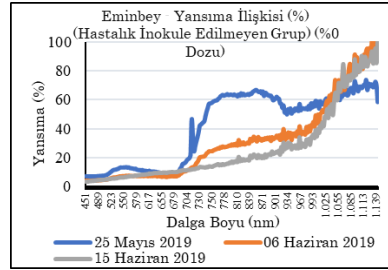
Genel olarak yeşil vejetasyon döneminde yapılan yaprak yansıma okuma değerlendirmeleri, elektromanyetik bölgenin görünür, Yakın kızılötesi (Near-infrared, NIR) ve kısa dalga boyuna sahip kızıl ötesi bölgelerde (Infrared veya IR), yaprak pigmentleri, hücre yapısı ve hücre sel su kapsamından etkilendiği bilinmektedir (Huang vd., 2007; Huang vd., 2012). Farklı spektral bant aralıklarındaki yansıma değerlerini ifade etmek için, elektromanyetik spektrumun 331-1141 nm bant aralığı içerisinde yer alan görünür bölge bantları (331-700 nm) ve NIR bölge bantları (700-1141 nm) aralığı dikkate alınmıştır. Hastalık inokule edilmeyen grupların farklı fenolojik dönemleri için spektral yansıma eğrileri incelendiğinde gelişmenin erken dönemlerinde bitkilerin klorofil absorpsiyonunda değişim olmadığı, görünür bölgede hastalık inokule edilmeyen gruplar da yansıma değerlerinde bir azalma gözlenirken, kırmızı (Red) bölge bantlarından itibaren yansıma değerlerinde artışın olduğu belirlenmiştir.

3.2 Farklı Fenolojik Dönemlerde Hastalık İnoküle Edilmeyen Gruplar İçin Spektral Yansıma İlişkileri (%)

Hastalık inoküle edilmeyen gruplarda (negatif kontrol veya %0 dozu) yer alan ekmeklik buğday çeşitlerinden Eser, Bayraktar 2000, Kenanbey ve Demir 2000 çeşitlerinde çiçeklenmenin başlangıcı olan (25 Mayıs 2019, Feekes 10.5.1) erken dönemde, görünür bölge bantlarında düşük yansıma değerleri ve kırmızı bölgeden itibaren yansıma değerlerinde bir artış belirlenmiştir. Dane bağlama dönemi olan erken-orta dönemde (06 Haziran 2019, Feekes 10.5.3) ve süt olum dönemine rastlayan orta-geç dönemde (15 Haziran 2019, Feekes 10.5.4) ise NIR bölgede yansıma değerlerinde bir azalmanın olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Makarnalık buğday çeşitlerinde de (Eminbey) çiçeklenme başlangıcı döneminde, görünür bölge bantlarında, düşük yansıma değerleri belirlenirken, en yüksek yansıma değerlerine Kırmızı bölgeden itibaren özellikle NIR bölgede tespit edilmiştir. Bitki gelişiminin ilerleyen süreçlerinde NIR bölge bantlarında yansıma değerlerinde azalış eğilimi belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Bayraktar 2000 çeşidi hastalık inoküle edilmeyen grup)



Şekil 3. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Eminbey çeşidi hastalık inoküle edilmeyen grup)

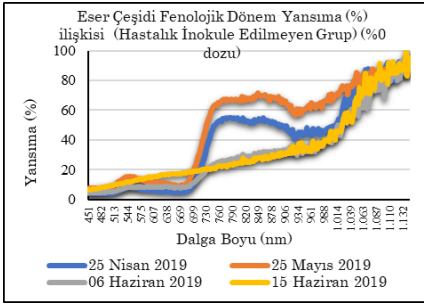
Figure 2. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Bayraktar 2000 variety disease not inoculated group)

Figure 3. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Eminbey variety disease not inoculated group)

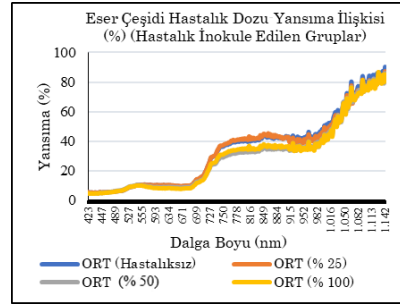
3.3. Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Hastalık Şiddeti (%HŞ) ve Spektral Yansıma (%) İlişkileri

Hiperspektral uzaktan algılama verileri kullanılarak, buğday bitkisinin sarı pas hastalığı stresine bağlı olarak oluşan spektral tepkisi, hastalık reaksiyon seviyelerinin ayırt edilmesinde çok önemli olduğu değerlendirilmiştir. Araştırmada hastalık inoküle edilmeyen ve edilen test materyali bitkilerin üç farklı fenolojik dönemdeki yansıma değerleri kayıt edilmiştir.

Eser çeşidi için; hastalık inokule edilmeyen grup da NIR bölgede kanopinin yeşil olduğu pigment konsantrasyonunun en yoğun olduğu çiçeklenme başlangıcı döneminde belirlenen yansıma değerleri, en yüksek seviyede (695-930 nm) olduğu saptanmıştır. Bu durumu sapa kalkma dönemi takip etmiş (695-950 nm) olup gelişmenin geç aşamalarında dane bağlama ve süt olum döneminde ise daha düşük yansıma değerlerinin varlığı belirlenmiştir (Şekil 4). NIR bölgede farklı hastalık dozlarına bağlı olarak hastalık inokule edilen edilmeyen gruplar arasındaki en yüksek yansıma değişimi %50 ve %100 hastalık dozu uygulamalarında tespit edilmiştir. Bu durum %50 ve %100 hastalık dozu uygulamalarının NIR bölgede (723-970 nm) hastalık şiddetinin artışında etkili olduğunu göstermektedir. Erken dönemde hastalık inokule edilen edilmeyen gruplar arasındaki yansıma değerleri birbirine yakın iken, gelişmenin ileri dönemlerinde farklılığın daha belirgin hale geldiği tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Eser çeşidi hastalık inokule edilmeyen grup)

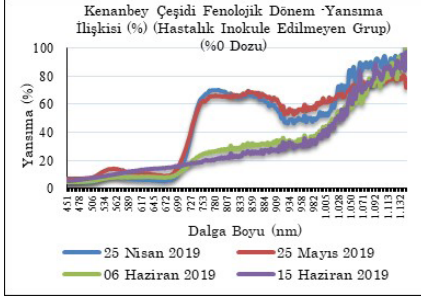


Şekil 5. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Eser çeşidi hastalık inokule edilen gruplar)

Figure 4. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Eser variety disease not inoculated group)

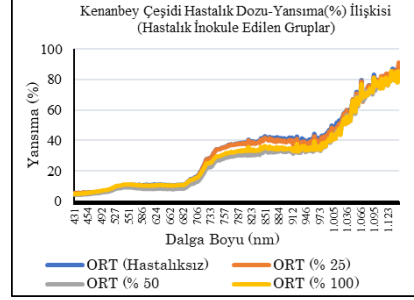
Figure 5. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Eser variety disease inoculated groups)

Kenanbey çeşidi için; hastalık inokule edilmeyen grupta yapılan değerlendirmeler sonucunda, yansıma değerlerinde en yüksek değişim, erken dönemleri içine alan NIR bölgede yer alan sapa kalkma döneminde ve yine aynı bölgede yer alan çiçeklenme başlangıcı döneminde, 716-930 nm bantlarında belirlenmiştir (Şekil 6). Hastalık inokule edilen edilmeyen grupların, farklı hastalık dozu uygulamalarına bağlı olarak yansıma değerleri incelendiğinde hastalık inokule edilmeyen ve %25 hastalık dozu uygulamasında 700-975 nm NIR bölgesi bant aralığında en yüksek yansıma değerleri belirlenmiştir (%36-%39). Aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerleri saptanan %100 ve %50 hastalık dozu uygulamalarının takip ettiği değerlendirilmiştir (%18-%34) (Şekil 7).



Şekil 6. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Kenanbey çeşidi hastalık inokule edilmeyen grup)

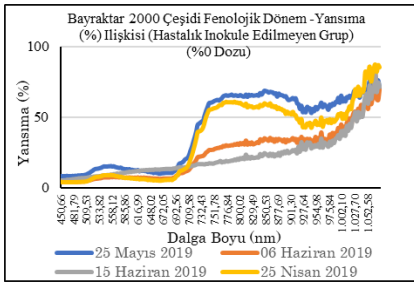
Figure 6. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Kenanbey variety disease not inoculated group)



Şekil 7. Hastalık Dozu-Yansıma (%) İlişkisi (Kenanbey çeşidi hastalık inokule edilen gruplar)

Figure 7. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Kenanbey variety disease inoculated groups)

Bayraktar 2000 çeşidi için; hastalık inokule edilmeyen grupta en yüksek yansıma değerlerine erken dönemleri içeren çiçeklenme başlangıcı döneminde NIR bölgede yer alan Kırmızı+Kırmızı Sınır (Red+ Red Edge) bantlarında (682-921 nm) izlenmiş olup, bu durumu sapa kalkma döneminin takip ettiği belirlenmiştir (Şekil 8). Hastalık inokule edilen edilmeyen gruplar karşılaştırılmalı olarak değerlendirildiğinde en yüksek yansıma değerleri (%18-%36), hastalık inokule edilmeyen (%0) ve %25, %100 hastalık dozu uygulamalarında NIR bant aralığında (709-930 nm) olduğu tespit edilmiştir. Aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerini %50 hastalık dozu uygulaması takip ettiği değerlendirilmiştir (%17-%33) (Şekil 9).



Şekil 8. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Bayraktar 2000 çeşidinde hastalık inokule edilmeyen grup)

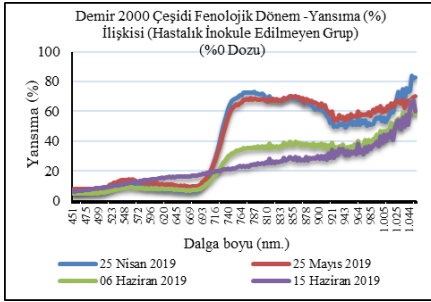
Figure 8. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Bayraktar 2000 variety disease not inoculated group)



Şekil 9. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Bayraktar 2000 çeşidi hastalık inokule edilen gruplar)

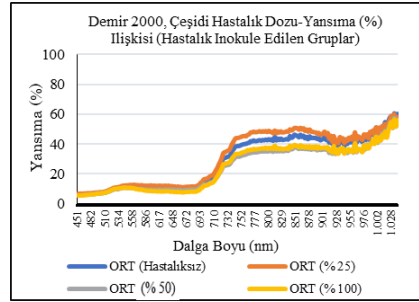
Figure 9. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Bayraktar 2000 variety disease inoculated groups)

Demir 2000 çeşidi için; değerlendirme yapılan fenolojik dönemlerde hastalık inoküle edilmeyen grupta en yüksek yansıma değerlerine erken dönemleri de içine alan sapa kalkma döneminde NIR bölgede yer alan Kırmızı+Kırmızı Sınır bantlarında belirlenmiştir (685-942 nm). Bu durumu çiçeklenme başlangıcı dönemi, erken-orta dönem ve orta-geç dönem takip ettiği değerlendirilmiştir (Şekil 10). Hastalık inoküle edilen edilmeyen gruplar birlikte değerlendirildiğinde; farklı hastalık dozu uygulamalarında en yüksek yansıma değerleri (%19-%38), %25 hastalık dozu uygulamasında NIR bölgesi bant aralığında (704-940 nm) saptanmıştır. Aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerlerini hastalık inoküle edilmeyen (%0) ve %100 ile %50 hastalık dozu uygulamalarının takip ettiği belirlenmiştir (%12-%34) (Şekil 11).



Şekil 10. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Demir 2000 çeşidinde hastalık inoküle edilmeyen grup)

Figure 10. Phenological Period-Reflectance (%) Relationship (Demir 2000 variety disease not inoculated group)



Şekil 11. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Demir 2000 çeşidi hastalık inoküle edilen gruplar)

Figure 11. Phenological Period-Reflectance (%) Relationship (Demir 2000 variety disease inoculated groups)

Ekmeklik buğday çeşitlerinde farklı sarı pas hastalığı doz uygulamalarında spektral bant aralıklarına karşılık gelen yansıma değerleri (%) olarak Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Ekmeklik buğday çeşitlerinde spektral bant bölgelerine göre farklı hastalık dozlarına karşılık gelen yansıma değerleri (%)

Table 3. Reflection values corresponding to different disease doses according to spectral band regions in bread wheat varieties (%)

Çeşitler	Hastalık Dozları	% Yansıma Değeri Bant Aralıkları					
		Mavi 335-510	Yeşil 510-600	Kırmızı 600-700	Kırmızı Sınır 700-750 nm	NIR 750-1100 nm	NIR Fark
Bayraktar 2000	%0	27.39-7.49	7.49-10.49	10.49-14.05	14.05-34.96	34.96-78.30	43.34
	%25	26.50-7.35	7.35-10.60	10.60-14.23	14.23-34.72	34.72-75.39	40.67
	%50	21.87-7.88	7.88-9.50	9.50-12.73	12.73-28.40	28.40-76.61	48.21
	%100	24.15-10.25	10.25-11.61	11.61-15.34	15.34-35.23	35.23-77.83	42.60
Demir 2000	%0	28.15-8.11	8.11-11.45	11.45-15.38	15.38-39.02	39.02-77.95	38.93
	%25	29.14-8.93	8.93-12.41	12.41-16.83	16.83-44.60	44.60-75.22	30.62
	%50	21.61-8.11	8.11-9.53	9.53-13.11	13.11-31.70	31.70-76.45	44.75
	%100	22.22-7.97	7.97-8.64	8.64-12.24	12.24-33.65	33.65-75.85	42.20
Eser	%0	27.26-7.27	7.27-10.35	10.35-14.29	14.29-36.54	36.54-78.96	42.42
	%25	25.77-7.25	7.25-10.39	10.39-14.41	14.41-37.33	37.33-74.87	37.54
	%50	21.96-8.02	8.02-9.15	9.15-12.79	12.79-29.14	29.14-75.83	46.69
	%100	20.81-7.19	7.19-8.20	8.20-11.80	11.80-30.98	30.98-74.60	43.62
Kenanbey	%0	27.13-7.47	7.47-10.86	10.86-14.58	14.58-34.44	34.44-75.61	41.17
	%25	25.13-7.57	7.57-10.19	10.19-13.99	13.99-34.16	34.16-74.52	40.36
	%50	20.99-6.87	6.87-8.26	8.26-11.41	11.41-27.00	27.00-76.04	49.04
	%100	21.92-8.39	8.39-10.53	10.53-14.26	14.26-29.81	29.81-76.51	46.70

Ekmeklik grup birlikte değerlendirildiğinde; farklı hastalık dozu uygulamaları altında farklı bant bölgelerine göre değişen yansıma değerleri elde edilmiştir. Hastalıklı ve hastaliksız bitkilerin ayırımında kullanılabilecek bant aralıklarının belirlenmesinde belirleyici esas unsur, Yakın Kızıl Ötesi (NIR) bölgedeki minimum ve maksimum yansıma değerleri arasındaki farkın büyüklüğü olmuştur. Bu fark ne kadar büyük ise hastalığın şiddeti o kadar fazla, ne kadar küçük ise o kadar az olmaktadır.

Ekmeklik çeşitler üzerinden yapılacak genel bir değerlendirmede; NIR bölgesi incelendiğinde hastalık inokule edilmeyen grup ile farklı hastalık dozu uygulamaları arasındaki en yüksek yansıma değeri (%34.96-%78.30) Bayraktar 2000 çeşidinde belirlenmiştir. Bunu sırasıyla, Eser (%36.54-%78.96), Kenanbey (%34.44-

%75.61) ve Demir 2000 çeşitleri takip etmiştir. Ekmeklik çeşitlerde, %25 hastalık dozu uygulamasında en fazla fark (%40.67) Bayraktar 2000 çeşidinde tespit edilmiş olup, en az fark (%30.62) ise Demir 2000 çeşidinde belirlenmiştir.

Eser çeşidinde farklı hastalık dozu uygulamaların da en fazla değişim 729-1022 nm bant aralığında %24.66-%49.24 arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. En fazla hastalık şiddeti değişiminin %50 hastalık dozunda gerçekleştiği, buna karşın %100 ve %25 hastalık dozlarında ise hastalık şiddetinde önemli bir değişim olmadığı değerlendirilmiştir.

Kenanbey çeşidinde farklı hastalık dozu uygulamalarında yansıma değerlerinde en fazla değişim 723-1010 nm bant aralığında %21.48-%45.34 arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Hastalık inokule edilmeyen grup ile hastalık inokule edilen gruplar karşılaştırıldığında, en yüksek hastalık şiddeti değişimi %50 hastalık dozu uygulamasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte %100 ve %25 hastalık dozlarında önemli bir değişim olmadığı değerlendirilmiştir.

Bayraktar 2000 çeşidinde farklı hastalık dozu uygulamalarında en fazla değişim 689-984 nm bant aralığında %50 hastalık dozu uygulamasında %12.63-%38.74 yansıma değerleri aralığında gerçekleştiği belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %100 hastalık dozu ve %25 hastalık dozu uygulamalarının takip ettiği değerlendirilmiştir.

Demir 2000 çeşidinde farklı hastalık dozu uygulamalarında en fazla değişim 729-1033 nm bant aralığında %26.76-%60.04 yansıma değerleri aralığında gerçekleştiği belirlenmiştir. Hastalık inokule edilmeyen grup ile hastalık inokule edilen gruplar karşılaştırıldığında, en fazla hastalık şiddeti değişimi %50 hastalık dozunda gerçekleştiği, %100 ve %25 hastalık dozlarında ise önemli bir değişim olmadığı değerlendirilmiştir.

Hastalık inokule edilmeyen gruplarda yer alan bitkilerin farklı fenolojik dönemlerinde elektromanyetik spektrum üzerinde bant bölgelerine göre farklı yansıma değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu farklı yansıma değerleri hastalık inokule edilen yada edilmeyen grupta hangi fenolojik dönemlerin daha etkin olarak kullanılabileceğinin bir ölçüsü olarak yorumlanmıştır. Özellikle NIR bölgesindeki yansıma değerleri arasındaki belirlenen farklılıklar, hastalık inokule edilen ve edilmeyen grupta hangi bantların öncelikli olarak kullanılacağı yönünde karar verilebilmesinde önemli olduğu düşünülmektedir. Hastalık inokule edilmeyen test materyalinde bu farklılık, bütün ekmeklik çeşitlerde özellikle erken dönemde çok daha az, orta-geç dönemde ise en yüksek düzeydedir.

Çizelge 4. Hastalık inoküle edilmeyen (%0) ekmeklik çeşitlerde bant bölgelerine göre fenolojik dönemler için hesaplanan spektral yansıma değerleri ve aralıkları

Table 4. Spectral reflectance values and ranges calculated for phenological periods according to band regions in bread varieties not inoculated (0%) with disease

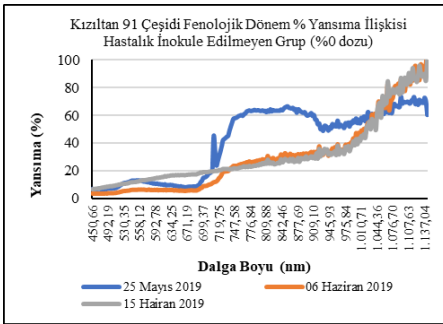
Çeşitler	Fenolojik Dönem	% Yansıma Değeri Bant Aralıkları					
		Mavi 335-510 nm	Yeşil 510-600 nm	Kırmızı 600-700 nm	Kırmızı Sınır 700-750 nm	NIR 750-1100 nm	NIR Fark
Bayraktar 2000	10.5.1	37.39-9.84	9.84-11.89	11.89-17.24	17.24-60.87	60.87-78.23	17.36
	10.5.3	19.71-4.91	4.91-7.85	7.85-10.43	10.43-27.09	27.09-81.14	54.05
	10.5.4	19.74-7.04	7.04-11.23	11.23-14.21	14.21-17.03	17.03-81.15	64.12
Demir 2000	10.5.1	8.03-8.92	8.92-12.14	12.14-15.95	15.95-63.37	63.37-73.11	9.74
	10.5.3	4.71-5.84	5.84-8.19	8.19-11.26	11.26-32.22	32.22-73.10	40.88
	10.5.4	6.30-8.92	8.92-14.78	14.78-18.14	18.14-21.48	21.48-81.78	60.30
Eser	10.5.1	7.15-8.96	8.96-10.98	10.98-16.99	16.99-64.35	64.35-78.96	14.61
	10.5.3	5.19-5.84	5.84-8.73	8.73-11.63	11.63-28.19	28.19-72.68	44.49
	10.5.4	4.90-6.93	6.93-10.98	10.98-14.28	14.28-17.08	17.08-85.13	68.05
Kenanbey	10.5.1	37.33-8.28	8.28-12.73	12.73-15.64	15.64-61.39	61.39-77.24	15.85
	10.5.3	19.92-5.78	5.78-7.98	7.98-10.98	10.98-23.55	23.55-77.17	53.62
	10.5.4	19.37-7.48	7.48-12.56	12.56-15.74	15.74-18.39	18.39-77.24	58.85

Yaprak pigmentleri, yaprakların yansıma karakteristiklerini ve ışık absorpsiyonunu önemli düzeyde etkileyen karotinoidler ve antosiyaninler içerir. Yaprak gelişimi sürecinde klorofil miktarı zamanla azalır, karotinoidlerin miktarı artar ve yaprak sararır. Bu durumda görünür bölgede (500 nm) yansıma değerinde keskin bir artış gözlenmesi beklenir. Bu artış görünür bölgenin yeşil ve kırmızı bantları boyunca devam eder. Yakın Kızıl Ötesi (NIR) dalga boylarında sarı yapraklar, yeşil yapraklara göre daha düşük yansıma göstermektedir (Myers 1983; Lillesand 1994; Campbell 1996).

3.4 Makarnalık Buğday Çeşitlerinde Hastalık Şiddeti (%HŞ) ve Spektral Yansıma (%) İlişkileri

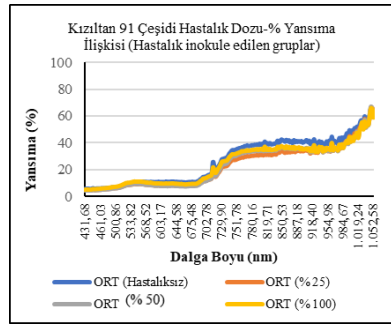
Kızıltan 91 çeşidi için; Hastalık inoküle edilen grupta spektral yansıma değerleri, aynı fenolojik dönem süresince görünür bölgede artarken, NIR bölgesinde azalmıştır (Şekil 12). Erken dönemde hastalık inoküle edilen ve edilmeyen bitkiler arasındaki yansıma farklılıkları daha sınırlı düzeyde değerlendirilmiş olmak-

la birlikte, gelişmenin ilerleyen dönemlerinde bu farklılık daha da belirgin hale gelmiştir. Gelişmenin ileri aşamalarında ekimden sonraki geçen günler itibarıyla (185., 197. ve 206. günler) hastalık inokule edilmeyen grupta, görünür bölgede 550-700 nm bant aralığında belirlenmiştir. Hastalık inokule edilen gruplar da ise, daha düşük yansıma değerleri saptanmış, gelişmenin ileri aşamalarında ise artan hastalık dozu uygulamasına bağlı olarak NIR bölgesinde daha yüksek yansıma değerlerinin varlığı belirlenmiştir. Bu durum incelenen erken gelişme döneminde bitkilerin klorofil ve pigment miktarının fazla olması ve buna bağlı olarak ışık absorpsiyonunun yüksek olmasından kaynaklanmasıyla ilişkilendirilmiştir. Erken dönemde görünür bölgede hastalık inokule edilen ve edilmeyen gruplar arasındaki yansıma değerleri arasında fark daha sınırlı olarak değerlendirilirken, bu oran NIR bölgesinin içinde yer aldığı geç dönemde 710-972 nm bant aralığında daha yüksek olarak belirlenmiştir. NIR bölgede hastalık inokule edilen ve edilmeyen gruplar karşılaştırıldığında hastalık belirtisi gözlenen gruplarda daha düşük yansıma değerleri saptanmıştır. Yansıma değerleri incelendiğinde, bu bant aralığında en büyük farklılık %25 hastalık dozu uygulamasında belirlenmiş olup bu durumu sırasıyla %50 ve %100 hastalık dozu uygulamaları takip etmiştir. Bitki fenolojik periyotları göz önüne alındığında hem hastalık inokule edilen hem de edilmeyen grupların spektral yansıma farklılıkları görünür bölgede Mavi+Yeşil (Blue+Green) bölgede 426-575 nm bant aralığında, Kırmızı+Kırmızı Sınır bölgesinde 585-740 nm bant aralığında ve NIR bölgesinde 760-1050 nm bant aralığında yüksek korelasyon değişimleri belirlenmiştir (Şekil 13). Farklı bant aralıklarındaki bu değişimler yaprakların yaşlanma sürecine bağlı olarak mezofil dokulardaki pigmentlerin kapsamı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Gitelson ve ark., 2002).



Şekil 12. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Kızıltan 91 çeşidinde hastalık inokule edilmeyen grup)

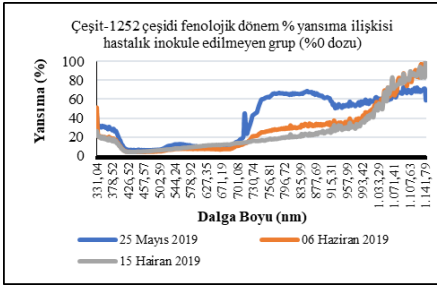
Figure 12. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Kızıltan 91 variety disease not inoculated group)



Şekil 13. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Kızıltan 91 çeşidinde hastalık inokule edilen gruplar)

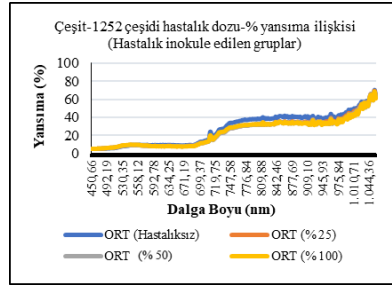
Figure 13. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Kızıltan 91 variety disease inoculated groups)

Çeşit-1252 çeşidi için; Farklı fenolojik dönemlerde hastalık inokule edilmeyen grupta en yüksek yansıma değerlerine (%27-%68), erken dönemleri içine alan çiçeklenme başlangıcında belirlenmiştir. NIR bölgesinde yer alan Kırmızı+Kırmızı Sınır bantlarında (685-930 nm) belirlenmiş olup, dane bağlama dönemi olan erken-orta dönemin bunu takip ettiği değerlendirilmiştir (%7.66-%35). Orta-geç dönemde (süt olum) ise aynı bant aralığında daha sınırlı (%14-%32) yansıma değerleri saptanmıştır (Şekil 14). Hastalık inokule edilmeyen grupta en yüksek yansıma değerleri (%26-%38) Kırmızı+ NIR 730-950 nm bantları aralığında belirlenmiştir. Bu durumu aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerleri (%24-%34) belirle- nen %25, %50 ve %100 hastalık dozu uygulamalarının izlediği değerlendirilmiştir (Şekil 15).



Şekil 14. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) ilişkisi (Çeşit-1252 çeşidinde hastalık inokule edilmeyen grup)

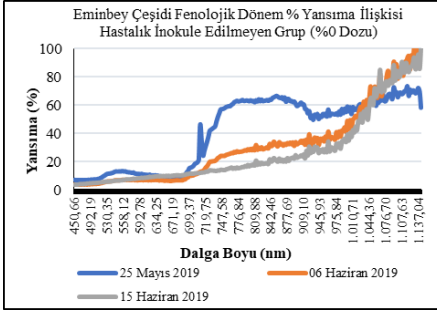
Figure 14. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Çeşit-1252 variety disease not inoculated group)



Şekil 15. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) ilişkisi (Çeşit-1252 çeşidi hastalık inokule edilen gruplar)

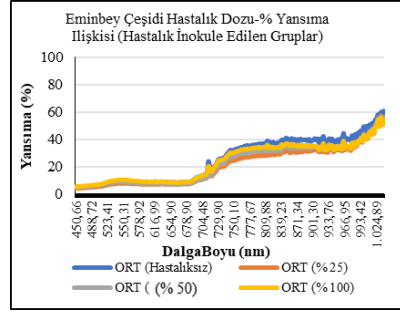
Figure 15. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Çeşit-1252 variety disease inoculated groups)

Eminbey çeşidi için; Hastalık inokule edilmeyen grupta en yüksek yansıma değerleri (%16-%63), çiçeklenme başlangıcı döneminde NIR bölgesinde yer alan Kırmızı+Kırmızı Sınır bantlarında (700-930 nm) belirlenmiş olup, bunu dane bağlama dönemi olan erken-orta döneminin izlediği değerlendirilmiştir (%12-%34). Orta-geç dönemde ise aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerlerinin varlığı değerlendirilmiştir (%11-%27) (Şekil 16). Hastalık inokule edilmeyen ve edilen grupların farklı hastalık dozu uygulamalarında en yüksek yansıma değerleri (%21-%41), hastalık inokule edilmeyen grupta Kırmızı+ NIR 720-1007 nm bantları aralığında belirlenmiştir. Bu durumu aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerleri (%21-%33) gösteren %100, %50 ve %25 hastalık dozu uygulamalarının sırasıyla izlediği değerlendirilmiştir (Şekil 17).



Şekil 16. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Eminbey çeşidinde hastalık inokule edilmeyen grup)

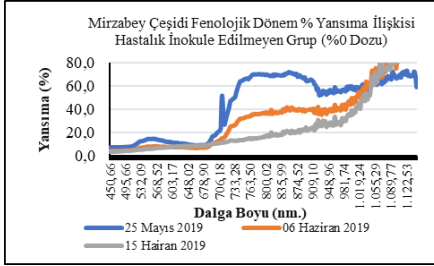
Figure 16. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Eminbey variety disease not inoculated group)



Şekil 17. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) İlişkisi (Eminbey çeşidi hastalık inokule edilen gruplar)

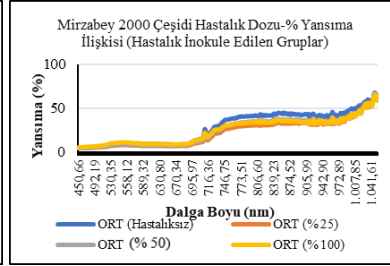
Figure 17. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Eminbey variety disease inoculated groups)

Mirzabey 2000 çeşidi için; Farklı fenolojik dönemler de hastalık inokule edilmeyen grup da en yüksek yansıma değerlerine (%15-%62) çiçeklenme başlangıcında NIR bölgesinde yer alan Kırmızı+Kırmızı Sınır bantlarında (682-912 nm) değerlendirilmiş edilmiş olup, bunu dane bağlama dönemi olan erken-orta dönem takip etmiştir (%10-%35). Orta-geç dönemde ise aynı bant aralığında daha düşük yansıma değerleri (%10-%26) belirlenmiştir (Şekil 18). Hastalık inokule edilen ve inokule edilmeyen gruplar birlikte değerlendirildiğinde, farklı hastalık dozu uygulamalarında en yüksek yansıma değerleri (%19-%44), hastalık inokule edilmeyen grupta Kırmızı+NIR bölgeleri bantları (712-915 nm) aralığında değerlendirilmiştir. Bu durumu aynı bant aralığında daha sınırlı yansıma değerleri belirlenen %50, %100 ve %25 hastalık dozu uygulamalarının sırasıyla (%17-%37) izlediği (Şekil 19) değerlendirilmiştir.



Şekil 18. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) ilişkisi (Mirzabey 2000 çeşidinde hastalık inokule edilmeyen grup)

Figure 18. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Mirzabey 2000 variety disease not inoculated group)



Şekil 19. Fenolojik Dönem-Yansıma (%) ilişkisi (Mirzabey 2000 çeşidi hastalık inokule edilen gruplar)

Figure 19. Phenological Period-Reflection (%) Relationship (Mirzabey 2000 variety disease inoculated groups)

Makarnalık grup birlikte değerlendirildiğinde; Hastalık inokule edilmeyen grubun ayırımında kullanılacak olan etkili bölge, NIR bölgesi olarak belirlenmiştir. Hastalık inokule edilen ve edilmeyen grupların ayırımında kullanılan bölgenin (NIR) spektral bant aralığı içinde kalan en düşük ve en yüksek yansıma değerleri arasındaki farkın, farklı hastalık dozu uygulamaları arasındaki hastalık şiddetinin ortaya konulmasında etkili olabileceği belirlenmiştir. NIR bölgede hastalık inokule edilen ve edilmeyen gruplar karşılaştırıldığında, yansıma değerlerindeki farkların yüksek olması, hastalık şiddetinin daha yüksek olarak belirlenmesi, farkın düşük olması ise hastalık şiddetinin daha düşük olması sonucunu ortaya koyabileceğini düşündürmektedir.

Makarnalık çeşitler üzerinden yapılacak genel bir değerlendirme olarak; NIR bölgesindeki hastalık inokule edilmeyen grup ile farklı hastalık dozu uygulamaları arasındaki yansıma değerlerindeki farkın en fazla Eminbey (%32.20-%76.17) çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Bu durumu sırasıyla Kızıltan 91 (%34.79-%78.17), Çeşit-1252 (%34.21-%74.23) ve Mirzabey 2000 çeşitleri (%37.18-%75.08) izlemiştir. Makarnalık çeşitlerde %25 hastalık dozu uygulaması ile hastalık inokule edilmeyen grup karşılaştırıldığında yansıma değerleri arasındaki en fazla fark (%50.49) Eminbey çeşidinde, en küçük fark (%47.23) ise Kızıltan 91 çeşidinde saptanmıştır. Benzer şekilde yapılan karşılaştırmalar da; %50 hastalık dozu uygulamasında en fazla farkın (%49.99) Eminbey çeşidinde, en düşük farkın (%46.18) ise Mirzabey 2000 çeşidinde belirlenmiş olup %100 hastalık dozu uygulamasında ise NIR bölgesindeki en yüksek fark (%46.03) Çeşit-1252, en küçük fark (%43.72) ise Kızıltan 91 çeşidinde belirlendiği değerlendirilmiştir.

Farklı hastalık dozu uygulamalarının makarnalık çeşitler üzerindeki etkisi göz önüne alındığında, Kızıltan 91 çeşidinde en yüksek hastalık şiddeti %25 hastalık uygulama dozunda belirlenmiş, bunu sırasıyla %50 ve %100 hastalık dozu uygulamalarının izlediği saptanmıştır. Çeşit-1252 çeşidinde %25, %50 ve %100 hastalık dozu uygulamaları arasındaki yansıma değerleri birbirine benzer olup hastalık şiddeti değerleri arasında önemli bir fark belirlenememiştir. Eminbey çeşidinde en yüksek hastalık şiddeti değerlerine %25 hastalık dozu uygulamasında belirlenmiş olup bu durumu sırasıyla %50 ve %100 hastalık dozu uygulamalarının izlediği saptanmıştır. Mirzabey 2000 çeşidinde en fazla hastalık şiddeti değerlerine %25 hastalık dozu uygulamasında belirlenmiş olup bu durumu sırasıyla %100 ve %50 hastalık dozu uygulamalarının takip ettiği saptanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Makarnalık buğday çeşitlerinde spektral bant bölgelerine göre farklı hastalık dozlarına karşılık gelen yansıma değerleri (%)

Table 5. Reflection values corresponding to different disease doses according to spectral band regions in durum wheat varieties (%)

Çeşitler	Hastalık Dozları	% Yansıma Değeri Bant Aralıkları					
		Mavi 335-510	Yeşil 510-600	Kırmızı 600-700	Kırmızı Sınır 700-750 nm	NIR 750-1100 nm	NIR Fark
Çeşit-1252	%0	24.06-6.36	6.36-9.22	9.22-12.94	12.94-34.21	34.21-74.23	40.02
	%25	19.92-6.74	6.74-7.82	7.82-11.24	11.24-28.35	28.35-76.54	48.19
	%50	19.38-6.68	6.68-7.79	7.79-11.07	11.07-28.03	28.03-76.09	48.06
	%100	19.87-7.22	7.22-8.14	8.14-11.43	11.43-28.95	28.95-74.88	46.03
Eminbey	%0	24.24-6.33	6.33-9.05	9.05-12.59	12.59-32.20	32.20-76.17	43.97
	%25	18.90-6.13	6.13-7.34	7.34-10.24	10.24-24.45	24.45-74.94	50.49
	%50	19.29-6.44	6.44-7.08	7.08-10.04	10.04-27.16	27.16-77.15	49.99
	%100	19.94-7.55	7.55-8.77	8.77-12.17	12.17-30.30	30.30-76.32	46.02
Kızıltan	%0	25.74-7.48	7.48-10.72	10.72-14.49	14.49-34.79	34.79-78.17	43.38
	%25	20.72-7.04	7.04-8.35	8.35-11.43	11.43-27.38	27.38-74.61	47.23
	%50	20.64-6.74	6.74-7.87	7.87-11.20	11.20-30.24	30.24-78.01	47.77
	%100	22.43-8.37	8.37-9.91	9.91-13.62	13.62-31.80	31.80-75.52	43.72
Mirzabey 2000	%0	25.10-6.25	6.25-9.20	9.20-13.05	13.05-37.18	37.18-75.08	37.90
	%25	19.19-5.52	5.52-6.83	6.83-9.78	9.78-26.70	26.70-75.28	48.58
	%50	20.38-6.56	6.56-8.05	8.05-11.51	11.51-30.74	30.74-76.92	46.18
	%100	21.35-8.22	8.22-9.70	9.70-13.35	13.35-30.57	30.57-75.06	44.49

Yansıma değerleri arasındaki bu farkın hastalık inokule edilmeyen grup da makarnalık çeşitler için NIR bölgesinde daha düşük olması, hastalığın yoğun olarak gözlemlendiği geç dönemlerde ise hastalık şiddetinin artması ile ilişkilendirilmiştir. Bu durumun yansıma değerleri farklı hastalık dozu uygulaması yapılan gruplar ile hastalık inokule edilmeyen grupların ayrımının daha kolay olmasına imkan verebileceğini düşündürmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Hastalık inokule edilmeyen (%0) makarnalık çeşitlerde bant bölgelerine göre fenolojik dönemler için hesaplanan spektral yansıma değerleri ve bant aralıkları

Table 6. Spectral reflectance values and ranges calculated for phenological periods according to band regions in durum varieties not inoculated (0%) with disease

Çeşitler	Fenolojik Dönem	% Yansıma Değeri Bant Aralıkları					
		Mavi 335-510	Yeşil 510-600	Kırmızı 600-700	Kırmızı Sınır 700-750 nm	NIR 750-1100 nm	NIR Fark
Çeşit-1252	10.5.1	22.28-7.84	7.84-9.87	9.87-15.19	15.19-61.53	61.53-67.09	5.56
	10.5.3	20.48-4.82	4.82-7.16	7.16-15.19	15.19-24.99	24.99-81.52	56.53
	10.5.4	20.46-6.17	6.17-9.89	9.89-13.41	13.41-16.12	16.12-81.70	65.58
Eminbey	10.5.1	32.17-8.28	8.28-11.24	11.24-15.94	15.94-58.28	58.28-65.95	7.67
	10.5.3	19.92-5.17	5.17-8.42	8.42-11.46	11.46-24.33	24.33-90.41	66.08
	10.5.4	18.27-5.36	5.36-8.45	8.45-11.48	11.48-13.98	13.98-82.79	68.81
Kızıltan 91	10.5.1	22.17-8.16	8.16-10.47	10.47-15.19	15.19-58.95	58.95-69.55	10.60
	10.5.3	19.96-9.78	9.78-6.17	6.17-9.02	9.02-21.72	21.72-82.27	60.55
	10.5.4	25.92-9.89	9.89-15.27	15.27-19.25	19.25-21.72	21.72-87.29	65.57
Mirzabey 2000	10.5.1	23.52-8.76	8.76-11.92	11.92-17.44	17.44-65.60	65.60-66.79	1.19
	10.5.3	19.05-4.78	4.78-7.87	7.87-17.44	17.44-32.37	32.37-83.67	51.30
	10.5.4	19.02-4.78	4.78-7.82	7.82-10.63	10.63-13.56	13.56-83.67	70.11

Bazı bitki patojenler ise yapraklar üzerinde nekrozlara (ölü alanlar) neden olabilir. Nekrotik yüzeylerde, yaprak alanının bu kısmının kuruması nedeniyle oluşan hücresel yapının bozulmasının bir sonucu olarak bu alanda pigmentler deforme olurlar ve özelliklerini yitirirler (Monteith 1972; Aparicio ve ark., 2000; Trotter ve ark., 2002; Nicolas, 2004; Muurinen ve Peltonen-Sainio, 2006).

Hastalık enfeksiyonu, böcek zararı ve nem eksikliği nedeniyle pigmentlerce ışığın absorbe edilmesini azaltır, bu nedenle spektrumun görünür bölge de daha

yüksek yansımaya sebep olur. Bitkilerde strese neden olan faktörler, yaprakların iç boşluklarında hücre duvarının bozulmasına NIR bölgedeki yansımanın azalmasına sebep olur. Sonuç olarak, görünür ve NIR bölgedeki bu değişiklikler, bitki hastalık ve böcek zararlarının belirlenmesinde kullanılabilecek vejetatif canlılıkta değişiklikleri ortaya çıkarabilirler (Hatfield ve Finter 1993; Nilsson 1995b; Zhang ve ark., 2003).

Ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde elektromanyetik spektrumun her kategorisi için hastalık inokule edilen ve edilmeyen gruplar için ortalama spektral yansıma değerleri elde edilmiştir. Hastalık inokule edilmeyen grupta, “Yeşil bant” dışındaki “görünür” bölgede yüksek absorpsiyon (düşük reflektans) belirlenirken, “Yakın Kızıl Ötesi” bölgede düşük absorpsiyon (yüksek reflektans) belirlenmiş *olup bu durum Nilsson ve ark. (1995a) çalışması ile uyumludur*. Bu periyot süresince hastalık inokule edilen grup test bitkilerin yansıma eğrisinin şekli ile, hastalık inokule edilmeyen grup test bitkilerin yansıma eğrisi temelde birbirine benzerlik göstermekle birlikte görünür bölgede fotosentetik pigmentler nedeniyle düşük reflektans, NIR bölgede ise yüksek reflektans gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak büyümedeki artışa bağlı olarak erken dönemde görünür bölgede yansıma değerinde artış, gelişmenin ileri aşamalarında NIR bölgede azalma eğilimi gözlemlendiği rapor edilmiştir (Feng ve ark., 2017). Kardeşlenme ve sapa kalkma döneminde (159-210 DAS) (Days After Sowing; Ekimden Sonraki Günler)), hastalık belirtisi hastalık inokule edilen ve edilmeyen gruplar arasındaki reflektans değerleri arasındaki farklılığın belirginliği sınırlı olup, bitki gelişiminin ileri dönemlerinde 25 Nisan 2019 (159 DAS), 25 Mayıs (189 DAS), 06 Haziran (201 DAS), 15 Haziran 2019 (210 DAS) bu farklılık daha belirgindir. Gelişmenin ileri dönemlerinde görünür bölgede (500-700 nm) hastalık inokule edilen ve belirti gözlenen gruplar yansıma değerleri hastalık inokule edilmeyen grup test bitkilerinin yansıma değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. NIR bölgede ise hastalık inokule edilen ve inokule edilmeyen gruplara karşılaştırıldığında hastalık inokule edilen (belirti gözlenen) bitkilerin hastalık inokule edilmeyen bitkilere göre daha düşük yansıma değerleri gösterdiği belirlenmiştir. Spektral farklılıklarının karşılaştırılması sonucu hem hastalık inokule edilen gruplarda ve hem de hastalık inokule edilmeyen gruplarda test materyali bitkilerin Kırmızı ve NIR bölgede 520-710 nm, 730-1000 nm (DAS 210) bant değerlerinde yüksek yansıma değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Bu değişimler bitkilerin mezofil dokusundaki pigmentlerin kapsamı ve yaprakların yaşlanması ile ilgili olduğu farklı araştırmalarda rapor edilmiştir (Yuan ve ark., 2013).

Bitki hastalıklarının tespitinde, spektral verilerin etkin olarak kullanımı, uygulama amacına bağlıdır. Bant aralıklarına göre 400-700 nm bitkinin yaprak pigment kompozisyonu ve strüktürünü, 700-1100 nm ise su kapsamı hakkında bilgi verebilmektedir (Mahlein ve ark., 2013).

Hastalık belirtisi gözlenmeyen test bitkilerinde, “Yeşil bant” dışındaki “Görünür bölgede” yüksek absorpsiyon (düşük reflektans) belirlenirken, “Yakın Kızıl Ötesi” bölgede düşük absorpsiyon (yüksek reflektans) belirlendiği rapor edilmiştir (Nilsson ve ark., 1995a). Spektral farklılıkların karşılaştırılması sonucu hem hastalık inokule edilmeyen ve hem de hastalık inokule edilen grupların Kırmızı (520-710 nm) ve Yakın Kızıl Ötesi (730-1000 nm) bölgedeki bant değerlerinde yüksek yansımaya değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Elde edilmiş bu sonuçlar bizim çalışmamızla uyum göstermiştir. Çalışmamızda, buğdayın üç farklı fenolojik döneminde elde edilen yansımaya değerleri göz önüne alındığında, hastalık inokule edilmeyen test grubunda çiçeklenme başlangıcı dönemlerinde pigment konsantrasyonunun en yüksek ve yeşil olduğu dönemde NIR bölgede (695-930) yansımaya değerleri yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumu sapa kalkma dönemi bunu takip etmiş, gelişmenin geç aşamalarında dane bağlama ve süt olum döneminde ise daha düşük yansımaya değerleri dikkati çekmiştir. Hastalık inokule edilen ve edilmeyen bitkiler arasındaki yansımaya değerleri arasındaki belirlenen fark, erken dönemde birbirine daha yakın, geç dönemde ise daha belirgin olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle buğdayda sarı pas hastalık inokule edilen ve edilmeyen hastaliksız bitkilerin ayrımında kullanılabilecek en etkili spektral bölgenin “Yakın Kızıl Ötesi” (NIR) ve bu bölge içerisine giren bantların olduğu tespit edilmiştir.

Ekmeklik çeşitler üzerinden yapılacak bir değerlendirmede; NIR bölgesindeki hastalık inokule edilmeyen grup ile farklı hastalık dozu uygulamaları arasındaki en yüksek yansımaya değeri farkı (%34.96-78.30) Bayraktar 2000 çeşidinde belirlenmiştir. Bunu sırasıyla, Eser (%36.54-78.96), Kenanbey (%34.44-75.61) ve Demir 2000 (%39.02-77.95) çeşitlerinin izlediği değerlendirilmiştir. Ekmeklik çeşitlerde, %25 hastalık dozu uygulamalarında en yüksek fark (%40.67) Bayraktar 2000 çeşidinde tespit edilmiş olup, en küçük fark (%30.62) ise Demir 2000 çeşidinde belirlenmiştir.

Ekmeklik çeşitler için hastalık inokule edilmiş bitkiler için NIR bölgesinde yansımaya değerleri arasındaki bu farka en fazla Kenanbey çeşidinde %50 hastalık dozu uygulamasında belirlenmiş (%49.04) olup, bunu sırasıyla, %50 hastalık dozu uygulamasında Bayraktar 2000 (%48.21) çeşidi, %100 hastalık dozu uygulamasında Kenanbey (%46.70) çeşidi, %50 hastalık dozu uygulamasında Eser (%46.69) çeşidi ve %50 hastalık dozu uygulamasında Demir 2000 (%44.75) çeşidinin izlediği belirlenmiştir.

Makarnalık çeşitlerde erken dönemde (185., 197. ve 206. günler) hastalık inokule edilmeyen grupta erken dönemde 550-700 nm bant aralığında daha yüksek, farklı hastalık dozu inokule edilen gruplarda ise daha düşük yansımaya değerleri belirlenmiş, gelişmenin ileri aşamalarında ise artan hastalık dozu uygulamasına bağlı olarak hastalık gözlenen gruplarda da daha yüksek yansımaya değerleri belirlenmiştir. Bu durum erken dönemde bitkilerin klorofil ve pigment düzeyinin fazla olması ve buna bağlı olarak ışık absorpsiyonunun yüksek olmasından kaynaklanmasıyla

ilişkilendirilmiştir. Erken dönemde görünür bölgede hastalık inokule edilen ve farklı dozlar da hastalık inokule edilen gruplar arasındaki yansıma değerleri arasında fark daha sınırlı olarak değerlendirilirken, bu oran NIR bölgesinin içinde yer aldığı geç dönemde 710-972 nm bant aralığında daha yüksektir. NIR bölgesinde hastalık inokule edilen edilmeyen gruplar karşılaştırıldığında farklı dozlarda hastalık inokule edilen gruplarda daha düşük yansıma değeri belirlenmiştir. Yansıma değerleri birlikte incelendiğinde bu bant aralığında en büyük fark %25 hastalık dozu uygulamasında belirlenmiş bu durumu sırasıyla %50 ve %100 hastalık dozu uygulamaları takip etmiştir.

Makarnalık çeşitler üzerinden yapılacak bir değerlendirmede; NIR bölgesindeki hastalık inokule edilmeyen grup ile hastalığın farklı dozu uygulamaları arasındaki yansıma değerindeki farkın en yüksek (%32.20-76.17) olduğu çeşit Eminbey'dir. Bunu sırasıyla Kızıltan 91 (%34.79-78.17), Çeşit-1252 (%34.21-74.23) ve Mirzabey 2000 (%37.18-75.08) çeşitlerinin izlediği belirlenmiştir. Makarnalık çeşitlerde %25 hastalık dozu uygulaması grubu ile hastalık inokule edilmeyen grup karşılaştırıldığında, yansıma değerleri arasındaki en yüksek fark (%50.49) Eminbey çeşidinde, en küçük fark (%47.23) ise Kızıltan 91 çeşidinde saptanmıştır. Makarnalık çeşitlerde %50 hastalık dozu uygulamasında en yüksek fark (%49.99) Eminbey çeşidinde, en düşük fark (%46.18) ise Mirzabey 2000 çeşidinde belirlenmiştir. %100 hastalık dozu uygulamasında ise NIR bölgesindeki en yüksek fark (%46.03) Çeşit-1252 çeşidinde, en küçük fark (%43.72) ise Kızıltan 91 çeşidinde belirlenmiştir.

Ekmeklik ve Makarnalık çeşitlerinde çiçeklenme başlangıcı dönemi, erken orta dönemde görünür bölge bantlarında, düşük yansıma değerleri gözlenirken, en yüksek yansıma değerlerine, hastalık inokule edilmeyen bitkilerde kırmızı bölgeden itibaren özellikle Yakın Kızıl Ötesi bölgede belirlenmiştir. Gelişmenin ileri aşamalarında ise Yakın Kızıl Ötesi bölge bantlarında yansıma değerlerinde azalma, görünür bölge bantlarında ise artış eğilimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda buğdayda farklı fenolojik dönemlerde belirlenen yansıma değerleri incelendiğinde sarı pas hastalığının teşhisinde erken-orta gelişme döneminde, görünür bölge bantlarının, orta-geç dönemde ise yakın kızıl ötesi bölge bantlarının daha belirleyici olduğu görülmüştür.

Gelecekteki çalışmalara alçak irtifaya sahip insansız hava araçları üzerine monte edilen yüksek çözünürlükteki hiperspektral kameralarla sık aralıklarla elde edilen hastalıklı bitki görüntülerinin, yerden toplanan eğitim verilerinin doğrulama amacıyla kullanılmasıyla yapay zeka ve derin öğrenme teknikleriyle entegre edilerek hastalık takibinde daha kısa zamanda ve daha kesin sonuçlar alınması yönünde şekillenecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Metin AYDOĞDU tarafından Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalında yürütülen “Kışlık buğdayda farklı demir ve çinko uygulamalarının sarı pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığı üzerine olan mevsimsel etkilerinin çok banth veriler kullanılarak belirlenmesi” isimli yüksek lisans tezinin (YÖK Tez No: 671046/Tarih: 25.05.2021) bir kısmını kapsamaktadır. Tez jürisinde bulunan sayın Prof. Dr. Hikmet GÜNAL ve sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ACİRe katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): MA (%80), KA(%20)

Veri Toplanması (Data Acquisition): MA(%90), KA(%10)

Veri Analizi (Data Analysis): MA(%70), KA(%30)

Makalenin Yazımı (Wriring Up): MA(%80), KA(%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): MA(%80), KA(%20)

KAYNAKLAR

- Anonim, 2019. Ankara Yenimahalle lokasyonu iklim verileri. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- Akan, K. 2019. Sarı Pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığına dayanıklı makarnalık buğday hatlarının geliştirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6: 661-670.
- Aparicio, N. Villegas, D. and Casadesus, J. 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agronomy Journal* 92,83-81.
- Campbell, J.B., 1996. Introduction to remote sensing, The Guilford Press, New York.
- Devadas, R., Lamb, D. W., Backhouse, D., Simpfendorfer, S. (2015). Sequential application of hyperspectral indices for delineation of stripe rust infection and nitrogen deficiency in wheat. *Precision Agriculture*, 16, 477-491. <https://doi.org/10.1007/s11119-015-9390-0>.
- Feng, W., Qi, S., Heng, Y., Zhou, Y., Wu, Y., Liu, W., He, L., Li, X. 2017. Canopy vegetation indices from in situ hyperspectral data to assess plant water status of winter wheat under powdery mildew stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1219.
- Fowler, D. 2018. Winter Wheat Production Manual Chapter 2: Conservation and Winter Wheat Development. In book: Winter Wheat Production Manual Publisher: Ducks Unlimited Canada and Conservation Production Systems Ltd.
- Gitelson, A. A., Merzlyak, M. N., Chivkunova, O. B. 2001. Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. *Photochemistry and Photobiology*, 74(1), 38-45. [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2001\)0740038OPANEO2.Q.CO2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2001)0740038OPANEO2.Q.CO2)
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., & Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 76-87.
- Huang, W., Lamb, D. W., Niu, Z., Zhang, Y., Liu, L., Wang, J. 2007. Identification of yellow rust in wheat using in-situ spectral reflectance measurements and airborne hyperspectral imaging. *Precision Agriculture*, 8, 187-197.
- Hatfield, P. L., Pinter Jr, P. J. (1993). Remote sensing for crop protection. *Crop Protection*, 12(6), 403-413. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(93\)90001-Y](https://doi.org/10.1016/0261-2194(93)90001-Y).
- Huang, W., Lamb, D. W., Niu, Z., Zhang, Y., Liu, L., Wang, J. 2007. Identification of yellow rust in wheat using in-situ spectral reflectance measurements and airborne hyperspectral imaging. *Precision Agriculture*, 8, 187-197.
- Huang, N., Niu, Z., Zhan, Y., Xu, S., Tappert, M. C., Wu, C., Huang W., Gao S., Hou, X., Cai, D. (2012). Relationships between soil respiration and photosynthesis-related spectral vegetation indices in two cropland ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 160, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.03.005>
- IBM SPSS Statistics 2016. IBM SPSS Statistics software version 24. Chicago.
- Large, E. C. (1954). Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology*, 3, 128-129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x>.
- Li, G. B., Zeng, S. M., Li, Z. Q. 1989. Integrated management of wheat pests (pp. 185-186). Beijing: Press of Agriculture Science and Technology of China.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 1994. Remote sensing and image interpretation, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Lu, J., Ehsani, R., Shi, Y., de Castro, A. I., Wang, S. 2018. Detection of multi-tomato leaf diseases (late blight, target and bacterial spots) in different stages by using a spectral-based sensor. *Scientific Reports*, 8(1), 2793. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21191-6>.
- Mahlein, A. K., Rumpf, T., Welke, P., Dehne, H. W., Plümer, L., Steiner, U., Oerke, E. C. 2013. Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases. *Remote Sensing of Environment*, 128, 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.09.019>
- Monteith, J.L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems, *J. Appl. Ecol.*, 9, 747-766.
- Moshou, D., Bravo, C., Oberti, R., West, J., Bodria, L., McCartney, A., Ramon, H. 2005. Plant disease detection based on data fusion of hyper-spectral and multi-spectral fluorescence imaging using Kohonen maps. *Real-Time Imaging*, 11(2), 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.rti.2005.03.003>.
- Moshou, D., Bravo, C., West, J., Wahlen, S., McCartney, A., Ramon, H. 2004. Automatic detection of 'yellow rust' in wheat using reflectance measurements and neural networks. *Computers and electronics in agriculture*, 44(3), 173-188. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.04.003>.
- Muurinen, S., and Peltonen-Sainio, P. 2006. Radiation-use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. *Field Crops Research* 96(2-3), 363-373.
- Myers, V. I. 1983. Remote sensing applications in agriculture (in Manual of Remote Sensing) American Soc. Photogrammetry, and Rem. Sens., Falls Church, Va 2111-228.

- Naidu, R. A., Perry, E. M., Pierce, F. J., Mekuria, T. 2009. The potential of spectral reflectance technique for the detection of Grapevine leafroll-associated virus-3 in two red-berried wine grape cultivars. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66(1), 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.11.007>
- Nicolas, H. 2004. Using remote sensing to determine of the date of a fungicide application on winter wheat. *Crop Protection*, 23(9), 853-863. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.01.008>
- Nilsson, H.E. 1995a. Remote sensing and image analysis in plant pathology. *Annual review of pPhytopathology*, 33(1), 489-528.
- Nilsson, H.E., 1995b. Remote sensing and image analysis in plant pathology, *Canadian Journal of Plant Pathology*, 17, 154-166.
- Penuelas, J., Baret, F., Filella, I. 1995. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, 31(2), 221-230.
- Peterson, R. F., Campbell, A. B., Hannah, A. E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 26(5), 496-500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- Qin, Z., Zhang, M. 2005. Detection of rice sheath blight for in-season disease management using multispectral remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(2), 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.03.004>
- Roelfs, A.P., Singh, R.P., and Saari. E.E., 1992. *Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. Mexico, D.F.: CIMMYT. 81 pages.
- Trotter, G.M., Whitehead, D. and Pinkney, E.J. 2002, The photochemical reflectance index as a measure of photosynthetic light use efficiency for plants of varying foliar nitrogen contents, *International Journal of Remote Sensing*, 23(6), 1207-1212.
- Yuan, L., Zhang, J. C., Wang, K., Loraamm, R. W., Huang, W. J., Wang, J. H., Zhao, J. L. 2013. Analysis of spectral difference between the foreside and backside of leaves in yellow rust disease detection for winter wheat. *Precision Agriculture*, 14, 495-511.
- Zhang, M., Qin, Z., Ustin, S.L., 2003. Detection of stress in tomatoes induced by late blight disease in California, USA, using hyperspectral remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4(4):295-310. DOI: 10.1016/S0303-2434(03)00008-4.
- Zhang, J., Pu, R., Huang, W., Yuan, L., Luo, J., Wang, J. 2012. Using in-situ hyperspectral data for detecting and discriminating yellow rust disease from nutrient stresses. *Field Crops Research*, 134, 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.05.011>.



The Forage Yield and Silage Quality of Maize-Sorghum-Sainfoin Mixtures

Mısır-Sorghum-Korunga Karışımlarının Ot Verimi ve Silaj Kalitesi

Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ¹, Uğur BAŞARAN², Erdem GÜLÜMSER³, Hanife MUT⁴

¹Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Yozgat, Türkiye
· medine.copur@bozok.edu.tr · ORCID > 0000-0002-9159-1699

²Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Yozgat, Türkiye
· ugur.basaran@bozok.edu.tr · ORCID > 0000-0002-6644-5892

³Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences,
Department of Field Crops, Bilecik, Türkiye
· erdem.gulumser@bilecik.edu.tr · ORCID > 0000-0001-6291-3831

⁴Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences,
Department of Field Crops, Bilecik, Türkiye
· hanife.mut@bilecik.edu.tr · ORCID > 0000-0002-5814-5275

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 13 Aralık/December 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Temmuz/July 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 469-483

Atıf/Cite as: Çopur Doğrusöz, M., Başaran, U., Gülümser, E., Mut, H. "The Forage Yield and Silage Quality of Maize-Sorghum-Sainfoin Mixtures" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 469-483.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erdem GÜLÜMSER

THE FORAGE YIELD AND SILAGE QUALITY OF MAIZE-SORGHUM-SAINFOIN MIXTURES

ABSTRACT

The aim of the study was to determine forage yield and silage quality in maize/sorghum (M/S) with sainfoin (SA). The field trial was conducted in 2022 to study the effects of different binary sowing ratios (80%M-20%SA, 60%M-40%SA, 30%M-70%SA; 80%S-20%SA, 60%S-40%SA, 30%S-70%SA, 100%M, 100%SA, 100%S) in 3 replications. Prior to ensiling, the hay yield and fresh yield in the intercropping plots were measured. Parameters of dry matter ratio, pH, crude protein, ADF, NDF, mineral matters, and organic acid were defined in silages opened after fermentation. Before ensiling the highest yield was obtained from maize and yield decreased with an increase in sainfoin sowing density. After ensiling, all of the silage parameters were affected by mixing ratios. When the sainfoin ratio was decreased, dry matter, crude protein, and pH of mixture silages were dramatically reduced, but mineral matters were increased. The highest dry matter was determined in sole sainfoin silage. The best results of lactic acid and acetic acid contents were defined in 80%S-20%SA and 60%S-40%SA silage (except for sole treatments). Besides, it was seen that the addition of sorghum to sainfoin silage increases lactic acid content compared to maize. As a result, intercropping of sainfoin with maize and sorghum provided profitable feed production and improved silage quality. As a result, intercropping of sainfoin with maize and sorghum provided profitable feed production and improved silage quality.

Keywords: Fermentation, Forage Yield, Intercropping, Organic Acid, Protein.



MISIR-SORGHUM-KORUNGA KARIŞIMLARININ OT VERİMİ VE SİLAJ KALİTESİ

ÖZ

Bu çalışmada korunga (K) ile mısır ve sorgum (M/S) yalın ve karışık ekimlerinin ot verimi ve silaj kalitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme 2022 yılında 3 tekrar ve ikili karışım oranlarında (%80M-%20K %60M-%40K, %30M-%70K; %80S-%20K, %60S-%40K, %30S-%70K, %100M, %100K, %100S) yürütülmüştür yapılmıştır. İşlemlerin silolama öncesi kuru ot verimi ile yeşil ot verimleri belirlenmiştir. Fermentasyon sonrası açılan silajlarda kuru madde oranı, pH, ham protein, ADF, NDF, mineral maddeler, organik asit parametreleri belirlenmiştir. En yüksek verim silolama öncesi mısırdan elde edilmiş olup, korunga oranının artmasıyla ve-

rim azalmıştır. Silolama sonrasında tüm silaj parametreleri karışım oranlarından etkilenmiştir. Korunga oranı azalmasıyla karışım silajlarının kuru maddesi ve pH'ı önemli ölçüde azalırken, ham protein ve mineral maddeleri ise artmıştır. En yüksek kuru madde oranı yalın korunga silajında belirlenmiştir. En yüksek laktik asit ve asetik asit içerikleri sırasıyla %80S-%20K ve %60S-%40K silajlarında belirlenmiştir. Ayrıca korunga silajına sorgum ilavesi mısıra göre laktik asit içeriğini arttırmıştır. Sonuç olarak korunga ile mısır ve sorgum karışık ekimi karlı yem üretimi sağlarken, silaj kalitesini de iyileştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fermantasyon, Ot Verimi, Karışık Ekim, Organik Asit, Protein.



1. INTRODUCTION

With the increasing population in developing countries, the problem of food shortage is very important. The amount and quality of protein, which is the basis of healthy nutrition, plays a key role in solving the problem of food shortage. To be cheap, accessible and increasing animal products that provide quality proteins can be possible with the development of animal husbandry. The development of livestock enterprises in Turkey is related to the affordability of the animal forage supply, which constitutes a large part of the cost. In this context, one of the most important and valuable natural resources that can play a vital role in meeting the needs of people in terms of animal protein is rangelands. However, the yield of rangelands in Turkey is quite low due to natural and human factors. For this reason, it is necessary to increase forage production in various ways (Afshar et al. 2014).

In this context, Sainfoin (*Onobrychis sativa* Scop.) is one of the most important legume forage crops favored by animals due to its high taste and nutritional value (Delgado et al., 2008). Sainfoin has been cultivated for hundreds of years in many parts of the world, including Asia, Europe, North America, and Turkey. However, the share of sainfoin in forage crop cultivation has decreased in Turkey in recent years. The sainfoin to Turkey origin has many features such as a large root surface, the ability to tolerate drought and severe weather conditions, the ability to grow in poor soils, abundant availability in natural rangelands, the ability in nitrogen fixation, and generally need very little fertilizer and maintenance. It also has the potential to increase protein utilization and reduce greenhouse gas emissions due to its unique tannin and polyphenol composition. However, sainfoin is not preferred by farmers because it is difficult to harvest, its regrowth is very slow, and its yield decreases from year to year. Therefore, the use of sainfoin in mixed cropping systems and for silage purposes presents an alternative for assessing a quality forage source.

It has been known from the past that the grass and legume mixed cropping system is more advantageous than pure sowing and provides the best use of the unit area (Lu et al., 2000; Li et al., 2022). Because intercropping makes better use of light, water, and food sources while also inhibiting weed development, it produces a higher yield per acre than mono-cropping. (Rad et al., 2020; Eichler-Löbermann et al., 2021). Akdeniz (2019) and Dubbs (1971) reported that sainfoin was used in this system to increase yield and quality. In the study, the general reason for sowing intercropping to sainfoin, a high-quality perennial forage plant, is to obtain economic products in the planting year, to form rapid soil cover, and to combat weeds. In detail, since biomass yield is high and silage is the aim, companion plants that will form high-quality silage were selected. For thousands of years, forages have been preserved by ensiling raw plant material via silage, a fundamental biological preservation technique based on spontaneous lactic acid fermentation under anaerobic conditions. Silage production is important in countries where winters are harsh and animals cannot obtain the energy or nutrients they need throughout the year without grazing, especially in Turkey. Epiphytic lactic acid bacteria use simple carbohydrates found in silage plants and metabolize them to lactic acid inhibiting the formation of acetic acid, preventing the deterioration of the silage, and allowing it to be stored for a long time. Thus, cereals such as maize and sorghum, which have higher amounts of water-soluble carbohydrates, provide better quality silage production compared to legumes (Li et al., 2022). On the other hand, sainfoin, which is a legume, has a high dry matter yield and high nutritional value in the early period, making it suitable for silage production with a quality fermentation (Cavallarin et al., 2005). Moreover, tannin-containing species such as sainfoin undergo less protein degradation during ensiling than non-tannin-containing species. However, direct ensiling of legumes may be insufficient to initiate the production of lactic acid and prevents the pH decrease and causes the increase of acetic acid and undesirable microorganisms such as yeast and mold (Muck, 2013). It is also well known that when storing legumes as silage, severe protein degradation occurs due to the combined effect of both plant and microbial activity. This can reduce the nutritional value of silage, dry matter uptake by ruminants, and nitrogen utilization efficiency. For this reason, it is more beneficial to ensilage sainfoin silage as a mixture of additives or grasses such as maize and sorghum. Moreover, mixed plantings for silage increase yield and quality, as well as ease of harvest and silage (Basaran et al., 2018).

In order to meet all of these needs, silages were made using four different mixing ratios for sainfoin, maize, and sorghum cultivation. The investigation of the impact of seeding rates on the yield and chemical composition of silages was a consequence of the study.

2. MATERIAL AND METHODS

In the study, sainfoin (*Onobrychis sativa* Lam.; SA), maize (*Zea mays* L.; M), and sorghum (*Sorghum bicolor* L.; S) plants were grown in the vegetation period of 2022 with different mixing ratios. The mixture ratios were determined in 3 ratios (80%M-20%SA, 60%M+0%SA, 30%M-70%SA; 80%+20%SA, 60%S-40%SA, 30%S-70%SA) binary mixtures for both grasses, and pure sowing (100%) as control. This experiment was established using a randomized blocks experiment design, with three replications in the research field of Yozgat Bozok University (with an average monthly minimum temperature of 11.6°C, an average 89 monthly maximum temperature of 22.7°C, and a total precipitation of 174 mm). The soil of the experimental area was clay-loam with medium lime content (10.95%), low salinity (0.21%), a saturation of 76.27%, and a high pH value (7.56). It also contained high organic matter (6.65%), medium phosphorus (11.50 kg da⁻¹), and high potassium (485.90 kg da⁻¹). The seed rate was calculated based on the sowing rate of each plant individually: 12.000 plant da⁻¹ for maize, 3 kg da⁻¹ for sorghum, and 8 kg da⁻¹ sainfoin. Sowing was done in April on 6-meter-long plots with a distance of 35 cm for sainfoin and 70 cm for maize and sorghum (sole sowing). The mixtures were made by sowing sainfoin seeds between rows of maize and sorghum (Figure 1). Irrigation was done twice during the growing period. The plots were harvested on August 18, 2022, for silage, in account of the development period of maize and sorghum (at 65-70% humidity).

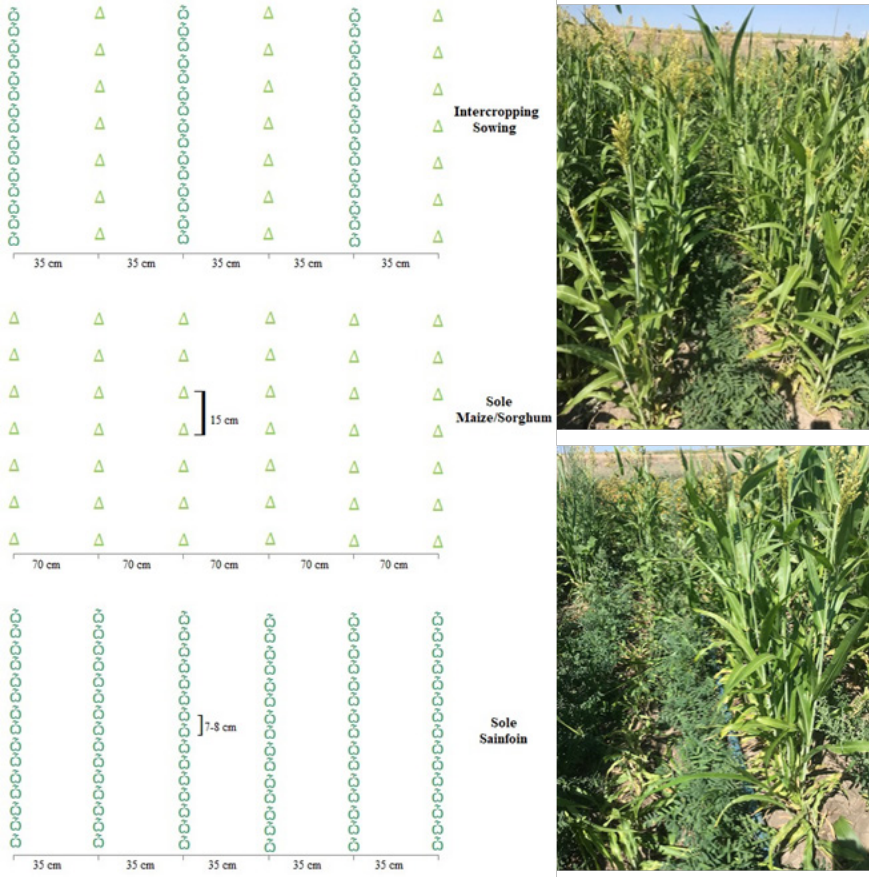


Figure 1. Sole and intercropping system in an experiment

2.1. Fresh Yield, Hay Yield, and Silage Preparation

Weighing the plants in a 1 m² area that was evenly distributed among the plots allowed us to calculate the fresh yield (kg da⁻¹) (three repetitions). Hay yield (kg da⁻¹) was determined by weighing the plants after 105 drying at 65 °C. Following the mixing ratios, the collected plants were cut into 2 cm pieces (Gulumser et al., 2021b) and placed into 1.0 kg plastic cans with three replications. After being packed airtight, the silages were allowed to ferment for 45 days at 25±2 °C.

2.2. Physical Analyses, Dry Matter Ratio, and pH

As mentioned by Alçiçek and Özkan (1997), physical analyses (smell, structure, and color) were performed after the cans were opened during fermentation, with the top 3–4 cm being eliminated. Weighting a 100 g dried sample from each silage at 105 °C allowed us to compute the dry matter ratio. 20 g of sample was homogeneously combined with 100 ml of distilled water in a blender to measure the pH of the silages, and the mixture was then filtered using filter paper into 50 ml Eppendorf tubes (Basaran et al., 2018). HANNA Edge, a digital pH meter, was used to measure pH.

2.3. Crude Protein, ADF, NDF, and Mineral Matters Ratios Analyses

After drying the 100 g silage sample at 65 °C until it reached a constant weight and grinding it to less than 1 mm, various quality features were determined. Crude protein, Ca, Mg, K, and P ratios, as well as ADF (acid detergent fiber) and NDF (neutral detergent fiber), were measured using the IC-0904-FE calibration software on a Foss NIR Systems Model 6500 Win ISI II v1.5 instrument.

2.4. Organic Acid Analyses

The HPLC (Shimadzu, Kyoto, Japan) auto sampler system model LC - 20AT, equipped with four pumps and an SPD20A diode array detector (DAD), was used to quantify the organic acids (lactic, acetic, and butyric acids). HPLC analysis revealed that butyric acid was not present in every silage sample.

2.5. Statistical Analyses

The SPSS 20.0 program was used to analyze all of the data according to the randomized blocks experiment design. To identify and find the significant differences between treatments, the Duncan test was used; a p-value less than 0.05 was deemed to indicate a significant difference.

3. RESULT AND DISCUSSION

The analysis results (Figure 2, 3 and Table 1, 2) showed that the effect of different mixture ratios on all the examined features was significant ($p < 0.01$). The results of the main effects of the binary mixture ratios of sainfoin with maize and sorghum showed that the highest fresh yield was found in the 80%M-20%SA and pure maize plots while the lowest yield was measured in the control SA treatment (Figure 2). The hay yield results showed that the highest value was obtained from 80%M-20%SA treatment, while the lowest value was obtained from the pure SA

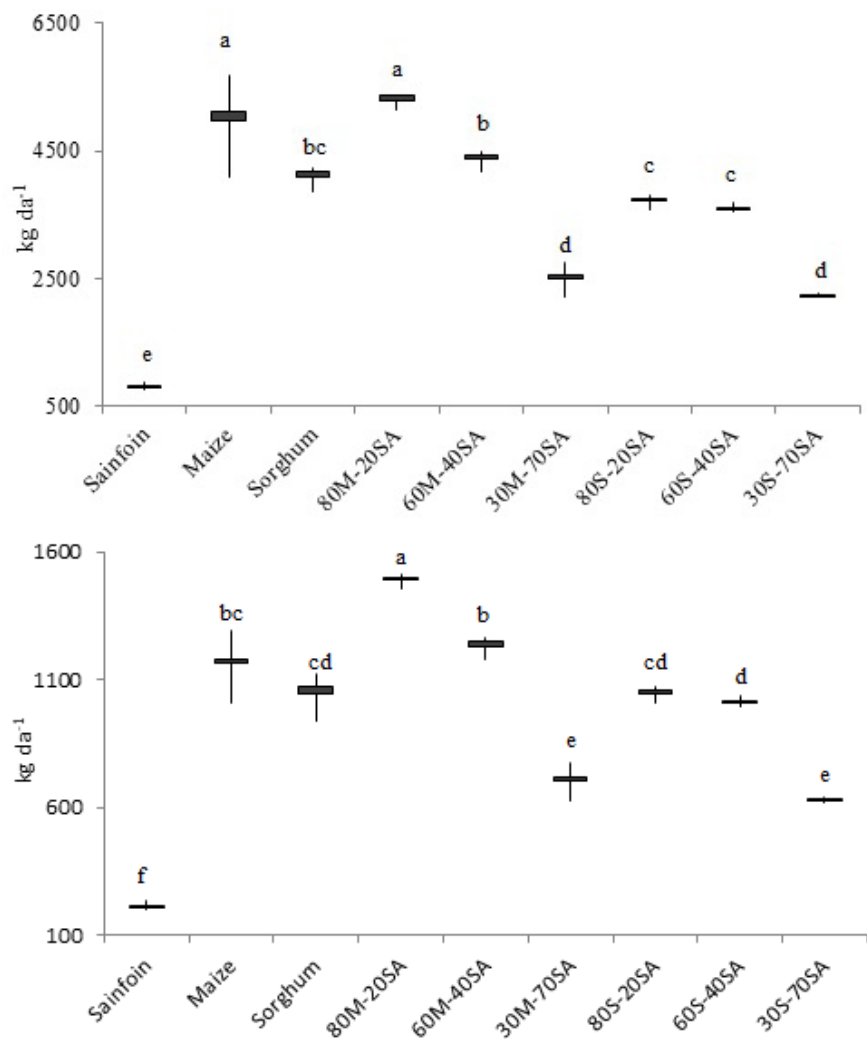
plot (Figure 2). The results of the comparison mean of different plant and mixture ratios showed that the highest and lowest yields were related to the ratio of high biomass maize and sorghum, and maize mixtures are better than sorghum. Intercropping of leguminous forage crops with high biomass plants such as maize and sorghum generally results in an inversely proportional relationship between 139 the proportion of legumes and yield (Basaran et al., 2017). However, the most important effect of legumes in the mixture is to provide nutritional balance in nutrition. In contrast, Akdeniz (2019) cultivated blue split and bromine, which have a smaller biomass than sainfoin, in different locations and reported a decrease in fresh and dry grass yields with the decrease in the ratio of sainfoin in the mixtures. Basaran et al. (2018) have declared that alfalfa-sorghum intercropped at a 100%:60% seed ratio produced the highest hay yield.

Table 1. Crude protein ratio, pH and dry matter (DM) ratio of silages

Treatments	DM (%) **	pH**	Crude Protein**
Sainfoin	41.01 a	6.28 a	24.94 a
Maize	29.57 g	4.18 e	12.09 f
Sorghum	37.67 d	4.93 bc	13.66 e
80%M-20%SA	31.52 f	4.17 f	13.96 e
60%M-40%SA	36.08 e	4.55 d	20.43 c
30%M-70%SA	39.11 bc	4.52 de	21.33 c
80%S-20%SA	38.08 cd	4.50 de	14.93 d
60%S-40%SA	38.30 cd	4.67 cd	20.46 c
30%S-70%SA	39.69 b	5.23 b	22.47 b
Mean	36.78	4.78	18.25
Standard error (SE)	1.27	0.21	1.53

There is no difference between the means shown in same letter ($p < 0.05$). **: $p < 0.01$

The DM content of sole silages showed significant differences, and the highest was in sainfoin (41.01%) and the lowest in maize silage (29.57%). Similarly, the highest pH was determined in sole sainfoin (6.28), while the lowest was determined in 80%M-20%SA (4.17). When the sainfoin ratio was lowered, the combination silages' DM and pH significantly fell. As expected, the highest CP was found in sole sainfoin (24.94%), and CP increased when the ratio of sainfoin in the mixture was raised. The lower CP was determined in sole maize (12.09%) (Table 1).



There is no difference between the means shown in the same letter ($p < 0.05$). **: $p < 0.01$.

Figure 2. Effects of the binary mixture ratios of sainfoin with maize and sorghum on fresh** and hay yield**

Table 2 shows the chemical composition dynamics of silages. The ADF content of the silages varied between 19.12 (30S-70%SA) and 35.74% (sole sorghum), while NDF ranged from 40.06% (sole sainfoin) to 66.28% (sole sorghum). The silages' increases in calcium and magnesium occurred concurrently with the mixture's higher sainfoin content. Mg content in silages of 30%M-70%SA and 30%S-70%SA

were found to be high, respectively 0.45 and 0.44%. The highest potassium content (3.69%) was obtained from sole sorghum. The phosphor content of 80S-20SA was higher (0.35%) than that of others.

Table 2. Chemical composition (%) of silages

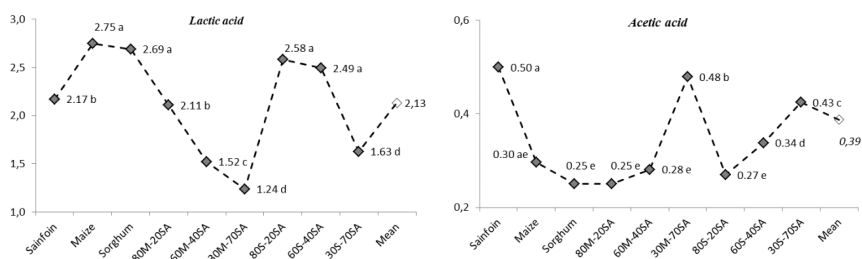
Treatments	ADF**	NDF**	Ca**	Mg**	K**	P**
Sainfoin	23.74 cd	40.06 f	2.18 a	0.45 a	2.52 d	0.34 b
Maize	35.35 a	65.59 a	0.79 g	0.37 e	3.01 bc	0.34 b
Sorghum	35.74 a	66.28 a	1.08 f	0.39 d	3.69 a	0.33 c
80%M-20%SA	33.09 ab	60.84 b	1.07 f	0.37 e	2.80 cd	0.30 e
60%M-40%SA	27.89 a-d	47.95 d	1.87 cd	0.44 b	2.70 d	0.30 e
30%M-70%SA	25.64 bcd	45.75 e	1.10 b	0.45 ab	2.73 d	0.34 b
80%S-20%SA	33.61 ab	60.16 b	1.32 e	0.42 c	3.25 b	0.35 a
60%S-40%SA	29.34 abc	51.72 c	1.79 d	0.44 b	3.02 bc	0.32 d
30%S-70%SA	19.12 d	48.67 d	1.93 bc	0.44 ab	2.74 d	0.34 bc
Mean	29.28	54.11	1.56	0.42	2.93	0.33
Standard error (SE)	1.90	3.12	0.16	0.010	0.11	0.005

There is no difference between the means shown in the same letter ($p < 0.05$). **: $p < 0.01$

Organic acids content in sainfoin with maize and sorghum binary mixtures were given in Figure 2. The highest lactic acid was found in sole maize (2.75%), sole sorghum (2.69%), 80S-20%SA (2.58%), and 60%S-40%SA (2.49%). The acetic acid of silages ranged from 0.50 to 0.25%. Due to the low water-soluble carbohydrates of legumes, the lactic acid level has increased according to the maize and sorghum ratio, but the acetic acid level decreased. Compared to maize, the highest LA and AA contents were observed in mixtures with higher ratios of sorghum (80S-20SA and 60S-40SA silage). In addition, it was seen that the addition of sorghum to sainfoin silage increases lactic acid content compared to maize (Figure 3).

A mixed cropping system effectively improves the utilization rate of resources on the same land, increasing yields and quality. According to Jeroch et al. (1999), before ensiling, the fresh mass and dry matter accumulated by the silage plants should be adequate to provide the highest-quality, most profitable silage. In this study, sainfoin and silage plants were cultivated both alone and in combination. The production of fresh and hay from the 80M-20SA mixed plant was higher than that of the other cultivars. However, the decrease in the rate of maize and sorghum with high biomass in the mixtures caused a decrease in yield. Many researchers support these results (Gianoli et al., 2006; Basaran et al., 2017; Lienhard et al., 2020; Igbal et al., 2021).

A common practice in forage conservation is ensiling, which is based on spontaneous fermentation caused by epiphytic lactic acid bacteria (LAB) that produce lactic acid (LA) from water-soluble carbohydrates (WSC) in the absence of oxygen. Consequently, the forage is maintained, and the pH drops (Weinberg et al., 2001). Legumes have low WSC, which results in lower silage quality, but they have high DM and protein content. On the other hand, in maize and sorghum silages, the reverse of this situation is present. Maize is the most widely used type in silage production, but due to problems such as groundwater scarcity, plant attacks by certain parasites, and mycotoxin contamination in its cultivation, it is necessary to consider alternative crops. For these reasons, many researchers have used legume/grass mixtures in silages and have increased the quality and nutritional content of the silage (Lima et al., 2010; Amado et al., 2012; Gulumser et al., 2021a). Experiments on lactating cows have proven that replacing maize silage completely with sorghum silage does not affect milk yield and is an alternative product (Oliver et al., 2004; Colombini et al., 2012). In this study, it was determined that the quality of silage mixed with sainfoin was higher and sorghum was an alternative to maize.



There is no difference between the means shown in the same letter ($p < 0.05$). **: $P < 0.01$

Figure 3. Effects of the binary mixture ratios of sainfoin with maize and sorghum on lactic** and acetic acid** ratio of silages

Panyasak and Tumwasorn (2013) reported that 25-40% of dry matter should be in quality silage. Otherwise, if the DM content is more than 60% or less than 25%, deterioration occurs. In this case, *Clostridium* spp. anaerobic bacteria begin to grow, resulting in the decomposition of sucrose and protein into butyric acid and ammonium. This situation raises up to 5.0 the pH, which should be between 3.7 with 4.8 (Fiyla, 2001), and it reduces silage quality. In addition, low DM silage causes an increase in acetic acid content and unwanted epiphytic microorganisms, thus reducing the fermentation process and quality of the silage (Jeroch et al., 1999). In the study, DM results were suitable for all processes except for sole sainfoin, while the pH content was found in others except for sole sainfoin, sorghum, and 30%S-70%SA treatments. Moreover, the pH values decreased with an increased percentage of maize silage in the mixtures, possibly due to pure maize having a high WSC content suitable for lactic acid production. Ke et al. (2017, 2018) showed

a pH value even higher than 5.0 in alfalfa and grass silage, and such inconsistency can be attributed to different application rates and species. As a result of the physical evaluation of the silages, sole sorghum, 80%M-20%SA, and 80%S-20%SA were found to be successful.

The amount of ADF and NDF in silages influences the amount of energy dairy cows obtain from silage-based diets and consequently, milk production (Ferraretto et al. 2015; Tharangani et al. 2020). NRC (2001) states that silages of a high caliber should normally have 25–35% ADF and 40–50% NDF. Except for 30%S-70%SA in ADF content and sole treatments in NDF, other treatments were found suitable. Similar results were found in like studies (Baležentienė and Mikulionienė, 2006; Seydosoglu, 2019; Mut et al., 2020; Gulumser et al., 2021a,b). The plant type, the harvest time, and the competition from a high mixed planting density might all be contributing factors to the decline in these contents. Moriri et al. (2010) showed that flowering and maturity of plants were delayed by intensification of interspecific competition, which may be the reason for the affected NDF content.

Well-fermented silage generally has a higher nutrient content (Kung et al. 2018). In the present study, CP content increased with increasing sainfoin sowing density. Zeng et al. (2020) announced that soybean effectively compensated for the low CP content in maize silage in its study. Baghdadi et al. (2016), reported that as the proportion of soybeans in the mixed silage decreased, the CP content also decreased significantly, and our study found similar results, with maize having the lowest CP content. The elements that must be obtained from the feed for the animals to carry out their tasks in a healthy manner are the mineral substances that are studied in silages (Yogeshpriya and Selvara, 2018; Trailokya et al., 2017; Arnoud, 2008). According to Kidambi et al. (1993) and Tekeli and Ateş (2005), forage must have a minimum of 0.8% K, 0.21 P, 0.3 Ca, and 0.1 Mg in order to provide animals with a balanced diet. Furthermore, compared to grass, legumes have a higher nutritious value. The silages in this study were all higher than these mineral content levels. Additionally, solitary sainfoin had a substantially greater Ca concentration than the other components, but not of the other.

The main fermentation product in silage is lactic acid, which is also a crucial indicator of silage quality. Ruminant performance is impacted by the organic acids found in properly fermented silage, which serve as energy sources (Daniel et al. 2013). Lactic acid bacteria (LAB), which is found naturally in plants, is the source of lactic acids, the most significant of these organic acids. Crop LAB counts vary greatly by species, ranging from 1×10^7 CFU/g (colony-forming units) in sorghum and maize to the lowest detection limit of 10 CFU/g in alfalfa (Broberg et al., 2007; Comino et al., 2014). Acetic and butyric acid levels rise in proportion to the amount and rate of lactic acid formation (Guo et al., 2018). The primary metabolite

of *Acetobacter*, acetic acid, is constantly present in large concentrations and raises pH, which is favorable to the growth of undesirable bacteria such as *Clostridia* (Zheng et al., 2017). This results in a drop in the protein level and nutritional value of silage, which lowers its quality. According to Alçiçek and Özkan (1997), lactic acid in high-quality silage should be greater than 2% and acetic acid less than 0.8%. Our results fell within these ranges. Better-quality silage was produced in comparison to lean ones by increasing lactic acid production, decreasing pH and acetic acid in silages, and altering the mixing ratios. It was shown that compared to maize, the combination made with sorghum had more lactic acid and less acetic acid. Therefore, the optimal choice was 80%S-20%SA and 60%S-40%SA from the perspective of chemical composition and fermentation quality in the conditions of the experiment. While Basaran et al. (2018) revealed that levels of different ratios of mixed had variable effects, Gulumser et al. (2021a) said that can enhance lactic acid content with mixes. This conclusion was consistent with prior findings (Li et al., 2022). Different effects have been observed in other studies, as well (Li et al., 2016; König et al., 2019). The plant species, culture, climate, soil fertility, growing season, and harvest timing may all contribute to these variations in silage quality.

4. CONCLUSIONS

The primary objective of this study was to maximize land use efficiency in an intercropping system by preparing silages with mixed legume and grass. This approach aims to minimize dry matter loss, promote lactic acid production, suppress undesired microorganisms, and increase nutritional quality. As a result, sainfoin and maize/sorghum silage complement each other well, and intercropping these combinations resulted in high-quality silage and fodder output. Before ensiling, the combined forage yields exceeded those of pure. Notably, the 80%S-20%SA combination yielded the highest. It is confirmed that using sainfoin alone for silage is less advantageous, as indicated by positive indices such as high hay yield, lactic acid contents, and chemical composition specified before ensiling within maize and sorghum sainfoin mixes. We have found that all of the studied parameters had mixed ratios of beneficial impacts. However, 80%S-20%SA and 60%S-40%SA mixed silage outperformed the others, suggesting that sorghum could be a viable substitute for maize.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

- Filya, I., 2001. Silage technology. Hakan Ofset Press, İzmir.
- Gianoli, E., Ramos, I., Alfaro-Tapia, A., Valdéz, Y., Echegaray, E.R., Yábar, E., 2006. Benefits of a maize-bean-weeds mixed cropping system in Urubamba Valley, Peruvian Andes. *Int. J. Pest Manag.*, 52(4):283-289, <https://doi.org/10.1080/09670870600796722>.
- Gülümser, E., Mut, H., Başaran, U., Doğrusöz, M.C., 2021a. An assessment of ensiling potential in maize x legume (soybean and cowpea) binary mixtures for yield and feeding quality. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.*, 45(3): 547-555. <https://doi.org/10.3906/vet-2006-43>.
- Gülümser, E., Mut, H., Başaran, U., Doğrusöz, M.C., 2021b. Determination of quality traits of silages obtained of forage pea and oats in different ratios. *JIST*, 11(1): 763-770.
- Guo, X.S., Ke, W.C., Ding, W.R., Ding, L.M., Xu, D.M., Wang, W.W., 2018. Profiling of metabolome and bacterial community dynamics in ensiled *Medicago sativa* inoculated without or with *Lactobacillus plantarum* or *Lactobacillus buchneri*. *Sci. Rep.*, 8: 357.
- Iqbal, M.A., Iqbal, A., Ahmad, Z., Raza, A., Rahim, J., Imran, M., Sheikh, U.A.A., Maqsood, Q., Soufang, W., Sahloulh, N.M.A., Sorourh, S., El Sabag, A., 2021. Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] herbage yield and nutritional quality in cowpea-sorghum mixed strip intercropping systems. *Rev Mex Cienc Pecu.*, 12(2): 402-418. <https://doi.org/10.22319/rmcpl.v12i2.4918>.
- Jeroch, D., Drochner, W., Simon, O., 1999. Ernährung landwirtschaftlichen Nutztiere. Berlin, Springer 544 pp, Verlag.
- Ke, W.C., Ding, W.R., Xu, D.M., Ding, L.M., Zhang, P., Li, F.D., 2017. Effect of addition of malic or citric acids on fermentation quality and chemical characteristics of alfalfa silage. *J. Dairy Sci.*, 100: 8958-8966. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12875>.
- Ke, W., Ding, W., Xu, D., Shah, M.N., Zhang, P., Guo, X., 2018. Influences of addition of malic acid or citric acid, *Lactobacillus plantarum* and their mixtures on fermentation quality, proteolysis and fatty acid composition of ensiled alfalfa. *Arch. Anim. Nutr.*, 6: 492-502. <https://doi.org/10.1080/1745039x.2018.1510156>.
- Kidambi, S.P., Matches, A.G., Karnezos, T.P., Keeling, J.W., 1993. Mineral concentrations in forage sorghum grown under two harvest management systems. *J. Agron.*, 85:826-833.
- Kilic A (1986). Silo feed (Instruction, Education and Application Proposals). Bilgehan Press, İzmir.
- König, W., König, E., Elo, K., Vanhatalo, A., Jaakkola, S., 2019. Effects of sodium nitrite treatment on the fermentation quality of red clover - grass silage harvested at two dry matter concentrations and inoculated with clostridia. *Agric. Food Sci.*, 28: 155-164. <https://doi.org/10.23986/afsci.85114>.
- Kung, L.J., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.*, 101:4020-4033.
- Li, P., Ji, S., Hou, C., Tang, H., Wang, Q., Shen, Y., 2016. Effects of chemical additives on the fermentation quality and N distribution of alfalfa silage in south of China. *Anim. Sci. J.*, 87:1472-1479. <https://doi.org/10.1111/asj.12600>.
- Li, Q., Zeng, T., Hu, Y., Du, Z., Liu, Y., Jin, M., Tahir, M., Wang, X., Yang, W., Yan, Y., 2022. Effects of Soybean Density and Sowing Time on the Yield and the Quality of Mixed Silage in Corn-Soybean Strip Intercropping System. *Fermentation*, 8:140. <https://doi.org/10.3390/fermentation8040140>.
- Lienhard, P., Lestrelin, G., Phanthanivong, I., Kiewvongphachan, X., Leudphanane, B., Lairez, J., Quoc, H.T., Castella, J.C., 2020. Opportunities and constraints for adoption of maize-legume mixed cropping systems in Laos. *Int. J. Agric Sustain.*, 18(5):427-443, <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1792680>.
- Lima R, Lourenço M, Díaz RF, Castro, A., Fievez, V., 2010. Effect of combined ensiling of sorghum and soybean with or without molasses and lactobacilli on silage quality and in vitro rumen fermentation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 155:122-131. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.10.008>.
- Lu, Y., Sun, Y., Foo, Y., McNabb, W.C., 2000. Phenolic glycosides of forage legume *Onobrychis viciifolia*. *Phytochem.*, 55: 67-75.
- Moriri, S., Owowe, L., Mariga, I., 2010. Influence of component crop densities and planting patterns on maize production in dry land maize/cowpea intercropping systems. *Afr. J. Agric. Res.*, 5:1200-1207.
- Muck, R.E., 2013. Recent advances in silage microbiology. *Agric. Food. Sci.*, 22(1): 3-15. <https://doi.org/10.23986/afsci.6718>.
- Mut, H., Gülümser, E., Doğrusöz, M., Başaran, U., 2020. Determination of silage quality of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) and ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) mixtures. *ÇOMÜ Journal of Agriculture Faculty* 8 (2):391-396.
- NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. (7th rev ed), Natl. Acad. Sci., Washington DC.
- Oliver, A.L., Grant, R.J., Pendersen, J.F., O'Rear, J., 2004. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 87(3): 637-44.
- Panyasak, A., Tumwasorn, S., 2013. Effect of Moisture Content and Storage Time on Sweet. *Walailak J. Sci. Technol.*, 12 (3): 237-243.

- Rad, S.V., Valadabadi, S.A.R., Pouryousef, M., Saifzadeh, S., Zakrin, H.R., Mastinu, A., 2020. Quantitative and qualitative evaluation of *Sorghum bicolor* L. under intercropping with legumes and different weed control methods. *Horticulturae*, 6:78. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040078>.
- Seydoşoğlu, S., 2019. Investigation of the effect of fodder Pea (*Pisum sativum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) Herbage Mixed at Different Rates on Silage and Feed Quality, *Ege. Univ. Jour. Agri. Fac.*, 56(3): 297-302. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.485698>.
- Tekeli, A., Ates, S., 2005. Yield potential and mineral composition of white clover (*Trifolium repens* L.) – tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) mixtures. *J. Cent. Eur. Agric.*, 6:27-34.
- Tharangani, H., Lu, C., Zhao, L., Ma, L., Guo, X., Weiss, W.P., Bu, D., 2020. Estimation of between-cow variability in nutrient digestion of lactating dairy cows fed corn-based diets *Animals*, <https://doi.org/10.3390/ani10081363>.
- Trailokya, A., Srivastava, A., Bhole, M., Zalte, N., 2017. Calcium and Calcium Salts. *Assoc Physicians India*, 100-102.
- Weinberg, Z.G., Szakacs, G., Ashbell, G., Hen, Y., 2001. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. *J. Appl. Microbiol.*, 90: 561-6.
- Yogeshpriya, S., Selvara, P., 2018. Mastery of Potassium Status and Their Consequences of Hypokalemia in Dairy Cattle. *Shanlax Int. J. Vet. Sci.*, 5(3):1-5.
- Zeng, T., Li, X., Guan, H., Yang, W., Liu, W., Liu, J., Yan, Y., 2020. Dynamic microbial diversity and fermentation quality of the mixed silage of corn and soybean grown in strip intercropping system. *Bioresour. Technol.*, 313: 123655.
- Zheng, M.L., Niu, D.Z., Jiang, D., Zuo, S.S., Xu, C.C., 2017. Dynamics of microbial community during ensiling direct-cut alfalfa with and without LAB inoculant and sugar. *J. Appl. Microbiol.*, 122:1456-1470. <https://doi.org/10.1111/jam.13456>.



Side Effects of Some Insecticides and Acaricides on Different Beneficial Insects in Laboratory Conditions

Bazı İnsektisit ve Akarisitlerin Laboratuvar Koşullarında Bazı Faydalı Böcekler Üzerindeki Yan Etkilerinin Araştırılması

Doğancı KAHYA¹, Şebnem Tireng KARUT², Ahmet DOĞRU³, Sadık Emre GÖRÜR⁴

¹Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye
· kahyadogancan@gmail.com · ORCID > 0000-0002-8996-3393

²Biological Control Research Institute, Adana, Türkiye
· sebnem.tirengkarut@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-1634-724X

³Biological Control Research Institute, Adana, Türkiye
· ahmet.dogru@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0001-7493-3223

⁴Biological Control Research Institute, Adana, Türkiye
· sadikemre.gorur@tarim.gov.tr · ORCID > 0000-0002-3181-8724

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 24 Şubat/February 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 8 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 485-494

Atıf/Cite as: Kahya, D., Karut, Ş.T., Doğru, A., Görür, S.E. "Side Effects of Some Insecticides and Acaricides on Different Beneficial Insects in Laboratory Conditions" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 485-494.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Doğancı KAHYA

SIDE EFFECTS OF SOME INSECTICIDES AND ACARICIDES ON DIFFERENT BENEFICIAL INSECTS IN LABORATORY CONDITIONS

ABSTRACT

Side effects studies are important for the development of Integrated Pest Management (IPM) strategies, especially due to the adverse impacts of broad-spectrum pesticides on natural enemies. This study was conducted to evaluate the side effects of commonly used pesticides on *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae), and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. The results revealed varying mortality rates among the natural enemies, with Abamectin exhibiting the highest mortality rates of 65.00%, 71.50%, and 78.75% respectively. Spirodiclofen (S1) showed the lowest mortality rate of 17.50% for *C. bipustulatus*, while Buprofezin (B) and Spirodiclofen (S2) showed rates of 18.78% and 18.93%, respectively for *A. pseudococci*. For *A. swirskii*, Spirodiclofen (S1 and S2) recorded the lowest mortality rates of 21.25% and 23.75% respectively. According to the IOBC classification, Spirodiclofen (S1 and S2) was classified as harmless (N,) against all three natural enemies. Abamectin (A) was classified as slightly harmful (M) for all three species, while Buprofezin was rated as slightly harmful (M) for *C. bipustulatus* but harmless (N,) for *A. pseudococci* and *A. swirskii*. This research highlights the differential effects of pesticides on different natural enemies and underlines the importance of considering such impacts in pest management strategies.

Keywords: Side Effect, Citrus, Insecticide, Acaricide, Natural Enemy.



BAZI İNSEKTİSİT VE AKARİSİTLERİN LABORATUVAR KOŞULLARINDA BAZI FAYDALI BÖCEKLER ÜZERİNDEKİ YAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Yan Etki çalışmaları, özellikle geniş spektrumlu pestisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle Entegre Zarar Yönetimi (EZY) stratejilerinin geliştirilmesi için önemlidir. Bu çalışma, laboratuvar koşullarında yaygın olarak kullanılan pestisitlerin *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae) ve *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) üzerindeki yan etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Sonuçlar, doğal düşmanlar arasında değişen ölüm oranlarını ortaya koymuş olup, Abamectin'in sırasıyla %65,00, %71,50 ve %78,75'lik en yük-

sek ölüm oranlarını gösterdiği tespit edilmiştir. Spirodiclofen (S1), *C. bipustulatus* için %17,50'lik en düşük mortalite oranını gösterirken, Buprofezin (B) ve Spirodiclofen (S2) sırasıyla %18,78 ve %18,93 oranlarında *A. pseudococci* için belirlenmiştir. *A. swirskii* için ise Spirodiclofen (S1 ve S2) sırasıyla %21,25 ve %23,75'lik en düşük ölüm oranlarını tespit edilmiştir. IOBC sınıflandırmasına göre, Spirodiclofen (S1 ve S2), üç doğal düşmana karşı zararsız (N,) olarak sınıflandırılmıştır. Abamectin (A), üç tür için de hafif zararlı (M) olarak sınıflandırılmış, Buprofezin ise *C. bipustulatus* için hafif zararlı (M), ancak *A. pseudococci* ve *A. swirskii* için zararsız (N,) olarak derecelendirilmiştir. Bu araştırma, pestisitlerin farklı doğal düşmanlar üzerindeki farklı etkilerini vurgulamakta ve zararlı yönetimi stratejilerinde bu tür etkilerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yan Etki, Turunçgil, İnsektisit, Akarisit, Doğal Düşman.



1. INTRODUCTION

Citrus is one of the most important agricultural products for Türkiye both in terms of production and consumption (Anonymous, 2023). Several limiting factors, including crop protection problems, affect citrus yield and fruit quality, with 89 pests, 155 weed species, 34 diseases, and 16 nematode species identified as significant challenges (Uygun and Satar, 2007). Notable pests such as the citrus mealybug (*Planococcus citri* Risso), citrus scale insects (*Aonidiella aurantii* (Mask.) and *Aonidiella citrina* (Coq.)), Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata* Wied.), citrus rust mite (*Phyllocoptruta oleivora* Ashm.) and citrus red spider mite (*Panonychus citri* McGregor) are economically significant species causing damage in Turkish citrus orchards (Anonymous, 2017).

Conventional control methods have been used against citrus fruit pests, but they often lead to negative results in terms of human health and the environment. Consequently, alternative control methods, such as the use of biological and biotechnical approaches within Integrated Pest Management (IPM), have been proposed to provide more sustainable and environmentally friendly strategies against these pests (Şimsek and Uygun, 2013).

Numerous predators and parasitoids have been identified in citrus orchards in Türkiye (Kansu and Uygun, 1980; Uygun et al., 2001). Uygun et al. (2001), reported the presence of nine predator+parasitoid species for citrus mealybugs, nine predator species and six parasitoid species for citrus scale insects, and nine predator species for citrus spider mites. These results showed that there are many natural enemies of citrus in Türkiye; therefore, chemical control should be applied carefully, and broad-spectrum pesticides should not be used in citrus orchards.

Furthermore, the side effects of insecticides on beneficial organisms should be thoroughly studied in order to develop effective IPM strategies for pest management in citrus orchards (Simsek and Uygun, 2013; Satar et al., 2012; Serdar et al., 2018). Laboratory and field studies to assess the side effects of insecticides against natural enemies have to be applied according to IOBC/WPRS standards before their registration by the Ministry in Türkiye (Anonymous, 2018).

This study aimed to detect the side effects of some acaricides-insecticides in citrus orchards, specifically focusing on Spirodiclofen, Buprofezin, and Abamectin, against *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae), and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) in laboratory conditions. The results of this study are expected to contribute to the development of IPM strategies for citrus production in Türkiye.

2. MATERIAL AND METHODS

The laboratory trials were conducted according to Standard test methods for the side effects of pesticides on beneficial organisms by the General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM). (Anonymous, 2018). Tested insecticides and acaricides under laboratory conditions have been given in Table 1.

Table 1. The used insecticides and acaricides in side effect experiment

Applications	Types of Pesticides	Active Ingredient (g/l)	Recommended Doses (100 lt water)
W (PositiveControl)		Water	
A	Insecticide + Acaricide	Abamectin 18 g/l	25 ml
S1	Acaricide	Spirodiclofen 240 g/l	20 ml
S2	Acaricide	Spirodiclofen 240 g/l	20 ml
B	Insecticide	Buprofezin 400 g/l	65 ml
D (Negative Control)	Insecticide	Dimethoate 400 g/l	150 ml

2.1. Insect Rearing

Three natural enemies, which were used in experiments, were reared in climate rooms at the Biological Control Research Institute in Adana/Türkiye during 2017-2018. Potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) were used for *P. citri* and *A. pseudococci* were reared on these tubers. Additionally, *Aspidiotus nerii* Bouche (Hemiptera: Diaspididae) was used for the rearing of *C. bipustulatus* along with potatoes. *Carpoglyphus lactis* L. (Acarina, Carpocephidae), dried apricot fruit and *Typha latifolia* L. pollen were used for the rearing of *A. swirskii* during experiments. Climate rooms conditions were maintained at 26 ± 2 °C, $65 \pm 10\%$ RH and a 16:8 h (L:D) photoperiod

2.2. Side Effect Experiments

The experiments investigating the side effects on all three natural enemies were conducted under laboratory conditions in accordance with the Standard Test Methods for the Side Effects of Pesticides on Beneficial Organisms written by TAGEM (Anonymous, 2018). Side effect studies were carried out in climate rooms for *A. pseudococci*, the predator insect *C. bipustulatus*, and the predatory mite *A. swirskii*. The insecticides were applied in laboratory conditions at 26°C, 65% humidity, with a 16:8 h (L:D) photoperiod, using a Spray Tower (Hassan et al., 1994).

Circular test units made of plexiglass with a diameter of 13 cm (inner diameter 11.5 cm) and a height of 2 cm were utilized to determine the mortality rates of parasitoid, predator, and predatory mite adults exposed to pesticides. In the experiments, pesticides were applied onto 13 cm glass plates using a Spray Tower to achieve a thin film layer of 2 ± 0.2 mg/cm² of the pesticide and distilled water was applied for Control. After spraying, test units were prepared for *C. bipustulatus*, *A. pseudococci*, and *A. swirskii*, and the pesticide-treated glass plates were placed into these units (Figure 1 and 2).

In the experiments, 3rd instar larvae of *C. bipustulatus* were used, and individuals were monitored until they reached adulthood. For *A. pseudococci*, both dead and alive individuals were counted 24 hours after exposure to the pesticide. Counts were conducted to calculate mortality rates of *A. swirskii* protonymphs 24 hours after exposure to the pesticide. The trials consisted of Control, Toxic pesticide, and 4 characters and 40 replications were used for *C. bipustulatus* and *A. pseudococci*, and 80 replicaitons were used for *A. swirskii* for each characters in the experiments. Counts of the trials were performed according to the Standard Test Methods for the Side Effects of Pesticides on Beneficial Organisms (Anonymous, 2018).

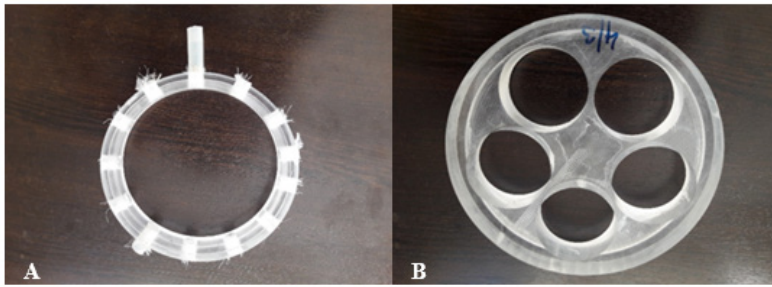


Figure 1. Experiment units for *Anagyrus pseudococci*(A) and *Chilocorus bipustulatus*(B)

Şekil 1. *Anagyrus pseudococci*(A) ve *Chilocorus bipustulatus*(B) için kullanılan deneme üniteleri



Figure 2. Experimental units for *Chilocorus bipustulatus* (A), *Anagyrus pseudococchi* (B), and *Amblyseius swirskii* (C)

Şekil 2. *Chilocorus bipustulatus* (A) and *Anagyrus pseudococchi* (B) ve *Amblyseius swirskii* (C) için kurulan denemeler

2.3. Statistical Analysis

The relative effect (%) was calculated using Abbott's formula (Abbott, 1925). Arcsin square root transformation was applied for the mortality rates before statistical analysis. Prior to analyses, the Shapiro-Wilk Normality Test was applied to assess whether there was a statistical difference among the mortality rates (%) between groups, a One-way ANOVA test was applied, and Duncan's multiple comparison test was conducted to determine the differences in mortality rates resulting from pesticide applications. All statistical analysis was performed using the SPSS 23 program.

In the laboratory experiments, pesticides were categorized into four groups based on relative effect (%), which was calculated by the Abbot formula, according to IOBC: N: harmless (< 30%); M: slightly harmful (30-79%); T: moderately harmful (80-99%); (Hassan et al., 1994; Candolfi et al., 2000; Boller et al., 2006).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The insecticides/acaricides tested in the experiments exhibited varying side effects on *C. bipustulatus*, *A. pseudococchi* and *A. swirskii*. The highest mortality rates among the three natural enemies were recorded as 65.00%, 71.50%, and 78.75%, respectively, for Abamectin (A). Conversely, the lowest mortality rate of 17.50% was observed for Spirodiclofen (S1). For *A. pseudococchi*, the lowest mortality rates were 18.78% and 18.93% for Buprofezin (B) and Spirodiclofen (S2), respectively. Furthermore, the lowest mortality rates for *A. swirskii* were 21.25% and 23.75% for Spirodiclofen (S1 and S2) respectively. Dimethoate (D) served as a negative control for toxic insecticide exposure for *C. bipustulatus*, *A. pseudococchi* and *A. swirskii* during the experiments, resulting in 100% mortality rates (Table 2).

Table 2. The mortality rates (%) of *Chilocorus bipustulatus*, *Anagyrus pseudococci*, and *Amblyseius swirskii* for different insecticides and acaricides

Tablo 2. Farklı insektisit ve akarisitlerin *Chilocorus bipustulatus*, *Anagyrus pseudococci*, ve *Amblyseius swirskii* için ölüm oranları (%)

Applications	Mortality rate(%)		
	<i>Chilocorus bipustulatus</i>	<i>Anagyrus pseudococci</i>	<i>Amblyseius swirskii</i>
W	10.00±6.70*	0.00±7.42a	7.5±1.44a
A	65.00±2.88c	71.50±2.80c	78.75±4.26c
S1	17.50±4.78ab	22.17±4.82b	23.75±6.57b
S2	25.00±2.88b	18.93.6.14b	21.25±3.75b
B	52.50±8.53c	18.78±1.73b	30.00±4.08b
D	100.00±6.70d	100.00±7.42d	100.00±7.16d

*Means in columns followed by the same letter are not significantly different (p<0.05)

Table 3. IOBC Classification and relative effect (%) of tested insecticides-acaricides for three natural enemies

Tablo 3. Denemelerde kullanılan insektisit ve akarisitlerin Yüzde etkileri (%) ve IOBC'ye göre sınıfları

IOBC Classification RP(%)						
Applications	<i>Chilocorus bipustulatus</i>	Relative effect(%)	<i>Anagyrus pseudococci</i>	Relative effect(%)	<i>Amblyseius swirskii</i>	Relative effect(%)
W	-	-	-	-	-	-
A	M	61.11	M	72.82	M	77.05
S1	N	8.33	N	25.24	N	17.39
S2	N	16.67	N	20.89	N	14.84
B	M	47.22	N	18.78	N	24.27
D	T	100	T	100	T	100

The IOBC classification of each insecticide/acaricide used in the experiments was determined in this study. The relative effect (%) compared to the control was calculated using the Abbott formula. Spirodiclofen (S1 and S2) was classified as harmless (N) for *C. bipustulatus*, *A. pseudococci*, and *A. swirskii*. Abamectin (A) was classified as slightly harmful (M) for *C. bipustulatus*, *A. pseudococci* and *A. swirskii*. Buprofezin was classified as slightly harmful (M) for *C. bipustulatus* but harmless (N) for *A. pseudococci* and *A. swirskii*. In addition, dimethoate was classified as harmful (T) for all three natural enemies in this study (Table 3).

The laboratory experiments revealed different impacts of insecticides and acaricides on various natural enemies. Moreover, these substances affected different stages of beneficials in different ways. For instance, Buprofezin, known as an Insect Growth Regulator (IGR), reduced the survival of adult stages and restricted the development of insects from larval to adult stages (Şimsek and Uygun, 2013; Cabral et al., 2008). Several studies have investigated the effects of Buprofezin on coccinellid larvae (Mendel et al., 1994; Olszak et al., 1994; James, 2004; Liu and Stansly, 2004). Aghajanzadeh et al. (2020), investigated the lethal and sublethal effects of mineral oils and insecticides and classified Buprofezin as “Moderately harmful” according to IOBC standards, especially due to its reduction in larval emergence and pupal development. This finding is consistent with our study, in which Buprofezin was observed to affect larval-to-adult development and was classified as “M” according to IOBC standards. Nadimi et al. (2008), investigated the side effects of some acaricides on *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), and found abamectin to be toxic. Similarly, Kolcu and Kumral (2023), investigated the toxic effects of acaricides on *A. swirskii* and found abamectin to be slightly toxic. These results are consistent with our study, where abamectin was classified as “slightly harmful” to *A. swirskii* and other natural enemies. Alimohamadi et al. (2004), studied the effects of hexaflumuron and spiroticlofen on the developmental stages of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), and found no significant effects of spiroticlofen on the developmental stages of predator. Various studies have explored the toxicity of certain insecticides on the parasitoid *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae), with abamectin and spiroticlofen being classified as “slightly harmful” (Vanaclocha et al., 2013; Hoseininaveh et al., 2012). Additionally, Karmakar and Shera (2020), studied the lethal and sublethal effects of insecticides on *Aenasius arizonensis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae), classifying buprofezin as “slightly harmful” according to IOBC standards. Although different parasitoid species were used in our study, the methodology was similar and the mortality rates were comparable to previous studies. Gonzalez-Zamora et al. (2013), observed the side effects of twelve different pesticides widely used in citrus orchards in Spain on *A. melinus*, resulting in changes from harmless to slightly harmful classifications for certain pesticides. Furthermore, the sublethal effects of spiroticlofen on *A. swirskii* have been investigated, indicating that sublethal concentrations of this active ingredient may slightly affect the population parameters of *A. swirskii* (Alinejad et al., 2016).

These studies collectively demonstrate that insecticides and acaricides affect different natural enemies. In particular, Insect Growth Regulators (IGRs) are shown to affect the developmental stages of natural enemies. Despite being classified as an acaricide, abamectin can impact all predators and parasitoids, with spiroticlofen identified as the least harmful, and spiroticlofen may be classified as more environmental-friendly than abamectin in terms of natural enemies, especially predatory mites, in above studies.

4. CONCLUSION

The side effects of insecticides and acaricides on natural enemies is one of the most important issues in crop protection, and research on this topic has increased significantly in recent years. This issue is of particular importance for Türkiye, given the country's dependence on citrus as a major trade and import commodity. The presence of pesticide residues poses a significant threat to trade, making it imperative to investigate the side effects of commonly used insecticides and acaricides in Turkish citrus regions. The aim of this study was to investigate the impacts of select insecticides and acaricides, widely used in Turkish citrus areas, on *C. bipustulatus*, *A. pseudococci*, and *A. swirskii* under laboratory conditions. Additionally, IOBC Classification of these pesticides was carried out as part of this study. The results of this research are fundamental, and further investigations conducted under semi-field and field conditions should help to contribute to Integrated Pest Management (IPM) strategies in Turkish citrus regions.

Acknowledgments

The abstract of this study was presented as an oral presentation at the 8th Plant Protection Congress with International Participation (August 24-28, 2021). The authors thank the Biological Control Research Institute for supporting this study.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interests

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: DK (%25), ŞTK (%25), AD (%25), SEG (%25)

Data Acquisition: DK (%25), ŞTK (%25), AD (%25), SEG (%25)

Data Analysis: DK(%70), ŞTK (%20), AD(%5), SEG(%5)

Writing up: DK(%50), ŞTK (%30), AD (%10), SEG (%10)

Submission and Revision: DK(%60), ŞTK (%30), AD (%5), SEG (%5)

REFERENCES

- Abbott, W.S. 1925: A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2): 265-267.
- Aghajanzadeh, S., Gholamzadeh Chitgar, M., Hasanzadeh, M., Gholamian, E. 2020. Lethal and sublethal effects of mineral oils, palizin and buprofezin on predatory ladybeetle, *Cryptolaemus montrouzieri* (Col.: Coccinellidae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 43(2): 1-18.
- Alimohammadi, N., Samih, M., Izadi, H., Shahidi Noghabi, S. 2014. Developmental and biochemical effects of hexafalumuron and spiroticlofen on the ladybird beetle, *Hippodamia variegata* (Goeze)(Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Crop Protection*, 3(3): 335-344.
- Anonim, (2017). Turunçgil Entegre Mücadele Teknik Talimatı. www.tagem.gov.tr. (Accessed date: 25.01.2024)
- Anonim, 2018. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Pestisitlerin%20Faydal%C4%B1%20Organizmalar%20Standart%20Yan%20Etki%20Deneme%20Metotlar%C4%B1.pdf>. (Accessed date: 25.01.2024)
- Anonim, 2023. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2023%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Turun%C3%A7giller%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202023-382%20TEPGE.pdf>. (Accessed date: 25.01.2024)
- Boller E.F., Vogt, H., Ternes, P., Malavolta, C. 2006. Working Document on Selectivity of Pesticides. Internal Newsletter issued by the Publication Commission for the IOBC/wprs Council and Executive Committee ISSUE Nr. 40.
- Cabral, S., Garcia, P., Soares, A.O. 2008. Effects of pirimicarb, buprofezin and pymetrozine on survival, development and reproduction of *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Science and Technology*, 18(3): 307-318.
- Candolfi, M.P., Blümel, S., Forster, R., Bakker, F.M., Grimm, C., Hassan, S.A., Heimbach, U., Mead-Briggs, M.A., Reber, B., Schmuck, R., Vogt, H. 2000. Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products on on-target arthropods. IOBC, BART and EPPO Joint Initiative, (IOBC/WPRS), Germany, 45-56.
- Gonzalez-Zamora, J.E., Castillo, M.L., Avilla, C. 2013. Side effects of different pesticides used in citrus on the adult stage of the parasitoid *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera Aphelinidae) and its progeny. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2): 494-504.
- Hassan, S.A., Bigler, F., Bogenschütz, H., Boller, E., Brun, J., Calis, J.N.M., Coremans-Pelseeneer, J., Duso, C., Grove, A., Heimbach, U., Helyer, N., Hokkanen, H., Lewis, G. B., Mansour, F., Moreth, L., Polgar, L., Samsøe-Petersen, L., Sauphanor, B., Stäubli, A., Sterk, G., Vainio, A., van de Viere, M., Viggiani, G., Vogt, H. 1994: Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC-WPRS-working group "Pesticides and beneficial organisms". *Entomophaga* 39: 107-119.
- Hoseininaveh, V., Salehi, L., Ghadamyari, M., Gholamzadeh, M. 2012. Effects of amitraz, buprofezin and propargite on some fitness parameters of the parasitoid *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae), using life table and IOBC methods. *Journal of Entomological Society of Iran*, 31(2): 1-14.
- James, D.G. 2004. Effect of Buprofezin on Survival of Immature Stages of *Harmonia axyridis*, *Stethorus punctum picipes* (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthracoridae), and *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 900-904.
- Kansu İ.A., N. Uygun 1980. Doğu Akdeniz Bölgesinde Turunçgil Zararlıları ile Tüm Savaş Olanaklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 141, 63 s.
- Karmakar, P., Shera, P. S. 2020. Lethal and sublethal effects of insecticides used in cotton crop on the mealybug endoparasitoid *Aenasius arizonensis*. *International Journal of Pest Management*, 66(1): 13-22.
- Kolcu, A., & Kumral, N.A. 2023. The toxic effects of some acaricides on the tomato russet mite and its predator *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, 1962 (Acari: Phytoseiidae). *Turkish Journal of Entomology*, 47(1): 3-13.
- Liu, T.X., and Stansly, P.A. 2004. Lethal and Sublethal Effects of Two Insect Growth Regulators on adult *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a Predator of Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 30: 298-305.
- Mendel, Z., Blumberg, D., and Ishaaya, I. 1994. Effects of Some Insect Growth Regulators on Natural Enemies on Scale Insecticides (Hom, Coccinellidae). *Entomophaga*, 39: 1999-2009.
- Nadimi, A., Kamali, K., Arbabi, M., Abdoli, F. 2008. Side-effects of three acaricides on the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Munis Entomology & Zoology*, 3(2): 556-567.
- Olszak, R.W., Pawlik, B., and Zajac, R.Z. 1994. The Influence of Some Insect Growth Regulators on Mortality and Fecundity of the Aphidophagous Coccinellids *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 117.

- Satar, S., Arslan, A., Chloridis, A. 2018. Evaluation of the insecticide sulfoxaflor on important beneficial arthropods in citrus ecosystems in Turkey. IOBC-WPRS Bulletin, 132: 132-140.
- Satar, S., Karacaoğlu, M., Satar, G. 2012. Turunçgil bahçelerinde kullanılan bazı ilaçların yaprakbiti parazitoidlerinden *Lysiphlebus confusus* Tremley and Eady, *Lysiphlebus fabarum* (Mars hall) ve *Lysiphlebus testaceipes*'e (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) karşı etkileri. Türkiye Entomoloji Dergisi 36(1):83-92.
- Şimşek, V.M., Uygun, N. 2013. Bazı tarımsal savaş ilaçlarının turunçgil bahçelerindeki önemli parazitoit ve predatörlere etkilerinin laboratuvar koşullarında araştırılması. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 4(2): 141-154.
- Uygun N., Karaca İ., Ulusoy, M.R., Şenal, D., Elekçioğlu, İ.H., Gözel, U., Erkılıç, A., Özgönen, H., Baloğlu, S., Uygun, N., Uygun S., Kolören O. 2001. Türkiye Turunçgil Bahçelerinde Entegre Mücadele. TUBİTAK, Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Ankara, 157 s.
- Uygun, N., S. Satar, 2007. The current situation of citrus pest and their control methods in Turkey. Integrated Control in Citrus Fruit Crops IOBC/WPRS, 38: 2-9.
- Vanaclocha, P., Vidal-Quist, C., Oheix, S., Montón, H., Planes, L., Catalán, J., ... & Urbaneja, A. 2013. Acute toxicity in laboratory tests of fresh and aged residues of pesticides used in citrus on the parasitoid *Aphytis melinus*. Journal of Pest Science, 86: 329-336.



Kuraklık Stresi Altında Horoz İbiği (*Amaranthus albus* L.) Bitkisinde Riboflavin Uygulamalarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Effect of Riboflavin Applications on Physiological and Biochemical Characteristics of Amaranth (*Amaranthus albus* L.) Plant Under Drought Stress

Rüveyde TUNÇTÜRK¹, Erol ORAL², Murat TUNÇTÜRK³, Tülay TOPRAK⁴

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· ruveydetuncurk@yyu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-3759-8232

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· eroloral65@gmail.com · ORCID > 0000-0001-9413-1092

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· murattuncurk@yyu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7995-0599

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· tulay1024@gmail.com · ORCID > 0000-0002-5576-2526

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 12 Mart/March 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 5 Temmuz/July 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 495-514

Atıf/Cite as: Tunçtürk, R., Oral, E., Tunçtürk, M., Toprak, T. "Kuraklık Stresi Altında Horoz İbiği (*Amaranthus albus* L.) Bitkisinde Riboflavin Uygulamalarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi"
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 495-514.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erol ORAL

KURAKLIK STRESİ ALTINDA HOROZ İBİĞİ (*AMARANTHUS ALBUS* L.) BİTKİSİNDE RİBOFLAVİN UYGULAMALARININ FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışma, horoz ibiği (*Amaranthus albus* L.) bitkisinde PEG 6000 ile oluşturulan farklı ozmotik basınçta (kontrol, -0.5 MPa, -1.0 MPa ve -1.5 MPa) kuraklık stresi ile Riboflavin (B2) (kontrol, 0.1, 0.5, 1.0 ve 2.0 mM) uygulamalarının bitkide büyüme parametreleri ile biyokimyasal değişiklikler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada uygulanan faktörlerin etkisi doğrultusunda horoz ibiğinde bitki boyu (9.0-25.83 cm), kök uzunluğu (28.07-46.07 cm), gövde yaş ağırlığı (2.57-13.23 g), gövde kuru ağırlığı (0.39-1.23 g), kök yaş ağırlığı (4.79-15.90 g), kök kuru ağırlığı (0.64-2.27 g), bitki sıcaklığı (23.60-24.87°C), askorbik asit miktarı (13.55-20.96 ppm), malondialdehit (4.06-9.65 $\mu\text{mol g}^{-1}$), azot balans indeksi (27.60-86.40 mg g^{-1}), klorofil (28.87-41.30 SPAD), Flavonoid (0.41-1.14 dx), antosiyanin (0.02-0.08 dx) ve suda çözünlen madde miktarı (% 3.90-10.53) incelenmiştir. Çalışma sonucunda; PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda bitki boyu, kök uzunluğu, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, klorofil ve Flavonoid değerlerinin kısmen ya da tamamen azaldığı görülmüştür. Araştırmada sıcaklık, MDA, azot balans indeksi ile suda çözünlen madde miktarında ise artışlara neden olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinin askorbik asit ve antosiyanin üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu çalışmada PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stersine karşı riboflavin (B2) dozu uygulamalarının incelenen fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerinde olumsuz etkisini azaltıcı ve düzenleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: PEG 6000, Riboflavin, Horoz İbiği, Kuraklık Stresi, Tolerans.



EFFECT OF RIBOFLAVIN APPLICATIONS ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF AMARANTH (*AMARANTHUS ALBUS* L.) PLANT UNDER DROUGHT STRESS

ABSTRACT

This study was carried out in amaranth (*Amaranthus albus* L.) plant with drought stress at different perturbation pressures (control, -0.5 MPa, -1.0 MPa and -1.5 MPa) created with PEG 6000 and Riboflavin (B2) (control, 0.1, 0.5, 1.0 and 2.0 mM) applications on growth parameters and biochemical changes. In the research, plant height (9.0-25.83 cm), root length (28.07-46.07 cm), stem fresh weight

(2.57-13.23 g), stem dry weight (0.39-1.23), root fresh weight (4.79-15.90 g) of the amaranth plant. , root dry weight (0.64-2.27 g), plant temperature (23.60-24.87 °C), ascorbic acid (13.55-20.96 ppm), malondialdehyde (4.06-9.65 $\mu\text{mol g}^{-1}$), nitrogen balance index (27.60-86.40 mg g^{-1}), chlorophyll (28.87-41.30 SPAD), flavonoid (0.41-1.14 Delux index), anthocyanin (0.02-0.08 dx) and the amount of water-soluble substance (3.90-10.53 %) were examined. In the results of working; As a result of drought stress caused by PEG 6000, plant height, root length, stem fresh and dry weight, root fresh and dry weight, and Flavonoid values were partially or completely reduced. In the research, it was determined that temperature, MDA, chlorophyll, nitrogen balance index and the amount of substance dissolved in water caused increases. The effect of drought stress on ascorbic acid and anthocyanin was found to be statistically insignificant.

In this study, it was determined that riboflavin (B2) dose applications against drought stress caused by PEG 6000 had a regulating and reducing effect on the physiological and biochemical properties examined.

Keywords: PEG 6000, Riboflavin, Amarant, Drought Stress, Tolerance.



1. GİRİŞ

Horoz ibiği bitkisi *Amaranthaceae* familyası içerisinde yer alan *Amaranthus* cinsine ait 60-70 kadar türden oluşan tek ve çok yıllık kozmopolit bir cinsidir (Anonim, 2015). Amerika kıtasında geniş bir yayılım gösteren bitki Aztek ve Inka uygarlığında besin maddesi olarak kullanımının yanında dini ve sosyal ritüellerde kullanıldığı bilinmektedir. Birçok çeşidi olan bitkinin sebze, yalancı tahıl ve süs bitkisi olarak geniş bir kullanım alanı vardır. Horoz ibiğinin daneleri ve yaprakları insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. (Yarnia ve ark., 2011; Ergun ve ark., 2014; Özasan ve Kendal, 2014). Ayrıca bitkinin göz alıcı bir çiçek yapısına sahip olması peyzaj çalışmalarında çok tercih edilen bitkiler arasında yer almıştır (Keskin ve ark., 2021). Avrupa kıtasına 16. yüzyılda yeni kıtanın keşfinden sonra bir tahıl olarak getirilmiştir. Bitki Hindistan, Çin, Güneydoğu Asya, Meksika, ABD ve Rusya, Avrupa ve Çek Cumhuriyeti'nde ticari olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Belton ve Taylor, 2002). Ülkemizde ise resmi kayıtlarda ekiliş ve üretimine dair herhangi bir resmi kayıt bulunmamaktadır (Ülker ve ark., 2022). Pişmemiş horoz ibiği tanesi birçok tahıl ile kıyaslandığında protein, yağ, lif ve mineral madde içeriklerinin daha yüksek, karbonhidrat miktarının ise düşük olduğu görülmüştür. (Alegbejo, 2013; Arendt ve Zannini, 2013). Bitki tohumları ortalama olarak %12 su, %65 karbonhidrat (%7'si diyet lifi dahil), %17 protein, %8 yağ ve %3.5 kül içermektedir. (Berghofer ve Schoenlechner, 2002). Ayrıca bitki tohumlarından elde edilen undan yapılan ekmek, bisküvi ve erişte gibi gıdalar

gluten içermediğinden çölyak hastalarının tercih edilmektedir (Rastogi ve Shukla, 2013). Bitkinin su tüketimi oldukça düşük olduğu gibi stres şartlarına oldukça dayanıklıdır. Kurak dönemlerde yavaşlayan büyüme ve gelişme yeterli suyun karşılandığı şartlarda yeniden aktif duruma gelebilmektedir. Büyüme ve gelişmenin ilk dönemlerinde görülen kuraklık stresi bitkilerde generatif dönemin erken başlamasına neden olabilir. Bu nedenle bitki fizyolojisi açısından benzer mekanizmaların anlaşılması hayvancılık açısından kaba yem veya insan beslenmesinde tane üretiminde faydalı olacaktır (Ergun ve ark., 2014). Tarım sektörü artan küresel iklim değişikliğinin çok büyük tehdidi altındadır. Bu değişimler kuraklık sıklığı, kuraklık şiddeti, yağışların düzensizliği, sıcaklık değişimleri ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörleri olarak bilinmektedir. Bitkisel üretimde sürdürülebilir bir üretim modelinin sağlanmasında vejetatif ve generatif yolla çoğaltım çok önemlidir. Son yıllarda doku kültürü teknikleri arasında yer alan ve abiyotik streslere karşı bitkilerin dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesinde *in vitro* teknikleri önemli rol oynadığı görülmüştür. Tarımsal üretim üzerinde en ölümcül etkilere neden olan abiyotik stres faktörü hiç şüphesiz kuraklıktır (Sevindik, 2021). Bitkilerin kuraklık stresi karşısında gösterdikleri tepkiler cins ve türlere göre değişmekle birlikte genetik x çevresel faktörlerin etkisi altındadır. Bitkilerin kuraklık stersine karşı en hassas oldukları dönemler çimlenme ve fide oluşum dönemleridir. Bu dönemde fotosentez, solunum, besin maddelerinin alınımı, terleme gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda değişim meydana geldiği tespit edilmiştir (Farooq ve ark., 2008). Benzer çalışmalarda kuraklık stresinin etkilerinin daha iyi anlaşılması adına benzer etkiye sahip değişik kimyasal maddeler kullanılmaya başlanılmıştır. Bu maddelerden biri olan polietilen glikol (PEG), ortamdaki su potansiyelinin düşmesine ve dolayısıyla kuraklık stresinin oluşumuna yardımcı olur. Bu madde kimyası gereği toksik olmayan ancak kuraklık stresinin meydana gelmesine yardımcı olan bir özelliğe sahiptir (Bressan ve ark., 1981). Kuraklık stresine bağlı olarak bitki tür ve çeşitlerinde değişen çevre ve genetik özelliklerin en başta çimlenme, büyüme ve gelişmeyi etkilemeden optimum düzeyde tutacak ön uygulamalar giderek önem kazanmaktadır. Bitkilerde stres şartlarında büyüme ve gelişmeyi düzenleyiciler (BGD) olarak etilen, giberellinler, sitokininler ve bunlara ilave olarak engelleyiciler olarak gruplandırılır. Günümüzde bu maddelere ilave olarak polifenolik bileşikler ve B2 vitamini olarak bilinen riboflavin eklenmiştir. Ancak bu maddeler ile yürütülen araştırma sayısı yetersiz düzeyde olduğu görülmüştür. Özellikle stres şartlarında B2 vitamini olarak bilinen riboflavinin kontrol gruplarına göre çimlenme oranlarını artırdığı görülmüştür (Ercişli ve ark., 1999).

Bu çalışmada polietilen glikol (PEG) ile oluşturulan kuraklık stresine karşı B2(-riboflavin) vitamin'in horoz ibiği bitkisinde meydana getirdiği fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL METOT

Bu çalışma 2022 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi (Van YYÜ) Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait tam kontrollü iklim kabininde yürütülmüştür. İklim odasında bitkiler floresan lambalarla ışıklandırılmış (16 saat aydınlık, 8 saat karanlık) ortamda 22.5 °C sıcaklıkta, %65'lik neme sahip bir ortamda tutulmuştur. Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Van YYÜ Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bahçesinden elde edilen *Amaranthus albus* L. tohumları, turba + perlit + toprak karışımı (1: 1: 2) içerisine ekimler yapılmıştır. Bu karışım yapılan analizinde hafif alkali reaksiyona sahip, organik maddesi orta seviyede ve tuzsuz olduğu tespit edilmiştir. Tohumlar 500 ml'lik saksılara ekilerek % 65 nem; 8/16 saat karanlık/aydınlık periyotta; 25 °C sıcaklık ortamında yetiştirilmiştir. Tohumlar 02.03.2022 tarihinde viyollere ekilmiştir. Gerçek yapraklar çıkış yaptıktan sonra (3-4 yapraklı dönem) saksılara 25.05.2022 tarihinde aktarılmıştır. Saksılardaki bitkilere 15.06.2022 tarihinde standart hoagland besisi çözeltisi (1000 ml Hoagland besin çözeltisi içeriğinde; 1.0 g KNO₃, 0.5 g Ca(NO₃)₂, 0.25 g NH₄H₂PO₄, 0.5 g MgSO₄, 0.003 g H₃BO₃, 0.0015 g MnCl₂, 0.0001 g CuSO₄, 0.0001 g H₂MoO₄, 0.0006 g C₄H₆O₆, 0.0003 g FeSO₄ ve 0.0003 g ZnSO₄) ile gübreleme yapılmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950). Bitkilerin 8-10 yapraklı olduğu dönemde yapraktan püskürtme şeklinde riboflavin uygulamasına başlanmıştır. Riboflavin dozları kontrol (0), 0.1 mM, 0.5 mM, 1 mM ve 2 mM olarak belirlenmiştir. İlk uygulama 31.05.2022 tarihinde yapılmış olup toplamda 4 uygulama yapılmıştır. Stres faktörü olarak 0 g, -0.5 MPa, -1 MPa ve -1.5 MPa PEG-6000 uygulanmıştır. İlk uygulama 19.06.2022 tarihinde yapılmış olup toplamda 5 uygulama yapılmıştır. Bitkilerde solma ve sonrasında kuruma gibi fizyolojik parametreleri etkileyecek belirtilerin ortaya çıkmasından sonra deneme 05.07.2022'de sonlandırılmıştır.

2.1. Araştırmada İncelenen Özellikler;

Bitkide yaprak sıcaklığı ölçümünde taşınabilir kızılötesi infrared termometre kullanılmıştır. Bitkinin morfolojik gelişim parametrelerinden kök ve gövde uzunluğu dijital kumpas yardımıyla cm cinsinden ölçülmüş, kök ve gövdenin yaş ve kuru ağırlıkları ise hassas terazi (0,0001 g) yardımıyla belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen bitki ve kökler daha sonra 40 °C'de 72 saat kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tespit edilmiştir (Bat ve ark., 2017). Klorofil, Flavonol, Antosiyanin içeriği ve nitrojen balans indeksi (NBI), Cerovic ve ark. (2015) göre Dualex bilimsel + (FORCE-A, Fransa) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Lipid Peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi için (MDA) 0.5 g yaprak örneği 10 ml % 0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin süpernatant kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml % 20'lik TCA içerisinde çözölmüş % 0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) eklenmiştir. Karışım 95°C su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutu-

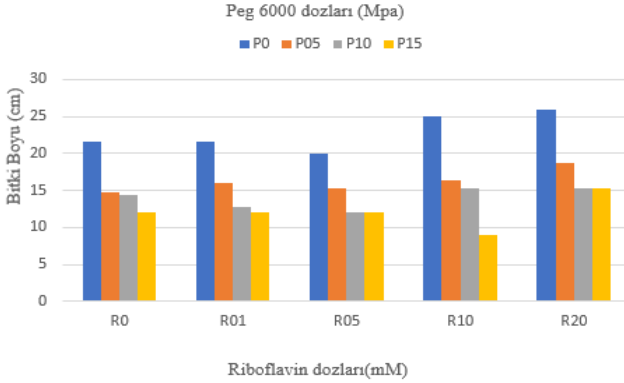
lup 10000 g'de 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra süpernatant kısmının 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansı belirlenmiş ve MDA içeriği $\text{nmol g}^{-1}\text{T.A}$ olarak tespit edilmiştir. MDA içeriği Güneri ve Bağcı (2010)'ya göre hesaplanmıştır. Toplam Antioksidan aktivite FRAP yöntemine (Benzie, Strain 1996) dayandırılmış ve ardından 593 nm'de absorbans değeri okunmuş ve antioksidan aktivite değerleri Trolox eşdeğeri (TE)/ olarak kaydedilmiştir. Toplam flavonoid madde tayini Quettier-Deleu ve ark. (2000)'nın geliştirmiş oldukları yöntem baz alınarak belirlenmiştir. Bu çalışmada 2 ml ekstrakt üzerine 2 ml %2'lik AlCl_3 eklenerek oda sıcaklığında ve karanlıkta 60 dakika bekletilmiştir. Hazırlanan örnekler 415 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçülmüş ve standart quersetin (QE) kullanılarak hazırlanmış olan kalibrasyon eğrisinden faydalanılarak mg QE/100 g cinsinden hesaplanmıştır. Anthohosiyanın içeriklerinin tespitinde dualex cihazı kullanılmıştır. Askorbik asit tayini spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (AOAC, 1990). 100 μl süpernatant üzerine 400 μL %0,4 oksalik asit ve 4,5 ml 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi eklenerek 520 nm'de absorbans değerleri spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Saf askorbik asit ile çizilen kalibrasyon eğrisi yardımıyla numunelerdeki askorbik asit miktarı mg/100 g cinsinden hesaplanmıştır. Bu çalışmada suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) ise dijital el reflaktometresi ile tespit edilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistikî analizleri tesadüf parsellerinde faktöriyel 4*5 deneme desenine göre, Costat 6.303 istatistik Analiz Programı'nda yapılmıştır. Ortalama veriler ayrıca Duncan Çoklu Aralık Testi ile $P<0.05$ 'te karşılaştırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma sonunda elde edilen verilere göre Riboflavin, PEG ve R x PEG uygulamalarının horoz ibiği bitkisinde bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1; Şekil 1). En yüksek bitki boyu 18.79 cm ile R20 uygulamasından elde edilirken, en düşük bitki boyu 14.84 cm ile R05 uygulamasında ölçülmüştür. Elde ettiğimiz bu sonuçlara göre riboflavin dozlarının bitki boyu değerlerini önce azalttığı sonra ise artırdığı tespit edilmiştir. Sonuçlarımız ile kısmen benzerlik gösteren bir diğer çalışmada riboflavin dozlarının stres karşısında koruyucu özellikteki antioksidatif bileşenlerin üretimini uyardığı görülmektedir (Mori ve Sakurai 1995). Bu çalışmada PEG ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda elde edilen en yüksek bitki boyu 22.80 cm ile kontrol uygulamasından, en düşük değer ise 12.07 cm ile -1.5 MPa doz uygulamasında tespit edilmiştir. Artan dozlardaki PEG uygulamalarının horoz ibiği bitkisinde bitki boyu uzunluğunu azalttığı görülmüştür. Benzer bir çalışmada ekinezya bitkisinde PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda bitki boyunun %10 azaldığı görülmüştür (Bat ve ark., 2021). R x PEG uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek bitki boyu değeri 25.83 cm olarak R20 ile stresin olmadığı kontrol grubundan elde edilmiştir. En düşük

değer ise stresin olmadığı kontrol grubunda R05 doz (20.00 cm) uygulamasında ölçülmüştür. Stres sonunda plazmolize uğrayan bitkilerde fotosentez ve solunum gibi hayati faaliyetler sekteye uğramaktadır. Bunun sonucunda büyüme ve gelişme aktiviteleri ya kısmen yada tamamen durma noktasına gelmektedir. Tütün bitkisinde riboflavin seviyelerinin kuraklık toleransını artırdığı görülmüştür (Deng ve ark. 2014). Riboflavinin stres karşısında savunma mekanizmalarını aktivite hızını artırdığı tespiti çalışmamız ile benzerlik göstermiştir (Taheri ve Tarighi 2010).

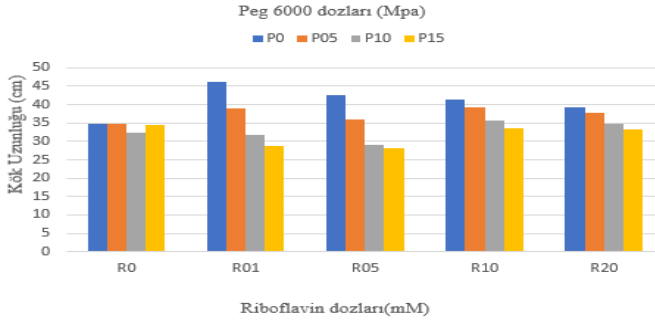


Şekil 1. Horoz ibiği bitkisinde R x PEG uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi

Figure 1. Effect of R x PEG applications on plant height in amaranth plant.

Horoz ibiği bitkisinde riboflavin uygulamalarının kök uzunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. En yüksek kök uzunluğu R05 ve R01 doz (37.44 ile 37.41 cm) uygulamaları sonucu aynı grupta yer alırken, en düşük değer ise riboflavinsiz kontrol uygulaması sonucunda 34.08 cm olarak ölçülmüştür. Kök uzunluk değerlerinin artan riboflavin uygulamalarına bağlı olarak önce arttığı sonra ise azaltığı tespit edilmiştir. Bu düşüşte stresin süresinin ve şiddetinin etkili olduğu düşünülmektedir. Benzer çalışmalarda stres şartlarında riboflavinin bitkilerde solunum üzerine olumlu ve pozitif etkisinin olduğu ve kök ile gövde gelişimini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Ghur ve ark., 2017). Kuraklık stresi sonucunda elde edilen en yüksek kök uzunluğu ise 40.87 cm ile kontrol grubundan, en düşük değer ise 31.77 cm ile -1.5 MPa doz uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1; Şekil 2). Bat ve ark. (2021)'nin ekinazyaya ile yürüttükleri çalışmada kuraklık stresi sonucunda kök uzunluğunda %11 oranında azalma görülmüştür. Horoz ibiği bitkisinde R x PEG uygulaması sonucunda en yüksek kök uzunluğu 46.07 cm (R01 x P0), en düşük değer ise 28.07 cm (R05 x P15) olarak ölçülmüştür. Stresin şiddetine ve süresine bağlı olarak sürgün ve kök meristem hücrelerinde büyüme ve çoğalmanın yavaşladığı görülmüştür (Tunçtürk ve ark., 2021). Kuraklığın ilk zamanlarında bitki suya erişmek için kökleri daha derine bü-

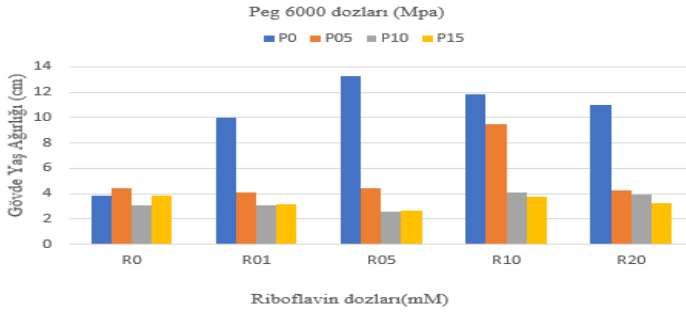
yütme eğiliminde olmasına rağmen sonraki dönemlerde stresten kurtulamaz ise büyüme durma noktasına gelebilir. Stres karşısında bitki büyüme düzenleyicilerinin varlığı kök ve gövde oranlarındaki dramatik kayıpları azalttığı belirtilmiştir (Anjum ve ark., 2011). Stres karşısında riboflavin gibi vitaminlerin köklerin derinlere uzama ve emme potansiyelini artırdığı düşük seviyede bile olsa büyümeye devam ettiği görülmüştür (Blum 2005).



Şekil 2. Horoz ibiği bitkisinde R x PEG uygulamalarının kök uzunluğu üzerine etkisi

Figure 2. Effect of R x PEG applications on root lenght in amaranth plant.

Riboflavin uygulamaları sonucunda en yüksek gövde yaş ağırlığı 7.29 g ile R10 uygulamasından elde edilirken, en düşük değer 3.80 g ile kontrol uygulamasında ölçülmüştür. Riboflavin dozları arttıkça kuraklık stresine karşı gövde yaş ağırlığında çok sert düşüşler görülmemiştir. Bu durumun ortaya çıkmasında strese karşı riboflavin uygulamalarının koruyucu ve iyileştirici bazı mekanizmalara etki ettiği düşünülmektedir. Ancak stresin şiddeti ve süresi uzadıkça bu etki zayıflayabilir. Bitkiler bu şartlarda riboflavin gibi enzimatik olmayan bazı etki mekanizmalarının düzenleyici katkılarına sahip olabilir (Ingram ve Bartles, 1996). Riboflavin (B2 vitamini) bitkilerde kuraklığa toleransı düzenleyen bir antioksidandır (Ghur ve ark, 2017). PEG ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda en yüksek gövde yaş ağırlığı 11.12 g ile kontrol grubundan, en düşük değer ise 3.35 g ile -1.5 MPa doz uygulaması sonucunda ölçülmüştür. Buğday ve bezelyede PEG 6000 (%10) ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda bitkilerde yaş ve kuru ağırlığın azaldığı bildirilmiştir (Alexieva ve ark., 2001). Benzer bir diğer çalışmada kuru ağırlığın kontrol gruplarına göre %43-50 oranda azaldığı tespit edilmiştir (Tsuji ve ark., 2003). Bu çalışmada R x PEG uygulamasında en yüksek gövde yaş ağırlığı 13.23 g (R05 x P0), en düşük gövde yaş ağırlığı ise 2.57 g (R05 x P10) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1; Şekil 3). Kuraklık stresi sonucunda oluşan reaktif oksidasyonda glutatyon ve riboflavin (B2 vitamini) gibi metabolitler de antioksidan görevi gördüğü belirtilmiştir (Mittler 2002).



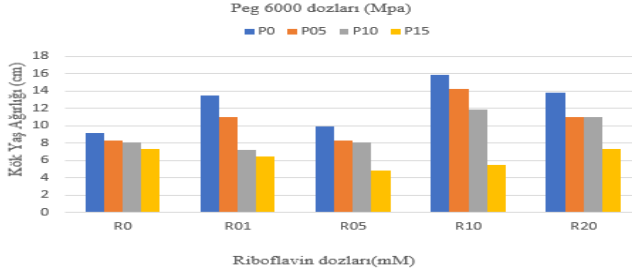
Şekil3. Horoz ibiği bitkisinde R x PEG uygulamalarının gövde yaş ağırlığı üzerine etkisi

Figure 3. Effect of R x PEG applications on stem fresh weight in amaranth plant.

Bitkide gövde kuru ağırlığı üzerine Riboflavin ve PEG uygulamalarının etkisi önemli, R x PEG uygulamalarının etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Bitkide en yüksek gövde kuru ağırlığı 0.87 g ile R20 uygulamasından elde edilirken, diğer dozlarla birlikte sırasıyla 0.56, 0.66, 0.69 ve 0.70 g ağırlık değerleri ile aynı grupta yer almıştır. Kuraklık stresi ile birlikte solunumun azalması bitkide gövde ve kök gelişimini etkilediği bildirilmiştir (Manzoni ve ark., 2012). Mantarda 20 MPa dozu uygulamasında kontrol uygulamasına göre yaklaşık % 200-300 oranında yaş ve kuru ağırlık kaybı meydana geldiği belirtilmiştir (Ghur ve ark., 2017). Bu çalışmada PEG ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda elde edilen en yüksek gövde kuru ağırlık değeri 1.07 g ile kontrol uygulamasından, en düşük değer ise 0.46 ve 0.53 g (P15 ve P10) olarak aynı grupta yer aldıkları görülmüştür. Bat ve ark (2021)'de yürüttükleri çalışmada kuraklık stresinin ekinezya bitkisinde kuru kök ağırlığını kontrol grubuna göre %14.4 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Kirazda Polietilen Glikol (PEG-8000) ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda kullanarak kuraklık stresinde çok ciddi kayıp olduğu görülmüştür (Sivritepe ve ark., 2008).

Horoz ibiği bitkisinde Riboflavin PEG ve R x PEG uygulamalarının kök yaş ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (Şekil 4). En yüksek kök yaş ağırlığı 11.87 g ile R10 uygulamasından, en düşük değer ise kontrol uygulaması sonucunda 7.77 g olarak ölçülmüştür. Bitkilerin kök ve gövde gelişimleri üzerine riboflavin gibi vitaminlerin kuraklık stresinde dayanıklı genlerin aktivasyonlarını artırdığı bildirilmiştir (García-Martínez ve ark., 2015) Elde edilen en yüksek kök yaş ağırlığı 12.48 g ile kontrol grubundan, en düşük değer ise 6.29 g ile -1.5 MPa doz uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1). Strese bağlı verim kayıpları kuraklığın şiddeti ve süresinin yanı sıra bitkinin tür ve çeşit özelliği ile yakından ilgili olduğu bildirilmiştir (Sani ve Farhani, 2010). Horoz ibiği bitkisinde R x PEG uygulaması sonucunda en yüksek kök yaş ağırlığı 15.90 g (R10 x

P0), en düşük değer ise 4.79 g (R05 x P15) olarak ölçülmüştür. Bitkilerde büyüme ve gelişme (bitki boyu, kök, gövde yaş ve kuru gb) üzerine stres faktörlerinin akut etkilerini silisyum, giberalik asit ve riboflavin gibi doğal ve sentetik maddelerin iyileştirici ve düzenleyici etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Tunçtürk ve ark., 2021).



Şekil 4. Horoz ibiği bitkisinde Rx PEG uygulamalarının kök yaş ağırlığı üzerine etkisi

Figure 4. Effect of R x PEG applications on root fresh weight in amaranth plant.

Çizelge 1. Kuraklık stresinin fizyolojik özellikler üzerine etkisi.

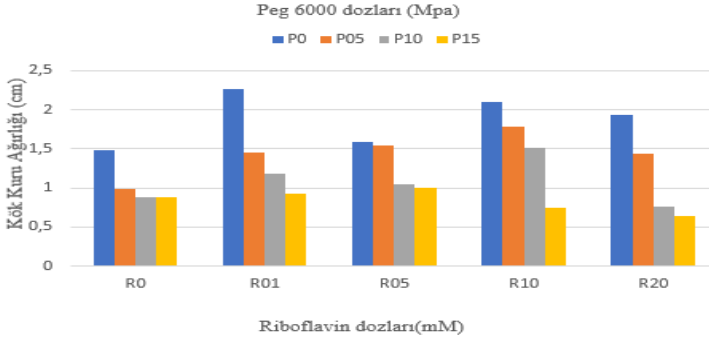
Table 1. Effect of drought stress on physiological characteristic

PEG 6000 Dozları	Riboflavin (B2)	BB (cm)	KU (cm)	GYA (g)	GKA(g)	KYA (g)
Kontrol (P0)	R0 (kontrol)	21.52±0.33 c	34.83±1.04 b-d	3.85±0.67 ef	0.83±0.04	9.21±0.18 ef
	R01	21.67±1.20 bc	46.07±3.30 a	10.01±1.03 cd	1.05±0.16	13.50±1.31 bc
	R05	20.00±1.00 c	42.67±1.43 ab	13.23±1.30 a	1.23±0.26	9.95±0.80 e
	R10	25.00±0.58 ab	41.43±0.83 b	11.80±0.94 c	1.20±0.11	15.90±2.29 a
	R20	25.83±0.44 a	39.37±2.55 b	11.02±0.43 d	1.06±0.05	13.83±1.51 b
P0 Ort.		22.80 A	40.87 A	11.12 A	1.07 A	12.48 A
-0.5 MPa (P05)	R0 (kontrol)	14.67±1.20 de	34.63±3.76 b-d	4.41±0.07 ef	0.60±0.04	8.25±0.45 e-g
	R01	16.00±1.73 d	39.00±3.30 b	4.12±0.19 ef	0.58±0.04	11.04±1.22 de
	R05	15.33±0.67 d	36.00±1.53 bc	4.43±0.44 e	0.63±0.10	8.29±0.59 ef
	R10	16.33±1.33 d	39.17±1.76 b	9.48±0.79 d	1.17±0.24	14.20±0.50 b
	R20	18.67±1.20 c	37.80±2.49 bc	4.29±0.04 ef	0.67±0.09	11.04±1.06 de
P05 Ort.		16.20 B	37.32 AB	5.34 B	0.73 B	10.56 AB
-1.0 MPa (P10)	R0 (kontrol)	14.33±0.67 de	32.37±1.62 c-e	3.09±0.07 fg	0.43±0.05	8.12±0.86 e-g
	R01	12.67±0.32 e	31.83±0.89 de	3.06±0.14 fg	0.53±0.03	7.25±0.84 f-h
	R05	12.00±1.53 e	29.07±3.20 de	2.57±0.21 f	0.56±0.06	8.07±0.79 e-g
	R10	15.33±1.32 d	35.67±1.51 bc	4.10±0.80 ef	0.52±0.09	11.93±0.25 cd
	R20	15.35±0.30 d	34.90±1.08 b-d	3.97±0.25 ef	0.63±0.09	11.01±1.43 de
P10 Ort.		13.94 C	32.76 B	3.56 C	0.53 C	9.27 B

	R0 (kontrol)	12.00±0.58 e	34.50±3.17 b-e	3.85±0.07 ef	0.41±0.03	7.33±0.20 e-g
	R01	12.00±1.15 e	28.73±1.24 e	3.15±0.34 fg	0.500.006	6.51±0.64 gh
-1.5 MPa (P15)	R05	12.05±1.00 e	28.07±1.53 ef	2.70±0.18 g	0.39±0.05	4.79±0.15 hı
	R10	9.00 ±1.53 f	33.50±3.46 c-e	3.79±0.18 ef	0.61±0.09	5.45±1.15 h
	R20	15.33±1.76 d	33.27±2.05 c-e	3.27±0.13 fg	0.40±0.07	7.37±1.00 e-g
P15 Ort.		12.07 D	31.77 C	3.35 CD	0.46 C	6.29 C
	R0 (kontrol)	15.63 B	34.08 B	3.80 C	0.56 B	8.22 CD
	R01	15.58 B	37.41 A	5.08 B	0.66 B	9.57 BC
R Doz Ort.	R05	14.84 B	37.44 A	5.73 AB	0.69 B	7.77 D
	R10	16.41 B	36.33 AB	7.29 A	0.70 B	11.87 A
	R20	18.79 A	36.85 AB	5.63 B	0.87 A	10.81 AB
VK (%)		11.65	10.84	16.48	20.02	18.08
R		**	*	**	**	**
PEG		**	**	**	**	**
R x PEG		*	**	**	öd	**

*: p<0.05 düzeyinde önemlilik, **: p<0.01 düzeyinde önemlilik, öd: önemli değil. R: Riboflavin, P: PEG 6000, VK: Varyasyon katsayısı, BB: Bitki boyu, KU: Kök uzunluğu, GYA: Gövde yaş ağırlığı, GKA: Gövde kuru ağırlığı, KYA: Kök yaş ağırlığı.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi kök kuru ağırlığı üzerine R, PEG ve R x PEG uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek kök kuru ağırlığı 1.54 g ile R10 uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değer ise 1.05 g olarak kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Kuraklık stresi uygulaması sonucunda elde edilen en yüksek kök kuru ağırlığı 1.87 g ile kontrol uygulamasından, en düşük değer ise sırasıyla P10 ve P15 uygulamaları sonucunda 1.07 ve 0.85 g olarak aynı grupta yer aldıkları görülmüştür. Kök kuru ağırlığı üzerine R x PEG uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek değer 2.27 g (R01XP0), en düşük değer ise 0.64 g (R20 x P15) olarak ölçülmüştür (Çizelge 2; Şekil 4). Stres esnasında bitki yeterince su alamadığı için turgor basıncında azalma kök ve gövde kuru ağırlığının azalmasına neden olabilmektedir (Delfine ve ark., 2002). Su kaybı ile plazmolize uğrayan bitkiler farklı fizyolojik ve morfolojik tepkiler verebilir. Bu sonuçlara bakıldığında riboflavin dozlarının kuraklık karşısında bitkiyi koruyucu bazı bileşiklerin sentezini teşvik ettiği düşünülmektedir. Benzer çalışmalarda bazı organik veya inorganik bileşiklerin stres karşısında koruyucu etkileri olduğu ve çeşitli biyokimyasal aktiviteleri hızlandırdığı bildirilmiştir (Tunçtürk ve ark., 2021). Örneğin stres şartlarında prolin ve SOD (süperoksit dismutaz) içeriklerindeki artışlar strese karşı mukavemeti artırdığı tespiti riboflavin uygulamalarının bir sonucu olarak düşünülebilir (Sapanlo ve ark., 2014).



Şekil4. Horoz ibiği bitkisinde RxPEG uygulamalarının kök kuru ağırlığı üzerine etkisi

Figure 4. Effect of R x PEG applications on root dry weight in amaranth plant.

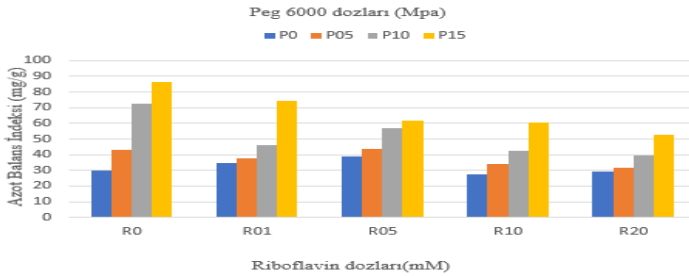
Bitkide sıcaklık üzerine PEG uygulamalarının etkisi önemli, R ve R x PEG uygulamalarının etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Kuraklık stresi sonucunda en yüksek sıcaklık 24.66 °C ve 24.51 °C (-1.5 MPa ve -1.0 MPa) dereceleri ile aynı grupta yer almıştır. En düşük değer ise 23.79 °C ile kontrol uygulaması sonucunda ölçülmüştür (Çizelge 1). Benzer çalışmalarda kuraklık stresi sonrasında bitkilerde sıcaklık değerlerindeki artışa paralel olarak fotosentez ve solunum dengesinin bozularak verim ve verim kayıplarına neden olduğu bildirilmiştir (Tunçtürk ve ark., 2021). Ekonomik değere sahip bitkilerde susuz veya yarı kurak yetiştiricilik bu kayıpların artışına neden olmaktadır. (Bat ve ark., 2017).

Askorbik asit miktarı üzerine R, PEG ve R x PEG uygulamalarının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Bu çalışma sonunda elde edilen Askorbik asit değerleri 13.55-20.96 ppm ASA arasında değişim görülmüştür (Çizelge 2). Bitkilerde strese tolerans mekanizmalarından birisi de askorbik asit içeriğidir. Hidrojen peroksidin enzimatik olarak nötralizasyonunda birincil substrat olarak rol oynayan suda çözülebilen bir antioksidant olarak bilinmektedir (Belgati, 2008). Bitki hücresinde bölünme, hücre duvarının kalınlaşması gibi bazı fonksiyonlarının olduğu bilinmektedir (Aqıl, 2008). Bu çalışmada stres şartlarında riboflavin dozlarına rağmen bazı araştırmacıların aksine askorbik asit değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim görülmemiştir.

Çizelge 2’de görüldüğü malondialdehit (MDA) üzerine R ve R x PEG uygulamalarının etkisi önemsiz, PEG uygulamasının ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Kuraklık stresi altında horoz ibiği bitkisinde en yüksek malondialdehit (MDA) değeri 8.69 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ile -1.5 MPa dozu uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise 5.67 $\mu\text{mol g}^{-1}$ olarak kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 2). Elde ettiğimiz bulgular ile benzer birçok çalışmada stresin şiddetine ve süresine bağlı olarak MDA değerlerinde artış tespit edilmiştir (Qing

ve ark., 2015; Kaya ve Doganlar, 2016). Çeşitli stres şartlarında oksidatif zararın bir belirtisi olarak lipid peroksidasyonun son ürünü olarak ortaya çıkan bir biyokimyasal maddedir. Van ekolojik koşullarında domates yerel ve hibrit çeşitler ile yürütülen bir çalışmada MDA içeriğinin kontrol grubuna göre % 3.22-103.35 oranında artışlar tespit edilmiştir (Alp ve Kabay, 2017). Bulgularımız benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile benzeştiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma sonucunda Riboflavin, PEG ve R x PEG uygulamalarının horoz ibiği bitkisinde nitrojen balans indeksi (NBI) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Riboflavin uygulamaları sonucunda en yüksek NBI değeri 57.87 mg g⁻¹ ile kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük sonuç 38.22 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. PEG ile oluşturulan kuraklık stresi sonunda elde edilen en yüksek NBI değeri 67.15 mg g⁻¹ ile -1.5 MPa uygulama dozundan en düşük değer ise 31.99 mg g⁻¹ olarak kontrol grubu uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2; Şekil 5). Çalışmada R x PEG uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek NBI değeri 86.40 mg g⁻¹ olarak R0 x P15 doz uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değer ise 27.60 mg g⁻¹ R10 x P0 dozunda tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada aynı sefa bitkisinde endofit bakterileri ile oluşturulan stres sonucunda azot balans indeksinin 25.17-70.56 mg g⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Şelem ve ark., 2023). Soya fasulyesinde yürütülen bir çalışmada kuraklık stresi karşısında azot balans indeks değerlerinin arttığı görülmüştür (Oral ve ark., 2021) soya fasulyesinde yaptığı çalışmada bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin bitkideki azot balans indeksi değerini kontrol grubuna kıyasla arttırdığını ve sonuçta erken olgunluğa neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında riboflavin uygulamalarının bu etkiyi azalttığı çoğu araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermiştir.



Şekil 5. Horoz ibiği bitkisinde R x PEG uygulamalarının azot balans indeksi üzerine etkisi

Figure 5. Effect of R x PEG applications on nitrogen balance index in amaranth plant.

Çizelge 2. Kuraklık stresinin fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi.**Table 2.** Effect of drought stress on physiological and biochemical characteristic

PEG 6000 Dozları	Riboflavin (B2)	KKA (g)	Sıcaklık (°C)	Askorbik asit (ppm ASA)	MDA (μmol g ⁻¹)	NBI (mg g ⁻¹)
Kontrol (P0)	R0 (kontrol)	1.48±0.02 c-f	23.77±0.09	14.37±0.05	7.68±1.68	29.85±5.86 j-l
	R01	2.27±0.26 a	23.73±0.63	19.42±0.04	5.68±0.15	34.73 ±2.15 h-j
	R05	1.59±0.22 c-e	23.97±0.55	13.83±0.04	5.35±0.41	38.63±4.95 g-i
	R10	2.10±0.27 ab	23.60±0.49	17.78±0.02	5.58±0.11	27.60±3.86 l
	R20	1.94±0.28 bc	23.87±0.29	16.96±0.02	4.06±1.15	29.13±2.85 kl
P0 Ort.		1.87 A	23.79 B	18.66	5.67 B	31.99 D
-0.5 MPa (P05)	R0 (kontrol)	0.99±0.28 e-h	23.83±0.18	17.65±0.03	8.65±0.26	42.87±5.21 e-g
	R01	1.46±0.03 d-f	23.80±0.30	15.46±0.04	6.52±1.08	37.87±5.55 f-i
	R05	1.54±0.20 c-e	24.63±0.12	18.10±0.06	6.39±2.20	43.60±2.13 ef
	R10	1.79±0.18 cd	24.73±0.10	17.96±0.03	7.94±3.32	33.80±2.14 ij
	R20	1.44±0.10 ef	24.77±0.54	18.42±0.01	8.65±1.15	31.90±2.51 jk
P05 Ort.		1.44 AB	24.35 AB	17.52	7.63 AB	38.18 C
-1.0 MPa (P10)	R0 (kontrol)	0.88±0.06 e-h	24.17±0.23	17.15±0.07	9.58±3.65	72.40±2.23 b
	R01	1.18±0.20 ef	24.67±0.09	15.10±0.05	7.29±0.63	45.83±1.76 e
	R05	1.05±0.19 e-g	24.63±0.12	16.69±0.04	7.06±7.86	56.97±3.79 cd
	R10	1.52±0.09 c-e	24.30±0.32	16.37±0.03	8.42±0.30	42.50±2.70 e-g
	R20	0.76±0.03 gh	24.83±0.42	20.96±0.09	9.35±5.25	39.40±1.36 f-h
P10 Ort.		1.07 B	24.51 A	17.25	8.34 A	51.42 B
-1.5 MPa (P15)	R0 (kontrol)	0.88±0.06 f-h	24.60±0.26	16.55±0.02	9.65±2.46	86.40±1.70 a
	R01	0.92±0.35 e-h	24.70±0.12	13.55±0.09	9.06±3.35	74.57±1.50 ab
	R05	1.00±0.21 e-g	24.73±0.09	15.55±0.08	8.84±0.15	61.53±2.48 c
	R10	0.75±0.21 gh	24.40±0.21	17.78±0.05	7.06±1.04	60.80±3.02 c
	R20	0.64±0.12 g-i	24.87±0.42	18.28±0.04	8.84±2.72	52.47±1.19 d
P15 Ort.		0.85 B	24.66 A	16.34	8.69 A	67.15 A
R Doz Ort.	R0 (kontrol)	1.05 C	24.46	16.43	8.89	57.87 A
	R01	1.45 AB	24.42	15.88	7.13	48.47 B
	R05	1.29 A-C	24.43	16.04	6.91	50.18 B
	R10	1.54 A	24.25	17.47	7.25	41.18 BC
	R20	1.22 BC	24.58	18.65	7.22	38.22 C
VK (%)		18.44	2.34	20.18	20.04	11.98
R		*	öd	öd	öd	**
PEG		**	**	öd	**	**
R x PEG		**	öd	öd	öd	**

*: p<0.05 düzeyinde önemlilik, **: p<0.01 düzeyinde önemlilik, öd: önemli değil. KKA: Kök kuru ağırlığı, MDA: Malondialdehit, NBI: Azot balans indeksi.

Klorofil oranı üzerine R ve R x PEG uygulamalarının etkisi önemsiz, PEG uygulamasının ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). PEG uygulaması sonucu oluşturulan kuraklık stresi şartlarında en yüksek klorofil oranı 38.38 SPAD ile kontrol uygulama dozundan elde edilmiştir. En düşük değer ise sırasıyla 33.35, 33.72 ve 30.75 SPAD değerleri ile kontrol, -0.5 MPa, -1.0 MPa ile -1.5 MPa doz uygulamaları sonucu elde edilmiştir (Çizelge 3). Araştırma sonuçlarına bakıldığında artan stres dozlarına paralel olarak klorofil değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Klorofil fotosentez olaylarında rol oynayan bir organel olduğu belirtilmiştir (Bat ve ark., 2017). Bitkilerdeki su bilançosundaki önemli bir azalma klorofil değerlerinde düşüşe ve sonrasında pigment oluşumunun gerilemesine neden olmaktadır (Virgin, 1965). Bulgularımız ile birçok araştırmacının sonuçları benzerlik göstermektedir. Yapılan birçok çalışmada kuraklık stresi altında klorofil miktarında azalışlar olduğu saptanmıştır (Binici ve ark., 2022; Demir ve Başayığit, 2022).

Araştırma sonunda flavonoid miktarı üzerine R ve PEG uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En yüksek Flavonoid miktarı 0.91 dx ve 0.90 dx olarak R10 ile R20 doz uygulamaları sonunda elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.66 dx ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Riboflavin uygulamalarının horoz ibiği bitkisinde Flavonoid içeriğini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Bitkide PEG ile oluşturulan kuraklık stresi sonunda Flavonoid miktarının sırasıyla 0.83, 0.91 ve 0.95 dx değerleri (-0.5 MPa, -1.0 MPa ve -1.5 MPa) ile aynı grupta yer aldıkları görülmüştür. En düşük değer ise 0.56 dx olarak kontrol doz uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 3). Biyotik ve abiyotik stres faktörleri bitkilerde verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir. Kuraklığın şiddetine ve süresine bağlı olarak antioksidant savunma mekanizmasını bozarak oksidatif strese bağlı zarar ortaya çıkmaktadır. (Kalefetoğlu, 2006). Domates, buğday ve çilekte kuraklık stresine bağlı olarak flavonoid karotenoid ve fenolik madde miktarında artış tespit edilmiştir (Aydiner, 2011; İlhan, 2016; Adak ve ark., 2018). Bitkiler stres kaynaklı oksidatif hasarı tolere etmek adına antioksidant enzim ve aktiviteleri artırdığı bildirilmiştir (Bat ve ark., 2017). Benzer şekilde riboflavin dozu uygulamalarının da benzer bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Anthosiyanın miktarı üzerine R, PEG ve R x PEG uygulamalarının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Bu çalışma sonunda elde edilen Anthosiyanın değerleri 0.02-0.05 dx arasında değişim görülmüştür (Çizelge 3). Flavonoidler gibi suda çözülebilen bir pigment olmasının yanında pH durumuna göre değişik renkler alabilir. Bitkide epidermal veya mezofil hücrelerinde yer alan vaküller içerisinde farklı stres şartlarına karşı bitkide farklı metabolitler olarak bilinmektedirler. Miktarları ve çeşitlerine göre bitkilere stres şartlarında mukavemet sağladıkları bilinmektedir (Aztekin ve Kasım, 2017). Elde ettiğimiz sonuçlara göre antosiyanın içeriğinin istatistiksel olarak önemsiz çıkmasında farklı stres şartlarında farklı bitki tür ve çeşitlerinin göstereceği tepkilerin farklı olabileceği düşünülmektedir.

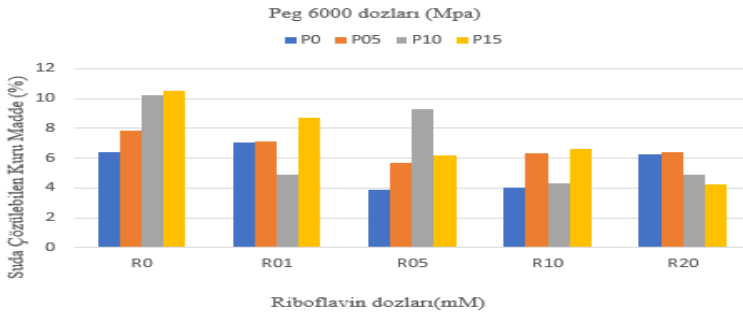
Çizelge 3. Kuraklık stresinin biyokimyasal özellikler üzerine etkisi.**Table 3.** *Effect of drought stress on biochemical characteristic*

PEG 6000 Dozları	Riboflavin (B2)	Klorofil SPAD	Flavonoid(dx)	Anth.(dx)	SÇKM (%)
Kontrol (P0)	R0 (kontrol)	37.13±2.02	0.41±1.60	0.04±0.03	6.40±0.03 fg
	R01	41.30±2.78	0.51±6.42	0.02±0.01	7.07±0.00 e
	R05	37.93±2.75	0.59±3.21	0.05±0.02	3.90±0.03 k1
	R10	37.70±1.84	0.64±2.54	0.02±0.00	4.00±0.21 k
	R20	37.83±2.22	0.66±8.42	0.04±0.03	6.23±0.00 g
P0 Ort.		38.38 A	0.56 B	0.03	5.52 C
-0.5 MPa (P05)	R0 (kontrol)	31.07±4.40	0.48±6.15	0.04±0.02	7.87±0.03 d
	R01	34.83±4.37	0.82±6.42	0.03±0.02	7.10±0.10 e
	R05	32.37±2.94	0.85±3.21	0.02±0.02	5.67±0.10 h
	R10	38.53±1.14	0.85±2.54	0.05±0.04	6.30±0.15 g
	R20	29.27±2.31	1.14±8.42	0.05±0.02	6.40±0.18 g
P05 Ort.		33.35 B	0.83 A	0.04	6.67 B
-1.0 MPa (P10)	R0 (kontrol)	34.77±2.34	0.87±0.53	0.04±0.01	10.20±0.06 ab
	R01	31.37±3.61	0.85±13.23	0.03±0.01	4.90±0.03 i
	R05	36.10±3.03	0.88±8.89	0.04±0.02	9.30±0.19 b
	R10	33.33±1.86	0.85±1.07	0.04±0.02	4.30±0.12 j
	R20	33.07±2.47	1.14±14.83	0.04±0.01	4.87±0.15 i
P10 Ort.		33.72 B	0.91 A	0.04	6.78 B
-1.5 MPa (P15)	R0 (kontrol)	30.80±2.35	0.89±3.61	0.05±0.02	10.5±0.06 a
	R01	31.00±1.68	1.08±1.20	0.03±0.03	8.73±0.18 c
	R05	31.17±3.13	0.83±4.94	0.09±0.04	6.17±0.10 g
	R10	28.87±1.82	0.97±12.22	0.08±0.02	6.63±0.21 f
	R20	31.93±1.19	1.00±5.45	0.02±0.03	4.27±0.24 j
P15 Ort.		30.75 B	0.95 A	0.05	7.20 A
R Doz Ort.	R0 (kontrol)	33.44	0.66 C	0.04	8.75 A
	R01	34.62	0.81 AB	0.03	6.95 B
	R05	34.39	0.78 B	0.05	6.25 C
	R10	34.60	0.90 A	0.05	5.30 D
	R20	33.20	0.91 A	0.04	5.44 D
VK (%)		13.80	21.92	18.21	3.52
R		öd	**	öd	**
PEG		**	**	öd	**
R x PEG		öd	öd	öd	**

*: p<0.05 düzeyinde önemlilik, **: p<0.01 düzeyinde önemlilik, öd: önemli değil.

SÇKM: Suda çözülen kuru madde miktarı.

Bu çalışma sonucunda Riboflavin, PEG ve R x PEG uygulamalarının horoz bitkisinde suda çözülür madde miktarı (SÇKM) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Riboflavin uygulamaları sonucunda en yüksek SÇKM oranı %8.75 ile kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değerler %5.30 ve % 5.44 olarak R10-R20 dozlarında ölçülmüştür. PEG ile oluşturulan kuraklık stresi sonunda elde edilen en yüksek SÇKM %7.20 ile -1.5 MPa uygulama dozundan en düşük değer ise %5.52 olarak kontrol grubu uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmada R x PEG uygulamalarında elde edilen en yüksek SÇKM oranı %10.53 ile R0 x P15 uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değer ise %3.90 olarak R05 x P0 dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 3; Şekil 6). Stresin dozuna bağlı olarak kontrol grubuna göre SÇKM oranları artarak dozlar arasında istatistiksel olarak önemli farklar ortaya çıkmıştır. Benzer çalışmalarda bitkiler stres şartlarına uyum gösterebilmek için ozmotik olarak aktif çözünen madde miktarını artırdığı belirtilmiştir (Munns ve Tester, 2008). Bazı tatlı sorgum çeşitlerinde yürütülen bir çalışmada suda çözünür kuru madde oranı (brix) % 13.36 ile % 20.40 arasında değiştiği bildirilmiştir (Öktem ve ark., 2021). Elde ettiğimiz bulgular ile diğer araştırmacıların sonuçları kıyaslandığında artan stresin şiddetine bağlı olarak SÇKM miktarlarındaki artışın olması neden-sonuç bağlamında benzerlik göstermektedir. Riboflavin doz uygulamalarının stres karşısında savunma mekanizmalarını aktivite hızını artırdığı bildirilmiştir (Taheri ve Tarighi 2010). Elde ettiğimiz sonuçlara göre kontrol grubuna göre SÇKM oranlarının azalmasında riboflavin dozları etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Horoz ibği bitkisinde R x PEG uygulamalarının suda çözülebilen kuru madde üzerine etkisi

Figure 6. Effect of R x PEG applications on water soluble solids in amaranth plant.

SONUÇ

Bu çalışmada horoz ibiği (*Amaranthus albus* L. bitkisinde PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresine karşı Riboflavin(B2) uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonunda bitkilerde gerek gelişme ve gerekse büyüme üzerinde olumlu etkilere sahip olan riboflavin uygulamalarının horoz ibiği bitkisinde kuraklık stresine maruz kalma aşamasında nasıl bir etki ortaya koyacağı hususunda gerek fizyolojik olarak ve gerekse biyokimyasal olarak bitkide bazı parametrelere bakılmıştır. Kuraklık stresi karşında riboflavin uygulamalarının kontrol uygulamalarına göre bitki boyu, kök uzunluğu, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, NBI, flavonoid ve SÇKM değerleri üzerine olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresine karşı riboflavin (B2) uygulamalarının hasar düzeyini azalttığı söylenebilir. Ancak daha gerçekçi sonuçlara ulaşabilmek için bu çalışmanın tarla şartlarında test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kuraklık stresine karşı benzer çalışmaların yürütülmesinin literatüre ve problemin çözümüne katkı sağlayacağı kanaati hâsıl olmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): RT(%50), EO(%10), MT(%30), TT(%10)

Veri Toplanması (Data acquisition): RT(%40), EO(%10), MT(%10), TT(%40)

Veri Analizi (Data analysis): RT(%40), EO(%30), MT(%20), TT(%10)

Makalenin Yazımı (Writing Up): RT(%30), EO(%40), MT(%15), TT(%15)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): RT(%10), EO(%70), MT(%10), TT(%10)

KAYNAKLAR

- Adak, N., Gubbuk, H., Tetik, N., 2018. Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. *J. Sci Food Agric.*, 98 (1): 304-311.
- Alegbejo, J.O., 2013. Nutritional value and utilization of *Amaranthus* (*Amaranthus* spp.) a review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 6 (1): 136-143.
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., Karanov, E. 2001. The effect of drought ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant, Cell and Environment* 24 (12): 1337-1344.
- Alp, Y., & Kabay, T. (2017). Kuraklık stresinin yerli ve ticari domates çeşitlerinde bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 86-96.
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agric. Res.*, 6: 2026-2032.
- Anonim, 2015. Amaranthaceae | plant family". *Encyclopædia Britannica* (Erişim tarihi: 13.02.2024).
- Aqıl, F., Afmad, I., Mehmood, Z., 2006. Antioxidant and free radical scavenging properties of twelve traditionally used Indian medicinal plants" *Turkish Journal of Biology*, 30:177-183.
- Arendt, E.K., Zannini, E., 2013. Cereal grains for the food and beverage industries. woodhead Publishing Series in Food Sciences, Technology and Nutrition. 248, Philadelphia, USA.
- Aydiner, E. 2011. Topraksız tarımda yetiştirme ortamının farklı nem düzeyinde yapılan sulamaların sera domatesi verim ve kaliteye etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aztekin, F., Kasım, R., 2017. Ultraviyole Işık ve Çevresel Stres Şatlarında Meyve ve Sebzelerde Antosiyanin Oluşumu Ve Değişimi. *Meyve Bilimi*, 1(Özel Sayı): 181-187.
- Bat, M., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., 2017. Kuraklık Stresi Altındaki Ekinazy (Echinacea purpurea L.)' da Deniz Yosununun Büyüme Parametreleri, Toplam Fenolik ve Antioksidan Madde Üzerine Etkisi. *YYÜ Tar Bil Derg (Yyu J Agr Sci)* 29 (3): 496-505.
- Belgati, S.M., 2004. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants. *African Journal of Plant Science*, 2:118-123.
- Belton, P. S., & Taylor, J. R. (Eds.). 2002. Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential. Springer Science & Business Media. 269.
- Benzie I.E.F., Strain J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239: 70-76.
- Berghofer, E., Schoenlechner, R., 2002. Grain amaranth. In Belton P, Taylor J: Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential. Springer-Verlag, 219-260 s.
- Binici, S., Çelik, C., Yildirim, F., Yildirim, A., 2022. Determination of the effect of harpin protein on NaCl salt stress in pistachio (Pistacia KSÜ Tarım ve Doğa Derg 26 (4), 778-787, 2023 KSU J. Agric Nat 26 (4): 778-787, Türk Doğa ve Fen Dergisi, 11(2), 141-150. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1120976>.
- Blum, A. 2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Aust. J. Agric. Res.* 56(11): 1159–68.
- Bressan, R. A., Hasegawa, P. M., & Handa, A. K. (1981). Resistance of cultured higher plant cells to polyethylene glycol-induced water stress. *Plant Science Letters*, 21(1), 23-30.
- Cerovic Z.G., Ghazlen N.B., Milhade C., Obert M., Debusson S. Moigne M.L., 2015. Nondestructive diagnostic test for nitrogen nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on dual-ex leaf-clip measurements in the field. *J Agric Food Chem*, 63 (14): 3669-3680
- Delfine, S., Tognetti, R., Loreto, F., & Alvino, A. (2002). Physiological and growth responses to water stress in field-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(6), 697-704.
- Demir, S., Başayığıt, L., 2022. Classification of some biochemical properties with J48 classification tree algorithms in hyperspectral data. *Veri Bilimi*, 5 (2): 20-28.
- Deng B, Jin X, Yang Y, Lin Z, Zhang, Y., 2014. The regulatory role of riboflavin in the drought tolerance of tobacco plants depends on ROS production. *Journal of Plant Growth Regulation* 72:269–277.
- Düzgüneş, O., Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F., 1987. Research and experimental methods. *Statistical Method II*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 1:1021-1295.
- Ercişli, S., Eşitken, A., Güleriyüz, M., 1999. The effect of vitamins on the seed germination of apricots. *Acta Hort*, 488: 437-440.
- Ergun, M., Özbay, N., Osmanoğlu, A., Çalkır, A., 2014. Sebze ve tahıl olarak amarant (*Amaranthus* spp.) bitkisi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (3): 21-28.

- Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid A., Cheema, Z. A., Cheema, M. A., Khaliq, A., 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine in improve drought tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *J. Agron. Crop Sci*, 194, 325-333.
- García-Martínez, J., Delgado-Ramos, L., Ayala, G., Pelechano, V., Medina, D.A., Carrasco, F., González, R., Andrés-León, E., Steinmetz, L., Warringer J., Chávez, S., Pérez-Ortín, J.E., 2015. The cellular growth rate controls overall mRNA turnover and modulates either transcription or degradation rates of particular gene regulations. *Nucleic Acids Research* 44:3643-3658.
- Ghur, A., Marcus, A., Alfons, R.W., 2017. Vitamin B2(riboflavin) increases drought tolerance of *Agaricus bisporus*. *Mycologia*, 109(6):860-873.
- Güneri B.E., 2010. Nohut Çeşitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi. PhD Thesis. Ankara University (unpublished), Turkey.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The Water Culture Method for Growing Plants without Soil. California Agricultural Experiment Station Circular, 347-461.
- Ilhan, V., 2016. *Ave* Apinen Monoterpenlerinin buğdayda (*Triticum aestivum* L.) kuraklık toleransı üzerine etkileri Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ingram J., Bartels D., 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 47:377-403.
- Kalefetoğlu, T., 2006. Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşit ve hatlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılığının karakterizasyonu (yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara
- Kaya, A., Dogaňlar, Z.B., 2016. Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 124:470-479.
- Keskin, B., Temel, S., Çakmakçı, S., Tosun R., 2021. Bazı Horoz İbiği (*Amaranthus spp.*) Çeşitlerinin Kurak ve Sulu Şartlardaki Tohum Verimleri ve Verim Unsurları Üzerine Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 52 (1): 11-19.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Ateş, Ç., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2018. Tuzluluk ve su noksanlığı stresi altında yetiştirilen farklı patlıcan anaç/kalem kombinasyonlarında bazı meyve kalite özelliklerine ait değişimler. *Derim*, 5(2):111-120.
- Manzoni, S., Schimel, J. P., & Porporato, A. (2012). Responses of soil microbial communities to water stress: results from a meta-analysis. *Ecology*, 93(4), 930-938.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7:405-410.
- Mori, T., Sakurai, M., 1995. Effects of riboflavin and increased sucrose on anthocyanin production in suspended straw-berry cell cultures. *Plant Science* 110:147-153
- Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Physiology*, 59:651-681.
- OAC, 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., Arlington VA, pp. 1058-1059.
- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., 2021. The effect of rhizobacteria in the reducing drought stress in soybean (*Glycine max* L.). *Legume Research An International Journal*, 44(10): 1172-1178.
- Öktem, A., Demir, D., Öktem, A.G., 2021. Geç olgunlaşma süresine sahip bazı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor var. saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin tane verimi ve biyoyakıt öğelerinin belirlenmesi Anadolu Tarım Bilim. Dergisi, 36:488-500.
- Özaslan, C., Kendal, E., 2014. Lice domatesi üretim alanlarındaki yabancı otların belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4 (3): 29-34.
- Qing, X., Zhao, X., Hu, C., Wang, P., Zhang, Y., Zhang, X., Wang, P., Shi, H., Shi, H., Jia, F., Qu, C., 2015. Selenium alleviates chromium toxicity by preventing oxidative stress in cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. Pekinensis) leaves. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 114: 179-189.
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, J., Luyck M., Cazin M., Cazin J.C., Bailleul F., Trotin F., 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *J Ethnopharmacol*, 72: 35-40.
- Rastogi, A., Shukla, S., 2013. Amaranth: A new millennium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53: 109-125.
- Sani, B., Farahani, H. A., 2010. Effect of P2O5 on coriander induced by AMF under water deficit stress. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2 (4): 52-58.
- Şelem, E., Uçar, C.P., Tunçtürk, R., Akköprü, A., Tunçtürk, M., 2023. Aynisefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin Kimyasal, Fizyolojik ve Morfolojik Gelişim Parametreleri Üzerine Bazı Endofitik Bakterilerinin etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3): 200-307.
- Sevindik, B., 2021. Farklı Dozlarda PEG 6000 Uygulamalarının Safranda İn Vitro Rejenerasyona Etkileri. *Turkish Journal of Forest Science* 5(2): 408-417.

- Shakiba, M.R., Dabbagh, A., Mohammadi, S.A., 2010. Effects of drought stress and nitrogen nutrition on seed yield and proline content in bread and durum wheat genotypes. *Journal of Food, Agriculture Environment*, 8(3&4): 857-860.
- Sivritepe, N., Ertürk, U., Yerlikaya, C., Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., 2008. Response of the cherry root stock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum*, 52 (3): 573-576.
- Taheri, P., Tarighi, S., 2010. Riboflavin induces resistance in rice against *Rhizoctonia solani* via jasmonate-mediated priming of phenylpropanoid pathway. *Journal of Plant Physiology* 167:201-208.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Oral, E., 2021. Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesinin (*Glycine max* L.) Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine *Rizobacterium* (PGPR) Uygulamalarının Etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 9 (2): 359-368.
- Ülker, M., Oral, E., Altuner, F., Özdemir, B., Salihi, S. J., Demiratmaca, Ş., 2022. Non-Cereal Grain. *Advance Studies In Science*. ISPEC Yayın Evi: 1-18.
- Virgin, H. I., 1965. Chlorophyll formation and water deficit. *Physiologia Plantarum*, 18(4): 994-1000.
- Yarnia, M., Khorshidi Benam, M.B., Farajzadeh Memari Tabrizi, E., Nobari, N., Ahmadzadeh, V., 2011. Effect of planting dates and density in drought stress condition on yield and yield components of amaranth cv. Koniz. *Advances in Environmental Biology*, 5 (6): 1139-1149.



The Effect of Putrescine and Modified Atmosphere Packaging (MAP) Treatments on Fruit Quality Characteristics of Strawberry (Kabarla cultivar) During Cold Storage

Soğuk Depolama Sırasında Çilek (Kabarla Çeşidi) Meyve Kalite Özellikleri Üzerinde Putresin ve Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Uygulamalarının Etkisi

Ferhat OĞURLU¹, Hikmet OĞURLU², Ceyda Kızgın ÖZCENGİZ³, Emine KÜÇÜKER⁴, Erdal AĞLAR⁵

¹GAP International Agricultural Research and Training Center, Diyarbakır, Türkiye
· ferhat.ogurlu@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-6185-0397

²Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Siirt, Türkiye
· hikmet.ogurlu@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0009-0001-5256-9405

³GAP International Agricultural Research and Training Center, Diyarbakır, Türkiye
· ceyda.kizginozcengiz@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-5308-2607

⁴Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Siirt, Türkiye
· emine.kucuker@siirt.edu.tr · ORCID > 0000-0002-4198-6262

⁵Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Van, Türkiye
· erdalaglar@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-4199-5716

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 22 Mart/March 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 28 Ağustos/August 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 515-526

Atıf/Cite as: Oğurlu, F., Oğurlu, H., Özcengiz, C. K., Küçüker, E., Ağlar, E. "The Effect of Putrescine and Modified Atmosphere Packaging (MAP) Treatments on Fruit Quality Characteristics of Strawberry (Kabarla cultivar) During Cold Storage" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 515-526.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine KÜÇÜKER

THE EFFECT OF PUTRESCINE AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING (MAP) TREATMENTS ON FRUIT QUALITY CHARACTERISTICS OF STRAWBERRY (KABARLA CULTIVAR) DURING COLD STORAGE

ABSTRACT

Strawberry is a fruit species that must be harvested at full ripening and at the same time has an extremely short shelf life and deteriorates rapidly. Therefore, it is important to extend the shelf life after harvest. In this study, putrescine and modified atmosphere packaging (MAP) were applied during cold storage in order to maintain the quality and extend the shelf life of strawberry fruit. The commercial ripening fruit were treated with 1 mM putrescine and stored in MAP for 20 days. The quality characteristics such as weight loss, soluble solids content, titratable acidity, fruit color, organic acid and phenolic content were measured and analyzed on days 4, 8, 12, 16 and 20 of storage. At the end of 20 days of the cold storage, the highest weight loss was in control treatment (%). The decrease in soluble solids content (SSC) and titratable acidity (TA) values during cold storage was slowed down by MAP and putrescine treatments. Organic acids and phenolic compounds were significantly affected by storage time and MAP and putrescine treatments. After 20 days of the cold storage, citric acid (748.91 mg 100 g⁻¹) and malic acid (258.34 mg 100 g⁻¹), which were determined as basic organic acids, were highest in putrescine treatment. Shikimic acid (0.77 mg 100 g⁻¹) and isocitric acid (112.58 mg 100 g⁻¹) as phenolic compounds were highest in MAP and MAP+ putrescine treatments, respectively. These results revealed that the application of putrescine and modified atmosphere packaging (MAP) during cold storage significantly extends the market life of strawberries by preserving their quality attributes.

Keywords: Phenolic Compounds, Organic Acids, Soluble Solids Content, Weight Loss.



SOĞUK DEPOLAMA SIRASINDA ÇİLEK (KABARLA ÇEŞİDİ) MEYVE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE PUTRESİN VE MODİFİYE ATMOSFER PAKETLEME (MAP) UYGULAMALARININ ETKİSİ

ÖZ

Çilek tam olgunlaştığında hasat edilmesi gereken ve aynı zamanda raf ömrü son derece kısa olan ve hızla bozulan bir meyve türüdür. Bu nedenle hasat sonrası

raf ömrünün uzatılması önemlidir. Bu çalışmada, çilek meyvesinin kalitesini korumak ve pazar ömrünü uzatmak amacıyla soğuk depolama sırasında putresin ve modifiye atmosfer paketlenme (MAP) uygulanmıştır. Ticari olgunlaşan meyveler 1 mM putresin ile muamele edilmiş ve 20 gün boyunca MAP içinde depolanmıştır. Ağırlık kaybı, çözünür katı madde içeriği, titre edilebilir asitlik, meyve rengi, organik asit ve fenolik içerik gibi kalite özellikleri depolamanın 4, 8, 12, 16 ve 20. günlerinde ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Soğuk depolamanın 20. gününün sonunda en yüksek ağırlık kaybı kontrol uygulamasında (%) gerçekleşmiştir. Soğuk depolama sırasında SSC ve TA değerlerindeki düşüş MAP ve putresin uygulamaları ile yavaşlatılmıştır. Organik asitler ve fenolik bileşikler depolama süresi ile MAP ve putresin uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Soğuk depolamanın 20. gününden sonra, bazı organik asitler olarak belirlenen sitrik asit (748,91 mg 100 g⁻¹) ve malik asit (258,34 mg 100 g⁻¹) putresin uygulamasında en yüksekti. Fenolik bileşiklerden şikimik asit (0.77 mg 100 g⁻¹) ve izositrik asit (112.58 mg 100 g⁻¹) sırasıyla MAP ve MAP+ putresin uygulamalarında en yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, çileklerin soğuk depolama sırasında putresin ve modifiye atmosfer paketlenme (MAP) uygulamalarının, kalite özelliklerini koruyarak pazar ömrünü önemli ölçüde uzattığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Fenolik Bileşikler, Organik Asitler, Çözünebilir Katı Madde İçeriği, Ağırlık Kaybı.



1. INTRODUCTION

Strawberry that consumed as a table food, increases the interest of producers in the fruit due to its important health effects and the fact that it can be processed in various ways in different industrial sectors. It is especially preferred in jam, marmalade and ice cream production. The fact that strawberry fruit contains high amounts of vitamin C and phenolic compounds increases the interest in the fruit (Aaby et al., 2005).

Worldwide, it is known that fresh fruit and vegetables suffer a loss of approximately 25-30% from the field to the table. For this reason, the storage of the more perishable products in appropriate conditions and the technologies used in transportation processes play a major role in preventing the loss of products until the consumer (Khosroshahi et al., 2007).

Strawberries have a soft fruit structure without a protective outer skin. Therefore, it is important to maintain its quality after harvest. Various factors such as microorganisms, enzymes, biochemical reactions, light can cause it to lose its nutritional values and pose a health risk. It requires the preservation of products

in cold storage and the successful management of this process. This depends on a good knowledge of plant and crop physiology both pre-harvest and post-harvest (Hashmi et al., 2013).

The various methods have been used to date to extend the shelf life of strawberries at postharvest. These methods include *Aloe vera* (Sogvar et al., 2016), putrescine (Zafari et al., 2015) and 1-MCP (Jiang et al., 2001) MAP (Belay et al., 2016).

Polyamines are known as natural compounds found in almost all living organisms, playing important roles in many physiological processes such as cell growth and development. Polyamines commonly found in plant cells are putrescine (diamine), spermidine (triamine) and spermine (tetramine). Putrescine, which delays the removal of the epicuticular waxes that protect the membrane integrity of the fruit and play an important role in water exchange from the peel, can be used to extend the storage period and shelf life (Khosroshahi et al., 2007).

Modified atmosphere packaging (MAP) can extend the storage life of products and contribute to the prevention of product losses (Belay et al., 2016; Peano et al., 2017; Falagán and Terry, 2018). By controlling the respiration rate and gas permeability of the product with MAP applications, an atmosphere close to the optimal storage atmosphere recommended to maintain fruit quality and safety is achieved (Guillaume et al., 2010).

The aim of this study was to determine the effects of Putrescine and MAP treatments on some quality parameters of strawberry fruit during cold storage.

2. MATERIAL AND METHOD

This study was carried out with 'Kabarla' strawberry (*Fragaria vesca*) cultivar hand-harvested from the producer orchard in Diyarbakır province in 2023. Kabarla is a neutral day strawberry variety that produces large, firm, sweet, and bright red fruit. It begins to bear fruit with very little delay compared to other neutral day varieties and continues to produce fruit for an extended period. It bears fruit throughout the summer in highland regions. Its yield is also very good in coastal areas, making it a high-yielding variety. The harvested samples were kept in cold storage and quickly transferred with refrigerated vehicle (15 ± 0.5 °C and $80\pm5\%$) to the laboratory of GAP International Agricultural Research and Training Center Directorate (GAPUTAEM). Some of the fruit were used for harvest time analysis and the rest were divided into 4 groups. The control group was applied with water only, the second group fruit were immersed in putrescine for 15 min, the third group fruit were immersed in putrescine for 15 minutes and then placed in MAP packages and the fourth group fruit were placed in MAP packages without any treatment and stored in cold storage (0 °C and 90% relative humidity) for 4, 8, 12,

16 and 20 days. The fruit at the end of the storage period were analyzed and stored at -20 °C for organic acid and phenolic compounds analysis. The research was designed according to completely randomized block design with three replications. For each replicate, 10 fruit were used.

2.1 Weight loss, Soluble Solids Content and Titratable Acidity

Weight loss was measured using a digital scale (± 0.01 g) (Radwag PS 4500/C/1, Poland) for the fruit designated for each analysis period (3 rep). Weight loss was determined as the difference between the initial and final weights. The measurement values were expressed as a percentage (%). Five fruit in each replication were washed with distilled water. Fruit were homogenized by a blender (Promix HR2653, Philips, Turkey) and the homogenate was filtered through cheesecloth, to obtain juice filtrate. SSC was determined with a digital refractometer (Atago PAL-1, USA) and recorded as a percentage (%). pH was determined with pH meter. For TA measurement, 10 mL of distilled water was added to 10 mL of juice. Then 0.1 N sodium hydroxide (NaOH) was added until the solution's pH reached 8.2. Based on the amount of NaOH consumed in titration, titratable acidity was determined and stated as g malic acid kg^{-1} . For vitamin C measurement, 0.5 mL juice was added to 5 mL of 0.5 % oxalic acid

2.2. Color Characteristics

Fruit color values were measured on the 4th, 8th, 12th 16th and 20th days of the storage period. The color characteristics were determined with a colorimeter (Minolta, model CR-400, Tokyo, Japan) from three different points on the equatorial section of fruit skin. The CIE L^* , a^* and b^* values of fruit skin color were determined.

2.3. Organic Acids

5 g fruit was homogenized with sulfuric acid and centrifuged. Extraction was passed through a 0.45 μm membrane filter (Millipore Millex-HV Hydrophilic PVDF, Millipore, USA) and SEP-PAK C18 cartridge. The acids were analyzed in high performance liquid chromatography (HPLC) with Aminex HPX - 87 H, 300 mm x 7.8 mm column (Bevilacqua and Califano 1989).

2.4. Phenolic Compounds

Rodriguez-Delgado et al. (2001) was used for the determination of phenolic compounds. 5 g fruit was homogenized, diluted with distilled water and centrifuged. The extract was filtered with a 0.45 μm millipore filter and transferred to HPLC. Chromatographic separation was performed on Agilent 1100 HPLC system, using a DAD detector and a 250*4.6 mm, 4 μm ODS column.

2.5. Statistical Analysis

The normal distribution control of the data obtained from the study was done by Kolmogorov-Smirnov test and the homogeneity control of variances was done by Levene test. Descriptive statistics are given as mean and standard error. Data analysis was done by analysis of variance. Differences between groups were determined by Tukey's multiple comparison test. SAS package program (SAS 9.1 version, USA) was used for statistical analysis. The level of significance was considered as $\alpha=5\%$ in statistical analyzes.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Weight loss, Soluble Solids Content and Titratable Acidity

One of the most important quality characteristics during storage is weight loss. In the study, it was determined that weight loss increased during the storage period. The highest weight loss occurred in control fruit stored for 20 days (6.55%). At the end of the cold storage, MAP+Putrescine was the most effective at reducing weight loss (0.81%). Weight loss occurred in all treatments during storage. These losses were the lowest in the MAP treatment on 4th and 8th days of the cold storage and in the MAP+Putrescine treatment on 12th, and 16th and 20th days (0.42, 0.46, 0.68%, respectively) (Table 1). Weight loss, which occurs as a result of water evaporation through fruit transpiration, increases with storage time and may cause economic losses (Kader and Yahia 2011). The 3-10% weight loss in fruit after harvest is due to water loss due to transpiration and respiration, which varies depending on the cuticle and physical properties of the fruit (Ben-Yehoshua and Rodov, 2002). Post-harvest applications such as MAP, spermidine, putrescine are effective in delaying cell wall degradation, reducing respiration and reducing weight loss (Onik et al., 2020; Rastegar et al., 2020). The low weight loss occurring in polyamine-applied fruit can be attributed to stabilization and consolidation of cell integrity and permeability of tissues (Champa et al., 2014). Putrescine application can reduce the permeability of tissues, maintain cell integrity and reduce fruit weight loss (Fawole et al., 2020). Previous studies were reported that putrescine applications decreased the weight loss in fruit species including peach (Kibar et al., 2021; Bregoli et al., 2016) plum (Serrano et al., 2003), lemon (Valero et al., 1998), strawberry (Khosroshahi et al., 2007), mango (Jawandha et al., 2012), apricot (Martinez-Romero et al., 2002; Davarynejad et al., 2013) and mandarin (Ennab et al., 2020). It is reported that the respiration rate decreases with MAP application, thus increasing the duration of cold storage (Nielsen and Leufvén, 2008). Ozturk et al. (2019) found that modified atmosphere packaging application significantly reduced the weight loss in black cherry, Islam et al. (2022) in jujube, Cantin et al. (2008) in Japanese plums. As fruit ripen, titratable acidity decreases and SSC content increases. The SSC content of the fruit applied with MAP on 4th day at cold storage was higher than the

other applications, and the difference was significant. During the following storage period, the SSC value in the fruit decreased during cold storage and the control fruit had lower SSC at the end of the storage period. TA decreased during storage and control fruit had lower TA values than putrescine applied fruit (Table 1).

The decrease in SSC and TA content of strawberry fruit during cold storage may be due to metabolic changes and utilization of respiratory substrate (Ngunyen et al. 2020). SSC and titratable acidity, which are important harvest criteria in fruit, are the main quality characteristics that determine the storage period of the fruit (Mahto and Das, 2013). However, during the postharvest storage process, acid metabolism causes the conversion of starch and acid to sugars, leading to a decrease in titratable acidity and an increase in SSC (Duan et al., 2011). This can accelerate the progression of the ripening process in fruit. Putrescine can inhibit these degradation processes occurring in fruit and delay the chemical changes of fruit ripeness (Jongsri et al., 2017). Studies in different fruit species show that increases and decreases in the SSC content are often associated with an increase in the respiration rate. This is attributed to events such as the conversion of sugar to CO₂ and H₂O, the conversion of starch to sugar, the reduction of fruit water content and the breakdown of polysaccharides in the cell wall (Martinez-Romero et al., 2006; Díaz-Mula et al., 2012). Hazrati et al. (2017) reported that MAP application decreased TA content in peach and Islam et al. (2022) reported that MAP application decreased TA content in jujube fruit but presented higher TA content than control fruit. Ozturk and Aglar (2019) observed that MAP application increased the SCC content in cornelian cherry fruit.

Table 1. Effect of MAP and Putrescine applications on weight loss, soluble solids content and titratable acidity of strawberry fruit during storage

Applications		Storage Time (day)					
		Harvest	4	8	12	16	20
Weight Loss (%)	Control		0.62±0.03a	2.11±0.14a	5.01±2.82a	5.21±2.47a	6.55±0.76a
	MAP		0.16±0.00c	0.25±0.90c	0.44±0.14c	0.54±0.09c	0.81±0.17c
	Putrescine		0.38±0.10b	1.13±0.16b	3.14±1.26b	3.45±0.76b	3.52±1.60b
	MAP+Put		0.20±0.04c	0.36±0.10c	0.42±0.07c	0.46±0.02d	0.68±1.38d
SSC (%)	Control	10.58	9.57±0.41ab	9.04±0.73a	8.73±0.87b	8.13±0.43b	7.73±0.64b
	MAP		10.17±0.27a	9.13±0.32a	9.13±0.52a	8.77±0.53a	8.13±0.33a
	Putrescine		9.58±0.40ab	9.43±0.52a	9.33±0.66a	8.47±0.39a	8.40±0.51a
	MAP+Put		9.27±0.38b	9.13±0.52a	9.00±0.79a	8.60±0.43a	8.13±0.40a
TA (%)	Control	1.07	0.79±0.03b	0.75±0.01c	0.73±0.06b	0.70±0.03c	0.65±0.44c
	MAP		0.91±0.02a	0.86±0.02a	0.85±0.04a	0.75±0.03a	0.75±0.02b
	Putrescine		0.83±0.01ab	0.78±0.01b	0.77±0.04b	0.76±0.04a	0.77±0.02a
	MAP+Put		0.90±0.05a	0.82±0.02ab	0.81±0.01ab	0.74±0.06bc	0.73±1.02b

Means in columns with the same letter do not differ according to Tukey's test at P<0.05

3.2. Fruit Color (L, a*, b*)

L* values in MAP and putrescine applied fruit generally increased during the storage period. On the 20th day of the storage period, MAP+Putrescine application exhibited the highest L* value at all times with 25.66 and showed a significant difference compared to the other applications at the same time. On the 4th, 8th and 12th days of cold storage, a values were statistically similar in all treatments. On the 16th day of the cold storage, the control group had the lowest value. On the 20th day of the cold storage, the values of the control group were lower than the values of the other applications. b* value had similar values in all applications on the 4th and 12th days. At the end of the cold storage, the highest value was measured in MAP+Putrescine application with 44.09. Fruit color is an important quality characteristic that affects consumer preferences as well as an indicator of ripeness for many fruit species. In the post-harvest period, the color changes are observed in the fruit with the ripening process and it is of great importance to control these changes. In our study, it was observed that MAP, putrescine and MAP+Putrescine applications slowed down fruit ripening and therefore the color change was lower (Table 2). Ozturk et al. (2019) found that L* value was higher in a study in which MAP treatments were applied to blackcurrant fruit. Ozturk et al. (2022) found that physiological and biochemical changes in MAP applied medlar fruit during storage were less and fruit color was preserved.

Table 2. Effect of MAP and Putrescine applications on color characteristics of strawberry fruit during storage

Applications		Storage Time (day)					
		Harvest	4	8	12	16	20
L	Control	25.72	17.43±3.34a	18.44±0.16ab	25.48±1.58a	16.19±0.84b	23.82±2.71ab
	MAP		16.64±0.87a	17.59±1.55b	21.60±2.91a	17.31±2.24b	22.81±0.59ab
	Putrescine		21.53±3.59a	21.07±1.69ab	23.53±1.50a	21.81±1.98b	21.65±1.65ab
	MAP+Put		17.64±3.20a	24.19±3.66a	24.59±2.34a	23.09±0.92ab	25.66±1.55a
a*	Control	53.80	43.56±2.87a	43.91±1.21a	43.52±3.99a	37.58±1.87c	39.85±3.01b
	MAP		44.27±0.87a	44.51±1.31a	45.24±2.15a	41.82±1.77b	50.94±0.47a
	Putrescine		42.31±3.59a	42.59±2.33a	45.20±1.87a	46.34±1.53ab	48.40±1.81a
	MAP+Put		45.27±3.30a	47.43±1.14a	49.09±1.99a	49.66±0.82a	51.25±1.79a
b*	Control	46.71	29.89±5.75a	31.64±1.21ab	33.30±2.97a	24.88±1.59c	35.44±3.51b
	MAP		28.55±1.50a	30.17±1.31b	33.74±2.45a	29.61±3.88bc	39.17±1.03ab
	Putrescine		32.21±5.76a	35.37±2.33a	38.39±3.54a	38.81±1.05a	39.56±2.84ab
	MAP+Put		30.27±5.50a	36.39±1.14a	42.25±4.03a	37.94±2.04ab	44.09±2.67a

Means in columns with the same letter do not differ according to Tukey's test at P<0.05

3.3. Organic Acids (mg 100 g⁻¹)

The changes in the organic acid content of strawberry fruit during storage were analyzed in terms of three different acids. Citric acid, malic acid and succinic acid were the main organic acids detected in strawberry fruit. The fruit were found to have the highest content of citric acid, malic acid and succinic acid, respectively (Table 3). All organic acids were found to be significantly affected by putrescine and MAP applications. The amount of organic acids decreased during storage and the highest decrease was observed after 20 days of storage (Table 3). Citric acid values were highest in putrescine application with 748.91 and lowest in control group with 577.10 at the end of the storage period. Malic acid values showed the lowest value in the control group on the 20th day of the storage period. Succinic acid values were significantly higher in MAP+Putrescine treatments on the 12th and 16th days. After 20 days of the cold storage, putrescine application provided the best protection in citric and malic acid values, while MAP+putrescine application was the best protection in succinic acid values. The highest decrease in all organic acid values at all times was found in control fruit (Table 3). Polyphenols are secondary metabolites that improve the quality of fruit and vegetables and contribute to the defense mechanism of plants. These components affect the quality characteristics of fruit such as firmness, taste, bitterness and color and also have antioxidant properties (Sreekumar et al., 2014). A decrease in acidity occurs during the fruit ripening process because organic acids are used as substrates for the respiration process and the amount of organic acids decreases as the respiration rate increases. Hormone-like treatments such as polyamines and salicylic acid can slow down the decrease in acidity in fruit and maintain the amount of organic acids in fruit by slowing down the ripening process (Patel et al., 2019; Liu et al., 2019). Jongsri et al. (2017) reported that putrescine application increased acidity in mango.

Table 3. Effect of MAP and Putrescine applications on organic acids of strawberry fruit during storage (mg 100 g⁻¹)

Applications		Storage Time (day)					
		Harvest	4	8	12	16	20
Citric acid	Control	652.44	566.06±20.12d	563.60±20.30d	592.28±18.10d	586.62±4.01d	577.10±2.98d
	MAP		643.79±15.36c	656.05±9.54c	658.23±7.17c	646.79±5.33c	600.41±14.95c
	Putrescine		844.78±6.63b	755.91±8.97b	752.26±23.17a	754.65±4.61a	748.91±5.91a
	MAP+Put		994.08±7.56a	794.85±9.01a	666.74±3.48b	654.08±4.19b	653.10±2.69b
Malic acid	Control	245.00	301.41±5.51c	263.10±6.38c	255.76±5.02d	247.45±2.18d	211.45±1.96d
	MAP		337.36±6.37a	287.48±5.61b	277.36±6.54c	277.19±3.55c	241.33±4.43c
	Putrescine		325.01±4.20b	303.33±5.56a	304.31±6.73a	298.96±2.28a	258.34±2.35a
	MAP+Put		341.15±5.90a	288.16±5.63b	295.26±2.64b	287.54±3.62b	251.33±1.98b

	Control		82.54±4.21c	73.58±2.46c	69.89±1.41c	59.25±1.21d	33.63±0.62d
Succinic acid	MAP	58.00	95.51±5.49b	94.75±1.14b	92.15±2.75b	90.56±1.20b	80.54±1.63a
	Putrescine		98.70±1.61b	93.08±1.23b	90.83±2.98b	68.86±0.68c	40.78±0.73c
	MAP+Put		114.33±1.26a	114.56±1.28a	125.18±0.75a	124.13±1.36a	43.80±0.74b

Means in columns with the same letter do not differ according to Tukey's test at $P<0.05$

3.4. Phenolic Compounds (mg 100 g⁻¹)

Phenolic compounds are important compounds affecting the taste and color formation of fruit. Phenolic compound contents of strawberry fruit were analyzed during storage and shikimic acid and isocitric acid contents were determined. It was determined that MAP and Putrescine applications significantly affected the amount of phenolic compounds in the fruit. Isocitric acid values increased in all applications on the 4th and 8th days of storage and decreased in all applications except MAP on the 12th day. At the end of the cold storage, MAP+putrescine application had the highest value and control group had the lowest value. Shikimic acid values increased on the 4th day of the cold storage and decreased on the 8th day in all applications except MAP. On day 12th, there was an increase in control and MAP applications, while on days 16th and 20th, there was a decrease in all applications and MAP application gave significantly higher values (Table 4). Polyamines such as spermidine and putrescine are used to improve fruit quality by increasing the levels of beneficial compounds such as natural antioxidants, phenolics, flavor compounds, polyphenols and soluble solids (Liu et al., 2019). These compounds can also lead to an increase in the content of compounds such as anthocyanins, phenols, flavonoids (Pang et al., 2020; Wang et al., 2020; Xia et al., 2020).

Table 4. Effect of MAP and Putrescine applications on phenolic compounds of strawberry fruit during storage (mg 100 g⁻¹)

Applications		Storage Time (day)					
		Harvest	4	8	12	16	20
Shikimic acid	Control	0.64	0.72±0.01d	0.71±0.04d	1.03±0.01c	0.55±0.03d	0.30±0.02c
	MAP		0.92±0.00c	0.81±0.01c	1.23±0.03a	0.85±0.01b	0.77±0.01a
	Putrescine		1.09±0.01a	0.91±0.01b	0.91±0.02cd	0.64±0.01c	0.40±0.01b
	MAP+Put		1.06±0.01b	1.35±0.05a	1.13±0.02b	1.16±0.03a	0.44±0.01b
İzocitric acid	Control	110	110.57±0.32d	112.41±2.61d	108.08±0.66c	111.06±1.47d	89.09±1.82d
	MAP		117.55±0.47c	117.72±1.77c	120.10±0.81a	117.54±2.28c	98.27±2.06c
	Putrescine		127.58±0.49a	128.81±0.65b	105.40±1.21cd	127.64±1.15b	108.40±1.05b
	MAP+Put		125.60±0.31b	147.41±1.45a	113.66±2.34bc	170.03±1.71a	112.58±1.01a

Means in columns with the same letter do not differ according to Tukey's test at $P<0.05$

4. CONCLUSION

The study aimed to evaluate the effects of MAP, putrescine, and MAP+Putrescine applications on the storage performance of strawberry fruit. According to the results of the study; in terms of fruit weight loss, MAP, Putrescine and MAP+-Putrescine applications extended the shelf life of the fruit, and these applications significantly reduced fruit weight loss. The lowest weight loss values were observed in MAP+Putrescine application and the highest weight loss was observed in putrescine applications during storage period.

In strawberry fruit, MAP, putrescine and MAP+ Putrescine applications all did not delayed ripeness and the lower SSC in control, but the higher titratable acidity values were found with MAP, putrescine and MAP+ Putrescine applications. It was observed that MAP, putrescine and MAP+ Putrescine applications slowed down ripening and therefore color change was lower. In strawberry fruit, MAP, putrescine and MAP+ Putrescine applications caused changes in the ratio of organic acids and individual phenolic compounds during storage, and these changes varied depending on the type of organic acids and individual phenolics. In general, organic acids and individual phenols decreased in all applications, while the significantly maintained their values compared to the control. As a result, it was concluded that MAP, putrescine and MAP+ Putrescine applications can be used effectively to delay ripeness and maintain quality in strawberry fruit during cold storage.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: FO (20%), HO (5%), CKO (10%), EK (40%), EA (25%)

Data Acquisition: FO (30%), HO (10%), CKO (30%), EK (20%), EA (10%)

Data Analysis: FO (25%), HO (20%), CKO (25%), EK (15%), EA (15%)

Writing up: FO (5%), HO (20%), CKO (5%), EK (50%), EA (20%)

Submission and Revision: FO (15%), HO (10%), CKO (15%), EK (30%), EA (30%)

REFERENCES

- Aaby, K., Skrede, G., Wrolstad, R. E. 2005. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). Journal of Agricultural and Food chemistry, 53(10), 4032-4040.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., Opara, U. L., 2016. Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce: A review. Food Packaging and Shelf Life, 10, 1-15.
- Ben-Yehoshua, S. and Rodov, V., 2002. Transpiration and water stress. In J. Barz, & J. K. Brecht (Eds.), Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables, 111-159.
- Bevilacqua, A. E., Califano, A. N., 1989. Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. Journal of Food Science, 54(4), 1076-1076.
- Bregoli A.M., Ziosi V, Biondi S., Claudio B., Costa G., Torrigiani P., 2016. A comparison between intact fruit and fruit explants to study the effect of polyamines and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on fruit ripening in peach and nectarine (*Prunus persica* L. Batch), Postharvest Biology Technology, 42(1), 31-40.
- Cantín, C.M., Crisosto, C.H., Day, K.R., 2008. Evaluation of the effect of different modified atmosphere packaging box liners on the quality and shelf life of 'Friar' plums, Preliminary and Regional Reports, 18(2), 261-265.
- Champa, W. A.H., Gill, M.I.S., Mahajan, B.V.C., Arora, N.K., 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extendssshelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. flame seedless postharvest, Biology and Technology, 91 (2014) 57-63.
- Davarynejad, G., Zarei, M., Ardakani, E., Nasrabadi, E.M., 2013. Influence of putrescine application on storability, postharvest quality and antioxidant activity of two iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.), Cultivars Not Scientia Biologicae, 5(2), 212-219.
- Díaz-Mula, H. M., Serrano, M., Valero, D., 2012. Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. Food and Bioprocess Technology, 5, 2990-2997.
- Duan, J., Wu, R., Strik, B.C., Zhao, Y., 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions, Postharvest Biology and Technology, 59, 71-79.
- Ennab, H.A., El-Shemy, M.A., Alam-Eldein, S.M., 2020. Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit, Agronomy, 10(1), 115.
- Falagán, N., Terry, L. A., 2018. Recent advances in controlled and modified atmosphere of fresh produce. Johnson Matthey Technology Review, 62(1), 107-117.
- Fawole, O.A., Atukuri, J., Arendse, E., Opara, U.O., 2020. Postharvest physiological responses of pomegranate fruit (Cv. Wonderful) to exogenous putrescine treatment and effects on physico-chemical and phytochemical properties, Food Science Human Wellness, 9, 146-161.
- Guillaume, C., Schwab, I., Gastaldi, E., Gontard, N., 2010. Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (*Agaricus bisporus* L.). Innovative food science & emerging technologies, 11(4), 690-696.
- Hashmi, M. S., East, A. R., Palmer, J. S., Heyes, J. A., (2013). Hypobaric treatment stimulates defence-related enzymes in strawberry. Postharvest biology and technology, 85, 77-82.
- Hazrati, S., Kashkooli, A.B., Habibzadeh, F., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Sadeghi, A.R., 2017. Evaluation of AV gel as an alternative edible coating for peach fruits during cold storage period, Gesunde Pflanzen, 69 (3), 131-137.
- Islam, A., Açıkalın, R., Ozturk, B., Aglar, E., Kaiser, C., 2022. Combined effects of AV gel and modified atmosphere packaging treatments on fruit quality traits and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujuba* mill.) fruit during cold storage and shelf life, Postharvest Biology and Technology, 187, 111855.
- Jawandha, S.K., Gill, M.S., Singh, N., Gill, P.P.S., 2012. Effect of post-harvest treatments of putrescine on storage of mango cv. langra, African Journal of Agricultural Research, 7(48), 6432-6436.
- Jiang, Y., Joyce, D. C., Lerry, L.A., 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. Postharvest Biology Technology, volume 23, Issue 3, Pages 227-232
- Jongsri, P., Rojsitthisak, P., Wangsomboondee, T., Seraypheap, K., 2017. Influence of chitosan coating combined with spermidine on anthracnose disease and qualities of 'Nam Dok Mai' mango after harvest, Scientia Horticulturae, 222, 180-187.
- Kader, A.A., and Yahia, E.M., 2011. Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In: Yahia, E.M. (Ed.), Post-harvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits 1. Woodhead Publishing, 2011, 79-111.
- Khosroshahi, M.R.Z., Esna-Ashari, M., Ershadi, A., 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit cultivar selva, Scientia Horticultuae, 114, 27-32.
- Kibar, H., Tas, A., Gundogdu, M., 2021. Evaluation of biochemical changes and quality in peach fruit: effect of putrescine treatments and storage, Journal of Food Composition and Analysis, 104048, 3-16.

- Liu, J., Liu, H., Wu, T., Zhai, R., Yang, C., Wang, Z., 2019. Effects of melatonin treatment of postharvest pear fruit on aromatic volatile biosynthesis, *Molecules*, 24, 4233.
- Mahto, R., and Das, M., 2013. Effect of gamma irradiation on the physico-chemical and visual properties of mango (*Mangifera indica* L.), cv. "Dushehri" and "Fazli" stored at 20°C, *Postharvest Biology Technology*, 86, 447-455.
- Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M., 2006. Post-harvest sweet cherry quality and safety maintenance by aloe vera treatments: a new edible coating, *Postharvest Biology and Technology*, 39, 93-100.
- Martínez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F., Valero D., 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot, *Journal Of Food Science*, 67(5), 1712-1716.
- Nielsen T., and Leufvén A., 2008. The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries, *Food Chemistry*, 107, 1053-1063.
- Nguyen, V. T., Nguyen, D. H., Nguyen, H. V., 2020. Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 162, 111103.
- Onik, J.C., Wai, S.C., Li, A., Lin, Q., Sun, Q., Wang, Z., 2020. Melatonin treatment reduces ethylene production and maintains fruit quality in apple during postharvest storage, *Food Chemistry*, 337, 127753.
- Ozturk, A., Ozturk, B., Karakaya, O., Gün, G., Ates, U., Yildiz, K., Siddiqui, M.W., Gündoğdu, M., 2022. Preliminary results: combination of MAP and AV gel in medlar fruit, *Erwerbs-Obstbau*, 64, 37-45.
- Ozturk, B., Aglar, E., 2019. The influence of modified atmosphere packaging on quality properties of kiwifruits during cold storage and shelf life. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(2), 614-625.
- Ozturk, B., Karakaya, O., Yildiz, K., Saracoğlu, O., 2019. Effects of AV gel and MAP on bioactive compounds and quality attributes of cherry laurel fruit during cold storage, *Scientia Horticulturae*, 249, 31-37.
- Pang, L., Wu, Y., Pan, Y., Ban, Z., Li, L., Li, X., 2020. Insights into exogenous melatonin associated with phenylalanine metabolism in postharvest strawberry, *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111244.
- Patel, N., Gantait, S., Panigrahi, J., 2019. Extension of postharvest shelf-life in green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) using exogenous application of polyamines (spermidine and putrescine), *Food Chemistry*, 275, 681-687.
- Peano, C., Giuggioli, N. R., Girgenti, V., Palma, A., D'Aquino, S., Sottile, F., 2017. Effect of palletized MAP storage on the quality and nutritional compounds of the Japanese Plum cv. Angeleno (*Prunus salicina* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12786.
- Rastegar, S., Khankahdani, H.H., Rahimzadeh, M., 2020. Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage, *Scientia Horticulturae*, 259, 108835.
- Rodríguez-Delgado, M.M., Aleman- Nava, G.S., Rodríguez-Delgado, J.M., Dieck-Assad, G., Martínez-Chapa, S.O., Barcelo, D., Parra, R., 2015. Laccase-based biosensors for detection of phenolic compounds, *Trends in Analytical Chemistry*, 74 (2015), 21-45.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valero, D., 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars, *Postharvest Biology and Technology*, 30, 259-271.
- Sogvar, O.B., Saba, M.K., Emamifar, A., 2016. AV and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 114, 29-35.
- Sreekumar, S., Sithul, H., Muraleedharan, P., Azeez, J.M., Sreeharshan, S., 2014. Pomegranate fruit as a rich source of biologically active compounds, *BioMed Research International*, 686921, 1-8.
- Valero, D., Martínez R.D., Serrano, M., Riquelme F., 1998. Influence of post-harvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burn cv. Verna), *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 46, 2102-2109.
- Wang, L., Sang, W., Xu, R., Cao, J., 2020. Alteration of flesh color and enhancement of bioactive substances via the stimulation of anthocyanin biosynthesis in 'Friar' plum fruit by low temperature and the removal, *Food Chemistry*, 310, 125862.
- Xia, H., Shen, Y., Shen, T., Wang, X., Zhang, X., Hu, P., 2020. Melatonin accumulation in sweet cherry and its influence on fruit quality and antioxidant properties, *Molecules*, 25, 753.
- Zafari, E., Mohammadkhani, A., Roohi, V., Fadaei, A., Zafari, H. (2015). Effect of exogenous putrescine and Aloe vera gel coating on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Kamarosa. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 8(4), 578-584.



Siyah Alaca Süt Sığırlarında Süt ve Döl Verim Özelliklerinin Makro Çevresel Faktörlere Göre Varyasyonu

Variation of Milk and Reproductive Characteristics in Holstein-Friesian Dairy Cattle by Major Environmental Factors

Mustafa KİBAR¹, Emre BULUT², İbrahim AYTEKİN³

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Siirt, Türkiye
· mustafakibar@siirt.edu.tr · ORCID > 0000-0002-1895-019X

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Konya, Türkiye
· bulut_emre23@hotmail.com · ORCID > 0009-0003-3324-8862

³Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Konya, Türkiye
· aytekin64@gmail.com · ORCID > 0000-0001-7769-0685

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 03 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 14 Ağustos/August 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 527-539

Atıf/Cite as: Kibar, M., Bulut, E., Aytekin, İ. "Siyah Alaca Süt Sığırlarında Süt ve Döl Verim Özelliklerinin Makro Çevresel Faktörlere Göre Varyasyonu" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 527-539.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa KİBAR

SİYAH ALACA SÜT SIĞIRLARINDA SÜT VE DÖL VERİM ÖZELLİKLERİNİN MAKRO ÇEVRESEL FAKTÖRLERE GÖRE VARYASYONU

ÖZ

Bu çalışmada Siyah Alaca süt sığırlarında süt ve döl verim özellikleri ile bu özelliklerin bazı temel etkili çevresel faktörlere göre değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Etki miktarları ve ortalamalar arasındaki farklar genel doğrusal model ve Tukey testi ile belirlenmiştir. Populasyonda laktasyon süt verimi (LSV) ile buzağılama aralığı (BA) 8620 ± 20400 kg ve 383.07 ± 55.46 gün olarak bulunmuştur. Varyans analizinde laktasyon sırasının (LS) pik sağımında geçen gün (PSGG) ile kuru kalma süresi (KKS) dışındaki süt verim özellikleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Buzağılama yılının (BY) ise yalnızca 100 günlük laktasyon süt verimi (LSV_{100}), pik süt verimi (PSV) ve PSGG üzerine etkisi önemlidir ($p < 0.05$, $p < 0.01$). Buzağılama mevsiminin (BM) ise sadece sağımında geçen gün (SGG) üzerine etkisi önemlidir ($p < 0.05$). BY'nin servis periyodu (SP) üzerindeki önemli etkisi ($p < 0.05$) dışında LS, BY ve BM'nin döl verim özellikleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Ayrıca doğum yılının ilkine damızlıkta kullanma yaşı (İDKY) ve ilk buzağılama yaşı (İBY) üzerine etkisi ile doğum mevsiminin İBY üzerindeki etkisi önemlidir ($p < 0.01$). Sonuç olarak, genetik seleksiyon halen pahalı bir yöntem olduğundan, hemen hemen her yetiştirici tarafından uygulanan fenotipe dayalı seleksiyonda başarının artırılması için çevresel faktörlerin etki miktarlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi, süt sığırcılığının sürdürülebilirliğine katkı sağlayabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Faktörler, Döl Verimi, Etki Miktarı, Siyah Alaca, Sürdürülebilirlik, Süt Verimi.



VARIATION OF MILK AND REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS IN HOLSTEIN-FRIESIAN DAIRY CATTLE BY MAJOR ENVIRONMENTAL FACTORS

ABSTRACT

This study aimed to determine the milk yield and fertility traits of Holstein-Friesian dairy cattle and the changes in these traits depending on some major environmental factors. The general linear model and Tukey test were used to determine the differences between effect sizes and averages. Lactation milk yield (LMY) and calving interval (CI) in the population were found to be 8620 ± 2040

kg and 383.07 ± 55.46 days. In the analysis of variance, the effect of lactation number (LN) on milk yield traits was significant ($p < 0.01$), with the exception days to peak milk yield (DPMY) and dry period (DP). The effect of calving year (CY) only on 100-day of lactation milk yield (LMY_{100}), peak milk yield (PMY) and DPMY was significant ($p < 0.05$, $p < 0.01$). The effect of calving season (CS) only on days in milk (DIM) was significant ($p < 0.05$). Except for the significant effect of CY on service period (SP) ($p < 0.05$), the effects of LN, CY and CS on fertility traits were insignificant. In addition, the effect of birth year on age at first breeding (AFB) and age at first calving (AFC) as well as the effect of birth season of on AFC was significant ($p < 0.01$). As a result, since genetic selection is still an expensive method, calculating and evaluating the effect sizes of environmental factors to increase the effectiveness of phenotype-based selection, which is used by almost every breeder, will contribute to the sustainability of dairy cattle farming.

Keywords: Environmental Factors, Fertility, Effect Size, Holstein-Friesian, Sustainability, Milk Yield.



1. GİRİŞ

Sığır yetiştiriciliği endüstrisinin gelişimine diğer hayvan yetiştiriciliği uğraşlarına kıyasla daha çok önem verilmektedir. Bu endüstri, süt ve kırmızı et gibi temel gıdaların üretilmesine, ülke ekonomisine (istihdam, ihracat, hammadde vb.) ve bitkisel üretime (gübre) sağladığı katkılar bakımından önemli bir tarımsal faaliyetidir. Dünyada nüfusun ve refah seviyesinin yükselmesine bağlı olarak hayvansal proteine olan talep artmıştır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, bu talep artışı yüksek verimli kültür ırklarına eğilime neden olmuştur. Ancak, kültür ırkı sığırların genetik potansiyelinin ortaya çıkması sürü yönetimiyle yakından ilişkilidir. Bu bakımdan sürü yönetiminin başarısı sığırların sahip olduğu süt ve döl verim özelliklerinin değerlendirilmesi ile mümkündür. Süt sığırcılığı işletmelerinde yetiştirilen erkek ve dişi buzağular süt ve kırmızı et ihtiyacını karşıladığı için bu işletmelerdeki süt ve döl verim özellikleri diğer sığır işletmelerine nazaran daha önemlidir. Süt ve döl verim özellikleri genetik ve çevresel faktörlere göre varyasyonlar göstermekte ve işletmenin sürdürülebilirliği üzerine doğrudan etkilidir.

Süt sığırı işletmelerinde süt ve döl verim özellikleri ile bunlar üzerine etkili çevresel faktörlerin (LS, BY ve BM) belirlenmesi amacıyla birçok araştırma yapılmıştır (Ray ve ark., 1992; Kumlu ve Akman, 1999; Koçak ve Ekiz, 2006; Bakır ve Kaygısız, 2013; Güngör ve Zülkadir, 2019; Mundan ve ark., 2020; Tankal, 2021; Tankal ve Tüzemen, 2022; Şahin, 2023). Kaya ve Bardakçıoğlu (2016) çalışmasında Siyah Alaca süt sığırlarında GS üzerine işletme, İBY ve BM'nin etkisini önemsiz, BY'nin etkisini önemli bulmuştur. Aynı araştırmacılar gebelik başına tohumlama sa-

yısı (GBTS) üzerine ise BY ve BM'nin etkisinin önemsiz, işletme ve İBY'nin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Genç ve Soysal (2018) Siyah Alaca sığırlarda süt verim özelliklerinden LSV_{305} ve SGG ile döl verim özelliklerinden BA özelliklerinin yıl, ay, LS ve il faktörlerine göre istatistiki olarak farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar KKS üzerine ise LS'nin etkisinin önemsiz olduğunu, ancak yıl, ay ve il faktörlerinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Gürses ve Bayraktar (2012) işletme, BY, BM, buzağılama yaşı ve LS faktörlerinin Siyah Alaca sığırlarda LSV_{100} , LSV_{200} ve LSV_{305} karakterleri üzerine etkisinin önemli olduğunu bulmuşlardır.

Genel bir literatür taraması sonucunda işletme, yıl, mevsim ve laktasyon sırası gibi çevre faktörlerinin süt ve döl verim özellikleri üzerine temel etkili olduğu görülmektedir. Populasyonun sahip olduğu süt ve döl verim özellikleri ile işletme ve bölgeye ait koşullar sürekli olarak varyasyon gösterdiğinden farklı populasyonlarda araştırmaların yapılması önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmada Konya ili Ilgın ilçesinde yetiştirilen Siyah Alaca süt sığırlarına ait süt ve döl verim özellikleri ile bu özellikler üzerine bazı temel etkili çevresel faktörlerin etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İşletme ve Hayvan Materyali

Bu çalışma Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi Konya ili Ilgın ilçesinde bulunan özel bir süt sığırcılığı işletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca süt sığırlarında yürütülmüştür. Bu çalışmada sadece hayvanlara ait kayıtlı veriler kullanıldığı için etik kurul onayı gerekmemektedir. Bu araştırmada kullanılan tüm veriler işletmede kullanılan sürü yönetimi programı veri tabanından elde edilmiştir. Ilgın ilçesi 38.2817 enlem ve 31.9140 boylam üzerinde yer almaktadır. İlçede karasal iklim hüküm sürmekte yani yazları kurak ve sıcak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. İşletmenin toplam arazi varlığı 500 da olup bunun 200 dekarında sulu ve 300 dekarında kuru tarım yapılmaktadır. İşletmede kullanılan kaba yemlerin yaklaşık %50'si bu arazilerden karşılanmaktadır. Kaba yem olarak silajlık yonca ve mısır üretimi yapılmaktadır. İşletme suni tohumlama uygulaması yapılmaktadır. Genç inekler için dişi buzağının üretilmesine yönelik sperm kullanılmasına rağmen yaşlı inekler için standart sperm kullanılmaktadır. İşletmede erkek buzağılar besiye alınmamakta ve 6-7 aylıkken satılmaktadır. İşletmede mevcut durumda 210 baş (100 baş sağmal, 5 baş kuru, 30 baş gebe düve, 30 baş düve ve 45 baş dişi ve erkek buzağı) sığır bulunmaktadır. İşletmede 8x2 balıkkılçığı sağım sistemi kullanılmakta ve günde sabah ve akşam olmak üzere iki kez sağım yapılmaktadır.

2.2. Süt ve Döl Verim Özellikleri

Çalışmada sığırlara ait süt ve döl verim özelliklerine ait veriler değerlendirilmiştir. Verim özelliklerine ait değerler işletmede kullanılan Afifarm V 4.1 sürü yönetim programından elde edilmiştir. Bu çalışmada süt verim özellikleri olarak laktasyon süt verimi (LSV), 305 günlük laktasyon süt verimi (LSV₃₀₅), 200 günlük laktasyon süt verimi (LSV₂₀₀), 100 günlük laktasyon süt verimi (LSV₁₀₀), pik süt verimi (PSV), günlük ortalama süt verimi (GOSV), sağımda geçen gün (SGG), pik sağımda geçen gün (PSGG) ve kuruda kalma süresi (KKS) kullanılmıştır. Döl verim özellikleri olarak ise servis periyodu (SP), gebelik başına tohumlama sayısı (GBTS), buzağılama aralığı (BA), gebelik süresi (GS), ilkine damızlıkta kullanma yaşı (İDKY) ve ilk buzağılama yaşı (İBY) değerlendirilmiştir. Süt ve döl verim özelliklerinin değerlendirilmesinde Kibar (2022)'nin belirttiği tanımlamalar kullanılmıştır.

2.3. İstatistiksel Analiz

Süt ve döl verim özelliklerine ait tanıtıcı istatistiki değerlerin belirlenmesinde ve varyans analizinde Minitab 16.1.1. paket programı kullanılmıştır (Minitab, 2010). Süt ve döl verim özellikleri üzerine etkili çevresel faktörlerin belirlenmesinde kullanılan genel doğrusal modeller (GLM) aşağıda verilmiştir.

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + kov_{(A,B)} + e_{ijkl} \quad 1$$

$$Y_{ijk} = \mu + d_i + e_j + kov_{(A,B)} + e_{ijk} \quad 2$$

Birinci model tüm süt verim özellikleri (LSV, LSV₃₀₅, LSV₂₀₀, LSV₁₀₀, PSV, GOSV, SGG, PSGG, KKS) ve bazı döl verim özellikleri (SP, GBTS, BA ve GS) için kullanılmıştır. İkinci model ise sadece İDKY ve İBY için kullanılmıştır. Birinci modelde; Y_{ijkl} : i . laktasyon sırasında, j . buzağılama yılında, k . buzağılama mevsimindeki l . süt sığırının üzerinde durulan özelliğe ait fenotipini; μ : Üzerinde durulan özelliğe ait popülasyon ortalamasını; a_i : i . laktasyon sırasının etki miktarını (i =laktasyon sırası/LS); b_j : j . buzağılama yılının etki miktarını (j =buzağılama yılı/BY); c_k : k . buzağılama mevsiminin etki miktarını (k =buzağılama mevsimi/BM); $kov_{(A,B)}$: Üzerinde durulan süt ve döl verim özellikleri ile sürekli faktörler arasındaki kovaryansı (sürekli faktörler Tablo 1'deki regresyon sütununda verilmiştir) ve e_{ijkl} : hata etki miktarını ifade etmektedir. Bazı döl verim özellikleri için (GS ve İDKY) ise sürekli faktörler modele dahil edilmemiştir. İkinci modelde ise birinci modelden farklı olarak; Y_{ijk} : i . doğum yılında, j . doğum mevsimindeki l . süt sığırının İDKY veya İBY değeri; d_i : i . doğum yılının etki miktarını (i =doğum yılı); e_j : j . doğum mevsiminin etki miktarını (j =doğum mevsimi) ve e_{ijk} : hata etki miktarını ifade etmektedir. Varyans analizi sonucunda etkisi önemli çıkan kesikli faktörlere ait ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Süt ve Döl Verim Özelliklerine Ait Bazı Tanıtıcı İstatistik Değerler

Siyah Alaca süt sığırlarında süt ve döl verim özelliklerine ait bazı tanıtıcı istatistik değerler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Süt ve döl verim özelliklerine ait bazı tanıtıcı istatistik değerler

Table 1. Some descriptive statistical values of milk yield and fertility traits

Özellikler		N	Ortalama	Standart sapma	Varyasyon katsayısı	Minimum	Medyan	Maksimum
Süt verim özellikleri	LSV (kg)	155	8620	2040	23.67	4395	8552	13398
	LSV ₃₀₅ (kg)	159	7847	1485	18.92	4395	7772	12369
	LSV ₂₀₀ (kg)	159	5571.5	1071.4	19.23	3751.4	5465.0	8552.4
	LSV ₁₀₀ (kg)	159	2833.1	624.4	22.04	1689.8	2743.9	4363.2
	PSV (kg)	179	36.451	7.324	20.09	22.800	35.50	59.00
	GOSV (kg)	159	25.902	4.623	17.85	16.696	25.21	42.50
	SGG (gün)	106	331.03	61.50	18.58	207.00	320.00	504.00
	PSGG (gün)	179	56.90	26.04	45.77	12.00	50.00	148.00
KKS (gün)	75	60.01	13.39	22.31	26.00	61.00	102.00	
Döl verim özellikleri	SP (gün)	123	112.95	60.65	53.69	33.00	92.00	284.00
	GBTs (adet)	83	1.81	1.05	58.26	1.00	1.00	5.00
	BA (gün)	75	383.07	55.46	14.48	308.00	366.00	566.00
	GS (gün)	75	278.87	7.12	2.55	246.00	280.00	294.00
	İDKY (gün)	285	506.40	54.89	10.84	372.00	500.00	681.00
	İBY (gün)	253	780.88	53.30	6.83	640.00	777.00	950.00

N: Örnek sayısı; LSV: Laktasyon süt verimi; LSV₃₀₅: 305 günlük laktasyon süt verimi; LSV₂₀₀: 200 günlük laktasyon süt verimi; LSV₁₀₀: 100 günlük laktasyon süt verimi; PSV: Pik süt verimi; GOSV: Günlük ortalama süt verimi; SGG: Sağımda geçen gün; PSGG: Pik sağımda geçen gün; KKS: Kuruda kalma süresi; SP: Servis periyodu; GBTS: Gebelik başına tohumlama sayısı; BA: Buzağılama aralığı; GS: Gebelik süresi; İDKY: İlkine damızlıkta kullanma yaşı; İBY: İlk buzağılama yaşı

Süt verim özelliklerinden LSV, LSV₃₀₅, LSV₂₀₀, LSV₁₀₀, PSV, GOSV, SGG, PSGG ve KKS verilerine ait ortalama değerler sırasıyla 8620±2040 kg, 7847±1485 kg, 5571.5±1071.4 kg, 2833.1±624.4 kg, 36.451±7.324 kg, 25.902±4.623 kg, 331.03±61.50, gün 56.90±26.04 gün ve 60.01±13.39 gün olarak bulunmuştur. LSV, LSV₁₀₀, PSV, PSGG ve KKS özelliklerine ait varyasyon katsayıları %20’nin üzerinde tespit edilmiştir. Döl verim özelliklerinden SP, GBTS, BA, GS, İDKY ve İBY verilerine ait ortalama değerler ise sırasıyla 112.95±60.65 gün, 1.81±1.05 adet, 383.07±55.46 gün, 278.87±7.12 gün, 506.40±54.89 gün ve 780.88±53.30 gün olarak belirlenmiştir. SP ve GBTS özelliklerinin varyasyon katsayısı %50’nin üzerinde bulunmuştur.

3.2. Süt Verim Özelliklerinin Bazı Temel Etkili Çevresel Faktörlere Göre Değişimi

Siyah Alaca süt sığırlarında süt verim özelliklerinin bazı temel etkili çevresel faktörler ile arasındaki ilişkiler Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’de görüldüğü gibi, LSV üzerine LS ve SGG’nin etkisi önemli bulunmuş ($p<0.01$) ve R^2 %69.97 olarak belirlenmiştir. En yüksek LSV ikinci (9642 ± 197 kg) ve üçüncü (10061 ± 246 kg) laktasyonda elde edilmiş ve SGG’nin bir gün artmasına karşılık LSV’nin 23.51 ± 1.46 kg artacağı tespit edilmiştir. LSV_{305} ve LSV_{200} üzerine sadece LS’nin etkisi önemli bulunmuş ($p<0.01$) ve R^2 değerleri sırasıyla %39.78 ve %57.62 olarak belirlenmiştir. Her iki verim özelliği için en yüksek süt verimi ikinci ve üçüncü laktasyonda elde edilmiştir. Ancak LSV_{100} üzerine ise LS ve BY’nin etkisi önemli bulunmuş ($p<0.01$, $p<0.05$) ve R^2 %61.97 olarak tespit edilmiştir. En yüksek süt verimi üçüncü (3593 ± 80 kg) laktasyondaki ve 2019 yılında laktasyona başlayan ineklerden elde edilmiştir. İBY’nin LSV, LSV_{305} , LSV_{200} ve LSV_{100} üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. LS ve BY’nin PSV üzerine etkisi önemli çıkmasına rağmen GOSV üzerine sadece LS’nin etkisi önemli olmuştur ($p<0.05$, $p<0.01$). PSV ve GOSV için belirlenen modellerin R^2 değerleri sırasıyla %53.63 ve %43.69 olarak tespit edilmiştir. PSV en yüksek üçüncü (43.95 ± 0.86 kg) laktasyonda elde edilmesine rağmen GOSV ikinci (28.80 ± 0.61 kg) ve üçüncü (30.82 ± 0.72 kg) laktasyondaki hayvanlarda daha yüksek olmuştur. SGG özelliği LS, BM, SP ve LSV faktörlerinden önemli derecede etkilenmiş ($p<0.05$, $p<0.01$) ve modelin R^2 değeri 79.85’dir. SGG en düşük ikinci (304.1 ± 6.68 gün) ve üçüncü (305.8 ± 7.88 gün) laktasyondaki hayvanlarda belirlenmiştir. Ayrıca SGG en düşük ilkbahar ayında laktasyona başlayan ineklerde tespit edilmesine rağmen kış ve sonbahar aylarında başlayanlarla arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Diğer etkili faktörlerden SP ve LSV’nin ise sırasıyla bir gün ve 1 kg artmasına karşılık SGG’nin sırasıyla 0.541 ± 0.057 ve 0.016 ± 0.002 gün artacağı belirlenmiştir. PSGG üzerine ise sadece yılın etkisi önemli bulunmuş ($p<0.01$) ve modelin R^2 ’si %14.01’dir. Daha çok sürü yönetimine bağlı olarak değişen KKS üzerine beklendiği gibi etkili çevresel faktör tespit edilmemiş ve modelin R^2 ’si de buna bağlı olarak %5.75 çıkmıştır.

Çizelge 2. Bazı çevresel faktörler ile süt verim özellikleri arasındaki ilişkiler**Table 2.** Associations between some environmental factors and milk yield traits

Özellikler	Laktasyon sırası			Buzağılama yılı			Buzağılama mevsimi			Regresyon	R ² _{adj} (%)
	Sıra	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Yıl	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Mevsim	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$		
LSV (kg)	1	88	7852±161 ^B	2017	44	9420±239	Kış	15	9419±316	İBY: -1.10±1.97 SGG: 23.51±1.46**	69.97
	2	44	9642±197 ^A	2018	25	8911±267	İlkbahar	30	9049±235		
	3+	27	10061±246 ^A	2019	47	9193±186	Yaz	85	8911±148		
				2020	43	9215±184	Sonbahar	29	9361±217		
LSV ₃₀₅ (kg)	1	88	7042±165 ^B	2017	44	8592±244	Kış	15	8622±324	İBY: 0.95±1.98	39.78
	2	44	8852±203 ^A	2018	25	8152±275	İlkbahar	30	8143±233		
	3+	27	9205±241 ^A	2019	47	8366±188	Yaz	85	8182±148		
				2020	43	8356±187	Sonbahar	29	8519±223		
LSV ₂₀₀ (kg)	1	88	4882±100 ^B	2017	44	6178±148	Kış	15	6152±196	İBY: 0.08±1.20	57.62
	2	44	6393±123 ^A	2018	25	5849±166	İlkbahar	30	5977±141		
	3+	27	6790±146 ^A	2019	47	6113±114	Yaz	85	5841±90		
				2020	43	5947±113	Sonbahar	29	6117±135		
LSV ₁₀₀ (kg)	1	88	2398±55 ^C	2017	44	3188±82 ^{ab}	Kış	15	3125±108	İBY: 0.07±0.66	61.97
	2	44	3302±68 ^B	2018	25	3023±92 ^{ab}	İlkbahar	30	3141±78		
	3+	27	3593±80 ^A	2019	47	3222±63 ^a	Yaz	85	3018±50		
				2020	43	2959±62 ^b	Sonbahar	29	3108±75		
PSV (kg)	1	88	31.15±0.70 ^C	2017	57	39.71±0.80 ^a	Kış	18	39.24±1.22	PSGG: -0.03±0.02	53.63
	2	54	39.88±0.75 ^B	2018	29	35.81±1.06 ^b	İlkbahar	33	37.86±0.93		
	3+	37	43.95±0.86 ^A	2019	48	39.54±0.79 ^a	Yaz	96	37.65±0.57		
				2020	45	38.26±0.79 ^{ab}	Sonbahar	32	38.57±0.90		
GOSV (kg)	1	88	23.44±0.50 ^B	2017	44	28.42±0.74	Kış	15	28.17±0.98	İBY: -0.0009±0.006 SGG: -0.004±0.004	43.69
	2	44	28.80±0.61 ^A	2018	25	26.94±0.83	İlkbahar	30	27.68±0.70		
	3+	27	30.82±0.72 ^A	2019	47	27.68±0.57	Yaz	85	26.77±0.45		
				2020	43	27.72±0.56	Sonbahar	29	28.13±0.67		
SGG (gün)	1	62	342.7±6.09 ^A	2017	39	307.7±7.24	Kış	7	321.8±11.80 ^{ab}	İBY: 0.098±0.070 SP: 0.541±0.057** LSV: 0.016±0.002**	79.85
	2	25	304.1±6.68 ^B	2018	21	333.3±8.00	İlkbahar	15	305.2±7.38 ^b		
	3+	19	305.8±7.88 ^B	2019	36	316.3±5.35	Yaz	62	331.3±4.60 ^a		
				2020	10	312.8±9.72	Sonbahar	22	311.8±6.76 ^{ab}		
PSGG (gün)	1	88	63.05±3.89	2017	57	53.55±4.06 ^{AB}	Kış	18	52.37±6.00	PSV: -0.59±0.37	14.01
	2	54	50.46±3.82	2018	29	48.37±5.10 ^B	İlkbahar	33	52.00±4.51		
	3+	37	52.62±5.01	2019	48	52.31±3.98 ^B	Yaz	96	52.95±2.77		
				2020	45	67.29±3.82 ^A	Sonbahar	32	64.19±4.39		
KKS (gün)	1	42	58.20±4.03	2017	34	66.13±3.01	Kış	5	65.30±6.24	SGG: 0.033±0.055 LSV: -0.002±0.002	5.75
	2	21	62.28±4.65	2018	15	67.77±4.46	İlkbahar	11	67.13±3.96		
	3+	12	68.09±4.95	2019	26	58.32±2.99	Yaz	45	60.35±2.48		
							Sonbahar	14	63.51±3.83		

N: Örnek sayısı; R²_{adj}: Düzeltilmiş belirlenim katsayısı; *: p<0.05; **: p<0.01; ^{a, b}: p<0.05; ^{A, B}: p<0.01; $\bar{X}$: Ortalama; S _{$\bar{x}$} : Standart hata; LSV: Laktasyon süt verimi; LSV₃₀₅: 305 günlük laktasyon süt verimi; LSV₂₀₀: 200 günlük laktasyon süt verimi; LSV₁₀₀: 100 günlük laktasyon süt verimi; PSV: Pık süt verimi; GOSV: Günlük ortalama süt verimi; SGG: Sağımda geçen gün; PSGG: Pık sağımda geçen gün; KKS: Kuruda kalma süresi; İBY: İlk buzağılama yaşı; SP: Servis periyodu

3.3. Döl Verim Özelliklerinin Bazı Temel Etkili Çevresel Faktörlere Göre Değişimi

Siyah Alaca süt sığırlarında döl verim özelliklerinin bazı temel etkili çevresel faktörler ile arasındaki ilişkiler Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'te görüldüğü üzere, SP üzerine BY, LSV ve PSV faktörlerinin etkisi önemli ($p<0.05$, $p<0.01$), LS ve BM'nin etkisi ise önemsiz çıkmıştır. SP için oluşturulan genel doğrusal modelin R^2 'si %46.44 olarak belirlenmiştir. LSV ve PSV'nin sırasıyla bir kg artmasına karşılık SP'nin sırasıyla 0.03 ± 0.003 gün artacağı ve 4.68 ± 0.92 gün azalacağı tespit edilmiştir. SP'ye benzer şekilde LSV ve PSV'nin GBTS üzerine etkisi önemli çıkmış ($p<0.05$, $p<0.01$) ve modelin R^2 'si %26.37 olarak belirlenmiştir. LSV ve PSV'nin sırasıyla bir kg artmasına karşılık GBTS'nin 0.0004 ± 0.00007 adet artacağı ve 0.07 ± 0.03 adet azalacağı bulunmuştur. Diğer bir önemli döl verim özelliği olan BA üzerine sadece SGG'nin etkisi önemli bulunmuş ($p<0.01$) ve modelin R^2 'si %94.51 olmuştur. SGG bir gün arttığı zaman BA'nın 1.03 ± 0.06 gün artacağı tespit edilmiştir. Sürü yönetiminden ziyade sığırın genetiğine bağlı olan GS üzerine modele dahil edilen faktörlerin etkisi önemsiz çıkmış ve R^2 değeri %3.04 bulunmuştur. Sığırın ömrü boyunca vereceği verim üzerine etkili olabilecek olan İDKY özelliği üzerine sığırın doğum yılı etkili olmuştur ($p<0.01$) ve modelin R^2 'si %17.56'dır. İDKY ile korelasyona sahip olan İBY karakteri üzerine sığırın doğum yılı ve mevsimi ile İDKY'nin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). İBY için belirlenen modelin R^2 'si %76.56'dır. İlkbahar ve yaz aylarında doğan inekler daha düşük İBY'ye sahip olmasına rağmen sonbaharda doğan ineklerle arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. İDKY bir gün arttığı zaman İBY'nin 0.85 ± 0.05 gün artacağı tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bazı çevresel faktörler ile döl verim özellikleri arasındaki ilişkiler**Table 3.** Associations between some environmental factors and fertility traits

Özellikler	Laktasyon sırası			Buzağılama yılı			Buzağılama mevsimi			Regresyon	R ² (%)		
	Sıra	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Yıl	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Mevsim	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$				
SP (gün)	1	62	113.41±9.80	2017	50	135.86±8.39 ^a	Kış	8	125.20±16.7	LSV: 0.03±0.003** PSV: -4.68±0.92**	46.44		
	2	34	117.20±9.13	2018	25	101.70±11.1 ^b	İlkbahar	18	133.10±10.7				
	3+	27	122.60±10.9	2019	37	114.16±8.45 ^{ab}	Yaz	73	105.25±6.27				
				2020	11	119.10±14.9 ^{ab}	Sonbahar	24	107.30±10.1				
GBTS (adet)	1	46	2.07±0.25	2017	35	1.93±0.21	Kış	5	2.19±0.43	LSV: 0.0004±0.00007** PSV: -0.07±0.03*	26.37		
	2	23	1.55±0.25	2018	19	1.98±0.29	İlkbahar	11	1.53±0.28				
	3+	14	1.79±0.29	2019	29	1.49±0.20	Yaz	47	1.75±0.17				
							Sonbahar	20	1.73±0.22				
BA (gün)	1	42	382.47±3.46	2017	34	389.19±3.01	Kış	5	388.36±6.24	SGG: 1.03±0.06** LSV: -0.002±0.002	94.51		
	2	21	368.56±3.83	2018	15	390.82±4.46	İlkbahar	11	390.18±3.96				
	3+	12	392.35±4.41	2019	26	381.37±2.99	Yaz	45	383.41±2.48				
							Sonbahar	14	386.56±3.83				
GS (gün)	1	42	277.98±1.63	2017	34	279.75±1.60	Kış	5	282.36±3.36	#	3.04		
	2	21	280.78±1.74	2018	15	282.36±2.38	İlkbahar	11	280.96±2.14				
	3+	12	282.52±2.26	2019	26	279.18±1.53	Yaz	45	280.39±1.29				
							Sonbahar	14	278.01±1.90				
İDKY (gün)	#	Doğum yılı			Doğum mevsimi						#	17.56	
		Yıl	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Mevsim	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$						
		2012	14	569.30±15.1 ^A	Kış	34	532.25±9.24						
		2013	31	529.67±9.94 ^{AB}									
		2015	119	512.37±6.32 ^{BC}	İlkbahar	104	510.50±6.18						
		2016	17	486.50±12.8 ^{BCD}	Yaz	130	507.37±6.46						
		2017	80	491.27±6.36 ^{CD}	Sonbahar	17	491.80±13.0						
		2018	24	473.70±10.7 ^D									
		İBY (gün)	#	2013	17	787.63±6.99 ^A	Kış	19	797.52±6.22 ^A				İDKY: 0.85±0.05**
2015	115			792.49±3.45 ^A									
2016	17			774.32±6.73 ^A	İlkbahar	93	776.80±3.47 ^B						
2017	80			787.94±3.38 ^A	Yaz	126	768.45±3.79 ^B						
2018	18			743.20±6.37 ^B	Sonbahar	15	773.24±7.70 ^{AB}						
2019	6			788.40±11.6 ^A									

N: Örnek sayısı; R²_{adj}: Düzeltilmiş belirleme katsayısı; *: p<0.05; **: p<0.01; ^{a, b}: p<0.05; ^{A, B}: p<0.01; $\bar{X}$: Ortalama; $S_{\bar{x}}$: Standart hata; SP: Servis periyodu; GBTS: Gebelik başına tohumlama sayısı; BA: Buzağılama aralığı; GS: Gebelik süresi; İDKY: İlkine damızlıkta kullanma yaşı; İBY: İlk buzağılama yaşı; LSV: Laktasyon süt verimi; PSV: Pik süt verimi; SGG: Sağımda geçen gün

4. TARTIŞMA

Süt sığırcılığı işletmelerinde süt ve döl verim özellikleri ile bu özellikler üzerine etkili çevresel ve genetik faktörlerin belirlenmesi damızlık seçimi için önemlidir. Genetik varyasyonun belirlenmesi günümüzde halen maliyetli bir yöntem olmasından dolayı, temel etkili çevresel faktörlere göre verim özellikleri arasındaki varyasyonun belirlenmesi, başarılı seleksiyon için ilk aşamadır. Verim özellikleri üzerine yapılan araştırmalar çevresel faktörlere göre standardizasyonun yapılmasında ve buna bağlı olarak seleksiyon çalışmalarında isabetin artırılmasında önemlidir. Bu çalışmada incelenen süt verim özelliklerinden LSV ve LSV₃₀₅ için popülasyona ait ortalamalar (8620±2040 kg ve 7847±1485 kg) Sarar ve Tapkı (2017)'nin bildirdiği 7046.18±219.25 kg ve 6588.38±224.37 kg (Koçaş Tarım İşletmesi) değerlerinden yüksek bulunmuştur. Dominguez-Castaño ve ark. (2020) Brezilya'nın Sao Paulo şehrinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırlara ait SP, BA ve GS özelliklerine ait ortalamaları sırasıyla 158.40±86.97 gün, 448.77±107.52 gün ve 276.18 gün olarak bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar LSV₃₀₅ ve PSV özelliklerine ait ortalamaları ise 9350.04±2402.39 kg ve 39.77±7.34 kg olarak bulmuşlardır. Mevcut çalışmanın yapıldığı popülasyon Dominguez-Castaño ve ark. (2020)'den süt verim özellikleri bakımından daha verimsiz olmasına rağmen döl verim özellikleri bakımından daha fertil olduğu belirlenmiştir. Erkmek ve Kul (2021) LSV₃₀₅, SP ve BA özelliklerine ait ortalamaları sırasıyla 9805.09±1715.92 kg, 134.07±72.04 gün ve 414.53±74.22 gün olarak belirtmişler ve mevcut çalışmadan yüksek bulunmuştur. Siyah Alaca popülasyonlarında süt ve döl verim özellikleri arasındaki varyasyonların genişliği bu özelliklerin kantitatif özellikler olduğunu göstermektedir. Kantitatif fenotipler üzerine çevrenin ve birçok genin etkisinin olması bu özellikler için belirli zaman aralıklarında çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir.

Tüzemen ve Tankal (2023) Gökkale Tarım İşletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırlarda SP'nin SGG ve LSV₃₀₅ üzerine etkisinin önemli olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.01$). Aynı araştırmacılar SP 80'den az olduğu zaman 80'den fazla olmasına kıyasla sığırların LSV₃₀₅'nin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, SP arttıkça SGG'nin doğrusal olarak arttığı belirtilmiş ancak optimum 305 günlük SGG'ye en yakın değer SP 81-110 gün arasında olduğunda bulunmuştur. Mevcut çalışmada SP bir gün arttığı zaman SGG'nin 0.541±0.057 gün artacağı istatistik olarak önemli bulunmuş ve Tüzemen ve Tankal (2023) ile benzer bulunmuştur. Şahin ve Ulutaş (2010) Polatlı Tarım İşletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırlarda LS, BY ve BM faktörlerinin BA ve SP üzerine etkisini önemli ($p<0.05$), GS üzerine etkisini ise önemsiz bulmuşlardır. Araştırmacıların bu sonuçları mevcut çalışma ile sadece yılın SP üzerine etkisi bakımından benzer bulunmuştur. Bu farklılıkta işletme, bakım ve besleme gibi çevresel faktörlerin yanı sıra modele dahil edilen faktörlerin önemli etkisi olmuştur. Bu durum mevcut araştırmada tespit edilen BA üzerine yalnızca SGG'nin etkisinin önemli çıkması ile modelin belirleme katsayısının %94.51

olması ile açıklanabilir. Cura (2016) Trakya bölgesi Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'ne üye işletmelerde yetiştirilen Siyah Alaca sığırlarda il, mevsim ve yıl faktörlerinin İDKY ve İBY üzerine etkisini önemli bulmuşlardır ($p<0.01$). Araştırmacılar İDKY'nin ilkbahar İBY'nin ise yaz aylarında doğan sığırlarda diğer mevsimlere kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut araştırmada en düşük İBY yaz aylarında doğan sığırlarda gözlenmesine rağmen ilkbahar ve sonbahar ayları ile arasındaki fark önemsiz bulunmuş ve Cura (2016) ile kısmen uyumlu bulunmuştur. Haile-Mariam ve Pryce (2015) Avustralya'da Siyah Alaca sığırlarda yaptığı çalışmada süt verimi ve buzağılama aralığına ait minimum ve maksimum kalıtım derecelerini sırasıyla 0.19-0.34 ve 0.03-0.06 olarak belirtmişlerdir. Mevcut araştırmanın sonuçları ele alınan faktörlere göre LSV, LSV_{305} , LSV_{200} ve LSV_{100} özelliklerine ait R^2 değerlerinin BA'dan yüksek bulunması bakımından Haile-Mariam ve Pryce (2015) ile benzer bulunmuştur. Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre PSGG ve KKS süt verim özellikleri ile GBTS, GS ve İDKY döl verim özelliklerine ait kullanılan modellerin belirleme katsayılarının %30'un altında olması söz konusu verim özelliklerine ait kalıtım derecelerinin daha yüksek olabileceğini göstermektedir. Ancak LSV, SGG, BA ve İBY özelliklerine ait R^2 değerleri bu özelliklerin kantitatif özellikler olduğunu ve çevreye bağlı olarak önemli varyasyonlar gösterdiğini doğrulamaktadır. Bu çalışmada elde edilen önemli bir sonuçta LSV_{305} , LSV_{200} ve LSV_{100} özelliklerine ait elde edilen R^2 değerlerindeki değişimdir. LSV_{100} üzerine LS ve BY faktörlerinin etkisi önemli olmasına rağmen BY'nin etkisi LSV_{305} ve LSV_{200} 'de kaybolmuştur. Bu durumda laktasyonun ilerleyen dönemlerindeki süt verimi üzerine bakım-besleme faktörlerinin etkisinin önemli varyasyonlar oluşturabileceği öngörülmüştür. Hoka ve ark. (2019) Kenya'da Siyah Alaca sığırlarda yaptığı çalışmada LS'nin GS ve GOSV üzerine etkisini önemli, SGG üzerine etkisini ise önemsiz bulmuşlardır. Aynı araştırmacılar buzağı doğum ağırlığı ve doğum sonrası ilk kızgınlığa kadar geçen süre arasında önemli pozitif korelasyonların olduğunu ve bu nedenle süt sığırlarının performans değerlendirilmesinde LS ve buzağı doğum ağırlığının dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Yapılan araştırmalar arasında LS, BY ve BM'nin daha çok sürü yönetimine bağlı olarak değişiklik gösteren GS ve KKS üzerine etkileri bakımından farklılıklar bulunmaktadır (Şahin ve Ulutaş, 2010; Kaya ve Bardakçioğlu, 2016; Tankal ve Tüzemen, 2022). KKS üzerine çevresel faktörlerin etkilerinin önemli çıkması sürü yönetimindeki farklı uygulamalardan kaynaklanmaktadır. KKS sığırın süt verimine bakılarak belirlenmesine rağmen yapılan bilimsel araştırmalarla KKS'nin diğer laktasyon verimlerini ve doğumu etkileyebileceği belirlendikten sonra ortalama 60 günlük bir KKS uygulaması entansif bir fenotip olmasından dolayı çevresel faktörlerden çok az etkilenmektedir. GS üzerine çevre faktörlerinin etkili çıkması veri setine erken ve/veya geç doğum gibi anormal değerlerin de eklenmiş olmasından kaynaklanabilir. Bu araştırmada, Siyah Alaca süt sığırlarında ekonomik öneme sahip süt ve döl verim özelliklerinin aynı işletme içerisinde yıllar ve laktasyonlar bakımından önemli farklılıklar oluşturabileceği

tespit edilmiştir. Bu nedenle, işletme koşullarında daha standart bir sürü yönetimi programının uygulanmasının gerektiği ve sığırların laktasyon sıralarına göre gruplandırılarak bakım-besleme uygulamalarının yapılmasının optimum süt ve döl verim özelliklerinin elde edilmesinde önemli olacağı belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, özel bir süt sığırcılığı işletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca süt sığırlarına ait 2012-2020 yılları arasında sürü yönetim programına kaydedilen süt ve döl verim özellikleri ile bu özellikler üzerine bazı çevresel faktörlerin etkileri tespit edilmiştir. Süt sığırı işletmelerinde genellikle üretim ve üremenin göstergesi olarak kabul edilen LSV ve BA karakterlerine ait minimum ve maksimum değerler sırasıyla 4395-13398 kg ve 308-566 gün olarak bulunmuştur. Söz konusu özelliklere ait varyasyon katsayıları sırasıyla %23.67 ve %55.46 olarak belirlenmiştir. Özetle, bazı süt ve döl verim özellikleri bakımından üzerinde durulan populasyonda önemli derecede varyasyonların olduğu ve bunun damızlık seçiminde kullanılması ile seleksiyonda başarının artacağı ifade edilmiştir. Çalışmada süt verim özellikleri üzerine daha çok laktasyon sırası ile kısmen buzağılama yılının etkileri önemli çıkmıştır. Döl verim özellikleri üzerine ise daha çok buzağılama yılının etkisi önemli bulunmuştur. Genel olarak süt ve döl verim özellikleri üzerine buzağılama mevsiminin etkisi önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak, farklı populasyonlarda geniş örnek hacmine sahip süt sığırlarında süt ve döl verim özellikleri ile bu özellikler üzerine etkili çevresel faktörlerin belirlenmesi damızlık seçiminde fenotipe dayalı seleksiyonda nispeten başarıyı artıracaktır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: MK (%50), EB (%15), İA (%35)

Veri Toplanması: MK (%10), EB (%70), İA (%20)

Veri Analizi: MK (%40), EB (%10), İA (%50)

Makalenin Yazımı: MK (%75), EB (%5), İA (%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: MK (%85), EB (%5), İA (%10)

KAYNAKLAR

- Bakır, G., Kaygısız, A., 2013. Study of effect of environmental factors on milk yield traits of Holstein cattle. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(1): 1-7.
- Cura, Ö.E., 2016. Trakya Bölgesinde Siyah-Alaca süt sığırlarda döl ve süt verimlerinin bazı sistematik faktörler açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68s, Tekirdağ.
- Dominguez-Castaño, P., Vargas de Oliveira, M.H., El Faro, L., de Vasconcelos Silva, J.A.I., 2020. Relationship between reproductive and productive traits in Holstein cattle using multivariate analysis. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(7): 770-776. doi: 10.1111/rda.13679.
- Erkmen, R., Kul, E., 2021. Siyah Alaca ineklerde dış görünüş özellikleri ile süt ve döl verim özellikleri arasındaki genetik ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(3): 454-463. doi: 10.7161/omuanajas.932318.
- Genç, S., Soysal, M.I., 2018. Türkiye'de Siyah Alaca sığır popülasyonlarında süt ve döl verimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1): 76-85.
- Güngör, S., Zülkadir, U., 2019. Siyah Alaca sığırlarda bazı verim özelliklerine ait parametre tahminleri. I: Döl verim özellikleri. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 8(2): 78-88.
- Gürses, M., Bayraktar, M., 2012. Türkiye'de farklı bölgelerde yetiştirilen Holştayn sığırlarda bazı süt ve döl verimi özellikleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(2): 273-280. doi: 10.9775/kvfd.2011.5424.
- Haile-Mariam, M., Pryce, J.E., 2015. Variances and correlations of milk production, fertility, longevity, and type traits over time in Australian Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 98(10): 7364-7379. doi: 10.3168/jds.2015-9537.
- Hoka, A.I., Gicheru, M., Otieno, S., 2019. Effect of cow parity and calf characteristics on milk production and reproduction of Friesian dairy cows. *Journal of Natural Sciences Research*, 9(10): 41-46. doi: 10.7176/JNSR
- Kaya, M., Bardakçioğlu, H.E., 2016. Denizli ili özel işletme koşullarında yetiştirilen Holştayn ırkı sığırların süt verimi ve döl verimi özellikleri üzerine bazı çevresel faktörlerin etkisi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 13(1): 1-10.
- Kibar, M., 2022. Leptin geni Sau3AI ile FGF-2 geni Csp61 polimorfizmleri ve bazı çevresel faktörlerin siyah alaca süt sığırlarının süt ve döl verim performanslarına etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 157s, Konya.
- Koçak, Ö., Ekiz, B., 2006. Entansif koşullarda yetiştirilen Siyah Alaca sığırların süt verimini ve laktasyon eğrisini etkileyen faktörler üzerinde araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 32(2): 61-69.
- Kumlu, S., Akman, N., 1999. Türkiye damızlık Siyah Alaca sürülerinde süt ve döl verimi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 39(1): 1-16.
- Minitab, 2010. Minitab for windows, version 16.1.1. Available at www.minitab.com (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2023).
- Mundan, D., Zonturlu, A.K., Öztürk, Y., Akkuş, T., Kaçar, C., 2020. Effect of calving season, calving year and lactation number on the milk yield traits in Holstein Cows raising in Şanlıurfa. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2): 313-317. doi: 10.24925/turjaf.v8i2.313-317.3011
- Ray, D., Halbach, T., Armstrong, D., 1992. Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. *Journal of Dairy Science*, 75(11): 2976-2983. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78061-8
- Sarar, A.D., Tapkı, İ., 2017. Türkiye 'de yetiştirilen Holştayn ineklerde süt verim özelliklerine ait fenotipik ve genotipik parametre tahminleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(10): 1243-1249. doi: 10.24925/turjaf.v5i10.1243-1249.1434
- Şahin, A., Ulutaş, Z., 2010. Polatlı tarım işletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca ineklerde süt ve döl verim özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 202-212.
- Şahin, O., 2023. Türkiye'de yetiştirilen Siyah Alaca-Holstein, Esmer ve Simmental ırkları ile melez genotiplerine ait bazı döl verim özelliklerinin karşılaştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2): 1429-1441. doi: 10.21597/jist.1230048
- Tankal, M., 2021. Gökkale tarım işletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırların süt ve döl verimi özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61s, Kastamonu.
- Tankal, M., Tüzemen, N., 2022. Gökkale tarım işletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırların süt ve döl verimi özellikleri. *Palandöken Journal of Animal Sciences Technology and Economics*, 1(2): 14-22.
- Tüzemen, N., Tankal, M., 2023. Gökkale tarım işletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırlarda servis periyodunun süt verim özelliklerine etkisi. *Palandöken Journal of Animal Sciences Technology and Economics*, 2(2): 53-61.



Tarla Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesinin İyileştirilmesi Amacıyla Bir Aparatın Geliştirilmesi

Development of an Apparatus That Improves the Penetration and Pesticide Drift Performance of Field Sprayers

Nedim YAŞAR¹, İlker H. ÇELEN²

¹Nedimler Tarım Alet ve Makineleri, Süleymanpaşa, Tekirdağ, Türkiye
· nedimlertarmak@gmail.com · ORCID > 0009-0008-8051-439X

²Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Süleymanpaşa Tekirdağ, Türkiye
· icelen@nku.edu.tr · ORCID > 0000-0003-1652-379X

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 08 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 01 Temmuz/July 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 541-561

Atıf/Cite as: Yaşar, N., Çelen, I.H. "Tarla Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesinin İyileştirilmesi Amacıyla Bir Aparatın Geliştirilmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 541-561.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İlker H. ÇELEN

TARLA PÜLVERİZATÖRLERİ İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA PENETRASYON VE PESTİSİT SÜRÜKLENMESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ AMACIYLA BİR APARATIN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Pestisit uygulamalarında uygulama başarısının düşmesi ve gereksiz pestisit kullanımının yanında çevre ve canlıların olumsuz etkisini de dikkate almak gerekir. Bu çalışmada gerek pestisit sürüklenmesini gerekse penetrasyonu iyileştirmek amacıyla tarla pülverizatörlerine takılacak bir aparat geliştirilmiştir. Bu amaçla bir bum önüne takılan boru aparat ve arkasına takılan bir sac perde (siper) kullanılarak oluşturulan tasarım, klasik bir pülverizatör kullanılarak yapılan uygulama ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, suya duyarlı kağıtlar yardımıyla damla örnekleri toplanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Denemelerde basınç değişiminin etkisi dikkate alınarak doğru uygulama şartları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sürüklenmeyi önlemek amacıyla ilerleme yönüne göre bumun arka tarafına takılan aparat sayesinde gerek ilerleme hızı ile gerekse rüzgâr sebebiyle damlaların hareketi kısıtlanmış ve penetrasyon iyileşmiştir. Buna ek olarak pestisit sürüklenmesinin azaltıldığı gözlenmiştir. Ancak bunun etkisi ile bitki üzerinde kalan damla sayısı artmıştır. Bu da aşırı bir birikime sebep olmuştur. Püskürtme uygulamasında basınç değerleri incelendiğinde basınç arttıkça genel olarak penetrasyon iyileştiği belirlenmiştir. Ancak damla boyutları üst üste gelme (örtüşme) sebebiyle artış gözlenmiş ve lekeler büyüdüğü için üst yüzeylerde artışlar kaçınılmaz olmuştur. Klasik ve yeni sistem karşılaştırıldığında 2-4-6 bar için elde edilen sonuçlar incelendiğinde yeni sistemde sırasıyla %35.8-57.8-41.9 $Dv_{0.5}$ değeri değişim göstererek azalmıştır. Yüzey kaplama değeri ise basınç değişiminde (2-4-6 bar) sırasıyla yeni sistemde %60-71.4-70.8 değişim gerçekleşmiştir. Yapılan çalışmalar sonunda geliştirilen bu aparatın buğday yetiştiriciliği yapılan tarım alanında başarısı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Damla, Penetrasyon, Pestisit, Sürüklenme, Pülverizatör, Ürün Eğici.



DEVELOPMENT OF AN APPARATUS THAT IMPROVES THE PENETRATION AND PESTICIDE DRIFT PERFORMANCE OF FIELD SPRAYERS

ABSTRACT

In pesticide application, in addition to the decrease in application success and unnecessary use of pesticides, it is also necessary to take into account the negative effects on the environment and living things. In this study, an apparatus to be attached to field sprayers was developed in order to improve both pesticide drift and penetration. For this purpose, the design created using a apparatus attached to the front of a boom and a sheet metal curtain attached to the back was compared with the application made using a classical sprayer. Drop samples were collected and evaluated with the help of water-sensitive papers used for this purpose. The success of this developed apparatus in the field of wheat cultivation has been demonstrated. In the trials, correct application conditions were tried to be determined by looking at the effect of pressure change. In order to prevent drift, the movement of the drops is restricted due to both the advancement speed and the wind, and penetration is improved, thanks to the apparatus placed on the back side of it, depending on the direction of advancement. In addition, it was observed that pesticide drift was eliminated. However, as a result of this, the amount of drops remaining on the plant increased. This has led to excessive accumulation. Considering the effect of pressure change, penetration generally improved as the pressure increased. However, while drop sizes increased due to overlapping, increases on the upper surfaces were inevitable.

Keywords: Droplet, Penetration, Pesticide, Drift, Sprayer, Canopy Opener.



1. GİRİŞ

İnsanların hayatlarını sürdürebilmeleri için gerekli birçok ihtiyacını sağlama görevi tarım üzerindedir. Ülkemizde olduğu gibi tüm ülkeler bu ihtiyaçları asgari derecede sağlamak zorundadır. İnsanların temel gıdalarından birisi olan ekmeğin hammaddesi buğday, büyük üretici kitlesini ilgilendirmekle beraber, Dünyada ve ülkemizde oldukça değerli bir tarımsal üründür. Küresel ısınma nedeniyle her geçen gün artarak karşımıza çıkan tarımsal riskler, tarımsal alanların azalması, bunun yanında dünya nüfusundaki hızlı artış özellikle buğday üretimini ön plana çıkarmıştır. Ancak üretim maliyetlerinin de artması çiftçileri sıkıntıya sokmaktadır. Özellikle pestisit kullanımı tarımsal üretim maliyetlerinde önemli bir paya sahiptir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de son yirmi yılda tarımda makineleşme ve yeni tarım alanlarının oluşturulması çabası ve yeni teknolojik gelişmeler ile kimyasal girdilerin kullanımı, üretim miktarını ve kaliteyi yükseltmiştir (Anonim, 2023). Sonuç olarak tarımsal sürdürülebilirliği her geçen gün azalmış, fauna ve flora olumsuz etkilenmiştir. Bu kimyasallar zararlıların doğal düşmanları üzerinde yarattığı olumsuz etki hastalıklarla mücadeleyi zorlaştırmıştır.

Pestisit uygulamalarında en büyük sorunlardan birisi olan pestisitlerin sürüklenmesi (drift), kimyasal ilaçlama uygulamaları sırasında pestisitlerin çeşitli sebeplerle hedef yüzeye ulaşmayarak hedef dışındaki farklı alanlara taşınması olarak ifade edilebilir. Bu problem sonucunda insan ve çevre olumsuz etkilenebilmektedir. (Çelen, 2022). Damlacıkların hedefe doğru hareket ederken oluşan, uygulama yöntemlerine ve kullanılan ekipmana bağlı olarak gelişen sürüklenme şekli en çok karşılaştığımız bir olaydır. Çeşitli araştırmalarda küçük damlaların kilometrelerce uzaklara gidebildiği ve havadayken buharlaşabildiği görülmüştür (Çelen ve Önler, 2011).

Rüzgâr hızı ve yönü, hava boşluğu, bağıl nem, atmosfer basıncı ve hava sıcaklığı sürüklenmeye neden olmaktadır. Pestisit püskürtme uygulamaları kapsamında püskürtme memesinin tipi ve ölçüsü, pestisitlerin hedefe bırakıldığı püskürtme yüksekliği ve basıncı önemli parametrelerdir. Bunların yanında püskürtme sistemlerinin teknik özellikleri ve kullanımını, operatörün bilgi ve becerisini de unutmamak gerekir (Çelen ve ark., 2009).

Bitki koruma amaçlı kullanılan kimyasal pestisitlerin püskürtülmesindeki başarıyı, hava koşulları ve püskürtme huzmesini etkileyerek kalıntı dağılımı ve hedef yüzeyin kaplama oranlarını değiştirmektedir (Grazianove ark., 2017). Özellikle pestisitlerin bitki üst kısımlarında kaldığı ifade edilmiştir (Sumner ve Herzog, 2000; Jiang ve ark., 2023; Derksen ve ark., 2012). Benzer şekilde Wu ve Wei (2019) çoğu pestisitlerin püskürtüldükten sonra bitki örtüsünün üst kısmında kaldığını vurgulamışlardır. Püskürtme sıvısının yoğun bitki örtüsünün içine nüfuz edebileceğini, ancak sadece küçük bir kısmının bitki örtüsünün orta ve alt seviyelerine ulaşacağını belirtmişlerdir. Ancak, en iyi penetrasyon ve kaplamanın sağlanabilmesi için, bitkiye en az zarar verecek şekilde optimum bir konumda ürün eğicinin yerleştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Womacve ark.,(2022) çalışmalarında, derin bitki örtüsüne yapılan püskürtmede, bitki örtülerinin içinde ve çevresindeki hava akımının kalıntı birikimi üzerinde etkisini irdelemişlerdir. Uygulamalar sırasında oluşan hava akımının, püskürtme sonucu damlanın taşıyıcı olarak veya penetrasyonu sınırlayan iç bitki örtüsü yapısının bir göstergesi olarak etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu bilgilerin püskürtme memesi ve bum uygulamalarında yeni ürünlerin ortaya çıkmasına sebep olduğunu açıklamışlardır. Bunun sonucu çeşitli püskürtme memesi tipi, püskürtme konfigürasyonları ve damla boyutlarına sahip mevcut püskürtme ucu tasarımlarında önemli artışlar gözlenmektedir.

Son zamanlarda bitkilerin üst kısımlarını bükerek püskürtülen zararlı kontrol maddelerinin alt bitki örtüsüne girmesi için bir yol oluşturmak amacıyla birçok tasarım üretilmiştir. Zhu ve ark., (2008b) Bitki eğilmesi, püskürtme memesinden alt bitki örtüsüne damla hareketi için geçen süre, ürün açıcı (eğici/itici) tasarımın bitki örtüsü içindeki derinlik ve bitki yüksekliği arasında ilişkiler kurarak, bitkinin ürün açıcıdan serbest bırakıldıktan sonra toparlanma hareketinin hesaplamalarına dayalı olarak açılma genişliği ortaya konulmuştur. Eğiciyle donatılmış bum, hava destekli püskürtme sistemine kıyasla bitki örtülerinin ortasında kalıntı miktarı ve yüzey kaplamada anlamlı bir fark yaratmamıştır. Ancak alt bölgelerde hava destekli püskürtme sistemine kıyasla anlamlı ölçüde daha düşük kalıntı ve yüzey kaplama elde edilmiştir (Zhu ve ark., 2006; Zhu ve ark., 2008a; Moura ve ark., 2017).

Buğday üretiminde ortaya çıkan pestisit kayıplarını önlemek ve etkili pestisit uygulamasını sağlamak çok önemlidir. Bu faktörlerin yönetimi hem çevre kirliliği hem de tarımsal üretimin maliyetini etkilemektedir.

Bu çalışmada gerek pestisit sürüklenmesini gerekse penetrasyonu iyileştirmek amacıyla tarla pülverizatörlerine takılabilen bir aparat tasarlanmıştır. Geliştirilen bu aparat ile penetrasyonu ve pestisit sürüklenmesi durumu klasik pülverizatörlerle karşılaştırılarak buğday yetiştiriciliği yapılan tarım alanında başarısı ortaya konulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yapılan tüm denemeler, Tekirdağ ili Süleymanpaşa İlçesi Karadeniz mahallesinde, 2000 m²'lik, ekmeklik buğday çeşidi LG59 (*Triticum aestivum* L.) ekili bir tarım arazisinde (K 40°59'212-D 27°28'41') yürütülmüştür. Denemelerde ERKUT 110 Haşmet model traktör, tarla pülverizatörü olarak ORUÇ markai üç nokta askı sistemine sahip depo kapasitesi 400 litre, iş genişliği 12 m olan bir pülverizatörü kullanılmıştır. .

Püskürtme memesi olarak Lechler firmasına ait Kırmızı ST11004 yelpaze huzmeli püskürtme memesi tipi kullanılmıştır. Belirtilen tüm uygulamalarda 2-4-6 bar basınç uygulaması uygun görülmüştür (Lechler, 2022). Pestisit sürüklenmesini arttırmak amacıyla 6 bar basınç özellikle seçilmiştir. Püskürtme memeleri katalogda belirtildiği gibi 50 cm aralıkla yerleştirilmiş ve hedef üzerinde 25 cm (püskürtme yüksekliği) olmasına dikkat edilmiştir. Denemelerde, suya duyarlı kağıtlar kullanılarak örnekler alınmıştır. Ayrıca sıcaklık, nem ve rüzgâr ölçümleri yapılmıştır.

Denemeler iki bölümde yürütülmüştür;

1. Yeni bumlu sistemin takıldığı püskürtme
2. Klasik bumlu püskürtme

2.1. Yeni Sistem

Yeni sistemde bum üzerine iki farklı eleman takılmıştır. Bunlardan birisi ürünü eğen ve penetrasyonu iyileştiren ürün eğici elemanlar, bir diğeri ise püskürtülen damlaların sürüklenmesini önleyerek bitki üzerinde tutunmasını sağlayan Sürüklenme Önleyici Perdedir.

Pülverizatör üzerinde 12 m genişliğindeki bum 30x30x2 mm profil demirden 5 bölümlü olarak yapılmış olup üzerine sonradan Eğici ve Sürüklenme önleyici sistem eklenmiştir.

2.1.1. Ürün Eğici Sistem

Bum üzerine penetrasyonu arttırmak amacıyla 20 mm çaplı borular ve 30 mm genişliğinde 2 mm kalınlığında lamalardan ürünü eğecek bir sistem tasarlanmıştır. Ürün eğici sistem iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar ürünü eğen boru ve borunun pülverizatör kanatlarına bağlanmasını sağlayan lamadır. Bunlar birbirlerine kaynak ile bağlanırken kanat profillerine cıvata ile bağlanmıştır. Eğici sistem hareket yönüne göre önde kalacak ve her bir kanat bölmesine ayrı ayrı olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Zhu ve ark. (2008b) belirttiği gibi, bitkilerin eğildikten sonra kapanmadan damlaların penetrasyonu için, damlaların istenen bölgeye ulaşma süresi bitkinin dikleşme süresinden daha kısa olmalıdır. Bu araştırmaya göre, bitkinin dikleşme süresi 0.26 saniye olarak belirlenmiştir. Bu sürede (0.26 saniye) püskürtme memelerinden çıkan damlalar 1.4 metre aşağıya kadar gidebilir. Yapılan denemeler sırasında bitki boyu 0.95 metreden kısa olup, püskürtme sistemlerinden çıkan damlaların bitki örtüsünün alt kısmına ulaşması için yeterli zamanı olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle eğici sistem genişliği ilerleme hızı ile püskürtme memelerinden bitki örtüsünün altına kadar damlaların penetrasyonu için gereken süre çarpılarak, eğici sistem öne doğru olan genişliğinin bu değerden daha küçük olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu kapsamda;

T_1 : Bitkinin dikleşme süresi

T_2 : Damlanın bitkinin alt kısmına ulaşma süresi(sn)

T_3 : Damlanın bitkinin üst kısmına ulaşma süresi (sn)

G: Eğici sistemin öne doğru genişliği (cm)

V: İlerleme hızı, (m/sn)

V_1 : Bitkinin eğilme hızı (m/sn)

V_d : Damla hızı (m/sn)

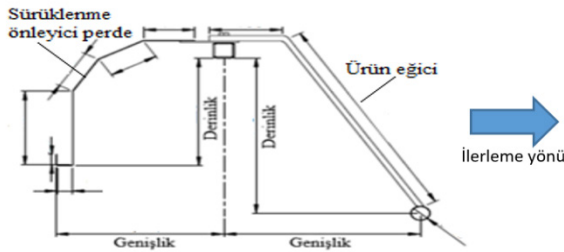
$$V=V_1; \quad Vd.<V; T_1>T_2; \quad G<T_2 \times V; \quad G>T_3 \times V \quad (\text{Zhu ve ark., 2008b})$$

Eğici sistemin bitki örtüsünü eğdiği hız, püskürtme sistemlerinin ilerleme hızına eşittir. Bum püskürtme sistemler için, püskürtme sistemlerinin ilerleme hızı genellikle damla hızından daha yavaştır. Damlaların bitki örtüsüne ulaşmasını sağlamak için, eğici sistemin damlaların bitki örtüsünün üst kısmına ulaşmadan önce bitkileri eğmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ideal eğici sistemin genişliği, ilerleme hızı ile püskürtme memelerinden bitki örtüsünün üst kısmına kadar damlaların ulaşması için gereken süre çarpılarak hesaplandığında, elde edilen değerden daha büyük olmalı, ancak ilerleme hızı ile püskürtme memelerinden bitki örtüsünün altına kadar damlaların penetrasyonu için gereken sürenin çarpımından daha küçük olmalıdır. Ayrıca, eğici sistem genişliği, açılan bitki örtüsüne ulaşan damlaların gereksiz bir gecikme yaşanmaması için maksimum yatay eğilimden daha büyük olmamalıdır. Bu nedenle, eğici sistem derinliği gereksinimi, bitkiyi maksimum eğici sistemin genişliğinden daha fazla eğecek şekilde olmalıdır (Zhu ve ark. 2008b).

Bu sebeple deneme alanındaki buğdayın dikleşme süreleri deneme alanının farklı bölgelerinde rastgele seçilerek kronometre kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1.2. Sürüklenme Önleyici Perde

Sürüklenme önleyici perde plakanın hemen arkasında veya korunan alan içinde düşük hızlı bir bölge oluşturmaktadır. Bu düşük hızlı bölge, küçük damlaların hareketinde önemli bir rol oynar. Çapı 95 µm'den daha küçük olan damlalar sürüklenmeye karşı en hassas olanlardır. Küçük damlaların hareketi, damlaların çapından daha çok, bu damlaların etrafındaki hava akış alanına bağlıdır (Tsay ve ark., 2002).



Şekil 1. Yeni sistemin teknik gösterimi

Figure 1. Technical representation of the new system

Sadece perde kullanımıyla driftin yeterince azaltılmadığı çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuş ve meme açısı ile yapılan kombinasyonlarda perde üzerindeki biriken pestisit akıntısının farklı bir problem ortaya çıkardığı belirtilmiştir (Tsay ve ark., 2002). Meme yüksekliği arttıkça, 45 cm'den sonra, drift riski artmaktadır. Bu nedenle perde yüksekliği 45 cm'lik bir alanı kaplayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Pülverizasyon sırasında ortaya çıkan pestisit sürüklenmesini önlemek amacıyla sac malzemeden özel şekillendirilerek bir panel oluşturulmuştur. 2 mm paslanmaz sac malzemeden yapılan bu kısım, hareket yönüne göre arka tarafa, bağlantı noktalarına kaynakla yerleştirilen kısa metal parçalar yardımıyla buma cıvata ile bağlanmıştır. Ayrıca bitkiye temas eden kenar yuvarlatılarak hasar olması önlenmiştir. Her bir kanat bölmesine ayrı ayrı olacak şekilde 5 adet konumlandırılmıştır. Bu kapsamda aynı koşullarda sürüklenme önleyici perdenin genişliği 25 cm derinliği ise 25 cm olarak belirlenmiştir.

2.1.3. Suya Duyarlı Kâğıt (WSP)

Püskürtme sonucu oluşan damla karakteristiklerini belirleyebilmek için örneklemeye yüzeyi olarak suya duyarlı kâğıtlar (5x2.6 cm) kullanılmıştır. Bir scanner ile (1176x1176 pixel çözünürlükte) taranarak bilgisayara aktarılmıştır. DepositScan yazılımı kullanılarak damla analizleri yürütülmüştür (Zhuve ark., 2011; Zhu ve Sciarini, 2010). Sonuçlar hacimsel ortalama damla boyutu dağılımını ($Dv_{0.1}$, $Dv_{0.5}$ ve $Dv_{0.9}$), seçilen alan yüzey kaplama yüzdesini (%), analiz edilen görüntü alanını (Görüntü Spot Alanı), tek tek damla boyutlarını (Gerçek Çap) ve toplam damla sayısını vermektedir.

$Dv_{0.1}$: Püskürtme hacminin %10'unun bu değerden daha küçük damlacıklar halinde olduğunu ve sürüklenabilen ince damlacıkların büyük bir bölümünü içerebileceğini gösterir. $Dv_{0.5}$: Püskürtme hacminin yarısının bu değerden daha yüksek ve yarısının daha küçük damlacıklar halinde olduğu anlamına gelir. Ortalama hacimsel damla büyüklüğü (VMD) olarak kabul edilir. $Dv_{0.9}$: Püskürtme hacminin %90'ının bu değerden daha küçük (veya %10 daha büyük) damlacıklar halinde olduğunu gösterir. $Dv_{0.9}$ büyükse (örneğin 800 mikron), sprej hacminin çok fazlası birkaç büyük damlacık tarafından alınabilir. Bazı uygulamalarda uygulama yapılan tüm yüzeyleri yeterince kaplamaya yetecek kadar damlacıklar olamayabileceğinden sprej kapsamı ve etkinliği azalabilir.

2.1.4. Buğdayın Dikleşme Süresi

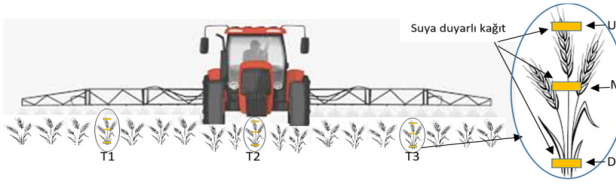
Bu amaçla dijital el tipi bir OEM C803 Dijital kronometre kullanılmıştır. Dene alanının farklı bölgelerinde belirlenen buğday bitkileri bir çubuk yardımıyla eğilerek dikleşmesi takip edilmiştir. Rastgele alınan ölçümlerde çok farklılık gösterenler ortalamaya katılmayarak elde edilen ortalama değer bitkinin dikleşme süresi olarak kabul edilmiştir.

2.1.5. Sıcaklık-Nem-Rüzgâr Hızı Ölçer

Denemelerde meteorolojik veriler, bir LUTRON AM-4202 ve bir TESTO 605-H1 sıcaklık ve bağıl nem probu kullanılarak bir kalkan içine yerleştirilerek izlenmiştir. Sensörler bir stand üzerine monte edilerek bitki örtüsünün en üstünden 2 m yükseklikte konumlandırılmıştır. Ayrıca, sensörler traktör hattının yaklaşık 20 m uzağına konumlandırılmıştır. Veriler, uygulamadan önceki 5 dakika ve uygulamadan sonraki 5 dakika olmak üzere toplanan 10 dakikalık bir zaman dilimi içerisinde toplanarak ortalamalar alınmıştır.

2.2. Tarla Denemeleri

Denemelerde, alan içerisindeki püskürtme damla karakteristiklerini belirlemek için buğday tarlasına ve pestisit sürüklenmesini tespit edebilmek için uygulama alanı dışına yerleştirilen örnekleme yüzeyleri üzerine püskürtme işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla suya duyarlı kâğıtlar buğday bitkisini 3 bölüme ayıracak şekilde (başak-orta-kök) yerleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Suya duyarlı kâğıtların bitki üzerine yerleşimi

Figure 2. Placement of water-sensitive papers on the plant

Denemeler planlanırken, püskürtülen damla karakteristiklerini belirlemek amacıyla, traktör ilerleme yönüne dik gelecek şekilde 10 m aralıklarla 3 sıra (tekerür) ve her bir sırada sağ, sol ve orta kanat altına gelecek şekilde suya duyarlı kâğıtlar yerleştirilmiştir. Ayrıca damlaların sürüklenmesini saptayabilmek için uygulama alanı dışına, 10 m aralıklarla, 2.0 m uzunluğundaki çıtalar üzerine üstten 50 cm aralıklarla suya duyarlı kâğıtlar konumlandırılmıştır (Şekil 2).

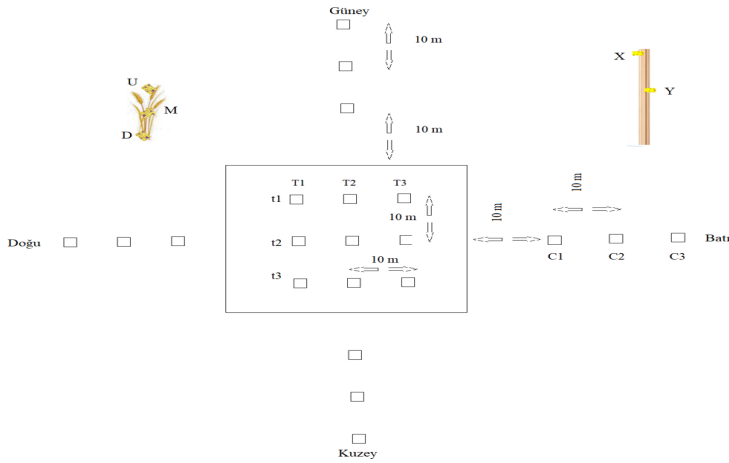
Denemelerde şehir şebeke suyu kullanılarak 2-4-6 bar basınç uygulanarak ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Traktör sabit 6km/h hızda kullanılmıştır. Uygulamalar sırasında püskürtme memeleri bitki üzerinden 25cm yükseklikte tutulmuştur. İlaç normu ise 2-4-6 bar basınca göre sırasıyla 260-370-475 litre/ha olarak kontrol edilmiştir. Bu ölçümlerde meme verdisi farklı basınçlarda sırasıyla her bir meme için 1.3-1.8-3.0 litre/dk olarak tespit edilmiştir.

Pestisit sürüklenmesini tespit etmek için farklı yönlerde 10 m aralıklarla Şekil 3 de görüldüğü gibi 2.0 m uzunluğunda çıtalar yerleştirilmiştir. Bu çıtalar üzerine en üst (X) ve 50 cm altına (Y) suya duyarlı kağıtlar sabitlenmiştir.

Püskürtme sonunda tüm suya duyarlı kâğıtlar, 5 dk. kurumaya bırakılarak toplanmış ve laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Suya duyarlı kağıtlar üzerindeki damla çapları, kaplama alanı yüzdesi, birim alandaki damla sayısı ve toplam damla sayısı hesaplanmıştır (Zhu ve ark., 2011).

Toplamda altı uygulama yapılmıştır. Klasik ve yeni sistemde 3 farklı basınç (2-4-6 bar) uygulaması yapılarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Özellikle damla büyüklükleri değerlendirilirken bazı kriterlere dikkat edilmiştir; Sürüklenme potansiyeli yalnızca hacimsel ortalama damla büyüklüğü ($Dv_{0.5}$) değerine değil, damla ebatlarının toplam spektrumuna bağlıdır. $Dv_{0.1}$ değeri ne kadar büyük olursa, sürüklenme olasılığı o kadar düşük olur. $Dv_{0.9}$ değeri ne kadar büyük olursa, yeterli kapsama alanı sağlamak için mevcut damla sayısı o kadar az olur (Çelen, 2012).

Özelliklere ait ortalamalar arasındaki farkı belirlemek amacıyla Varyans Analiz Yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılığın hangi grup ortalamaları arasında önemli olduğunun belirlenmesi amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1993). Araştırmada verilerin analizinde SPSS (version 18,0 for Windows, SPSS Inc. Chicago, IL) paket programından yararlanılmıştır.



Şekil 3. Örnekleme yüzeylerinin (WSP) yerleşim

Figure 3. Location of sampling surfaces (WSP)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tüm sonuçlar değerlendirilirken, Klasik ve Yeni sistem için damla dağılımı ve penetrasyon ayrı ayrı incelenmiştir. Elde edilen veriler dikkate alınarak iki sistem karşılaştırılmıştır.

3.1. Tasarım

Deneme alanında bitki boyu yaklaşık 60 cm olarak belirlenmiş ve bumun bitki üzerinden yüksekliği 25 cm olarak saptanmıştır. Kronometre ile yapılan ölçümler (50 adet) sonucunda bitki itildiğinde geri eski haline gelme süresi 0.45 s olarak belirlenmiştir.

Denemelerde kullanılan püskürtme memeleri (Lechler ST 10004) Lechler (2022) kataloğu incelendiğinde 200 litre/ha debide 400 µm (VMD) damla üretmektedir. BCPC sınıflandırmasına göre Kaba (Coarse) sınıfına ISO 25358 (2020) ye göre ise Çok Kaba (Very Coarse) sınıfına girmektedir. Matthews (1992) de belirttiği üzere 400 µm büyüklüğündeki damla için damla çıkış hızı 1.62 m/s olarak alınmıştır. Bununla birlikte bitki boyu ve bumun bitkiden yüksekliği dikkate alındığında T_2 : 0.43 s ve T_3 : 0.16 s hesaplanmıştır.

Ayrıca Zhu ve ark., (2008b) yaptıkları çalışmada belirttiği gibi ilerleme hızı ve damlanın bitkinin alt kısmına ulaşma süresinin çarpımı sonucu eğici sistemin öne doğru genişliğinden küçük olmalıdır koşulu bu tasarımda da ($G < T_2 \times V$; $0.55 < 0.43 \times 1.66 = 0.71$) sağlanmıştır. Ayrıca ilerleme hızından (1.66m/s) damla hızı (1.62 m/s) küçüktür.

Bunlara göre 6 kmh⁻¹ (1.66 ms⁻¹) ilerleme hızında olması gereken eğicinin öne doğru genişliği hesaplanmıştır. Zhu ve ark.(2008b) de belirttiği sonuçlara göre bu değer damlaların alt kısımlara ulaşabilmesi için 57 cm ve üst kısımlara ulaşabilmesi için 15 cm olması gerekmektedir. Çalışmanın hedefi penetrasyonu iyileştirmek olduğundan ve toprağa çok pestisit bulaşması istenmediğinden 55 cm değeri kabul edilmiştir.

Buna ek olarak sürüklenme önleyici perde (paslanmaz sac) ölçüleri belirlenirken memenin bitkiden yüksekliği ve bir miktar penetrasyonu yoğunlaştırmak ve damla kaçışını önlemek için kapalı alanın 250x 250 mm boyutlarında olması sağlanmıştır. Bu maksatla şekilde verilen yeni sistemin tasarımı sağlanmıştır. Pülverizatördeki her bir bum bölümüne ayrı ayrı monte edilebilecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4 ve 5).

Tüm denemeler yöntem bölümünde belirtildiği gibi 2 m yükseklikten denemeler süresince kayıt altına alınmış ve ortalama ile ifade edilmiştir. Bu kapsamda sıcaklık 23 °C ve bağıl nem %73 olurken rüzgâr hızı ortalama Güney Doğu yönünde 12 km h⁻¹ olmuştur.



Şekil 4. Ürün eğici sistem

Figure 4. Canopy opener



Şekil 5. Pestisit sürüklenmesini önleyici sistem

Figure5. Pesticide drift prevention system

3.2. Klasik Sistem

Klasik sistemle yapılan uygulamalarda 2-4-6 bar basınç altında toplanan tüm bölgelerde damla ölçümleri arasında görülen bazı farklılıkların sebebi olarak bitki yoğunluğu ve esen hafif rüzgârın etkisi söylenebilir. Üst üste gelmelerin varlığı örnekleme yüzeyleri üzerinde anlaşılmaktadır. Denemelere başlamadan önce püskürtme memelerinin debi kontrolü yapılmış, düzgün atıp atmadığı, tıkanma olup olmadığı kontrol edilmiştir. Tekerrürler arasında yapılan analizlerde homojen dağılım olduğu gözlenmiştir.

Tekerrürlerde tüm bitki üzerindeki farklı bölgelerdeki ortalamalara bakıldığında $Dv_{0.1}$ değeri basınç arttıkça artış göstermiştir. 2 bar basınç altında 136-207 μm , 4 bar basınç altında 146-193 μm ve 6 bar basınç altında 169-209 μm arasında değişim göstermiştir. $Dv_{0.5}$ değeri ise çok büyük farklılıklar göstermeyerek 2 bar basınç altında 306-471 μm , 4 bar basınç altında 333-455 μm ve 6 bar basınç altında 359-464 μm arasında tespit edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 414-505 μm , 4 bar basınç altında 462-651 μm ve 6 bar basınç altında 462-688 μm arasında olduğu görülmüştür.

Yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %6-15, 4 bar da %6.9-14 ve 6 bar basınç altında ise %8.5-15.1 olarak saptanmıştır. Bunun yanında toplam leke miktarı

(TD) sırasıyla 98-131 adet; 132-158 adet ve 151-161 adet olmuştur. Birim alana düşen damla sayısı (DS) 2 bar basınç altında 114-158 adet/cm² damla olurken 4 bar da 149-185 adet/cm² ve 6 bar da 172-196 adet/cm² olup artış göstermiştir.

Damla sıklığı uygulamanın etkinliği hakkında en önemli parametrelerden bir tanesidir. Syngenta Crop Protection AG'ye göre pestisit çeşitlerine göre minimum gerekli damla sayıları insektisit ve çıkış öncesi herbisitler için 20-30adet/cm², çıkış sonrası herbisitler için 30-40adet/cm², Fungusitler için 50-70adet/cm² damla olarak önerilmiştir(Syngenta, 2002)

3.2.1. Penetrasyon

Uygulamalarda penetrasyon uygulama alanı içerisine 3 tekerrür olacak şekilde, üst-orta ve alt bölge olarak ayrı ayrı irdelenmiştir. Genel olarak beklendiği gibi tüm uygulamalarda üst kısımlarda (u bölgesi) tüm değerler yüksek tespit edilmiştir. Benzer şekilde alt kısımlarda (m ve d) ise bu değerler en düşük olmuştur. $Dv_{0.1}$ değeri basınç arttıkça damla çaplarının basınç artışına bağlı olarak küçülmesi sonucu azalma göstermiştir. Şekil 2 incelendiğinde 2 bar basınç altında 91-259 mm, 4 bar basınç altında 96-276 mm ve 6 bar basınç altında 119-299 mm arasında değişim göstermiştir. m ve d bölgelerinde bu değerlerin büyümesine sebep olarak üst üste gelen damlalar görülmüştür. Ayrıca ıslanan bitki yüzeylerinin teması da bu sebepler katılabilir. $Dv_{0.5}$ değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 234-746 mm, 4 bar basınç altında 241-759 mm ve 6 bar basınç altında 298-765 mm arasında tespit edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 313-653 mm, 4 bar basınç altında 333-908mm ve 6 bar basınç altında 398-958 mm arasında olduğu görülmüştür.

Ortalamalarda yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %0.76-23.05, 4 bar da %1.0-23.1 ve 6 bar basınç altında ise %3.3-28.3 olarak saptanmıştır. Bunun yanında TD sırasıyla 29-258 adet; 98-269 adet; 108-259 adet olmuştur. DS değeri 2 bar basınç altında 20.1-274 adet/cm² damla olurken 4 bar da 120-280 adet/cm² damla ve 6 bar da 132-297 adet/cm² damla olup artış göstermiştir.

Klasik sistem kullanılarak yapılan püskürtmeler sonucunda bitki orta bölgesinde (m) $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.5}$, $Dv_{0.9}$ değerleri belirgin değişimler göstermezken yüzey kaplama, TD, deposit cm² değerlerinde daha belirgin olmuştur. $Dv_{0.1}$ değeri 2 bar basınç altında 71-350 mm, 4 bar basınç altında 89-262 mm ve 6 bar basınç altında 101-268 mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeylerinin teması da bu değişime sebep olarak söyleyebiliriz. $Dv_{0.5}$ değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 119-595 mm, 4 bar basınç altında 129-603mm ve 6 bar basınç altında 141-623 mm arasında elde edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 211-697 mm, 4 bar basınç altında 302-801 mm ve 6 bar basınç altında 312-829 mm arasında tespit edilmiştir.

Ölçümler sonucunda yüzey kaplama değeri 2 bar basınç altında %0.38-17.61, 4 bar da %0.5-24 ve 6 bar basınç altında ise %1.1-2.42 olarak saptanmıştır. Ayrıca TD değeri sırasıyla 7-207 adet; 89-220 adet; 96-234 adet olmuştur. Santimetrekareye düşen damla sayısı 2 bar basınç altında 93-158 adet/cm² damla olurken 4 bar da 89-232 adet/cm² damla ve 6 bar da 97-295 adet/cm² damla olup artış göstermiştir.

Penetrasyonu ortaya koyan en önemli faktör dip kısımlara kadar ulaşılabilir olmasıdır. Bu kapsamda analizler incelendiğinde damla karakteristiklerinin bu bölgede çok büyük değişim göstermediği diğer bir ifadeyle basınç artışının etkili olmadığı saptanmıştır. 2 bar basınç altında $Dv_{0.1}$ değeri 60-202 mm. 4 bar basınç altında 88-189 mm ve 6 bar basınç altında 96-203 mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeyleri ile birlikte bitki sıklığı da buralarda etkili olmuştur. $Dv_{0.5}$ değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 150-541 mm. 4 bar basınç altında 162-559 mm ve 6 bar basınç altında 169-559 mm arasında tespit edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 26-690 mm. 4 bar basınç altında 185-608 mm ve 6 bar basınç altında 193-602 mm arasında olduğu görülmüştür.

Örnekleme yüzeyleri incelendiğinde, basıncın artmasıyla yüzey kaplama değeri de artarak 2 bar olduğunda elde edilen yüzey kaplama değeri %0.27-14.9. 4 bar'da %1.0-15 ve 6 bar'da ise %1.2-22.3 olduğu saptanmıştır. TD değeri ise sırasıyla 18-180 adet; 38-239 adet; 58-200 adet elde edilmiştir. DS hesaplandığında 2 bar basınç altında 14.3-247 adet/cm² damla olurken 4 bar da 45-241 adet/cm² damla ve 6 bar da 61-254 adet/cm² damla olup artış göstermiştir.

Klasik sistemde yapılan uygulamalar sonucunda, istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) farklı basınçlarda $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.1}$ değerleri ve YK değerlerinde basıncın bitkinin farklı bölgelerinde tespit edilen farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Ancak TD ve DS değerlerinde görülen farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

3.2.2. Pestisit Sürüklenmesi

Denemelerde rüzgâr hızı ve yönüne (Güney-Doğu) bağlı olarak klasik sistemde sürüklenme tespit edilmiştir. Doğu yönündeki çıtalarda damla tespit edilirken diğer yönlerdeki çıtalarda herhangi bir damla tespiti olmamıştır. Sonuçlar Çizelge 1'de görülmektedir.

Uygulama alanından 10 m aralıklarla yerleştirilen 2 m uzunluğundaki çıtalar (X-Y) üzerine yukarıdan itibaren 50 cm aralıklarla örnekleme yüzeyleri yerleştirilmiştir. Ön çıtadaki üst yüzeylerde damlalar tespit edilirken 10 m uzaklıkta yerleştirilen çıtanın alt kısmında damlalar görülmüştür. Ön taraftakilere göre arka çıtada daha küçük damlalar elde edilmiştir.

Çizelge1. Klasik sistemde elde edilen sürüklenen damlaçapları (mm)**Table 1.** Drifting drop diameters obtained in the classical system (mm)

	Örnekleme yüzeylerinin çitalarda konumları	Dv _{0.1}	Dv _{0.5}	Dv _{0.9}	YK	TD	DS
C	X	135	149	165	0.08	1	1.2
1	Y	--	--	--	--	--	--
C	X	56	66	82	0.02	2	1.9
2	Y	--	--	--	--	--	--

3.3. Yeni Sistem

Klasik sistemle yapılan uygulamalarda elde edilen uygulama alanında farklı bölgelerde farklı basınçlarda yapılan uygulama sonuçlarının ortalamaları incelendiğinde bazı farklılıkların sebebi olarak bitki yoğunluğu ve esen hafif rüzgârın etkisi söylenebilir. Ayrıca damlaların hedef yüzeyde üst üste geldikleri belirlenmiştir.

Tekerrürlerdeki ortalamalara bakıldığında Dv_{0.1} değeri basınç arttıkça artış göstermiştir. 2 bar basınç altında 79-193 mm. 4 bar basınç altında 87-103 mm ve 6 bar basınç altında 92-128 mm arasında değişim göstermiştir. Dv_{0.5} değeri ise çok büyük farklılıklar göstermeyerek 2 bar basınç altında 199-302 mm. 4 bar basınç altında 187-192 mm ve 6 bar basınç altında 168-272 mm arasında tespit edilmiştir. Dv_{0.9} değeri ise 2 bar basınç altında 299-358 mm. 4 bar basınç altında 212-315 mm ve 6 bar basınç altında 206-374 mm arasında olduğu görülmüştür. Basınçla damla çapının azaldığı tespit edilmiştir.

Ortalamalarda yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %1.75-6. 4 bar da %1.5-4 ve 6 bar basınç altında ise %3.2-4.4 olarak saptanmıştır. Bunun yanında TD sırasıyla 52.8-145 adet; 52-102 adet; 36-179 adet olmuştur. Santimetrekaireye düşen damla sayısı 2 bar basınç altında 70.2-173 adet/cm² damla olurken 4 bar da 52-150 adet/cm² damla ve 6 bar da 69-107 adet/cm² damla olup artış göstermiştir.

3.3.1. Penetrasyon

Uygulamalarda penetrasyon uygulama alanı içerisine 3 tekerrür olacak şekilde. üst-orta ve alt bölge olarak ayrı ayrı irdelenmiştir. İncelendiğinde genel olarak beklendiği gibi tüm uygulamalarda üst kısımlarda (u bölgesi) tüm değerler yüksek tespit edilmiştir. Benzer şekilde alt kısımlarda (m ve d) ise bu değerler en düşük olmuştur.

$Dv_{0.1}$ değeri basınç arttıkça damla çaplarının basınç artışına bağlı olarak küçülmesi sonucu azalma göstermiştir. Çizelge 1 incelendiğinde 2 bar basınç altında 55-553 mm. 4 bar basınç altında 55-136 mm ve 6 bar basınç altında 60-217 mm arasında değişim göstermiştir. Minimum ve maksimum büyüklüklere baktığımızda ortaya çıktığı gibi, m ve d bölgelerinde bu değerin büyümesine sebep olarak üst üste gelen damlalar görülmüştür. $Dv_{0.5}$ değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 129-304 mm. 4 bar basınç altında 114-313 mm ve 6 bar basınç altında 112-453 mm arasında tespit edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 129-473 mm. 4 bar basınç altında 111-573 mm ve 6 bar basınç altında 116-582 mm arasında olduğu görülmüştür.

Ortalamalarda yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %0.34-16.5. 4 bar basınç altında %0.33-14.1 ve 6 bar basınç altında ise %0.04-29.8 olarak saptanmıştır. Bunun yanında TD değeri sırasıyla 12-247 adet; 28-182 adet; 1-243 adet olmuştur. DS değeri 2 bar basınç altında 15.6-347 adet/cm² damla olurken 4 bar basınçta 22-235 adet/cm² damla ve 6 bar basınç altında 1.2-305 adet/cm² damla olup artış göstermiştir.

Yeni sistem kullanılarak yapılan püskürtmeler sonucunda bitki orta bölgesinde (m) $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.5}$, $Dv_{0.9}$ değerleri belirgin değişimler göstermezken yüzey kaplama TD değerlerinde daha belirgin olmuştur. $Dv_{0.1}$ değeri 2 bar basınç altında 78-319 mm. 4 bar basınç altında 58-134 mm ve 6 bar basınç altında 52-180 mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeylerinin örnekleme yüzeylerine temas etmesi sonucunda da bu değişim ortaya çıkmış olabileceğini sebep olarak söyleyebiliriz. $Dv_{0.5}$ değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 127-631 mm. 4 bar basınç altında 111-330 mm ve 6 bar basınç altında 77-341 mm arasında elde edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 239-819 mm. 4 bar basınç altında 201-421 mm ve 6 bar basınç altında 105-460 mm arasında tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda yüzey kaplama değeri 2 bar basınç altında %0.61-11.9. 4 bar basınç altında %0.3-8.2 ve 6 bar basınç altında ise %0.4-6.65 olarak saptanmıştır. Ayrıca TD değeri sırasıyla 15-177 adet; 22-147 adet; 11-64 adet olmuştur. Santimetrekareye düşen damla sayısı 2 bar basınç altında 17.6-211 adet/cm²damla olurken 4 bar basınçta 12-298 adet/cm²damla ve 6 bar basınç altında 17-108 adet/cm²damla olup artış göstermiştir.

Penetrasyonunun başarısı diplere kadar ulaşan pestisitlerin varlığıdır. Kök bölgesine yakın örnekleme yüzeyleri incelendiğinde damla karakteristiklerinin bu bölgede çok büyük değişim göstermediği saptanmıştır. Bu bölgelerde diğer karakteristikler basınç arttıkça değişim göstermişlerdir. 2 bar basınç altında $Dv_{0.1}$ değeri 59-326 mm. 4 bar basınç altında 55-226 mm ve 6 bar basınç altında 61-133

mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeyleri ile birlikte bitki sıklığı de buralarda etkili olmuştur. $Dv_{0.5}$ değeri ise püskürtme basıncı değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 100-764 mm, 4 bar basınç altında 85-219 mm ve 6 bar basınç altında 91-509 mm arasında tespit edilmiştir. $Dv_{0.9}$ değeri ise 2 bar basınç altında 116-345 mm, 4 bar basınç altında 74-352 mm ve 6 bar basınç altında 116-585 mm arasında olduğu görülmüştür.

Örnekleme yüzeyleri incelendiğinde, basıncın artmasıyla yüzey kaplama değeri de artarak 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %0.14-17.4, 4 bar da %0.2-7.2 ve 6 bar basınç altında ise %0.04-4.3 olarak saptanmıştır. TD değeri ise sırasıyla 8-212 adet; 17-210 adet; 1-54 adet elde edilmiştir. DS değeri hesaplandığında 2 bar basınç altında 8.6-242 adet/cm²damla olurken 4 bar basınç altında 11-222 adet/cm²damla ve 6 bar basınç altında 1.2-70.3 adet/cm²damla olup artış göstermiştir.

Yeni sistemde yapılan pülverizasyonlar elde edilen sonuçlar incelendiğinde, farklı basınçlarda yapılan püskürtme uygulamalarında örnekleme yüzeylerinden elde edilen $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.5}$, $Dv_{0.9}$, YK, TD ve DS değerlerinde basınca bağlı olarak bitkinin farklı bölgelerinde tespit edilen farklılıkları istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemsiz olduğu bulunmuştur.

3.3.2. Pestisit Sürüklenmesi

Yeni sistem kullanılarak yapılan denemelerde 5 m aralıklarla yerleştirilen tüm yönlerdeki çıtalar üzerine yerleştirilen örnekleme yüzeylerinde herhangi bir damla sürüklenmesine rastlanamamıştır. Bu da uygulamanın başarısını göstermiştir.

3.4. Yeni ve Klasik Sistemin Karşılaştırılması

Genel olarak bakıldığında meteorolojik koşulların da iyi olması sebebiyle pestisit sürüklenmesinin olmadığı ve penetrasyonunun daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bu amaçla damla karakteristikleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Şekil 5'de klasik sistemle yeni sistem arasındaki değişim yüzdelik olarak oranlanmış ve değişim oranlarına göre karakteristiklerin değişimi değerlendirilmiştir.

Genel olarak incelendiğinde tüm bölgelerde $Dv_{0.1}$ değeri tüm basınçlarda klasik sisteme göre yeni sistemle yapılan püskürtme sonucunda artış göstermiştir. Yeni sistemden beklenen damlaların hedef dışına sürüklenme durumu azaltılmıştır. Ölçümlere bakıldığında 2-4-6 bar basınçlarda elde edilen değerler ortalama sırasıyla üst kısımlarda 138-197-111 mm, orta kısımlarda 130-93-114 mm ve alt kısımlarda ise 106-93-90 mm elde edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 177-200-228 mm, orta kısımlarda 162-165-180 mm

ve alt kısımlarda ise 129-123-136 mm elde edilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi küçük damlaların alt kısımlara doğru ulaşımı sağlanmıştır. Damla çap değerlerinin büyüdüğü ve bu duruma damlaların üst üste gelmelerinin neden olduğu düşünülmektedir.

Tüm bölgelerde $Dv_{0.5}$ değeri klasik sistemde basınç değişimi ile farklılıklar gösterirken, basınç değişimine rağmen yeni sistemde birbirine yakın çıkmıştır. Bu değerlerde de klasik sisteme göre yükseliş göstermiştir. Bunun nedeni olarak üst üste gelme söylenebilir. Elde edilen değerler 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda 214-214-249 mm, orta kısımlarda 274-208-213 mm ve alt kısımlarda ise 227-145-196 mm olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 492-480-516 mm, orta kısımlarda 392-308-409 mm ve alt kısımlarda ise 351-344-353 mm olmuştur. Genel olarak bakıldığında yeni sistem $Dv_{0.5}$ değerinin tüm bölgelere homojen bir dağılımın oluşmasını sağlamıştır.

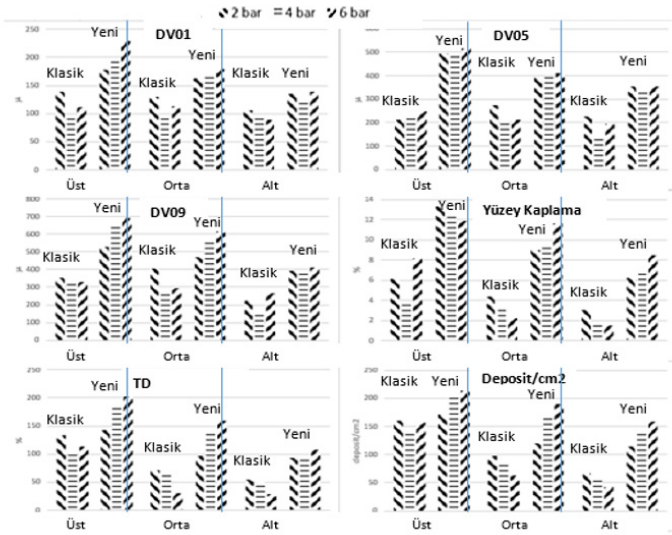
$Dv_{0.9}$ değeri yüksek basınçlarda yeni sistemin kullanılmasıyla artış göstermiştir. Örnekleme yüzeylerinde toplanan damlalar incelendiğinde 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda 354-324-329 mm, orta kısımlarda 406-284-291 mm ve alt kısımlarda ise 226-163-265 mm olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 526-656-695 mm, orta kısımlarda 470-573-615 mm ve alt kısımlarda ise 391-386-409 mm olmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde yeni sistem $Dv_{0.9}$ değerinin tüm bölgelere homojen bir dağılımın oluşmasını sağladığı görülmüştür.

Yüzey kaplama (YK) değerleri incelendiğinde yeni sistemin kullanımıyla değerler yükselmiştir. Özellikle 6 bar basınç altında önemli yükselişler görülmüştür. YK değeri 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda %6.1-3.8-8.1 damla orta kısımlarda %4.3-3.2-2.2 damla ve alt kısımlarda ise %3.0-1.6-1.5 damla olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskür damla tme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda %13.2-12.4-11.9 damla, orta kısımlarda %8.9-9.4-11.7 damla ve alt kısımlarda ise %6.2-6.6-8.4 damla olmuştur.

Yeni sistemle yapılan uygulamalarda örnekteki toplam leke miktarı (TD) değeri diğer karakteristiklerde olduğu gibi yükselmiştir. TD değeri 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda 134-101-113 adet, orta kısımlarda 71-67-31 adet ve alt kısımlarda ise 55-50-28 adet olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 142-189-204 adet orta kısımlarda 97-143-158 adet ve alt kısımlarda ise 93-96-108 adet olmuştur.

Santimetrekaredeki damla sayısı (DS) değeri özellikle 6 bar basınç altında klasik sisteme göre yeni sistem ölçümlerinde artış göstermiştir. Tüm bölgelerde basınç artışıyla artışlar gözlenmiştir. 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısım-

larda 160-143-156 adet/cm²damla. orta kısımlarda 97-83-62 adet/cm²damla ve alt kısımlarda ise 67-58-42 adet/cm²damla olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 170-201-214 adet/cm²damla. orta kısımlarda 119-168-190 adet/cm²damla ve alt kısımlarda ise 114-137-158 adet/cm²damla olmuştur. Genel olarak resme bakıldığında yeni sistem DS değerinin klasik sistemde basınç artışıyla gösterdiği düşme yeni sistemde daha az olmuştur.



Şekil 5. Klasik ve yeni sistemle yapılan püskürtme sonucunda farklı bölgelerdeki ve farklı basınçlarda elde edilen karakteristikler

Figure 5. Characteristics obtained in different regions and at different pressures as a result of spraying with the classical and new systems

Çizelge2. Klasik sistemle yapılan püskürtme sistemlerinde elde edilen verilerin istatistiksel açıdan analizi

Table2. Statistical analysis of data obtained in spraying systems made with the classical system

Değişken	Dv _{0.1}	Dv _{0.5}	Dv _{0.9}	YK	TD	DS
2	158.60±47.06 ^{ns}	407.48±116.50 ^{ns}	462.59±85.08 ^{ns}	9.50±5.75 ^{ns}	111.04±36.08 ^a	135.20±51.96 ^a
4	163.15±44.68 ^{ns}	412.37±110.22 ^{ns}	538.89±176.15 ^{ns}	9.51±4.71 ^{ns}	143.00±47.23 ^{ab}	168.82±44.73 ^{ab}
6	182.81±46.22 ^{ns}	426.41±107.88 ^{ns}	573.33±177.72 ^{ns}	10.71±4.59 ^{ns}	157.37±23.23 ^b	187.41±44.31 ^b
Alt	133.00±13.32 ^a	349.70±29.45 ^a	396.04±50.34 ^a	7.11±3.76 ^a	99.63±36.70 ^a	136.68±61.56 ^a
Orta	169.52±38.45 ^{ab}	400.22±81.68 ^{ab}	552.78±120.75 ^{ab}	10.08±4.94 ^{ab}	133.07±33.46 ^b	159.41±42.46 ^{ab}
Üst	202.07±48.78 ^b	496.33±131.93 ^b	626.00±170.39 ^b	12.53±4.73 ^b	178.70±31.9 ^b	195.33±26.03 ^b

Çizelge 3. Yeni sistemle yapılan püskürtme sistemlerinde elde edilen verilerin istatistiksel açıdan analizi

Table 3. Statistical analysis of the data obtained in the spraying systems made with the new system

Değişken	Dv _{0.1}	Dv _{0.5}	Dv _{0.9}	YK	TD	DS
2	125.19±56.87 ^{ns}	238.81±91.77 ^{ns}	328.26±97.00 ^{ns}	4.51±2.92 ^{ns}	86.89±59.39 ^{ns}	108.43±68.62 ^{ns}
4	94.78±21.40 ^{ns}	189.59±43.93 ^{ns}	257.52±86.22 ^{ns}	2.91±1.84 ^{ns}	73.03±33.19 ^{ns}	94.85±61.18 ^{ns}
6	105.22±30.96 ^{ns}	219.56±84.20 ^{ns}	295.52±117.37 ^{ns}	3.99±3.46 ^{ns}	57.55±50.64 ^{ns}	87.35±60.90 ^{ns}
Alt	96.96±36.45 ^{ns}	189.63±90.20 ^{ns}	218.44±66.18 ^a	2.08±1.76 ^a	44.48±27.63 ^a	56.06±32.00 ^a
Orta	112.56±26.54 ^{ns}	232.22±55.61 ^{ns}	327.19±78.26 ^{ab}	3.29±1.55 ^{ab}	56.78±33.09 ^b	81.08±34.82 ^{ab}
Üst	115.67±54.12 ^{ns}	226.11±80.00 ^{ns}	335.67±115.42 ^b	6.04±3.26 ^b	116.22±50.08 ^b	153.50±66.48 ^b

İstatistiksel açıdan ($P<0.05$) farklı basınçlarda Dv_{0.1}, Dv_{0.5}, Dv_{0.9} değerleri ve YK değeri ölçümlerinde basıncın bitkinin farklı bölgelerinde tespit edilen farklılıklar Klasik sistemde yapılan pülverizasyonlar sonucunda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Ancak TD, DS ve UL değerlerinde görülen farklılıklar önemli bulunmuştur. Bunun yanında yeni sistemde tüm sonuçlar arasında gözlenen farklılıklar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Ayrıca bitkinin farklı bölümleri incelendiğinde Klasik sistemde elde edilen tüm veriler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Yeni sistemle yapılan pülverizasyon da ise Dv_{0.1} ve Dv_{0.5} değerleri kendi içerisinde önemsiz bulunurken, Dv_{0.9}, YK, TD ve DS değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal mücadelede en büyük sorunlardan birisi pestisit sürüklenmesi ve damlaların homojen bir şekilde penetrasyonudur. Bu sorunu çözmek için birçok çalışma yürütülmekte ve birçok teknik ve teknoloji geliştirilmektedir. Bu çalışmada bu sorunlar giderilmeye çalışılmış damla karakteristikleri irdelenmiştir. Denemelerde basınç değişiminin etkisine bakılarak doğru uygulama şartları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Sürüklenmeyi önlemek amacıyla ilerleme yönüne göre memenin arka tarafını kapatan bir perde yerleştirilmiştir. Bu sayede gerek ilerleme hızı ile gerekse rüzgâr sebebiyle damlaların hareketi kısıtlanmıştır. Ancak bunun etkisi ile bitki üzerinde kalan damla sayısı artmıştır. Bu da aşırı bir birikime sebep olmuştur.

Klasik ve yeni sistem karşılaştırıldığında 2-4-6 bar için elde edilen sonuçlar incelendiğinde. Yeni sistemde sırasıyla %35.8-57.8-41.9 Dv_{0.5} değeri değişim göstererek azalmıştır. Yüzey kaplama değeri ise basınç değişiminde (2-4-6 bar) sırasıyla yeni sistemde %60-71.4-70.8 değişim gerçekleşmiştir.

Ancak ön tarafa yerleştirilen bitki eğici sistem ile bu damlaların bitki iç kısımlarına doğru ulaşması sağlanmıştır. Böylece uygulamanın penetrasyonu iyileşmiştir. Dolayısıyla üst kısımlardaki birikme klasik sisteme göre daha fazla olmakla birlikte orta ve alt kısımlarda birikim artmıştır.

Basınç değişiminin etkisine bakıldığında basınç arttıkça genel olarak penetrasyon iyileşmiştir. Ancak damlaların üst üste gelmesi sebebiyle artış gösterirken üst yüzeylerde artışlar kaçınılmaz olmuştur.

Bu sonuçlar ışığı altında bu sistem kullanımı sırasında püskürtme memesi numarası (meme orifisi) küçültülebilir. Diğer bir ifade ile basınç arttırılabilir. Böylece daha küçük damlalar oluşacağından üst yüzeylerde görülen üst üste gelme ve birikim daha homojen olacağı beklenmektedir. Bunlara ek olarak bakıldığında damla sürüklenmesi çalışmadan da beklediği gibi önlenmiştir. Klasik sistemde görülen sürüklenme hareketi yeni sistem kullanıldığında görülmemiştir. Bu nedenle yeni sistemin başarılı olduğu söylenebilir.

Denemelerde uygulanan 4 bar basınç uygulaması ve meme delik çapının düşürülmesi çalışmanın başarısını daha da arttıracaktır. Bu araştırma sonucunda klasik sisteme göre gerek penetrasyon gerekse sürüklenme açısından ürün eğici ve drift önleyici perde elemanlarından oluşan yeni sistem başarılı olmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: NY (%50), İHÇ (%50)

Veri Toplanması: NY (%630), İHÇ (%40)

Veri Analizi: NY (%70), İHÇ (%30)

Makalenin Yazımı: NY (%50), İHÇ (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: NY (%50), İHÇ (%50)

KAYNAKLAR

- Anonim, 2023. Türkiye Bankalar Birliği Tarım sektörü Raporu. İstanbul. chrome-extension://efaidnbmnnpbcbajp-cgclefindmkaj/https://www.tbb.org.tr/Content/Upload/Dokuman/8960/Tarim_Sektor_Raporu_130723.pdf
- Çelen, I.H., Önler, E., 2011. Reducing Spray Drift. Pesticide in The Modern World Pesticide Use and Management. Chapter 8. In Tech. Editör: Margarita Stoytcheva. Basım Sayısı:1. Sayfa Sayısı 520. Isbn:978-953-307-459-7. İngilizce(Bilimsel Kitap)
- Çelen, I.H., 2012.Tarımsal Mücadelede Püskürtme Memeleri. Toprak Ofset. Editör:İlker Hüseyin Çelen. 1.Baskı. Sayfa Sayısı 111. ISBN:978-605-86370-0-9. Türkçe(Ders Kitabı)
- Çelen, I.H., 2022. Drift Precautions When Spraying Pesticides. Recent Researches and Practices in Engineering Sciences. Chapter X. p.175. ISBN: 978-2-38236-298-3. Livre de Lyon. Lyon
- Çelen, I.H. Durgut, M. R., Kılıç, E., Avci, G., 2009. Effect of Air Assistance on Deposition Distribution on Spraying By Tunnel Type Electrostatic Sprayer. African Journal of Agricultural Research. 4(12). 1392-1397.
- Derksen, R.C.,Paul,P.A., Ozkan, H.E.,Zhu, H., 2012. Field Evaluations of Application Techniques For Fungicide Spray Deposition on and Artificial Targets. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 28(3): 325-331.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Gürbüz, F., 1993. İstatistik Metotlar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1291. Ders Kitabı: 369-II. Baskı. s.218. Ankara.
- Graziano, C.E.P.L., Alves, K.A., Gandolfo, M.A., Dario, G., Oliveira, R.B., 2017. Spraying Quality of Crop Protection Products Using Two Droplet Spectra in Three Periods of The Day. Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering. 37 (6), 1183-1189
- Jiang, Y., Yang, Z., Xu, X., Shen, D., Jiang, T., Xie, B., Duan, J., 2023. Wetting and deposition characteristics of air-assisted spray droplet on large broad-leaved crop canopy. Front. Plant Sci.14:1079703. doi: 10.3389/fpls.2023.1079703
- Lechler, 2022. Agricultural Spray Nozzles and Accessories. Erişildiği adres: [https://www.lechler.com/fileadmin/media/kataloge/pdfs/agraf/EN/lechler_agriculture_catalogue_2022_en.pdf]
- Matthews, G.A., 1992. Pesticide Application Methods.2nd Ed. NewYork: Longman Scientific & Technical.
- Moura, B., Deuner, C.C., Visintin, G., Boller, W., 2017. Use of a Canopy Opener in Fungicide Applications to Improve Asian Soybean Rust Control. Transactions of the ASABE. 60(6): 1819-1825
- Sumner, H.R., Herzog, G.A., 2000. Assessing the effectiveness of air-assisted and hydraulic sprayers in cotton via leaf bioassay. J. Cotton Sci. 4(2): 79-83.
- Syngenta, 2002. Water Sensitive Paper For Monitoring Spray Distributions. Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection AG.
- Tsay, J., Ozkan, H.E., Fox, R.D., Brazee, R.D., 2002. CFD simulation of mechanical spray shields. Transactions of the ASAE.45(5). 1271.
- Womac, A.R., Ozkan,E., Zhu, H., Kochendorfer, J., Jeon, H., 2022. Status of spray penetration and deposition in dense field crop canopies. Journal of the ASABE.65(5). 1107-1117.
- Wu, S., Wei, X., 2019. Mechanical Interaction Between A Canopy Opener And Rice Stalks Based On The Transient Dynamic Analysis. Biosystems Engineering.V:178. P:256-263
- Zhu, H., Brazee, R.D., Derksen, R.C., Fox, R.D., Krause, C.R., Ozkan, H.E., Losely, K.,2006. A specially designed air-assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops. Transactions of the ASABE.49(5). 1285-1294.
- Zhu, H., Brazee, R.D.,Fox, R.D., Derksen, R.C., Ozkan, H.E.,2008a. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: Part 1. Mathematical models to assist opener development. Trans. ASABE. 51(6). 1905-1912. https://doi.org/10.13031/2013.25389
- Zhu, H.,Derksen, R.C., Ozkan, H.E., Reding, M.E, Krause, C.R., 2008b. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: part 2: opener design with field experiments. Transactions of the ASABE.51(6). 1913-1922.
- Zhu, H.,Salyani, M., Fox, R.D., 2011. A Portable Scanning System For Evaluation Of Spray Deposit Distribution. Computers and Electronics in Agriculture 76:38-43
- Zhu, H.,Sciarini, S.M., 2010. DepositScan Manual: Portable Scanning System for Spray Deposit QualificationUS-DA-ARS Application Technology Research Unit. Wooster. Ohio.USA.



Yüksek Çözünürlüklü Termal Görüntülerin Üretimi ve Değerlendirilmesi: Landsat 8 ve PlanetScope Uydu Verileri Örneği

Production and Evaluation of High-Resolution Thermal
Images: An Example Using Landsat 8 and PlanetScope
Satellite Data

Emre TUNCA¹

¹Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
· emretunca@duzce.edu.tr · ORCID > 0000-0001-6869-9602

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 14 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 22 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 563-576

Atıf/Cite as: Tunca, E. "Yüksek Çözünürlüklü Termal Görüntülerin Üretimi ve Değerlendirilmesi: Landsat 8 ve PlanetScope Uydu Verileri Örneği" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 563-576.

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ TERMAL GÖRÜNTÜLERİN ÜRETİMİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ: LANDSAT 8 VE PLANETSCOPE UYDU VERİLERİ ÖRNEĞİ

ÖZ

Bu çalışma, Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntüleri kullanılarak yüksek kö- numsal çözünürlüğe sahip yapay termal görüntülerin üretilmesi ve bu görüntüler- in doğruluğunun değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Sultansuyu Tarım İşletmesi arazileri örneği üzerinde yürütülen araştırmada, Normalize Edilmiş Vegetasyon İndeksi (NDVI) ve yüzey sıcaklığı (Ts) haritaları kullanılarak geliştirilen regresyon modeli PlanetScope görüntülerine uygulanmış ve yüksek çözünürlüklü Ts haritası oluşturulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre PlanetScope görüntüler- inin yüksek çözünürlüklü Ts haritalarında parsel sınırları daha net bir şekilde be- lirlenirken, Landsat 8 Ts görüntülerinde söz konusu detay ortaya konulamamıştır. İstatistiksel analizler, her iki uydu verisinin de benzer NDVI değerleri ürettiğini ve tutarlı sonuçlar sağladığını doğrulamıştır ($R^2=0.90$). Ancak, PlanetScope verileri, Landsat 8'e göre, genel olarak, daha yüksek NDVI değerleri ve daha geniş bir vary- ans sergilemiştir. PlanetScope ile üretilen yapay Ts haritaları, homojen bölgelerde Landsat 8 ile benzer sonuçlar üretmesine rağmen, özellikle sulama yapılan düşük örtü yüzdesine sahip alanlarda hatalı Ts tahminleri yapılmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışma, uydu verilerinin tarımsal izleme ve çevresel analizlerde etkin bir şekil- de kullanılabilmesi için metodolojik bir temel sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: ÇNDVI, Landsat 8, PlanetScope, Termal Görüntüleme, Yüzey Sıcaklığı.



PRODUCTION AND EVALUATION OF HIGH-RESOLUTION THERMAL IMAGES: AN EXAMPLE USING LANDSAT 8 AND PLANETSCOPE SATELLITE DATA

ABSTRACT

This study aims to generate high spatial resolution synthetic thermal images using Landsat 8 and PlanetScope satellite data and evaluate the accuracy of these images. The Sultansuyu Agricultural Enterprise lands served as the test site for this investigation. Regression model was developed using Normalized Difference Veg- etation Index (NDVI) and surface temperature (Ts) maps, which was then applied to PlanetScope images to generate a high-resolution Ts map. The results showed that PlanetScope images allowed for clearer delineation of parcel boundaries in the

high-resolution Ts maps compared to Landsat 8 Ts images. Statistical analyses confirmed that both satellite datasets produced similar NDVI values and consistent results ($R^2=0.90$). However, PlanetScope data generally exhibited higher NDVI values and a wider variance compared to Landsat 8. The Ts maps produced using PlanetScope yielded similar results to Landsat 8 in homogeneous regions, but inaccurate Ts values were estimated in areas especially with low vegetation cover in irrigated fields. This study provides a methodological foundation for the effective use of satellite data in agricultural monitoring and environmental analyses.

Keywords: SNDVI, Landsat 8, PlanetScope, Thermal Monitoring, Surface Temperature.



1. GİRİŞ

Uzaktan algılanmış termal veriler, yüzey sıcaklığının (Ts) ölçülmesi ve haritalanması için en etkili araçlardan birisidir (Tomlinson ve ark., 2011). Ts enerji dengesi, su döngüsü ve iklim değişikliği gibi birçok çevresel süreçte kritik bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda termal uydu görüntüleri, tarımsal kuraklık izleme (Taner ve ark., 2022), kentsel ısı adası analizi (Cevik Degerli ve Cetin, 2023), hidrolojik modelleme (Tianjie ve ark., 2021) ve ekolojik çalışmalar (Yang ve ark., 2013) gibi çeşitli araştırmalarda başarılı bir biçimde kullanılmıştır. Ancak, mevcut termal uydu sensörlerinin düşük konumsal çözünürlüğü nedeniyle birçok uygulama için gereken ayrıntılar sağlanamamaktadır.

Günümüzde Ts'nin uzaktan algılama ile belirlenmesi için kullanılan uydu sensörleri, geniş alanların görüntülenmesini başarılı bir biçimde gerçekleştirebilmektedir ancak düşük konumsal çözünürlüğe sahip veriler sağlamaktadır. Landsat, MODIS ve ASTER gibi yaygın olarak kullanılan platformlardaki termal sensörler düşük konumsal çözünürlüğe sahiptir. Söz konusu uydu sistemlerine ait çözünürlükler bölgesel ölçekte gerçekleştirilecek çalışmalar için yeterli olsa da küçük ölçekli çalışmalar için yetersiz kalmaktadır (Sobrino ve ark., 2016). Bu nedenle, yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme ihtiyacı artarak devam etmektedir.

Son yıllarda araştırmacılar, görüntülerde ölçek küçültme tekniği kullanarak yüksek çözünürlüklü termal uydu görüntülerini başarılı bir biçimde oluşturmayı başarmışlardır (Cruz ve ark., 2020). Bu yaklaşımda, aynı uydu platformundaki, yüksek konumsal çözünürlüğe sahip spektral görüntüler kullanılarak düşük çözünürlüklü termal görüntülerde ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Agam ve ark., 2007). Ayrıca söz konusu teknik farklı uydu platformları arasındaki görüntülere de uygulanabilmektedir (Bisquert ve ark., 2016a; Bisquert ve ark., 2016b). Böylece, yüksek yersel detaylara sahip termal görüntüler başarılı bir bi-

çimde elde edilebilmektedir. Bu doğrultuda, Alemayehu ve ark. (2017)'de 1 km çözünürlüklü MODIS Ts görüntülerinde ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilerek Landsat seviyesinde Ts haritaları elde edilmiştir. Söz konusu haritalar SSEBop ET tahmin yönteminde kullanılarak yüksek çözünürlüklü ET tahmin haritaları oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Boyte ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada MODIS Ts haritaları ölçek küçültme tekniği kullanılarak Landsat Ts çözünürlüğüne yükseltilmiştir. Ölçek küçültme uygulamalarında; Che ve ark. (2017), Modifiye Edilmiş Uyarlamalı Regresyon Modeli (IMAR) yöntemini, Jiang ve ark. (2017) yapay sinir ağlarını ve Wang ve ark. (2017) ise geo-istatistiksel yöntemler kullanmışlardır. Ayrıca ölçek küçültme uygulamalarında Ts haricinde, yüksek çözünürlüklü NDVI (Boyte ve ark., 2018), toprak nemi (Knipper ve ark., 2017) ve yüzeyden yansıma (Che ve ark., 2017) görüntüleri başarılı bir biçimde oluşturulmuştur. Teknolojik gelişmelerle birlikte uydu sistemleri üzerine önemli iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda günlük uzaktan algılanmış veri üretebilen yüksek konumsal çözünürlüğe sahip uydu sistemleri geliştirilmiştir. Söz konusu platformlar arasında en sık tercih edileni ise PlanetScope uydu sistemleridir. PlanetScope, günlük görüntüleme özelliği olan ve yaklaşık 3 m yersel çözünürlük sağlayan bir uydu takımıdır. Her ne kadar PlanetScope uydularının termal bantları olmasa da yüksek çözünürlüklü optik görüntüler, yeryüzü termal özelliklerinin çıkarılması için zengin bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Yüksek zamansal ve konumsal çözünürlüklü PlanetScope görüntülerinin Ts değişimlerinin izlenmesinde önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen görüntülerde ölçek küçültme tekniklerinin bu görüntülere uygulanması üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmanın temel amacı, Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntüleri arasında ölçek küçültme teknikleri kullanılarak yüksek konumsal çözünürlüğe sahip yapay Ts görüntülerinin üretilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, Sultansuyu TİGEM arazilerindeki farklı vejetasyon örtülerine sahip tarım alanları için elde edilen yüksek çözünürlüklü yapay Ts görüntülerinin doğruluğu ve güvenilirliği değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Araştırmada çalışma alanı olarak Malatya Sultansuyu Tarım İşletmesi Müdür-lüğü'ne ait tarım arazileri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki tarım arazileri, verimli alüvyal topraklardan oluşmakta ve derin, drenaj sorunu olmayan ve organik madde bakımından da zengin topraklardır. Toprak pH'ı hafif alkali olup, tarımsal üretim için idealdir. Araştırma alanı, yarı kurak iklim bölgesinde yer almakta ve yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.3 °C, yıllık

ortalama yağış 365.8 mm'dir. Araştırma alanında yetiştirilen bitkiler, Sultansuyu Çayı ve baraj göletleri ile sulanmaktadır. İşletmede, başta buğday arpa ve mısır yetiştirilmektedir. Ayrıca yonca ve çeşitli yem bitkileri de yetiştirilmektedir.

2.2 Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

2.2.1 Landsat 8 Uydu Görüntüleri

Landsat 8 uydusu yeryüzünü gözlemlemek için tasarlanmış, Landsat programının sekizinci nesil uydusudur. Landsat 8 uydusu Dünya yüzeyinin tamamını 16 günde bir görüntülemektedir. Uydunun görüntüleme sistemi, görünür, kızılötesi ve termal olmak üzere 11 banttan oluşmaktadır. Söz konusu görüntülerin çözünürlükleri 15 metreden 100 metreye kadar değişen orta çözünürlükte veriler sağlamaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Landsat 8 uydu görüntülerinin teknik özellikleri

Table 1. Technical specifications of Landsat 8 satellite imagery

Bantlar	Dalga Boyu (µm)	Çözünürlük (m)
Kıyı Aerosol	0.43-0.45	30
Mavi	0.45-0.51	30
Yeşil	0.53-0.59	30
Kırmızı	0.64-0.67	30
Yakın Kızılötesi (NIR)	0.85-0.88	30
SWIR-1	1.57-1.65	30
SWIR-2	2.11-2.29	30
Pankromatik	0.50-0.68	15
Cirrus	1.36-1.38	30
Termal-1	10.60-11.19	30 (100m)
Termal-2	11.50-5.51	30 (100m)

2.2.2 PlanetScope Uydu Görüntüleri

PlanetScope uydu görüntüleri yeryüzünün detaylı bir biçimde görüntülenmesi için 3 metre konumsal çözünürlüğe sahip dört spektral bantta (Kırmızı, Yeşil, Mavi ve Yakın Kızıl Ötesi), 16 bit radyometrik çözünürlüğe sahip ve günlük olarak görüntüler sunmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. PlanetScope uydu görüntülerinin teknik özellikleri**Table 2.** Technical specifications of PlanetScope satellite imagery

Bantlar	Dalga Boyu (µm)	Çözünürlük (m)
Mavi	0.45-0.51	3
Yeşil	0.50-0.59	3
Kırmızı	0.59-0.67	3
Yakın Kızılötesi	0.78-0.86	3

2.3 Uydu görüntülerinden NDVI ve Yüzey Sıcaklığı Hesaplaması

Yapılan bilimsel çalışmalarda farklı atmosferik doğrulama yöntemleri (6SV, DOS, radyasyon transfer yöntemi, FLAASH) kullanılarak hesaplanan vejetasyon indeksleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmadığı belirtilmiştir (Ke ve ark., 2016). Bu nedenle ENVI yazılımında yer alan FLAASH modülü kullanarak uydu görüntülerinde atmosferik doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Landsat 8 uydu görüntülerinden Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI) ve yüzey sıcaklığı hesaplamaları (Jeevalakshmi ve ark., 2017)'de verilen yöntem dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. NDVI, her iki uydu görüntüsü için, yakın kızılötesi ve kırmızı bantların normalize edilmesiyle hesaplanmıştır (Eşitlik 1):

$$NDVI = \frac{(Yakın\ Kızılötesi - Kırmızı)}{(Yakın\ Kızılötesi + Kırmızı)} \quad (1)$$

Termal görüntülerin hesaplanmasında ilk olarak görüntünün dijital sayı değerleri spektral radyans () değerlerine dönüştürülmüştür (Eşitlik 2):

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{max} - L_{min}) \times Q_{cal}}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} + L_{min} - O_i \quad (2)$$

Eşitlikte L_{max} en yüksek radyans değeri, L_{min} en düşük radyans değeri, Q_{cal} görüntü hücresinin dijital sayı değeri, Q_{calmax} ve Q_{calmin} en yüksek ve en düşük dijital sayı değeri ve O_i ise bant 10 için düzeltme değeridir.

Sonraki adımda termal bant verisi (Bant 10) sensördeki parlaklık sıcaklığı değerine (BT) Eşitlik 3 kullanılarak dönüştürülmüştür:

$$BT = \frac{K2}{\ln\left[\left(\frac{K1}{L_{\lambda}}\right) + 1\right]} + 273.15 \quad (3)$$

Eşitlikte K1 ve K2 katsayıları görüntünün metadata dosyasında yer alan termal sabit değerleridir.

Örtü yüzdesi hesaplamaları Eşitlik 4'e göre gerçekleştirilmiştir.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad (4)$$

Eşitlikteki ve değerleri 0.2 ve 0.5 olarak alınmıştır (Jeevalakshmi ve ark., 2017).

Yüzey emissivite değerleri, yüzey pürüzlülüğü, vejetasyon örtü yüzdesi ve NDVI'ya dayalı olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 5):

$$f(x) = \begin{cases} \epsilon_{s\lambda}, & NDVI < NDVI_s \\ \epsilon_{s\lambda}P_v + \epsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C_\lambda, & NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ \epsilon_{s\lambda} + C_\lambda, & NDVI > NDVI_v \end{cases} \quad (5)$$

Eşitlikte ϵ_λ yüzey emissivite değeridir, $\epsilon_{s\lambda}$ toprak emissivitesi, $\epsilon_{v\lambda}$ vejetasyon emissivite değeri, and C_λ ise yüzey pürüzlülük değeridir (0.005). Yüzey sıcaklığı değerleri Eşitlik 6 kullanılarak elde edilmiştir:

$$T_s = \frac{BT}{\left\{ 1 + \left[\left(\frac{\lambda BT}{\rho} \right) \ln \epsilon_\lambda \right] \right\}} \quad (6)$$

Eşitlikte T_s yüzey sıcaklığı değeridir (°C). λ , termal bantın ortalama dalga boyu değeri ve $\rho = 1.438 \times 10^{-2}$ mK

2.4 Uydu Görüntülerinde Ölçek Küçültme

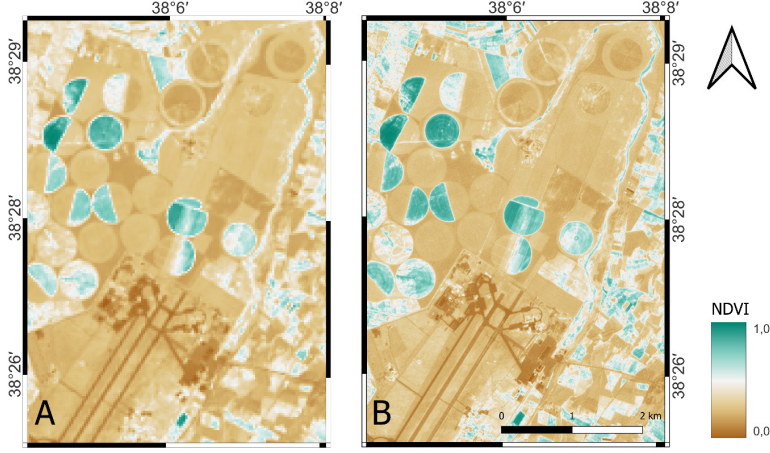
Çalışmada ölçek küçültme işlemi için aynı tarihli (10.08.2023) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ölçek küçültme işlemi, düşük çözünürlüklü uydu görüntüsünden hesaplanan NDVI ile T_s arasında doğrusal ilişki elde edilip, söz konusu ilişkinin yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine entegre edilmesini içermektedir. Bu doğrultuda öncelikle Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilen NDVI ile T_s arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Ardından, farklı spektral ve konumsal çözünürlüklere sahip Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntüleri arasında bir kalibrasyon denklemi oluşturulmuştur. Bu kapsamda, öncelikle PlanetScope uydu görüntüleri Landsat 8 uydu görüntü çözünürlüğüne getirilip kaydedilmiştir. Söz konusu görüntüler doğrusal regresyon ile birbirine kalibre edilerek iki uydu sisteminden hesaplanan NDVI değerleri arasındaki fark ortadan kaldırılmıştır. Landsat 8 NDVI

ve Ts görüntülerden elde edilen regresyon denklemi katsayıları PlanetScope uydu görüntülerine uygulanarak yüksek çözünürlüklü Ts haritası oluşturulmuştur. Söz konusu Ts haritasının çözünürlüğü ilk olarak Landsat seviyesine indirgenmiştir. Daha sonra oluşturulan yapay Ts haritası ile Landsat Ts'nin farkı alınarak her bir görüntü hücresi için tahmin hatası haritası (residual) oluşturulmuştur. Söz konusu harita oluşturulan yapay Ts haritasından çıkartılarak hata düzeltilmesi yapılmış Ts haritası elde edilmiştir. Son olarak, yapay Ts haritasının çözünürlüğü orijinal seviyesine indirgenerek nihai Ts haritası elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan tüm formüller ve detayları Bisquert ve ark. (2016b)'de verilmiştir. Ölçeğin değiştirilmesi sonucunda oluşturulan görüntülerin başarı düzeyinin ortaya konulmasında Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE) kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 NDVI Bulguları

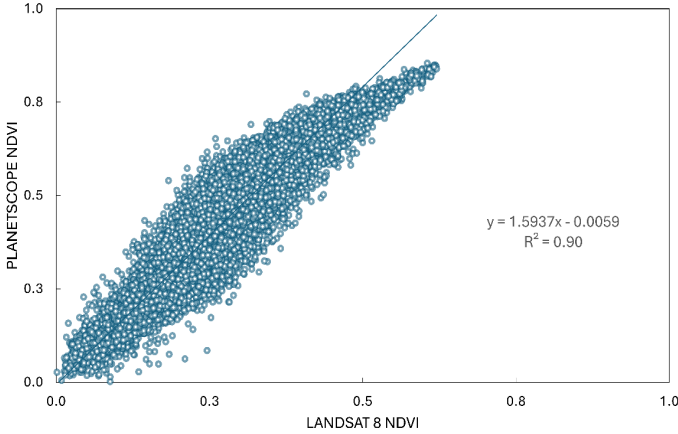
Çalışmada Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntülerinden NDVI haritaları oluşturulmuş ve sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Hesaplanan haritalar incelendiğinde PlanetScope uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI haritalarının Landsat 8 uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI haritalarına oranla daha yüksek konumsal detay yakalayabildiği, özellikle parsel sınırlarını Landsat 8'e göre daha net bir şekilde ortaya koyduğu açık bir şekilde görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde Landsat 8 uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI değerlerinin ortalaması 0.21, standart sapması 0.08, en düşük değeri 0.001 ve en yüksek değerleri 0.62 olarak bulunmuştur. PlanetScope NDVI değerlerinin ortalaması 0.31, standart sapması 0.14, en düşük değeri 0.002 ve en yüksek değeri 0.85 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, her iki uydu verisinin de benzer NDVI değerleri ürettiğini göstermektedir. Ayrıca her iki uydu platformundan hesaplanan NDVI değerlerinin benzer değişim kalıplarını göstermiş olması, farklı sensörlerin tutarlı sonuçlar ürettiğini doğrulamaktadır.



Şekil 1. Landsat 8 (A) ve PlanetScope (B) uydu platformlarından hesaplanan NDVI haritaları.

Figure1. NDVI maps generated using Landsat 8 (A) and PlanetScope (B) satellite platforms

İki farklı uydu platformundan hesaplanan NDVI değerlerini kalibre edebilmek amacıyla, Landsat 8 çözünürlüğüne düşürülen PlanetScope görüntüleri ile Landsat 8 uydu görüntüsünden hesaplanan NDVI değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, genel olarak, PlanetScope uydu görüntüsünden hesaplanan NDVI değerleri Landsat 8-NDVI’den daha yüksek gerçekleşmiştir. PlanetScope uydu görüntülerini kalibre edebilmek için oluşturulan denklemin R^2 değeri 0.91 iken RMSE değeri ise 0.02 olarak hesaplanmıştır.

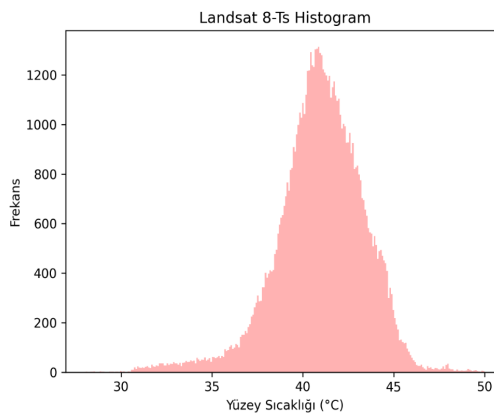


Şekil 2. Landsat 8 (A) ve PlanetScope (B) uydu platformlardan hesaplanan NDVI değerleri.

Figure 2. NDVI values obtained by using Landsat 8 (A) and PlanetScope (B) satellite platforms

3.2 Landsat 8 Termal Bulguları

Landsat 8 uydusu tarafından elde edilen termal spektral bantlar kullanılarak hesaplanan yüzey sıcaklığı değerleri, istatistiksel ve görsel analiz ile incelenmiştir. Elde edilen yüzey sıcaklığı görüntüsünün histogramı, Şekil 3'te detaylı bir şekilde verilmiştir. Buna göre, Landsat 8 termal bant görüntüsündeki yüzey sıcaklıkları 28.05 °C ile 49.98 °C arasında bir dağılım göstermektedir. Bu geniş sıcaklık aralığı, bölgenin heterojen yüzey özelliklerini yansıtmaktadır. Araştırma alanında gözlemlenen en yüksek sıcaklık frekansları, çıplak toprak ve yol gibi sınıfların hâkim olduğu bölgelerde 40.10 °C civarında yoğunlaşmıştır. Bu durum, bu tür yüzeylerin güneş ışınlarını daha fazla absorbe etme ve daha yüksek yüzey sıcaklıklarına ulaşma eğiliminde olmalarından kaynaklanmaktadır (Kalkstein ve ark., 2022; Taha ve ark., 1992). Öte yandan, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleştirildiği alanlarda ise daha düşük yüzey sıcaklığı değerleri (30 °C ile 35 °C arasında) hesaplanmıştır. Bu durumun, bitki örtüsü olan bölgelerde evapotranspirasyon ile soğuma işlemlerinin gerçekleştiğini ve bunun sonucunda da yüzey sıcaklığı değerlerinde azalmaya neden olması ile ilişkilendirilebilir (Tunca ve Köksal, 2024). Histogram analizinde dikkat çeken bir diğer önemli nokta da en yüksek sıcaklık değerlerinin (45 °C-50 °C) genellikle tarım dışı bölgelerde kaydedilmiş olmasıdır. Söz konusu bölgelerin albedo değerlerinin düşük olması daha fazla güneş ışıınımını emerek daha yüksek sıcaklıklara ulaşmasına neden olmaktadır (Allen ve ark., 2007). Görüntüdeki ortalama sıcaklık değeri 40.95 °C olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, yüzey sıcaklığı değerlerinin çeyreklik analizi sonucunda, birinci çeyrek (Q1) değeri 39.63 °C, üçüncü çeyrek (Q3) değeri ise 42.54 °C olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, Landsat 8 termal görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı verilerinin, araştırma alanının yüzey özellikleri hakkında detaylı bilgiler sunma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Landsat 8 Yüzey Sıcaklığı Haritalarından Hesaplanan Histogram Grafiği.

Figure 3. Histogram graph calculated using Landsat 8 Surface Temperature map

3.3 Landsat 8 ve PlanetScope Termal Görüntülerin Karşılaştırılması

Landsat 8 termal bantından hesaplanan yüzey sıcaklığı haritası ile yüksek çözünürlüklü PlanetScope görüntülerinden yapay olarak oluşturulan yüzey sıcaklığı haritaları hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde PlanetScope görüntüleri 3 m konumsal çözünürlükle bitkisel üretim yapılan parsel içerisindeki değişimleri (araç yolu, parsel sınırları vs.) başarılı bir biçimde ortaya koyabilirken, Landsat 8 görüntüleri (30 m konumsal çözünürlük) ile söz konusu detay belirlenememiştir. Bunun yanında, her iki uydu görüntüsü için de tarımsal üretim yapılan alanlarda düşük yüzey sıcaklığı değerleri elde edilirken, yüksek sıcaklık değerleri çıplak toprak ve/veya yol arazi sınıflarının olduğu bölgelerde tespit edilmiştir.

Daha detaylı analiz gerçekleştirebilmek adına bitkisel üretim yapılan dört parselin (Şekil 4'te verilmiştir) ortalama, en küçük, en yüksek ve varyans değerleri hesaplanmış sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, Landsat 8 ve PlanetScope uydularından elde edilen yüzey sıcaklığı verileri, her iki çalışma parselinde farklılık göstermektedir. Landsat 8 yüzey sıcaklığı verilerinden, Parsel-1 için ortalama 35.94 °C, en düşük 33.01 °C ve en yüksek 40.23 °C olarak hesaplanırken, varyans değeri ise 1.92 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşük varyans değeri, Parsel-1 için hesaplanan yüzey sıcaklığının nispeten homojen bir dağılıma sahip olduğunu ve sıcaklık değerlerinin daha dar bir aralıkta yoğunlaştığını ifade etmektedir. Diğer yandan, Parsel-2 için ortalama sıcaklık 32.29 °C, en düşük sıcaklık 30.42 °C ve en yüksek sıcaklık 35.29 °C olarak tespit edilmiş, parselin varyans değeri ise 1.36 olarak hesaplanmıştır. Belirtilen bu bulgular, Parsel-2'nin yüzey sıcaklığının Parsel-1'e göre daha düşük bir ortalama sıcaklığa sahip olduğu ve daha az değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir.

PlanetScope verileri incelendiğinde, Parsel-1 için ortalama sıcaklık 32.00 °C, en düşük sıcaklık 26.11 °C ve en yüksek sıcaklık 42.64 °C olarak tespit edilmiş ve varyans 7.26 olarak belirlenmiştir. Bu durum, PlanetScope verilerinin, Landsat verilerine kıyasla, Parsel-1'de çok daha geniş bir yüzey sıcaklığı aralığı ve yüksek varyans ile karakterize edildiğini göstermektedir. Parsel-2 için ise ortalama sıcaklık 32.38 °C, en düşük sıcaklık 28.54 °C ve en yüksek sıcaklık 39.27 °C olarak hesaplanmış, varyans 1.97 olarak ölçülmüştür. Bu, Parsel-2'nin yüzey sıcaklığı verilerinin de PlanetScope ile daha geniş bir aralıkta olduğunu ve Landsat verilerine göre daha yüksek bir varyans gösterdiğini belirtmektedir.

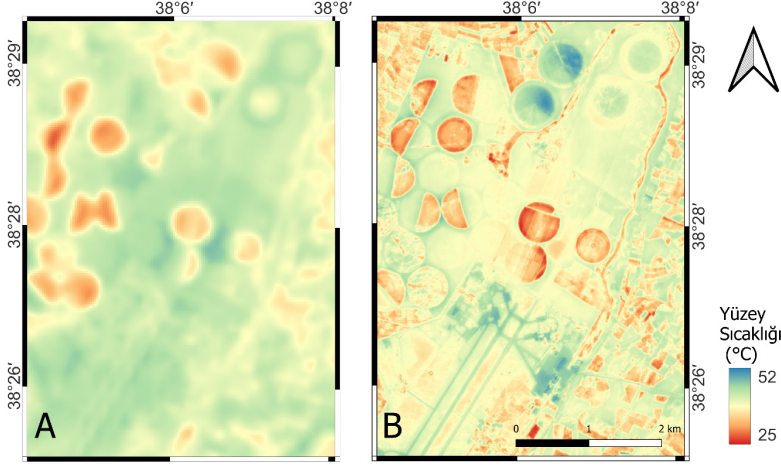
Parsel-3 ve Parsel-4 incelendiğinde, Landsat 8 yüzey sıcaklığı görüntülerinde varyans değerleri sırasıyla 5.74 ve 0.07 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, Parsel-4 yüzey sıcaklığı değerlerinin oldukça homojen dağılım gösterdiğini ifade etmektedir. Ortalama sıcaklıklar incelendiğinde ise sırasıyla 36.73 °C ve 41.78 °C olarak tespit edilmiştir. PlanetScope görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı değer-

leri incelendiğinde ise benzer bir varyans değerlerinin hesaplandığı (5.13 ve 1.80) ancak ortalama ve en yüksek sıcaklık değerleri Landsat'a göre Parsel 3 için daha yüksek ve Parsel-4 için ise daha düşük tahmin edilmiştir. Söz konusu farklılıkların en önemli sebebi, PlanetScope görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı haritalarının yapay olarak NDVI indeksine dayalı olarak üretilmiş olmasıdır. NDVI, bitki örtüsünün sağlığını ve yoğunluğunu gösteren bir indekstir ve düşük vejetasyon seviyeleri, yüzey sıcaklığı tahminlerinin doğruluğunu etkileyebilir. Özellikle, vejetasyon seviyesinin düşük olduğu parsellerde, NDVI'ye dayalı yüzey sıcaklığı tahminleri gerçek değerlerden sapmalar meydana gelmektedir. Landsat verilerinde ise doğrudan termal bantlardan ölçüm yapıldığı için, bu tür bir sapma meydana gelmemektedir. Bu durum, sulama uygulamalarının yeni başladığı bir dönemde özellikle belirgin olabilir. Landsat, sulama sonrası oluşan yüzey sıcaklığı değişimlerini daha doğru bir şekilde yakalayabilirken, PlanetScope'un NDVI'ye dayalı modeli sulama etkisini yeterince dikkate alamayarak hatalı tahminler yapmış olabilir.

Çizelge 3. Araştırma alanında yer alan bazı parsellere ait ortalama, en düşük, en yüksek ve varyans yüzey sıcaklığı değerleri

Table 3. *The average, minimum, maximum, and variance land surface temperature values of some parcels located within the research area*

		Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Varyans
Landsat	Parsel-1	35.94	33.01	40.23	1.92
	Parsel-2	32.29	30.42	35.29	1.36
	Parsel-3	36.73	31.89	40.92	5.74
	Parsel-4	41.78	41.14	42.67	0.07
PlanetScope	Parsel-1	32.00	26.11	42.64	7.26
	Parsel-2	32.38	28.54	39.27	1.97
	Parsel-3	46.16	39.23	51.29	5.13
	Parsel-4	32.97	27.56	36.26	1.80



Şekil 4. Landsat 8 (A) ve PlanetScope (B) uydu platformlardan hesaplanan yüzey sıcaklığı haritaları.

Figure 4. Surface temperature maps generated using Landsat 8 (A) and PlanetScope (B) satellite platforms

Genel olarak, PlanetScope verileri, her iki parsel için de Landsat verilerine göre daha yüksek maksimum sıcaklık değerleri ve daha geniş varyanslar sergilemektedir. Bu durum, PlanetScope'un daha yüksek konumsal çözünürlüğünün, yüzey sıcaklığındaki küçük ölçekli değişimleri daha iyi yakalayabileceğini ve bu nedenle daha geniş bir sıcaklık aralığı ve varyans ortaya çıkarabileceğini göstermektedir. Ancak, bu durum aynı zamanda, PlanetScope verilerinin, özellikle yüksek ve düşük sıcaklık değerlerinde, daha fazla aşırı değerlere sahip olabileceğini de göstermektedir, bu da uç sıcaklık değerlerine dayalı uygulamalar için veri kalitesini etkileyebilir. Landsat verilerinin daha düşük varyansları, geniş alanlı ve daha homojen yüzey sıcaklığı dağılımlarını temsil etme eğiliminde olduğunu gösterir. Bu, özellikle büyük ölçekli tarım alanlarının izlenmesi, çevresel izleme ve arazi kullanım planlaması gibi uygulamalarda önem arz etmektedir. Ancak PlanetScope görüntülerinden elde edilen düşük NDVI değerleri, özellikle vejetasyon seviyesinin düşük olduğu ve sulama uygulaması yapılan alanlarda yüzey sıcaklığı tahminlerinde hatalı tahminler oluşturabilmektedir. Bu tür durumlarda, yapay zeka tekniklerinin kullanılması, tahminlerin doğruluğunu artırmak için etkili bir yöntem olarak kullanılabilir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada Landsat 8 ve PlanetScope görüntülerinden elde edilen spektral vejetasyon indeksi (NDVI) değerlerinin karşılaştırılması ve Landsat 8 uydu görüntülerinden NDVI ve yüzey sıcaklığı değerleri arasında oluşturulan modelin PlanetScope'a uygulanması ve nihayetinde yüksek çözünürlüklü yüzey sıcaklığı haritaları oluşturulmuştur. Söz konusu haritalar Landsat 8 haritaları ile hem görsel hem de istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Oluşturulan NDVI haritalarında, PlanetScope'un daha yüksek konumsal detay sağladığı ve parsel sınırlarını daha net bir şekilde ortaya koyduğu belirlenmiştir. Ayrıca, her iki uydu platformundan elde edilen verilerin farklı sınıf türleri için benzer değişim kalıplarını sergilemesi, araştırmada kullanılan sensörlerin birbiriyle tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Landsat 8 uydu görüntülerinden hesaplanan termal haritanın, çalışma alanının heterojen yüzey özelliklerini başarıyla yansıttığını ortaya koymuştur. Çıplak toprak ve yolların yüksek sıcaklık değerleri sergilemesi, bu yüzeylerin ısıyı daha fazla absorbe etme eğiliminde olduğunu gösterirken, tarımsal alanlarda daha düşük sıcaklık değerlerinin gözlemlenmesi, bitki örtüsünün terleme ve buharlaşma ile soğutucu etkisine işaret etmektedir. PlanetScope görüntüleri kullanılarak yapay olarak oluşturulan termal haritaların, düşük ve yüksek sıcaklık değerlerinde aşırı değerlere sahip olabileceği ve bu durumun özellikle düşük vejetasyon seviyesine veya sulama uygulamalarının yapıldığı tarım alanlarında hatalı tahminlere neden olabileceği belirlenmiştir. Yapay zekâ teknikleri, özellikle doğrusal olmayan ilişkileri modellemek ve karmaşık veri yapılarından anlamlı örüntüler çıkarmak konusunda oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir. Söz konusu teknikler, düşük NDVI değerlerinin yüzey sıcaklığı tahminlerine olan etkisini daha iyi anlamak ve bu tahminleri iyileştirmek için kullanılabilir. Özellikle, derin öğrenme ve konvolüsyonel sinir ağları gibi gelişmiş modelleme teknikleri, yüksek çözünürlüklü uydudan elde edilen verilerin karmaşıklığını işleyebilir ve daha doğru tahminler üretebilir. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı uydu sensörlerinin farklı örtü sınıfları üzerindeki performanslarının değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

KAYNAKLAR

- Agam, N., Kustas, W.P., Anderson, M.C., Li, F., Neale, C.M., 2007. A vegetation index based technique for spatial sharpening of thermal imagery. *Remote Sens Environ.* 107, 545-558.
- Alemayehu, T., van Griensven, A., Senay, G.B., Bauwens, W., 2017. Evapotranspiration mapping in a heterogeneous landscape using remote sensing and global weather datasets: Application to the Mara Basin, East Africa. *Remote Sens-Basel*, 9, 390.
- Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. *J Irrig Drain Eng.* 133, 380-394.
- Bisquert, M., Sánchez, J., López-Urrea, R., Caselles, V., 2016a. Estimating high resolution evapotranspiration from disaggregated thermal images. *Remote Sens Environ.* 187, 423-433.
- Bisquert, M., Sánchez, J.M., Caselles, V., 2016b. Evaluation of disaggregation methods for downscaling MODIS land surface temperature to Landsat spatial resolution in Barrax test site. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9, 1430-1438.
- Boyte, S.P., Wylie, B.K., Rigge, M.B., Dahal, D., 2018. Fusing MODIS with Landsat 8 data to downscale weekly normalized difference vegetation index estimates for central Great Basin rangelands, USA. *GIScience & remote sensing*, 55, 376-399.
- Cevik Degerli, B., Cetin, M., 2023. Evaluation of UTFVI index effect on climate change in terms of urbanization. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 75273-75280.
- Che, X., Yang, Y., Feng, M., Xiao, T., Huang, S., Xiang, Y., Chen, Z., 2017. Mapping extent dynamics of small lakes using downscaling MODIS surface reflectance. *Remote Sens-Basel*, 9, 82.
- Cruz, J., Santos, J., Blanco, A., 2020. Spatial disaggregation of Landsat-derived land surface temperature over a heterogeneous urban landscape using planetscope image derivatives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 115-122.
- Jeevalakshmi, D., Reddy, S., Manikiam, B., 2017. Land surface temperature retrieval from LANDSAT data using emissivity estimation. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12, 9679-9687.
- Jiang, H., Shen, H., Li, H., Lei, F., Gan, W., Zhang, L., 2017. Evaluation of multiple downscaled microwave soil moisture products over the central Tibetan Plateau. *Remote Sens-Basel*, 9, 402.
- Kalkstein, L.S., Eisenman, D.P., de Guzman, E.B., Sailor, D.J., 2022. Increasing trees and high-albedo surfaces decreases heat impacts and mortality in Los Angeles, CA. *International journal of biometeorology*, 66, 911-925.
- Ke, Y., Im, J., Park, S., Gong, H., 2016. Downscaling of MODIS one kilometer evapotranspiration using Landsat-8 data and machine learning approaches. *Remote Sens-Basel*, 8, 215.
- Knipper, K., Hogue, T., Scott, R., Franz, K., 2017. Evapotranspiration estimates derived using multi-platform remote sensing in a semiarid region. *Remote Sens-Basel*, 9, 184.
- Sobrinho, J.A., Del Frate, F., Drusch, M., Jiménez-Muñoz, J.C., Manunta, P., Regan, A., 2016. Review of thermal infrared applications and requirements for future high-resolution sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54, 2963-2972.
- Taha, H., Sailor, D.J., Akbari, H., 1992. High-albedo materials for reducing building cooling energy use. *Energy & Environment Division*.
- Taner, S.Ç., Köksal, E., Tunca, E., 2022. Evaluation of the effects of alternative cold and hot cells on evapotranspiration mapping in the METRIC. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37 (2), 219 - 242.
- Tianjie, Z., Jiancheng, S., Hongxin, X., Yanlong, S., Deqing, C., Qian, C., Li, J., HUANG, S., Shengda, N., Xiuwei, L., 2021. Comprehensive remote sensing experiment of water cycle and energy balance in the Shandian river basin. *National Remote Sensing Bulletin*, 25, 871-887.
- Tomlinson, C.J., Chapman, L., Thornes, J.E., Baker, C., 2011. Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. *Meteorological Applications*, 18, 296-306.
- Tunca, E., Köksal, E.S., 2024. Evaluating the impact of different UAV thermal sensors on evapotranspiration estimation. *Infrared Physics & Technology*, 136, 105093.
- Wang, Q., Rodriguez-Galiano, V., Atkinson, P.M., 2017. Geostatistical solutions for downscaling remotely sensed land surface temperature. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 913-917.
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi, J., Dickinson, R., 2013. The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature climate change*, 3, 875-883.



Determining the Potential of Lavender as Cut Flower: Enhancing Vase Life with Different Vase Solutions

Lavantanın Kesme Çiçek Potansiyelinin Belirlenmesi:
Farklı Vazo Çözeltileri ile Vazo Ömrünün Artırılması

Akife DALDA ŞEKERCİ¹

¹Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kayseri, Türkiye
· akidal_@hotmail.com · ORCID > 0000-0001-8554-6501

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 17 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 29 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 577-592

Atıf/Cite as: Dalda Şekerci, A. "Determining the Potential of Lavender as Cut Flower: Enhancing Vase Life with Different Vase Solutions" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 577-592.

DETERMINING THE POTENTIAL OF LAVENDER AS CUT FLOWER: ENHANCING VASE LIFE WITH DIFFERENT VASE SOLUTIONS

ABSTRACT

Lavender, renowned for its pleasant aroma and beautiful spike structure, is a popular decorative plant often utilized in dried form for vase arrangements. However, its potential as a fresh cut flower has been relatively underexplored. This study aimed to assess the potential of lavender as a cut flower and investigate the impact of various vase solutions on its vase life. Two different lavender species (*Lavandula angustifolia*, *Lavandula hybrida*) were subjected to seven different vase solutions: control (water), two different doses of silver nitrate (AgNO_3), salicylic acid, sodium hypochlorite, lavender essential oil, and vinegar. The effects of these solutions on vase life and overall quality were evaluated. Results indicate that lavender holds significant potential as a cut flower when placed in appropriate vase solutions. Among the solutions tested, silver nitrate treatments exhibited the longest vase life in both species, extending vase life up to threefold compared to the control, while also limiting microbial activity within the vase and preserving flower color. This study underscores the importance of selecting suitable vase solutions to maximize the vase life and aesthetic appeal of lavender as a cut flower.

Keywords: Cut Flower, Lavender, Ornamental Plant, Silver Nitrate.



LAVANTANIN KESME ÇİÇEK POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ: FARKLI VAZO ÇÖZELTİLERİ İLE VAZO ÖMRÜNÜN ARTIRILMASI

ÖZ

Lavanta, hoş kokusu ve güzel başak yapısı ile tanınan, sıklıkla kurutulmuş formuyla vazo düzenlemelerinde kullanılan popüler bir süs bitkisidir. Ancak, lavantanın taze kesme çiçek olarak potansiyeli de oldukça yüksektir. Bu çalışma, lavantanın kesme çiçek olarak kullanım potansiyelini değerlendirmeyi ve çeşitli vazo çözeltilerinin vazo ömrü üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. İki farklı lavanta türü (*Lavandula angustifolia*, *Lavandula hybrida*), kontrol (su), iki farklı doz gümüş nitrat (AgNO_3), salisilik asit, sodyum hipoklorit, lavanta uçucu yağı ve sirke içeren yedi farklı vazo solüsyonu içerisinde denemeye alınmıştır. Bu vazo solüsyonlarının vazo ömrü ve genel çiçek kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, lavantanın uygun vazo solüsyonlarında kesme çiçek olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Vazo solüsyonları arasında, gümüş nitrat içerikli uygulamalar her iki türde de en uzun vazo ömrünü sağlamış,

kontrol grubuna kıyasla vazo ömrünü üç katına kadar arttırmış ve aynı zamanda vazodaki mikrobiyal aktiviteyi sınırlayarak çiçek rengini korumuştur. Bu çalışma ile lavantanın kesme çiçek olarak vazo ömrü ve estetik çekiciliğini maksimize etmek için uygun olan vazo solüsyonları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesme Çiçek, Lavanta, Süs Bitkisi, Gümüş Nitrat.



INTRODUCTION

Lavender, an important ornamental and aromatic plant belonging to the *Lamiaceae* family (Guenther, 1954), carries economic importance as both an essential oil and an attractive decorative plant in dry regions. Particularly, *Lavandula hybrida* and *Lavandula angustifolia* are noteworthy for their substantial quantities and high-quality essential oils (Urwin et al., 2009; Dalda-Sekerci et al., 2024; Şimşek et al., 2024). Moreover, owing to lavender's pleasant aroma, it is utilized as a fresh-cut flower. Although lavender's value in the cut flower industry hasn't fully materialized, there's been a growing demand for it in recent years. Lavender varieties with elongated stems are prized as cut flowers, with their spikes being especially suitable for this purpose. Both fresh and dried spikes are preferred for decorative vase arrangements.

In Türkiye and worldwide, the production of cut flowers is predominant in trade due to their ease of cultivation and transportation (Gursan, 2002; Kelley et al., 2006; Schimmenti et al., 2013; Akca, 2019). Maintaining the freshness of the product from harvest onwards and ensuring a long vase life is crucial for a quality cut flower trade (Batt, 2001; Akca et al., 2019). Therefore, studies on practices starting from the harvest of cut flowers and extending their vase life are highly significant. Various factors influence the vase life of cut flowers, including the plant's genetic structure, pre-harvest conditions (cultivation practices and cultural treatments), harvest timing, and post-harvest treatments. The vase life of cut flowers tends to shorten due to various factors, primarily due to the blockage of microbial vessels, interrupting water uptake and transport, and depletion of respiratory substrates limiting energy for sustaining life processes (Kazaz et al., 2008; Elgimabi and Ahmed, 2009; Danaee et al., 2011; Fanourakis et al., 2013). In addition, there is also the accelerating effect of ethylene on aging in ethylene-sensitive species and the harmful effects of reactive oxygen species (ROS) that occur during oxidative stress after the separation of flower stems from the parent plants (Skutnik et al., 2021). It has been noted that interventions at the antioxidant level through different applications in vase solutions extend vase life. Asrar (2012), emphasized the necessity of two fundamental substances, sugar and antiseptic agents, in vase solutions. While added sugar provides respiratory substrates, antiseptic agents are essential for preventing bacterial growth, proliferation, and blockage of vascular bundles. Sucrose

is the most commonly used sugar to extend the vase life of cut flowers (Pun et al., 2003; Lama et al., 2013; Norikoshi et al., 2016).

Effective in limiting the microbial population in vase water, 8-hydroxyquinoline citrate (Islam et al., 2003; Bahrami et al., 2013; Sharifzadeh et al., 2014), aluminum sulfate (Liao et al., 2001), sodium hypochlorite (Lakshmaiah et al., 2019), silver nitrate (Hutchinson et al., 2013), nano-silver (Lü et al., 2010), silicon and silver (Kiamohammadi, 2012), have been reported to extend vase life, especially when applied together with sucrose. Sodium hypochlorite can reduce bacterial counts in the vase and extend the flowers vase life (Halevy and Mayak, 1981; Macnish et al., 2010). However, effective concentrations can be toxic to flowers (Knee, 2000; Macnish et al., 2010). AgNO_3 can act either as an antimicrobial agent (Mayak et al., 1977; van Doorn, 2010), or as an inhibitor of ethylene synthesis and ethylene action. Salicylic acid has been found to delay the senescence of gladiolus flowers (Alaey et al., 2011). The salicylic acid has effects such as inhibiting ethylene biosynthesis and seed germination, blocking wound responses, reducing transpiration in leaves and epidermis, and reversing ABA-induced stomatal closure (Özeker, 2005).

In this study, the effects of solutions prepared using chemical agents such as silver nitrate (AgNO_3), sodium hypochlorite, and salicylic acid, as well as natural solutions with added vinegar, lavender essential oil, and sugar, on the vase life of lavender cut flowers were investigated. This study aims are to explore the potential use of lavender, commonly used as a garden plant or dried flower, as a cut flower and to determine the vase life durations within different vase solutions.

MATERIAL AND METHODS

Plant Materials

The research was carried out at the Department of Horticulture, Erciyes University. Cut lavender spikes from two distinct species, *Lavandula angustifolia* and *Lavandula hybrida*, were assessed in the study. The spikes were harvested when approximately 80% of the flowers on each spike had bloomed, ensuring that they had stems of appropriate length for vase placement.

The Vase Solutions Used in the Study

Flowers were harvested at a commercial stage where approximately 80% of flower clusters exhibited the colors characteristic of the variety (Kitamura et al., 2017). Within half an hour after harvest, they were transported to the laboratory in a dry condition. Stems were re-cut to minimize contamination in a vase life chamber. Subsequently, they were placed in glass bottles (1000 ml), containing 750 ml of different vase solutions.

The experiment was set up in triplicates for each of the two lavender species, with 50 g of lavender placed in each vase. A total of 6 different vase solutions and a control were prepared (Table 1). The experiment was conducted under conditions of 22-24°C room temperature and 30% humidity. The aim was to carry out the experiment under conditions resembling a household environment.

Table 1. Contents of vase solutions for cut lavender

Treatments	Species	Vase Solutions
T1-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	50 mg/L AgNO ₃
T2-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	100 mg/L AgNO ₃
T3-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	Vinegar (6%) + sucrose (6%)
T4-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	Sodium hypochlorite (3mg/L)
T5-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	Salicylic acid (5mg/L)
T6-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	Control- tap water
T7-A	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavender essential oil (5mg/L)
T1-H	<i>Lavandula hybrida</i>	50 mg/L AgNO ₃
T2-H	<i>Lavandula hybrida</i>	100 mg/L AgNO ₃
T3-H	<i>Lavandula hybrida</i>	Vinegar (6%) + sucrose (6%)
T4-H	<i>Lavandula hybrida</i>	Sodium hypochlorite (3mg/L)
T5-H	<i>Lavandula hybrida</i>	Salicylic acid (5mg/L)
T6-H	<i>Lavandula hybrida</i>	Control- tap water
T7-H	<i>Lavandula hybrida</i>	Lavender essential oil (5mg/L)

The assessed characteristics encompassed vase life, relative fresh weight, and solution uptake. Vase life was documented on a daily basis, with conclusion reached upon the observation of wilting, browning of sepals, or drying of sepals in roughly 80% of the flowers (Kitamura et al., 2017). Weights of vases were measured both with and without flowers, and evaluations of fresh weight and solution uptake were conducted every other day.

Relative fresh weight (%); Relative fresh weight, expressed as a percentage, was determined by measuring the change in fresh weight using the formula: Relative Fresh Weight (%) = $(Wt/Wt-0) \times 100$, where Wt represents the weight of the stem (in grams) at t = 0, 1, 2 days, and so forth, and Wt-0 denotes the weight of the same stem (in grams) at t = 0 day (He et al., 2006).

Solution uptake; Solution uptake was assessed on a daily basis and quantified in terms of both daily and cumulative solution uptake. The formula for daily so-

lution uptake is: Daily Solution Uptake ($\text{g stem}^{-1} \text{ day}^{-1}$) = $(St-1 - St)$, where St represents the weight (in grams), of the vase solution on days 1, 2, 3, and so forth, and $St-1$ denotes the weight of the vase solution on the preceding day (He et al., 2006; Lü et al., 2010).

The Bacterial Quantity in Vase Solution; The amount of bacteria in the vase solution was determined by scoring the solutions obtained after the end of the vase life of lavender plants on a scale of 1-5. Additionally, the Flower Shedding Density in lavender spikes was observed and recorded.

Spike Color Measurements; Spike color measurements were conducted using a Konica Minolta colorimeter device (Chroma Meter, CR-400). The average values of the readings for L (lightness/darkness), a^* (red/green), and b^* (yellow/blue) were calculated to obtain results (Trigueros et al., 2011; Ucok, 2019). Spike colors were measured in terms of L, a^* , and b^* , and utilizing the a^* and b^* values, Chroma (C) and Hue angle (h°) were calculated. The calculated Hue angle represents: 0=red, 90=yellow, 180=green, and 270=blue (Siomas et al., 2002; Madeira et al., 2003; Ucok, 2019).

Formula; $C^* : \sqrt{(a^2+b^2)}$ and $h^\circ : \tan^{-1} (b/a)$

The study comprised seven treatments and was carried out using a completely randomized design (CRD) with three replicates, each replicate consisting of three flowers. The data obtained from the study were analyzed using the "JMP 13.2.0" software according to the factorial experimental design in randomized complete blocks. The treatment means were compared using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test (Snedecor and Cochran, 1967). Also, PCA and correlation analyses were carried out JMP 13.2.0 software.

RESULTS AND DISCUSSION

Vase Life

The vase life is terminated when the rate of wilting in the flower spikes or the rate of leaf drying reaches 80% (Namita et al., 2006; Kitamura et al., 2017). In this study, seven different vase solutions were used to evaluate the vase life of cut lavender flowers. According to the obtained results, all applications except for lavender essential oil had a longer vase life compared to the control group. The longest vase life in *Lavandula angustifolia* was achieved with the T2 (100 mg/L AgNO_3) treatment, with 11.33 days. This was followed by the T1 (50 mg/L AgNO_3) treatment with 10.67 days. The vinegar (6%) + sucrose (4%) vase solution, salicylic acid vase solution, and sodium hypochlorite-containing vase solutions also had a longer

vase life compared to the control. The vase life in silver nitrate-containing vase solutions increased up to threefold compared to the control (Table 2 and Figure 1).

In *Lavandula hybrida* species, the longest vase life was obtained with the T1 (50 mg/L AgNO₃) treatment, lasting 8.33 days. The T2 treatment (100 mg/L AgNO₃) followed with a vase life of 7.33 days. The T3, T4 and T5 vase solutions also had a longer vase life compared to the control. The findings indicate that *L. angustifolia* species have a longer vase life compared to *L. hybrida* species, and vase solutions treated with lavender oil had the lowest vase life. In *L. hybrida* species as well, silver nitrate-containing vase solution applications increased vase life up to two times compared to the control (Table 2 and Figure 1).

The results obtained in this study are consistent with previous research. Silver nitrate (AgNO₃) is a potent inhibitor of ethylene action in plant tissues. A study reported that AgNO₃ application reduced ethylene production in cut rose flowers compared to the control (Ketsa, 1995). Norikoshi et al. (2016), indicated that sucrose application increased the concentrations of glucose and fructose within the vacuole, thereby enhancing water uptake and supporting cell expansion during flower opening. However, it has also been reported that carbohydrates, especially sucrose, may lead to an increase in bacterial populations in vase water, potentially causing blockages in the cut flower xylem vessels (Hajizadeh et al., 2012). In line with these views, nanoparticles have been observed to contribute to a longer vase life by reducing antimicrobial activity. In similar studies, various chemical substances known for their antimicrobial effects, such as silver thiosulfate (STS), silver nitrate (AgNO₃), hydroxyquinoline sulfate (8-HQS), and hydroxyquinoline citrate (8-HQC), have been used and found to be highly effective in extending the vase life of gerbera flowers (Khan et al., 2015; Mohamed et al., 2018; Sharma et al., 2018). Previous studies have reported that the addition of silver nitrate to vase water prevents the occlusion of vascular bundles and effectively prolongs vase life (Nowak and Rudnicki, 1990; Damunupola and Joyce, 2008). In another study, it was noted that the highest vase life in cut rose flowers was achieved when the flowers were placed in preservative solutions, and sodium hypochlorite-containing vase solutions were reported to inhibit bacterial formation, thus extending vase life (Masoom et al., 2003).

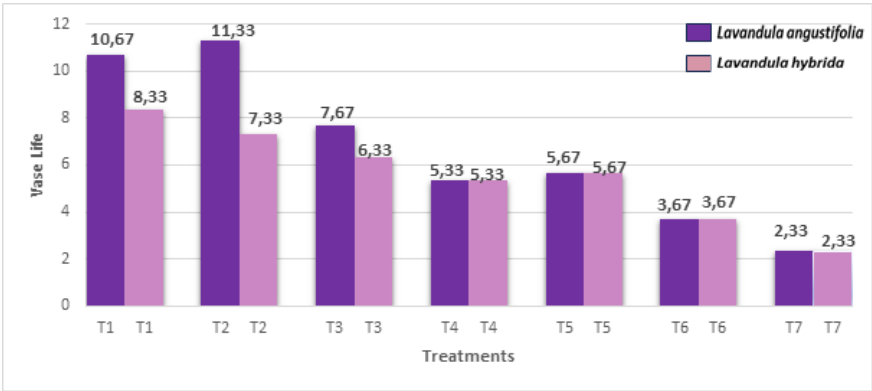


Figure 1. Graph showing the effects of different vase solutions on the vase life of cut lavender

Table 2. Vase life periods of cut lavender depending on different vase solution

Treatments	Vase Life
T1-A	10,67 a
T2-A	11,33 a
T3-A	7,67 bc
T4-A	5,33 ef
T5-A	5,67 de
T6-A	3,67 fg
T7-A	2,33 g
T1-H	8,33 b
T2-H	7,33 bcd
T3-H	6,33 cde
T4-H	5,33 ef
T5-H	5,67 de
T6-H	3,67 fg
T7-H	2,33 g
Species x Treatment	**
* p<0.05, **p<0.01	

Relative Fresh Weight Value (%) Results

It was found that different vase solution applications caused statistically significant differences in proportional fresh weight among all plants, and applications made on the 2nd, 4th, 6th, 8th, 10th and 12th days were statistically significant in lavender species. In *Lavandula angustifolia* species, on the second day, proportional fresh weights varied between 86.39% and 97.72% among treatments. On the final day, flowers with the highest proportional fresh weight were observed in the 50 mg/L AgNO₃ (T1) treatment, with 79.72%. The lowest values were observed in the control, salicylic acid-containing vase solution (T5), and sodium hypochlorite-containing vase solution (T4) treatments, with 46.78%, 47.78%, and 47.89%, respectively. A positive correlation between vase life and proportional fresh weights has been determined (Figure 2). Also, the interactions between species and different vase solution treatments were found to be statistically significant.

In *Lavandula hybrida* species, on the second day, proportional fresh weights varied between 110.89% and 72.44% among treatments. On the final day, the treatment with the highest proportional fresh weight was the 100 mg/L AgNO₃ (T1) treatment, with 91.17%. The lowest values were observed in lavender essential oil-containing vase solutions (T7) and salicylic acid-containing vase solutions (T5), with 46.72% and 47.11%, respectively. Proportional fresh weight showed a gradual decrease after a certain period. A positive correlation between vase life and proportional fresh weights was observed (Figure 2). In terms of relative fresh weights, interactions between species and different vase solution treatments were also found to be statistically significant.

Previous studies have also observed increases in proportional fresh weights in vase treatments, with increases continuing up to 7 to 8 days and then declining (Alaey et al., 2011; Unsal, 2022). In vase life, a high number of isolated bacteria in vase solution led to a sharp decrease in flower fresh weight (Li et al., 2012). In Movie Star cut roses, stem fresh weight rapidly increased in the first 40 hours of the vase period and then gradually decreased (Lü et al., 2011). Vascular blockage caused by bacteria leads to reduced water uptake and ultimately results in stem bending, breaking, and leaf wilting in roses (Nair et al., 2003; Balestra et al., 2005; Meman and Dabhi, 2006; Solgi et al., 2009). In the study by Soleimany-Fard et al. (2013), salicylic acid treatment on alstroemeria flowers resulted in a significant increase in proportional fresh weight during the first 4 days of the experiment, followed by a significant decrease until the end of the experiment. Similar patterns of change have been reported for cut rose flowers, where a decrease in proportional fresh weight over days after harvest may be attributed to a reduction in water uptake (Lü et al., 2010; Alaey et al., 2011; Soleimany-Fard et al., 2013).

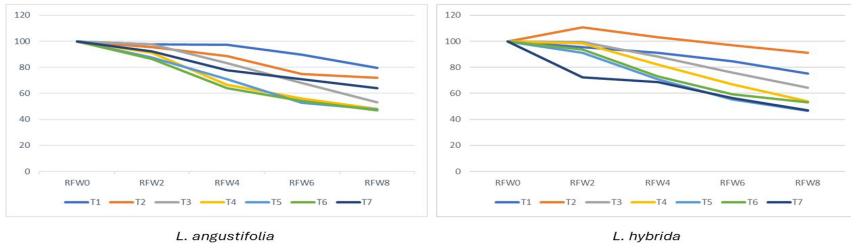


Figure 2. Graph showing changes in relative fresh weight of cut lavender during vase life

Daily Solution Uptake Results

In the first measurement regarding daily vase solution uptake in *Lavandula angustifolia* species, the highest solution uptake was observed with 80 g in the vase solution containing salicylic acid application. The lowest solution uptake was obtained as 26.17 g in the treatment of 50 mg/L AgNO_3 (T1). On the last day of vase life, the highest daily solution uptake values are, respectively, in treatments T1, T2, T6, T5, T7, and T4. The lowest value occurred in the T3 treatment. Daily solution uptake in *Lavandula hybrida* species decreased gradually. At the end of vase life, the highest values are in treatments T1, T3, T2, T7, T4, T5, respectively. The lowest value was detected in the T6 application (Figure 3). While daily solution uptake may be insignificant, statistical significance has been found in the interactions between total solution uptake, species, and different vase solution treatments.

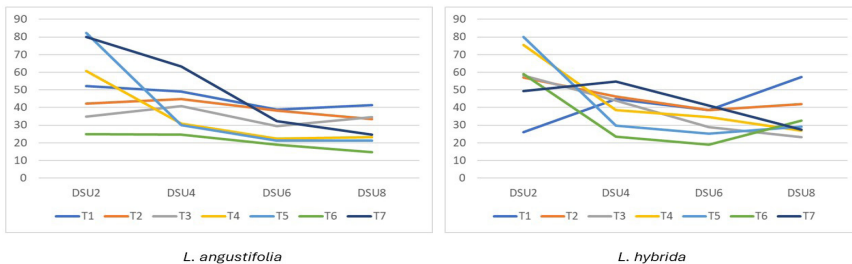


Figure 3. Graph showing changes on the daily solution uptake of cut lavender during vase life

Results of Color Measurement in Cut Lavender Flowers

The color characteristics of lavender spikes were measured using a Minoltachromameter, determining chroma values and hue angles. Upon examining the color properties of cut lavender flowers, it was observed that flower colors were preserved compared to the control in various vase solution applications. In *L. angustifolia* species, lavender cut flowers appeared brighter and more purple in the applications of 50 mg/L AgNO₃ and 100 mg/L AgNO₃. Similarly, in *L. hybrida* species, the treatment of 100 mg/L AgNO₃ resulted in the highest quality flower color. Additionally, in both species, T3 vase solutions reduced color loss in flowers compared to the control (Table 3).

Table 3. Changes on the flower color of cut lavender over vase life

UYGULAMA	L	a*	b*	CHROMA	HUE
T1-A	42,14 ab	7,53 a-d	-6,99 abc	18,15	26,69 a
T2-A	39,53 ab	9,52 ab	-7,51 abc	17,35	8,61 a
T3-A	35,15 ab	2,87 bcd	-0,27 ab	13,8	8,56 a
T4-A	30,49 b	3,01 bcd	-0,79 ab	12,27	-1,93 a
T5-A	36,17 ab	3,17 bcd	-0,88 ab	10,3	-2,75 a
T6-A	34,05 ab	3,64 bcd	-1,12 ab	5,18	-5,63 a
T7-A	33,62 ab	4,14 bcd	-2,08 abc	4,16	-8,2 a
T1-H	38,63 ab	12,64 a	-13,02 c	4,12	-20,98 a
T2-H	41,93 ab	12,16 a	-12,33 c	4,06	-22,19 a
T3-H	44,08 a	9 abc	-10,45 bc	3,81	-35,93 a
T4-H	31,39 ab	1,89 cd	0,19 ab	3,78	-41,23 a
T5-H	33,6 ab	2,19 cd	-0,15 ab	3,15	-44,01 a
T6-H	31,56 ab	1,9 cd	1 a	2,62	-45,73 a
T7-H	40,4 ab	0,96 d	2,42 a	2,36	-48,11 a
Species x Treatment	nsg	*	*	nsg	**

* $p<0.05$, ** $p<0.1$

The Observation of Bacterial Content in Vase Solution and Senescence Rate in Cut Lavender Flowers

The contamination of vase solutions has been observed during period. After the expiration of the vase life, the amount of bacterial accumulation in the vase water was determined by scoring on a scale of 1-5. The highest bacterial accumulation was detected in the vase water of *L. angustifolia* species in the T7 application. This was followed by vase solutions from T4, T6, and T5 applications, respectively. The

lowest bacterial density was obtained from the T1 application, followed by the T2 treatment. In *L. hybrida* species, the highest value was obtained from the lavender oil (T7), as in *L. angustifolia*, with the same value (Figure 4). This was followed by T4, T6, and T5, respectively. The lowest value was obtained from the T1 treatment, followed by the T2-T3 treatments. The T3-vinegar+sucrose solution, while sugar is nutritive, vinegar reduces antimicrobial activity, resulting in a lower bacterial count compared to the other three treatments (T4-sodium hypochlorite, T5-salicylic acid, T6-sodium hypochlorite). Previous studies have reported the high antimicrobial effect of lavender oil (Badr et al., 2021; Yılmaz and Karadag 2021). However, it is thought that the components within lavender oil, which have antimicrobial properties, do not show their effects due to being oils of the same species in cut lavender flowers. In lavender cut flowers, flower senescence can also occur in lavender spikes. The most flower senescence in spikes of *L. angustifolia* occurred in treatment T7. This was followed by vase solution applications of T4, T5, and T6, respectively. The lowest flower senescence in spikes was obtained from the T1, T2, and T3 treatments. In *L. hybrida* species, the most shedding in flowers occurred in the T7 treatment. This was followed by T4, T6, T2, T1, and T5 treatments. The least senescence occurred in the T3 treatment.

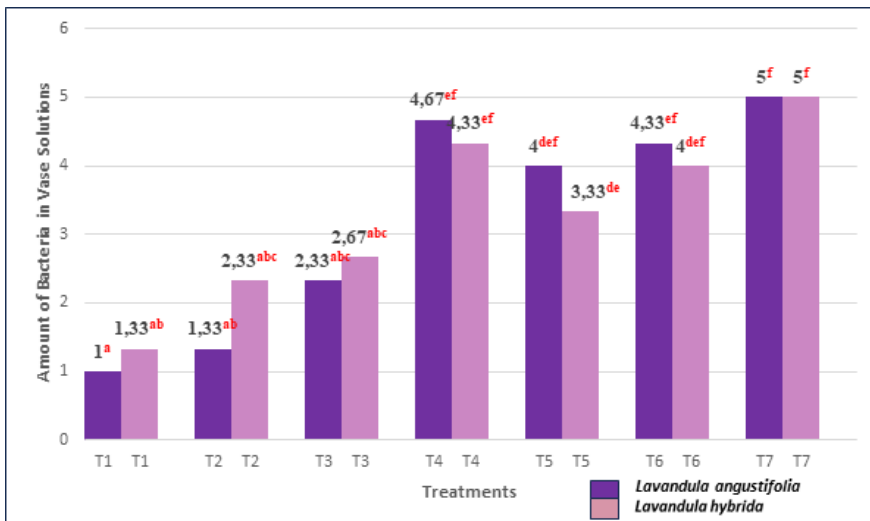


Figure 4. Graph showing the amount of bacteria in different vase solutions

Results of Principal Component Analysis (PCA) and Correlation Analysis

In this study, the effects of seven different vase solutions on vase life, flower color, and the accumulation of bacterial quantities in the vase solution were supported by PCA analyses. According to the obtained PCA analysis, the graphical

representations explain 83% of the variance (Component1: 67.3%; Component2: 15.9%). Upon examination of the findings, a linear relationship between vase solutions extending vase life and flower color parameters is observed. Additionally, it is noted that the accumulation of bacteria in the vase is inversely related to vase life parameters. As bacterial formation in the vase solution increases, vase life decreases (Figure 5). Furthermore, based on the scatterplot matrix and correlation analysis created between different vase solutions and vase life parameters, correlation coefficients between vase solutions, vase life, flower color, and vase bacterial formation have been determined (Figure 6).

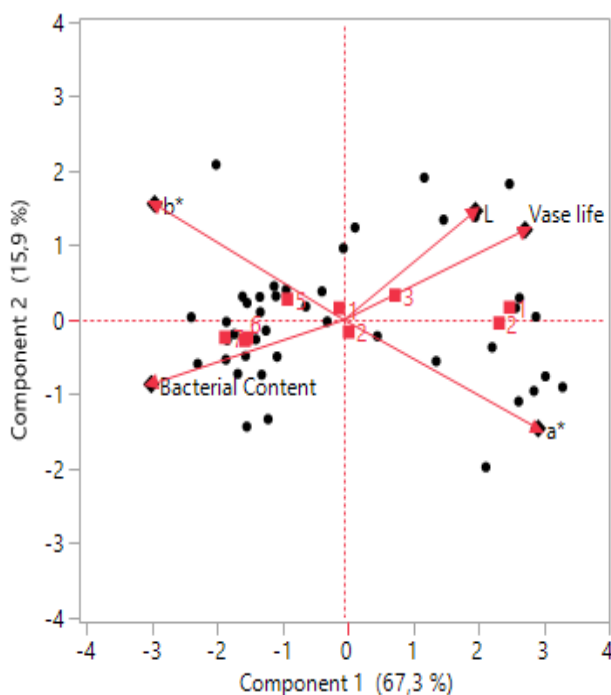


Figure 5. Principal Component Analysis (PCA) between different vase solutions with vase life, flower color and the amount of bacteria accumulated in the vase

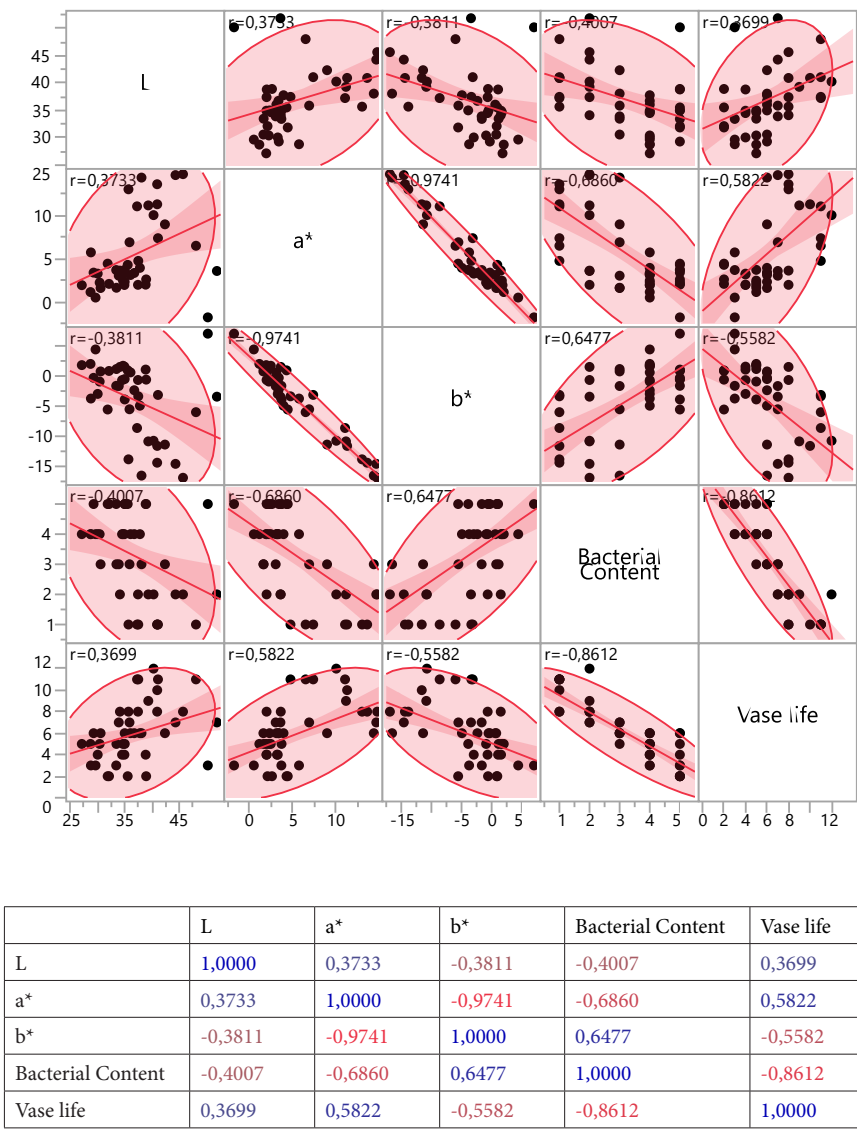


Figure 6. Scatterplot matrix and correlation of the vase life parameters of lavender with different vase solutions treatments.

CONCLUSION

This study has determined that lavender can be used as cut flowers in vases. It was found that under the correct vase solution, lavender can have a vase life of over 10 days. In both lavender species, vase solutions with the addition of AgNO_3 resulted in longer vase life. The AgNO_3 treatments used in the study increased the vase life compared to other treatments. According to this study, the longest vase life in both species was observed in silver nitrate, vinegar sugar, sodium hypochlorite, and salicylic acid solutions, respectively. However, the vase life was found to be lower in the control and lavender essential oil solutions.

The results of proportional fresh weight indicated that silver nitrate, vinegar sugar, and lavender oil solutions provided high values on the final day in *L. angustifolia* species, while silver nitrate and vinegar sugar solutions provided high values in *L. hybrida* species. Sodium hypochlorite, salicylic acid, control, and lavender oil solutions resulted in low proportional fresh weights. In *L. angustifolia* species, low fresh weights were determined in sodium hypochlorite, salicylic acid, and control treatments.

This study is consistent with previous studies. Additionally, it has supported the positive effects of sugar in extending vase life, including factors such as maintaining stem quality, sustaining turgor, providing nutrients, and regulating water balance and osmotic pressure. The addition of salicylic acid and sodium hypochlorite to the vase has been shown to increase vase life by limiting antimicrobial activity. Silver nitrate is a potent inhibitor of ethylene effects in plant tissues. The AgNO_3 treatment not only extended vase life compared to the control, but also contributed to reducing microbial activity within the vase solution and reducing flower shedding in spikes while preserving flower color. This study identifies lavender as an alternative cut flower for vases while also determining vase solutions that increase vase life.

Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

REFERENCES

- Akça, Ş. B., Yazıcı, K., Karaelmas, D., 2019. Zonguldak İli Kesme Çiçek Perakendecilerinin Analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(3), 580-588.
- Alaey, M., Babalar, M., Naderi, R., & Kafi, M. 2011. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1), 91-94.
- Asrar, A. W. A. 2012. Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cut flowers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11(1), 29-35.
- Badr MM. Badawy MEI. Nehad EM. Taktaka NEM. 2021. Characterization antimicrobial activity and antioxidant activity of the nanoemulsions of *Lavandula spica* essential oil and its main monoterpenes. *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 65: 102732.
- Bahrami, S. N., Zakizadeh, H., Hamidoghli, Y., Ghasemnezhad, M. 2013. Salicylic acid retards petal senescence in cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* 'Miarichi Grand White') flowers. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54, 519-523.
- Balestra, G.M., Agostini, R., Bellincontro, A., Mencarelli, F., Varvaro, L., 2005. Bacterial populations related to gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) stem break. *Phytopathol. Mediterr.* 44, 291-299.
- Batt, P. J. 2001. Strategic lessons to emerge from an analysis of selected flower export nations. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 11(3): 41-54
- Dalda-Sekerci, A., Beyzi, E., Ildiz, N., Baldemir Kilic A., & Gulsen, O. 2024. Evaluation of some lavender genotypes with high ornamental potential for essential oil properties and antimicrobial activities. *Journal of Essential Oil Research*, 1-13.
- Danaee, E., Mostofi, Y., Moradi, P. 2011. Effect of GA₃ and BA on postharvest quality and vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Good Timing) cut flowers. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52, 140-144.
- Elgimabi, M. N., Ahmed, O. K. 2009. Effects of bactericides and sucrose-pulsing on vase life of rose cut flowers (*Rosa hybrida*). *Botany Research International*, 2(3), 164-168.
- Fanourakis, D., Pieruschka, R., Savvides, A., Macnish, A. J., Sarlikioti, V., Woltering, E. J. 2013. Sources of vase life variation in cut roses: a review. *Postharvest Biology and Technology*, 78, 1-15.
- Guenther, E. 1954. The French lavender and lavandin industry. *Econ. Bot.* 8, 166-173
- Gürsan, K. 2002. Türkiye süs bitkileri sektörünün genel durumu. II. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi, 1, 22-24.
- Halevy, A. H., Mayak, S. 1981. Senescence and post-harvest physiology of cut flowers-part II. *Horticulture Review*, 3, 59-143.
- He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E., Faragher, J.D., 2006. Stem and blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, 41:78-84.
- Hutchinson, M. J., Muchiri, J. N., Waithaka, K. 2013. Effects of chemical preservatives and water quality on postharvest keeping quality of cut Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.). *Bots. J. Agric. Appl. Sci.* 9 (1), 8-18.
- Islam, N., Patil, G. G., Gislerod, H. R. 2003. Effects of pre-and postharvest conditions on vase life of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *European Journal of Horticultural Science*, 68(6), 272-278.
- Kazaz, S., Yılmaz, S., Aydınşakir, K. 2008. Kesme Çiçek Sektörüne Genel Bir Bakış. İyi Tarım Uygulamaları Işığında Karanfil Yetiştiriciliği. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, s. 1-9.
- Kelley, K. M., Conklin, J. R., Sellmer, J. C., Bates, R. M. 2006. Invasive plant species: results of a consumer awareness, knowledge, and expectations survey conducted in Pennsylvania. *Journal of Environmental Horticulture*, 24(1), 53-58.
- Kiamohammadi, M. 2012. The effects of different floral preservative solutions on peduncle bending and quality attributes of lisianthus cut flowers. *Acta Horticulturae*, (943), 203-208.
- Kitamura, Y., Kato, Y. Yasui, T., Aizawa, H., Ueno, S. 2017. Relation between Increases in Stomatal Conductance of Decorative Sepals and the Quality of Antique-Stage Cut Hydrangea Flowers. *The Horticulture Journal*. 86(1), 87-93
- Knee, M., 2000. Selection of biocides for use in floral preservatives. *Postharvest Biology and Technology*, 18, 227-234.
- Lama, B., Ghosal, M., Gupta, S. K., Mandal, P., Bengal, N. 2013. Assessment of Different Preservative Solutions on Vase Life of Cut Roses. *Journal of Ornamental Plants (Journal of Ornamental and Horticultural Plants)*, 3(3), 171-181.
- Li, H., Huang, X., Li, J., Liu, J. Joyce, D., He, S., 2012. Efficacy of Nano-silver in Alleviating Bacteria-related Blockage in Cut Rose cv. Movie Star Stems. *Postharvest Biology and Technology*, 74, 36-41.
- Liao, L. J., Lin, Y. H., Huang, K. L., Chen, W. S. 2001. Vase life of *Eustoma grandiflorum* as affected by aluminum sulfate. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 42, 41-49.

- Lü, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Joyce, D. C. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3), 196-202.
- Lü, P., Huang, X., Li, H., 2011. Continuous Automatic Measurement of Water Uptake and Water Loss of Cut Flower Stems. *HortScience* 46, 509-512.
- Macnish, A. J., Leonard, R. T., Borda, A. M., & Nell, T. A. 2010. Genotypic variation in the postharvest performance and ethylene sensitivity of cut rose flowers. *HortScience*, 45(5), 790-796.
- Meman, M. A., Dabhi, K. M. 2006. Effects of different stalk lengths and certain chemical substances on vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii* Hook.) cv:'Savana Red'. *Journal of Applied Horticulture*, 8(2), 147-150.
- Nair, S.A., Singh, V., Sharma, T.V.R.S., 2003. Effect of chemical preservatives on enhancing vase-life of gerbera flowers. *J. Trop. Agric.* 41, 56-58.
- Norikoshi, R., Shibata, T., Niki, T., Ichimura, K. 2016. Sucrose treatment enlarges petal cell size and increases vacuolar sugar concentrations in cut rose flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 59-65
- Özeker, E. 2005. Salisilik asit ve bitkiler üzerindeki etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1), 213-223.
- Pun, U. K., Shimizu, H., Tanase, K., Ichimura, K. 2003. Effect of sucrose on ethylene biosynthesis in cut spray carnation flowers. In VIII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants 669, pp. 171-174).
- Schimmenti, E., Galati, A., Borsellino, V., Ievoli, C., Lupi, C., Tinervia, S. 2013. Behaviour of consumers of conventional and organic flowers and ornamental plants in Italy. *Horticultural Science*, 40(4.), 162-171.
- Sharifzadeh, K., Asil, M. H., Roey, Z., Sharifzadeh, M. 2014. Effect of 8-hydroxyquinoline citrate, sucrose and peroxidase inhibitors on vase life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.) cut flowers. *Journal of Horticultural Research*, 22(1), 41-49.
- Şimşek, Ö., Dalda Şekerci, A., Isak, M. A., Bulut, F., İzgü, T., Tütüncü, M., & Dönmez, D. 2024. Optimizing Micropropagation and Rooting Protocols for Diverse Lavender Genotypes: A Synergistic Approach Integrating Machine Learning Techniques. *Horticulturae*, 10(1), 52.
- Siomas, A.S. Papadopoulou, P.P and Gogras, C.C. 2002. Quality of Romaine and leaf lettuce at harvest and during Storage. *Proc.2nd Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes. Acta Hortic.* 579: 641-646.
- Skutnik, E., Łukaszewska, A., Rabiza-Świder, J. 2021. Effects of postharvest treatments with nanosilver on senescence of cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) flowers. *Agronomy*, 11(2), 215.
- Soleimany-Fard, E., Hemmati, K., Khalighi, A. 2013. Improving the keeping quality and vase life of cut alstroemeria flowers by pre and post-harvest salicylic acid treatments. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(3), 364-370
- Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T. S., Naderi, R. 2009. Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv:'Dune') flowers. *Postharvest biology and technology*, 53(3), 155-158.
- Trigueros, L., Perez-Alvarez, J. A., Viuda-Martos M. ve Sendra, E., 2011. Production of low-fat yogurt with quince (*Cydonia oblonga* Mill.) scalding water, *Food Science and Technology* 44: 1388-1395.
- Üçok, Z. (2019). Bağrıbüütün kavunu (*Cucumis melo* L.)'nın morfolojik ve fenolojik özelliklerinin belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ünsal, H. T. 2022. Hasat sonrası ön uygulamaların kesme gül (*Rosa hybrida* L.) çiçeklerinin vazo ömrü ve çiçek kalitesine etkisi, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Urwin, N. (2009). Improvement of Lavender Varieties by Manipulation of Chromosome Number; RIRDC (Rural Industries Research and Development Corporation, Australia); Charles Sturt University: Canberra, Australia, 30p.
- Van Doorn, W. G. (2010). Water relations of cut flowers. *Horticultural reviews*, 18, 1-85.
- Yılmaz, G., & Karadağ, H. 2021. Gerbera Çiçeklerinin Vazo Ömrü Üzerinde Ceviz Çayı ve Mikrokapsüle Emdirilmiş Lavanta Yağının Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9, 2560-2564. 1.



Farklı Silajlık Mısır Çeşitlerinin ve Sıra Üzeri Mesafelerin Kalite Parametrelerine Etkisi

Effect of Different Silage Corn Variety and Row Distances on Quality Parameters

Sancar BULUT¹, Fatih ÖNER², Ayşe Özge ŞİMŞEK SOYSAL³

¹Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Kayseri, Türkiye
• sancarbulut@kayseri.edu.tr • ORCID > 0000-0002-6261-0256

²Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye
• fatihoner38@gmail.com • ORCID > 0000-0002-6264-3752

³Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye
• ayseozgesimsek@odu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-2494-0844

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 26 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 19 Ağustos/August 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 593-605

Atıf/Cite as: Bulut, S., Öner, F., Şimşek Soysal, A.Ö. "Farklı Silajlık Mısır Çeşitlerinin ve Sıra Üzeri Mesafelerin Kalite Parametrelerine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 593-605.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fatih ÖNER

FARKLI SİLAJLIK MISIR ÇEŞİTLERİNİN VE SIRA ÜZERİ MESAFELERİN KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu araştırma; sulu koşullarda ikinci ürün olarak yetiştirilen farklı Mısır (*Zea mays*) çeşitlerine uygulanan farklı sıra üzeri mesafelerin kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla 2012- 2013 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada; KWS 6565, Tarex 596 ve Maro SNH 8606 mısır çeşitleri ile 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 cm sıra üzeri mesafeler faktör olarak ele alınmıştır. Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Düzenleme Deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulan araştırmada, ham protein oranı (%), ADF (%), NDF (%), ham kül (%) ve ham selüloz (%) değerleri ile tanede bulunan yağ asidi miktarları (Palmitik asit (%), Stearik asit (%), Oleik asit (%), Linoleik asit (%), Linolenik asit (%)) incelenmiştir. Yıllar arasında Linolenik asit hariç incelenen tüm parametreler arasında istatistiki farklılık olmuştur. Kullanılan çeşitler içerisinde KWS 6565 çeşidi ham protein ve ham selüloz değerleri açısından istatistiksel olarak ilk grupta yer alırken, ADF değeri için en düşük istatistiksel grupta yer almıştır. Maro SNH 8606 çeşidi yalnızca ham selüloz değerleri açısından ilk grupta yer alırken, Tarex 596 çeşidi ADF ve ham kül değerleri bakımından ilk grupta bulunmuştur. Sıra üzeri değerler bakımından incelendiğinde; ADF ve NDF değerleri için 12 cm sıra üzeri mesafe istatistiksel olarak ilk grubu oluşturmuştur. Ham protein oranı değeri bakımından ise sırasıyla 14 cm ve 16 cm (%9.8-9.9) sıra üzeri mesafeler istatistiksel olarak ilk grubu oluştururken, ham kül ve ham selüloz değerleri bakımından ise 24 cm sıra üzeri mesafede istatistiksel olarak ilk grupta yer almıştır.

Silajlık mısırdaki kaliteyi oluşturan bu parametreler incelendiğinde $Y \times Ç$, $Y \times S$ ikili etkileşimlerini ham kül değerleri hariç tüm parametreler açısından çok önemli bulunmuştur. Çeşit ve sıklık değerleri yıllar arasında farklılık göstermiş bu farklılık anlamlı olmuştur. $Y \times Ç \times S$ üçlü etkileşimi incelendiğinde tüm incelenen parametreler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çeşit, Mısır, Sıra Üzeri, Yem Bitkisi



EFFECT OF DIFFERENT SILAGE CORN VARIETY AND ROW DISTANCES ON QUALITY PARAMETERS

ABSTRACT

This study was conducted during the 2012-2013 growing season to evaluate the quality characteristics of different corn (*Zea mays*) varieties cultivated as a second crop under irrigated conditions, with different row spacing. The factors were 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 cm row spacing with KWS 6565, Tarex 596 and Maro SNH 8606 corn varieties. In the research, which was established with 3 replications according to the Factorial Arrangement in Randomized Blocks experimental design, the crude protein ratio (%), ADF (%), NDF (%), crude ash (%), crude cellulose (%), crude cellulose (%), and the amount of fatty acids (%) (Palmitic acid (%), Stearic acid (%), Oleic acid (%), Linoleic acid (%), Linolenic acid (%)) were examined. Statistical differences were observed between years in all parameters examined except Linolenic acid. Among the varieties used, KWS 6565 variety was statistically in the first group in terms of crude protein and crude cellulose values, while it was in the lowest statistical group for ADF value. While the Maro SNH 8606 variety was in the first group only in terms of crude cellulose values, the Tarex 596 variety was in the first group in terms of ADF and raw ash values. When analysed in terms of row spacing values, 12 cm distance formed the first group statistically for ADF and NDF values. In terms of crude protein ratio values, 14 cm and 16 cm (9.8-9.9%) row spacing were statistically in the first group, while crude ash and crude cellulose values were statistically in the first group at 24 cm row spacing.

The $Y \times C$, $Y \times S$ binary interactions that provide this growth, which creates the quality of silage corn, are very important in terms of all effects except raw ash values. Variety and frequency values differed between years, and this difference was significant. When the $Y \times C \times S$ triple interaction was examined, all examined parameters were found to be statistically significant.

Keywords : Variety, Corn, Row, Forage Plant.



1. GİRİŞ

Tahıl bitkilerinin içerisinde yer alan mısırın (*Zea mays*) %27'si insan beslenmesinde, %73'ü ise hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde hayvan beslemede %46, insan beslenmesinde ve sanayi de kullanımı %54'tür. Ekonomik olarak gelişmiş, üretim miktarı yüksek olan ülkelerde bu oran hayvan beslenmesinde %90'dır (Öz ve ark., 2017). Besleme, hayvancılıkta önemli sorunlardan bir tanesidir. Meralar kaba yem kaynaklarının en önemli alanlarıdır. Son

TÜİK verilerine göre ülkemizde, 13 147.701 ha mera alanı vardır. 2023 yılı itibarıyla Türkiye'de 16.583.005 adet büyükbaş hayvan, 52.363.410 adet küçükbaş hayvan varlığı bulunmaktadır. Kaba yem kaynaklarının artırılması içim üretimde verim için önemlidir. 2023 yılında ülke genelinde 18.296.282 ton yonca, 3.717.866 ton fiğ, 1.579.972 ton korunga, 3.155.197 ton yulaf ve 616.709 ton İtalyan çimi üretimi olmuştur. Silajlık mısır üretimi ise 28.653.531 tondur. Toplam kaba yem üretiminin büyük kısmı silajlık mısır üretimi 528.617.2 ha'dan sağlanmıştır (TÜİK, 2024). Hayvanlara gerekli olan kaliteli kaba yem ihtiyacı yaklaşık 7 milyon ton olup, yem bitkileri tarımı ile karşılanması gerekmektedir. Ülkemizde kaba yem ihtiyacının karşılanması için silajlık mısır, korunga, yonca, İtalyan çimi, fiğ, yem bezelyesi ve yem şalgamı gibi yem bitkileri ile buğday, yulaf gibi yeşil ota yönelik tahıllar yetiştirilmektedir. Bu veriler silajlık mısır üretimin Türkiye'nin hayvansal üretimi açısından ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Mısır, ekimden hasada kadar makineli tarıma uygun olması, kayıp oranının az olması, yüksek enerji verimi, saklama ve kullanım kolaylığı, yüksek kuru madde verimi, sindirilme oranının yüksekliği, kaliteli ve lezzetli bir silaj yemi olması ve birim alandan yüksek verim alınabilmesi, tohumluğunun kolay bulunması, silolama kolaylığı nedeniyle dünyada ve ülkemizde silajlık olarak en fazla ekimi yapılan bitkilerin başında yer almaktadır (Açıkgöz ve ark., 2002). Silolanabilme kolaylığı nedeniyle kışın hayvanların taze sulu tüketebildikleri bir bitkidir. Bölgeye uygun çeşit seçimi yüksek verim elde etmede en önemli kriterdir. Her ekolojiye uygun çeşitler farklıdır, aynı çeşit farklı ekolojilerde farklı performansa sahiptir. Fazla sayıda mısır çeşidi ülkemizde bulunmaktadır. Çeşitlerin verim ve kalite özellikleri bakımından gösterdikleri performanslar birbirinden farklıdır. Bu farklılık genotipik farklılıktan, ekolojik koşullardan, kültürel işlem farklılıklarından ortaya çıkabilmektedir (Cesurer ve ark., 1999; Cusicanqu and Lauer, 1999). Ekolojilere uygun çeşit ya da çeşitlerin belirlenmesi bu nedenle büyük önem arz etmektedir. Hibrit özelliği bulunması nedeniyle mısır bitkisi ile yapılan çalışmaların her yıl yapılması önem arz etmektedir.

Bu çalışma, ikinci ürün olarak ekilen 3 farklı mısır çeşidinin ve 7 farklı sıra üzeri mesafenin kalite parametrelerine etkisini gözlemleyebilmek için kurulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 2012-2013 yetiştirme sezonunda Kayseri Tarım Kredi Kooperatifleri Bölge Birliği Müdürlüğü'ne bağlı olan Başak tarım AŞ.'ye ait Yozgat ili Boğazlıyan ilçesi deneme alanında kurulmuştur. KWS 6565, Tarex 596 ve Maro SNH 8606 mısır çeşitleri deneme materyali olarak kullanılmıştır. Ekimler sıra arası 70 cm, sıra üzeri 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 cm olacak şekilde mibzerle ekim yapılmıştır. Gübreleme %21N içeren Amonyum sülfattan dekara 18 kg N ve %46 P₂O₅ içeren TSP'den dekara 7 kg P₂O₅ gelecek şekilde yapılmıştır. Deneme, Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Düzenleme Deneme Desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Faktör olarak; 3 mısır çeşidi (KWS 6565, Tarex 596 ve Maro SNH 8606), 7 farklı

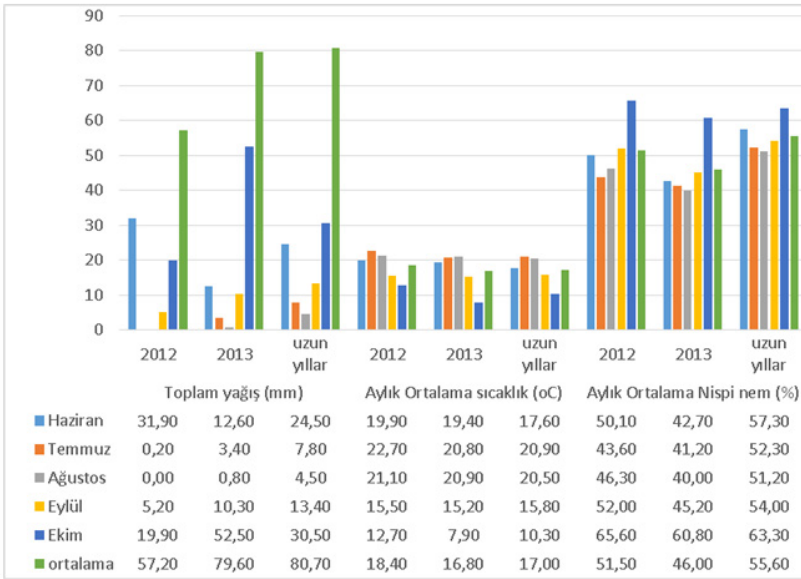
sıra üzeri mesafe (12, 14, 16, 18, 20, 22 ve 24 cm sıra üzeri) ve yıl ele alınmıştır. Araştırma, parsel arası 1 m, blok arası 1.5 m olacak şekilde toplam 63 parselden oluşmuştur. “Çeşit x sıra üzeri mesafe” kombinasyonları parsellere tesadüfi şekilde dağıtılmış, Her parselde, sıra arası 70 cm olacak şekilde 10 sıra yer almıştır. Her uygulamadan 15 m uzunluğunda 2 sıra ekim yapılmıştır. Ekim zamanı ekimin yapıldığı yerin ikinci ürün şartlarına uygun olarak 2012 yılında 18 Haziranda 2013 yılında 21 Haziranda yapılmıştır. Fosforlu gübrenin tamamı ve azotlu gübrenin yarısı ekimle birlikte, azotlu gübrenin diğer yarısı bitkilerin 20-25 cm boya ulaştıklarında gübreleme işlemi tamamlanmıştır. İkinci uygulama sırasında boğaz doldurma işlemi de yapılmıştır. Çapa makinesi kullanılarak yabancı otlar yok edilmiştir. Sulama, karık sulama yöntemi ile 3 farklı zamanda sıra aralarından (bitkilerin morfolojik görünüşleri esas alınarak) toprak suya doyana kadar yapılmıştır. Silajlık mısırın en uygun hasat zamanı olan, bitkinin % 65-70 nemde olduğu ve koçanların üzerindeki danelerin ise yaklaşık % 50 süt çizgisi olduğu dönemde hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Her parselde yanlarda birer sıra, başlarda üçer ocak kenar tersi olarak ayrıldıktan sonra geriye kalan alandan 5m uzunlukta 3 sıra bitki orak yardımıyla hasat edilmiştir.

Çalışmanın yapıldığı ilin iki yıla toplam yağış miktarı ortalamaları uzun yıllar ortalamasından ilk yıl düşük olurken ikinci yıl son ay hariç düşük kalmıştır. Sıcaklık değerleri bakımından ise ilk yıl sıcaklıklar uzun yıllar ortalamasından yüksek, ikinci yıl ortalamaları ise uzun yıllar ortalamasında seyretmiş birkaç ay daha düşük bulunmuştur. Nispi nem yönünden de deneme yılları uzun yıllar ortalamasına göre daha düşük gerçekleşmiştir (Şekil 1). Deneme toprağı kumlu tınlı, organik maddece ve kireç bakımından fakir, orta derece alkali, yarayıslı fosforu orta düzeyde ve potasyum yönünden zengin bir topraktır (Şekil 2).

Yağ asidi kompozisyonu için; bütün çeşitlere ait yağ asitleri miktarı Gaz Kromatografi cihazında % olarak belirlenmiştir. Yağ asitleri olarak palmitik, stearik, oleik, linoleik ve linolenik yağ asitleri miktarları % olarak belirlenmiştir. Temizlenen tohumlar öğütülmüş ve ardından 1.5-2 g numune alınmış ve tüplere aktarılmıştır. Tüpün içerisine 3 ml Petroleum eter (solvent) eklenmiş iyice karıştırılmış ve ağzı kapalı bir şekilde yarım saat oda sıcaklığında sıvı kısım berraklaşana kadar bekletilmiştir. Daha sonra üstteki berrak kısımdan pipet ile 0.8 ila 1 ml civarı örnekler alınarak başka bir tüpe aktarılmıştır. Tüpler içi dolu ve ağzı açık şekilde traklara yerleştirilmiş ve bu şekilde desikatörde 1 gece bekletilmiştir. Bekleyen örneklerdeki solvent uçurulduktan sonra artakalan yağ 2 ml NaMethylat ile esterlenmiştir. Hafifçe, sağa-sola olacak şekilde parmaklar arasında iyice karıştırılmış ve yarım saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Esterlemek için kullanılan NaMethylat çözeltisi için, karıştırıcı üzerine konan 1 litrelik behere 100 mL metanol koyulularak hafifçe karıştırılmaya başlanır. Karışma esnasında yavaş yavaş ve karışımın erimesi sonrasında olmak üzere 5 gram sondyum metilat içine dökülür ve tamamen erimesi sağlanır. Tamamen eridikten sonra behere 700 mL metanol yavaş yavaş

eklenerek toplam etanol miktarı 800 mL'e ardından rengi berraklaşan ve tamamen eriyen çözeltiye 200 mL Iso-propanol ilave edilerek toplam seviyesi 1000 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan çözelti koyu renkli bir şişede ve oda sıcaklığında muhafaza edilir). Yarım saat oda sıcaklığında bekleyen çözeltiye 1.5 mL Iso-Oktan ilave edilerek 2 defa sağa-sola çevrilerek karıştırılmıştır. Böylece yağın Iso-Oktan safhasına geçmesi sağlanmıştır. Hazırlanan örnekler alüminyum folya veya benzeri bir madde ile kapatılarak yaklaşık 30 dakika buzdolabında bekletilmiştir (Baydar, 2005). Buzdolabından çıkartılan örneklerden tüplerin üstte kalan parlak fazdaki tabaka kısmından alt kısmına değmeyecek şekilde bir vialin yarısını (minimum 0.5 mL) dolduracak kadar çözelti, pipet ile vialle aktarılmıştır. Ağzı kapatılan vialler buzdolabına konmuştur. Gaz kromatografi cihazı çalıştırılacağı zaman vialler dolaptan alınıp, vialdeki çözelti gaz kromatografi cihazında okutularak yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir.

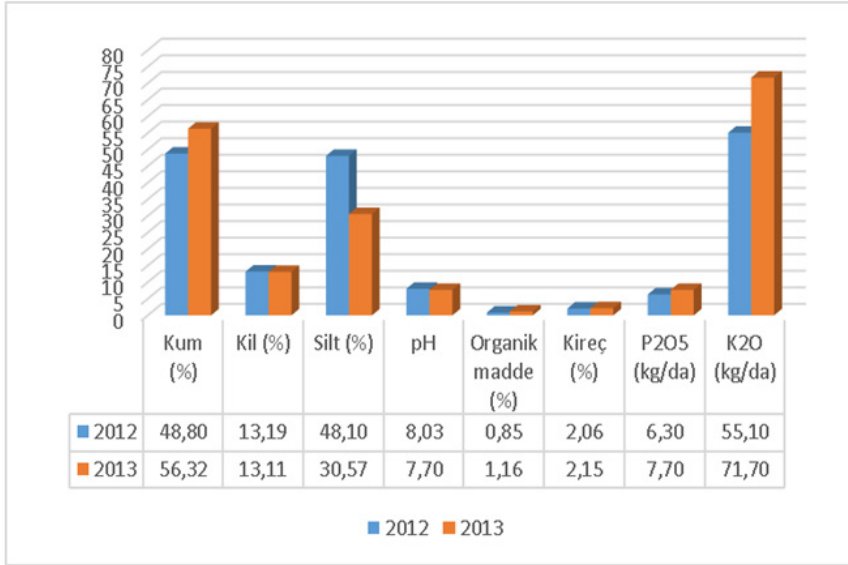
Araştırmadan elde edilen veriler, 1985 yılında geliştirilen istatistiksel analiz yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir (Sas, 1985). Elde edilen sonuçlar varyans analizi ile incelenmiş, ortalama değerler arasındaki farklılıklar ise Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.



İklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Grafik 1. Deneme alanının yer aldığı Yozgat ili Boğazlıyan ilçesi, 2012-2013 yıllarına ait bazı iklim verileri*

Graphic 1. Some climate data for the years 2012-2013 in Boğazlıyan district of Yozgat province, where the trial area is located



*Toprak analizleri Boğazlıyan Ziraat Odası laboratuvarlarında yapılmıştır.

Grafik.2. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*

Graphic.2. Some physical and chemical properties of trial site soils

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Ham Protein Oranı (%)

Ham protein değerleri incelendiğinde iki yıl ortalamaları farklı istatistiksel grupta yer almıştır. Mısır çeşitlerinde protein oranı en düşük 8.3 ile Tarex 596 çeşidinden elde edilirken, sıklık faktöründe 14 ve 16 cm sıra üzeri mesafe değerlerinden (% 9.8, 9.9) elde edilmiştir. Yüksek protein oranı ise KWS 6565 çeşidinden (% 8.9) elde edilmiş ve çeşitler arasındaki protein farklılıkları önemli bulunmuştur (Çizelge 1.).

Yem bitkisi olarak üretimi yapılan bitkilerde kalite parametrelerinde önemli bir ölçüt olan protein oranı, mısır bitkisine ait çeşitlere göre farklılık gösterdiği ve mısır bitkisinin genetik yapısının protein oranı üzerine etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kültürel işlemlerinde ham protein üzerine etkisinin önemli düzeyde olduğu belirtilmiştir (Geren ve ark., 2003) .

Ülkemizin farklı ekolojik bölgelerinde ikinci ürün şartlarında birçok araştırma yürütülmüştür. Çalışmamız sonucunda elde edilen ham protein oranı değerleri ile

farklı koşullarda yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında; farklı çeşitler ile farklı sıra üzeri mesafesi (16, 18, 20, 22, 24 cm) ile yapılan bir deneme sonucunda elde edilen ham protein oranlarının sıra üzerinde % 7.5-8.3 arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir (Kır ve Ünsal, 2020).

İptas ve Acar (2006) yaptıkları çalışma sonucunda, birim alandaki bitki sayısının ham protein oranını etkilemediğini bildirirken; Bayram ve ark., 2017 sıra üzeri mesafedeki azalışı sebebiyle birim alandaki bitki sayısının artışının ham protein oranını arttırdığını, Öztürk ve ark., 2008 yılındaki çalışmalarında daralan sıra arası mesafenin birim alandaki bitki sayısının artışı ile artan rekabet sonucu besin noksanlığına sebep olduğunu ve dokularda azalan azot sebebiyle ham protein oranının azaldığını bildirmişlerdir. Keskin (2001), Konya'da yürüttüğü araştırmada, mısır çeşitleri arasında protein oranının değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir.

3.2 ADF ve NDF Oranı (%)

Mısır çeşitlerinde asitte çözünmeyen lif oranı en düşük KWS 6565 çeşidinden (%31.5) elde edilirken, en yüksek asitte çözünmeyen lif oranı ise Tarex 596 çeşidinden (%32.5) elde edilmiş ve çeşitler arasındaki asitte çözünmeyen lif farklılıkları önemli bulunmuştur (Çizelge 1.). Bu çalışmada kullanılan çeşitlere ait ADF değerleri yönünden değerlendirildiğinde KWS 6565 çeşidi değerleri ADF için istenen değere daha yakın bulunmuştur. ADF için kalite parametresi olarak en kaliteli olarak istenen değer %31 ve altındaki değerlerdir (Budak ve Budak, 2014). Yaptığımız çalışma sonucunda sıra üzeri mesafe değerleri ile ADF değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde; sıra üzeri mesafe daraldıkça ADF oranının arttığı belirlenmiştir. 24 cm sıra üzeri mesafede ADF değeri %30.2 iken, 12 cm mesafede bu değer %33.7 olarak bulunmuş ve sıra üzeri mesafe değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuşlardır (Çizelge 1.). Başaran ve ark., 2017 yılında yaptıkları deneme sonucunda ADF değerlerini %26.8 ile %37.8 aralığında belirlediklerini kaydederken; Kır ve Ünsal, 2020 ise ADF değerlerini değişen sıra üzeri mesafelerde % 31.7-34.5, çeşitlerde de %31.3-35.0 arasında bulduklarını bildirmişlerdir. NDF değerleri bakımından çalışma sonuçlarımız incelendiğinde yıllar arasında ve sıra üzeri mesafe açısından fark istatistiksel olarak önemli bulunurken çeşitler arasında fark önemsiz bulunmuştur. Çeşitler için NDF %44.9-45.1, sıra üzeri için %42.7-47 değerleri arasında bulunmuştur (Çizelge 1.). NDF bir kalite parametresidir ve en kaliteli sınıfta adlandırabilmek için istenen değer %40 ve altındaki değerlerdir (Budak ve Budak, 2014). Çalışma sonuçlarımız açısından çeşitlerin ve sıra üzeri mesafenin hiç biri bu kriteri sağlamamıştır. %42.7 ile 24 cm mesafe en kaliteli ot için uygun mesafe olarak öne çıkmaktadır.

3.3 Ham Kül ve Ham Selüloz Değerleri (%)

Ham kül ve ham selüloz değerleri sonuçları çeşitler, yıllar ve mesafe bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ham selüloz oranı sindirilebilirliğin değerlendirilebilmesi açısından önemli bir kalite parametresidir. Rasyon hazırlarken belirli miktarda selüloz içermesinin nedeni mikroorganizmaların ihtiyacı ve ruminantların açlık hissinin bastırılmasıdır. Selüloz içeriği fazla olan yemlerin hayvanlar tarafından yenilmesi ve sindirilebilirliği, selüloz içeriği az olan yemlerden daha azdır. Dengeli bir rasyon hazırlanırken, yemlerin selüloz içeriğinin kullanılacak hayvanın cinsine, ırkına göre farklılık göstermektedir. Ham selüloz oranı (HSO) süt ineklerinde %14-18 olarak istenmektedir. %20 üzerine çıkan selüloz oranı istenmemektedir. Yem bitkilerinde ham kül oranı değeri önemlidir. Tek tek birçok mineral maddenin analiz yapılması zor, maliyetli ve uzun zaman alması nedeniyle ham kül oranı ile yetinilmektedir (Yüksel ve ark., 2000; Aydınoglu, 2005).

Mısır çeşitleri ve sıra üzeri mesafelere ait, sindirilebilir kuru madde (SKM), sindirilebilir enerji (SE), metabolik enerji (ME), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değeri gibi parametreler değerlendirilmiştir. İstatistik analiz sonucunda SKM, KMT ve NYD değerleri bakımından sıklık faktörü değerleri çok önemli bulunmuştur. Çeşitlerin SKM oranları %63.5 ile %64.3, SE miktarları 2.99 ile 3.02 Mcal kg⁻¹, ME miktarları 2.45 ile 2.48 Mcal kg⁻¹, KMT oranları %2.66 ile %2.67 ve nispi yem değerleri 131.1 ile 133.3 arasında değişkenlik göstermiştir. Sıra üzeri mesafenin SKM oranları %63.1 ile %65.3, SE miktarları 2.95 ile 3.06 Mcal kg⁻¹, ME miktarları 2.42 ile 2.51 Mcal kg⁻¹, KMT oranları %2.55 ile %2.81 ve nispi yem değerleri 123.9 ile 142.3 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek nispi yem değerine sahip çeşit, 133.3 ile KWS 6565 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2.). 2022 yılında 4 çeşitle yapılan bir çalışmada KMT oranları 2.05-2.45 bulunmuştur. Bizim elde ettiğimiz değerler bu çalışmadan biraz yüksek bulunmuştur (Şimşek Soysal ve ark., 2022).

Çizelge 1. Çeşitlere ve sıra üzeri mesafelere ait ham protein (HP), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), ham kül (HK), selüloz oranları

Table 1. Crude protein (HP), acid detergent insoluble fiber (ADF), neutral detergent insoluble fiber (NDF), crude ash (HK), cellulose ratios for varieties and row spacing

	HamProtein Oranı (%)		ADF (%)		NDF (%)		Ham Kül (%)		Selüloz (%)	
Yıllar										
2012	8.73 A		30.35 B		43.46 B		19.06 B		4.88 B	
2013	8.45 B		33.64 A		46.50 A		21.18 A		5.23 A	
Ortalama	8.59		32.0		44.98		19.62		7.67	
Çeşitler										
KWS 6565	8.9	a	31.5	c	44.9		20.1	b	5.2	a
MaroSNH 8606	8.5	b	31.9	b	45.0		19.7	c	5.1	a
Tarex 596	8.3	c	32.5	a	45.1		20.6	a	4.8	b
Sıklıklar (cm)										
12 cm	9.2	b	33.7	a	47.0	a	17.5	g	4.9	c
14 cm	9.8	a	33.0	b	46.2	b	18.4	f	5.2	a
16 cm	9.9	a	32.5	c	45.6	c	19.2	e	5.1	ba
18 cm	8.5	c	32.0	d	45.1	d	19.9	d	4.9	bc
20 cm	8.2	d	31.6	e	44.5	e	20.8	c	5.1	ba
22 cm	7.6	e	31.0	f	43.7	f	21.8	b	5.0	bac
24 cm	6.9	f	30.2	g	42.7	g	23.1	a	5.2	a
Var. kaynakları	F değerleri									
Yıl (Y)	36.32**		3374.92**		3091.99**		552.49**		89.28**	
Çeşit (Ç)	60.52**		106.34**		2.07		31.59**		36.07**	
Sıklık (S)	339.31**		254.27**		403.31**		271.61**		3.89*	
Y x Ç	73.59**		26.30**		28.57**		1.67		189.35**	
Y x S	13.85**		7.36**		8.81**		0.41		9.50**	
Ç x S	20.80**		3.65*		12.55**		2.20*		30.82**	
Y x Ç x S	4.73**		2.19*		4.30**		7.94**		6.00**	
AÖF	0.09		0.11		0.11		0.18		0.07	
DK (%)	3.01		0.99		0.68		2.52		4.06	

Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir. AÖF: asgari önemli fark, VK: varyasyon katsayısı
*(P≤ 0.05), **(P≤ 0.01)

Çizelge 2. Mısır çeşitlerine ve sıra üzeri mesafelere ait sindirilebilir kuru madde (SKM), kuru madde tüketimi (KMT), sindirilebilir enerji (SE), metabolik enerji (ME), ve nispi yem değerleri (NYD)

Table 2. Digestible dry matter (SKM) of maize varieties and row spacing, dry matter consumption (KMT), digestible energy (SE), metabolic energy (ME), and relative feed values (NYD)

	SKM** (%)	KMT** (%)	NYD**	SE (Mcal kg-1)	ME (Mcal kg-1)
2012	65.26	2.76	139.64	3.06	2.51
2013	62.70	2.58	125.38	2.95	2.42
Ort.	63.97	2.67	132.51	3.00	2.46
KWS 6565	64.36	2.67	133.31	3.02	2.48
MaroSNH 8606	64.05	2.66	132.36	3.01	2.47
Tarex 596	63.58	2.66	131.11	2.99	2.45
Ort.	63.99	2.66	132.26	3.00	2.47
12 cm	62.64 f	2.55d	123.96g	2.95	2.42
14 cm	63.19 e	2.59cd	127.20f	2.97	2.44
16 cm	63.58 de	2.63bcd	129.67e	2.99	2.45
18 cm	63.97 cd	2.66abc	131.91d	3.00	2.46
20 cm	64.28 c	2.69ab	134.34c	3.02	2.48
22 cm	64.75 b	2.74b	137.79b	3.04	2.49
24 cm	65.37 a	2.81a	142.38a	3.06	2.51
Ort.	63.97	2.67	132.46	3.00	2.46

**($P \leq 0.01$)

3.4 Tanede Bulunan Yağ Asitleri Miktarı (%)

Yağ asitleri değerleri için Çizelge 3. incelendiğinde; çeşitler arasında linoleik asit hariç tüm yağ asitlerinde farklılık önemli bulunmuştur. Sıra üzeri mesafe bakımından da stearik ve linolenik asit bakımından fark çok önemli ($P < 0.01$) diğer parametreler bakımından önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur.

En düşük palmitik asit %9.0 ile KWS 6565 çeşidinden, en yüksek ise Maro SNH 8606 ve Tarex 596 çeşitlerinden elde edilmiştir. Bu iki çeşit sırasıyla % 10.3-10.6 değerleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. Sıra üzeri bakımından ise palmitik asit değerleri üç farklı grup içerisinde değişiklik göstermiştir. Stearik asit değerleri ise %3.8 (Maro SNH 8606) – 5.3 (Tarex 596) arasında değişiklik göstermiştir. Oleik asit değerleri yağ asitleri kompozisyonunda doymamış yağ asidi

olması sebebiyle yüksek olması istenen bir parametredir. Çalışmamızda en düşük oleik asit % 39.3 ile Tarex 596 çeşidinden en yüksek değer ise 42.5 ile KWS 6565 çeşidinden elde edilmiştir. Linoleik asit değerleri % 43.6 (KWS 6565)- 44.7 (Maro SNH 8606) aralığında tespit edilmiştir. İdikut ve ark. (2020) 17 farklı mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmada yağ oranlarının %2.4 (Sancia) -3.5 (Macha) arasında değiştiği, çeşitlerin ortalaması ise %3.0 olarak bulunduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Mısır çeşitlerine ait yağ asit değerleri

Table 3. Fatty acid values of corn varieties

	Palmitik asit (%)	Stearik asit (%)	Oleik asit (%)	Linoleik asit (%)	Linolenik asit (%)
Yıllar					
2012	9.45 B	5.01 A	37.83 B	46.75 A	0.97
2013	10.47 A	3.72 B	43.50 A	41.36 B	0.95
Ortalama	9.96	4.37	40.67	44.06	0.96
Çeşitler					
KWS 6565	9.0 b	4.1 b	42.5 a	43.6	0.8 c
MaroSNH 8606	10.3 a	3.8 b	40.2 b	44.7	1.0 b
Tarex 596	10.6 a	5.3 a	39.3 b	43.8	1.1 a
Sıklıklar					
12	9.1 b	5.3 a	38.6 c	46.1 a	1.00 b
14	9.9 ba	5.1 ba	39.4 bc	44.8 ba	0.72 c
16	10.3 a	4.5 bc	41.3 a	42.8 bc	1.06 b
18	10.1 a	4.2 dc	41.9 a	42.7 c	1.03 b
20	9.9 ba	3.8 d	41.1 ba	44.5 bac	0.75 c
22	10.7 a	3.7 d	41.3 a	43.2 bc	1.14 a
24	9.7 ba	3.9 dc	41.1 ba	44.2 bac	1.04 b
Var. kaynakları					
Yıl (Y)	20.46**	67.02**	160.22**	122.43**	0.41
Çeşit (Ç)	20.03**	34.02**	18.03**	2.05	29.65**
Sıklık (S)	2.86*	9.65**	4.05*	3.54*	29.01**
Y x Ç	2.36	11.80**	2.33	1.63	9.00*
Y x S	18.35**	16.60**	7.28**	18.89**	27.11**
Ç x S	10.51**	12.50**	7.60**	8.87**	13.53**
Y x Ç x S	13.38**	9.87**	9.53**	9.31**	29.10**
AÖF	0.45	0.31	0.89	0.97	0.05
DK (%)	12.73	20.14	6.19	6.21	13.26

Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir. AÖF: asgari önemli fark, VK: varyasyon katsayısı *($P \leq 0.05$), **($P \leq 0.01$)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ikinci ürün silajlık mısır yetiştiriciliğinde 3 çeşit ve 7 sıra üzeri mesafenin kalite parametreleri üzerine etkisi belirlemek için fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve sonuçları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yıl, çeşit ve sıklık özelliklerinin yanısıra bunların ikili ve üçlü interaksyonları da incelenen parametreler ışığında hesaplanmıştır. Çizelge 1 ve Çizelge 3 incelendiğinde, SE, ME ve Linolenik asit (%) değerleri hariç tüm parametreler istatistiksel olarak $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Sıra üzeri mesafeler Ham selüloz (%), Palmitik asit (%), Oleik asit (%) ve Linoleik asit bakımından $P<0.05$, diğer özellikler bakımından $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Ham kül oranı, Palmitik asit (%), Oleik asit (%) ve Linoleik asit hariç diğer incelenen parametrelerde $Y \times \text{Ç}$ interaksyonu önemli bulunmuştur. Çeşit özellikleri yıllar arasında değişen faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Yine $Y \times S$ interaksyonu bakımından ham kül değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sıklık değerlerindeki artışa bağlı olarak incelenen kalite parametreleri değerleri arasında farklılıklar saptanmıştır. Sıra üzeri mesafesinin farklı uzunluklarda ekilmesinin yemlik mısırdaki istenen özelliklere etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Yem değerinin yüksek olması için bir diğer parametre olan ham selüloz oranının da düşük olması istenmektedir. Ham selüloz oranı bakımından 24 cm yerine 12 cm sıra üzeri mesafenin öne çıktığı görülmektedir. KWS 6565 çeşidi ve 24 cm sıra üzeri mesafenin yem kalite parametreleri bakımından incelediğimiz bu çalışmada öne çıktıkları söylenebilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: SB (%100)

Veri Toplanması: SB (%100)

Veri Analizi: SB (%30), FÖ (%50), AÖŞS (%20)

Makalenin Yazımı: SB (%20), FÖ (%50), AÖŞS (%30)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: FÖ (%50), AÖŞS (%50)

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E., Turgut, İ., Filya, İ. 2002. Silaj bitkileri yetiştirme ve silaj yapımı. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. P:86. 978-975-8377-01-0
- Aydinoğlu B., 2005. Farklı biçim dönemlerinin silajlık sorgumun hasıl verimi ve kimyasal kompozisyon üzerine etkileri. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 123s, Antalya.
- Başaran, U., Gülümser, E., Doğrusöz, M. Ç., Mut, H., Şahin, A., 2017. Farklı silajlık mısır çeşitlerinin hamur olum döneminde silaj ve tane özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 20, 1-5. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.348830>
- Baydar, H., 2005. Isparta koşullarında kanola (*Brassica napus* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3.
- Bayram G., Turgut İ., Şeniyiğit, E., 2017. İkinci ürün olarak yetiştirilen silajlık mısırdaki ekim şekilleri ile farklı bitki sıklıklarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi 20:97-101 doi:10.18016/ksudobil.348937.
- Budak, F., Budak, F., 2014. Yem bitkilerinde kalite ve yem bitkileri kalitesini etkileyen faktörler. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (1), 1-6. E-ISSN: 2146-0132.
- Cesurer, L., Çölkesen, M., Çiçek, S., 1999. Kahramanmaraş koşullarında ii. ürün hibrit mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 281-286s. , 14-17 Eylül ,Adana.
- Cusicanqui, J. A., Lauer, J. G. 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. Agronomy Journal, 91(6), 911-915. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.916911dada>.
- Geren, H., Avcıoğlu R., Kır B., Demiroğlu G., Yılmaz M., Cevheri, A.C., 2003. ikinci ürün silajlık mısır olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (3): 57-64.
- İdikut, L., İkinci, M., Gençdoğan, C., 2020. Hibrit mısır çeşitlerinin koçan özellikleri ve tane kalite kriterleri. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(2), 142-153. <https://doi.org/10.17100/nevbitlek.767997>
- İptas S., Acar A., 2006. Effects of hybrid and row spacing on maize forage yield and quality. Plant Soil and Environment 52(11):515.
- Keskin, S., 2001. Silajlık olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde bitki sıklığının verim ve bazı verim komponentleri üzerine etkileri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Kır, H., Ünsal, B., 2020. Kırşehir koşullarında farklı sıra üzeri mesafelerin bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 10(2), 76-83. ISSN 1694-7932 | e-ISSN 1694-7932.
- Öz, A., Kapar, H., & Dok, M. (2017). Mısır Tarımı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Öztürk A., Sancar B., Boran E., 2008. Bitki sıklığının silajlık mısırdaki verim ve bazı agronomik karakterlere etkisi. Atatürk Üniv Ziraat Fak Derg, 39(217-224). ISSN: 1300-9036.
- SAS Institute. , 1985. SAS User's Guide: Statistic. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC.
- Şimşek Soysal, A. Ö., Öner, F., Şahan, H., 2022. Bazı at dişi mısır (*Zea mays. indendata sturt.*) çeşitlerinin silaj verim potansiyelleri. Ispac Journal of Agricultural Sciences, 6(4), 866-873. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7391909>
- Tuik, 2024. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>. [Erişim tarihi: 06 Nisan 2024].
- Yüksel A. N., Kocaman İ., Soysal M. İ., Soysal S. İ., 2000. Süt Sığırcılığı Temel Kitabı. Hasat Yayıncılık, 288s, İstanbul.



Analysis of Genetic Diversity of Some *Vitis labrusca* and *Vitis spp.* with Molecular Markers

Bazı *Vitis labrusca* ve *Vitis* türlerinin
Genetik Çeşitliliğinin Moleküler
Markörlerle Analizi

Yeşim DOYĞACI¹, Arif ATAĞ²

¹Graduate School of Natural and Applied Sciences, Bursa Uludağ University, Bursa, Türkiye
· yesim.doygaci@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-4213-271X

²Agriculture Faculty, Department of Horticulture, Bursa Uludağ University, Bursa, Türkiye
· arifatak@uludag.edu.tr · ORCID > 0000-0001-7251-2417

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 29 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 09 Eylül/September 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 607-621

Atıf/Cite as: Doygacı, Y., Atak, A. "Analysis of Genetic Diversity of Some *Vitis labrusca* and *Vitis spp.* with Molecular Markers"
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 607-621.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Arif ATAĞ

ANALYSIS OF GENETIC DIVERSITY OF SOME VITIS LABRUSCA AND VITIS SPP. WITH MOLECULAR MARKERS

ABSTRACT

Türkiye has a very suitable climate for viticulture, and different grape varieties have been grown in almost every region since ancient times. Although these grape varieties have different names, there are also grape varieties with the same genetic structure. In particular, in the Black Sea Region, *Vitis labrusca*, which is resistant to heavy rainfall and humidity, and hybrids of this species grow. However, it is known that different genotypes of this species are grown in the region. Genetic confusion exists in *Vitis labrusca* L. and its hybrids due to natural pollen transfer and crossing. This study evaluated the genetic similarities and differences among *Vitis* varieties and genotypes, mainly *Vitis labrusca* genotypes, with 18 different SSR primers. In the genetic relationship dendrogram, the varieties/genotypes showed similarity at rates ranging from 0.65% to 0.98%. The highest similarity rate between the varieties and genotypes used in the study was determined between the genotypes 5 '57 Gerze 04' and 6 '61 Of 04' with 92%. The results obtained have revealed different grape gene pools, especially in the Black Sea Region, and are expected to contribute to disease resistance breeding studies in the future significantly. Increasing consumer awareness of climate change will increase the interest in disease-resistant or tolerant grapes, such as *Vitis labrusca* species, in the coming years.

Keywords: Grape Cultivars/Genotypes, Ssr Markers, Similarity Index, Natural Cross, Breeding.



BAZI VİTİS LABRUSCA VE VİTİS TÜRLERİNİN GENETİK ÇEŞİTLİLİĞİNİN MOLEKÜLER MARKÖRLERLE ANALİZİ

ÖZ

Türkiye bağcılık için oldukça uygun bir iklime sahip olup, eski çağlardan beri ülkenin hemen her bölgesinde farklı üzüm çeşitleri yetiştirilmektedir. Bu üzüm çeşitleri arasında farklı isimlere sahip olanlar bulunsun da aynı genetik yapıya sahip üzüm çeşitleri de bulunmaktadır. Özellikle Karadeniz Bölgesi'nde yoğun yağışlar ile neme dayanıklı *Vitis labrusca* türüne giren üzüm tip ve melezleri yetişmektedir. Ancak bölgede bu türün farklı genotiplerinin yetiştirildiği bilinmektedir. *Vitis labrusca* L. ve melezlerinde doğal polen transferi ve melezlemeden dolayı genetik karışıklık söz konusudur. Bu çalışmada *Vitis labrusca* genotipleri başta olmak üzere *Vitis* çeşitleri ve genotipleri arasındaki genetik benzerlik ve farklılıklar 18

farklı SSR primeri ile değerlendirilmiştir. Genetik ilişki dendrogramında çeşitler/genotipler %0,65 ile %0,98 arasında değişen oranlarda benzerlik göstermiştir. Çalışmada kullanılan çeşit ve genotipler arasındaki en yüksek benzerlik oranı %92 ile 5 ‘57 Gerze 04’ ve 6 ‘61 Of 04’ genotipleri arasında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların özellikle Karadeniz Bölgesi’nde farklı üzüm gen havuzu olduğunu ortaya çıkarmış olup, gelecekte hastalık direnci ıslahı çalışmalarına önemli katkı sağlaması beklenmektedir. İklim değişikliği ve tüketicilerde farkındalığının artması ile birlikte, önümüzdeki yıllarda *V. labrusca* türüne mensup üzümler gibi hastalığa dayanıklı veya tolerant olan üzümlere talebin artması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üzüm Çeşitleri/Genotipleri, Ssr Markörler, Benzerlik İndeksi, Doğal Melezleme, Islah.



1. INTRODUCTION

Vitis vinifera subsp. *vinifera* is the most cultivated vine species, especially in the temperate climate zone, and is economically very important (Li and Gschwend, 2023). It was domesticated from wild *Vitis* species in Eurasia in the past. (De Lorenzis, 2024; Dong et al., 2023; Zhou et al., 2017; Xiao et al., 2023). Due to the highly heterozygous nature of genotypes belonging to the *V. vinifera* species, cultivated grapevines are commonly propagated clonally so that they do not lose their desired fruit quality characteristics (Franks et al., 2002; Riaz et al., 2002; Vondras et al., 2019). More than seventy species of *Vitis* grow worldwide, most of which are native to North America and China but are also grown in different climates. Many of these species have adapted to different climate conditions (Ma et al., 2018; Walker et al., 2019).

Since most of the wild *Vitis* species are tolerant or resistant to different abiotic and biotic stress conditions, they are frequently preferred as genetic resources in grapevine breeding programs and studies on the development of new grape varieties (Atak, 2023; Reynolds and Reisch, 2015). Different varieties and genotypes of *Vitis labrusca*, which grows naturally, especially in the north and east of the United States, are easily distinguished from other species by their disease resistance, cold tolerance, and unique, intense foxy-flavored berries. Many new interspecific hybrid varieties have been developed by crossing *V. labrusca* and other wild grapevines, due to their resistance to different stress conditions, with *V. vinifera* varieties because of their superior berry quality characteristics in breeding programs (Wen et al., 2020).

First, ampelographic identification studies were carried out to reveal the grapevine genetic potential in Türkiye and to identify grape varieties suitable for dif-

ferent evaluation purposes from the existing population (Daler and Cangı, 2022; Hizarci et al., 2012; Karataş et al., 2007; Karataş et al., 2014; Yılmaz et al., 2020). Later, isoenzyme studies and, finally, DNA markers were used in identification studies due to their superiority over the ampelographic method (Ergül et al., 2011).

Different methods examine genetic variations in other plant species at the genome, gene, transcriptomic, proteomic, and metabolomic levels. The light of these studies and the results obtained enable the development of an ecoprotection strategy that includes maximum allelic variation for the relevant species and the determination of suitable functional alleles for special studies. Among the most critical molecular markers used in grapes are SSR(microsatellites) (Bowers et al., 1996; Grassi et al., 2003).

In Türkiye, different grape genotypes that have a unique foxy aroma, thick skins, seeds, and slip-skin that are easily separated from the flesh and show the characteristics of the *Vitis labrusca* L. species are grown mainly in the coastal areas of the Black Sea Region. These grape genotypes, generally called 'Isabella' or foxy black grapes, strawberry grapes, black grapes, or American grapes, are resistant to fungal diseases and can grow naturally in places with cool and humid climates (Cangı et al., 2006; Çelik et al., 2008; Köse, 2014).

No previous study has used molecular markers on such a large number of *Vitis labrusca* L. genotypes grown, especially in the Black Sea Region. In this study, the genetic similarities of a total of 71 genotypes collected both from the Black Sea region and from different origins and showing *V. labrusca* characteristics were compared with each other using 18 simple sequence repeat (SSR) loci.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Materials

The study material consists of grape varieties and genotypes collected in the Yalova Atatürk Horticulture Central Research Institute collection vineyard, collected within the scope of TÜBİTAK Project Number 1130641. Some of these varieties and genotypes were collected from the Marmara and Black Sea Regions through selection within the project framework above. Some materials were obtained from the collection vineyard of the Horticulture Department of the Faculty of Agriculture of Ondokuz Mayıs University. Other materials were brought by cargo from the USDA Grape Genetic Collection located in the Geneva Campus of Cornell University. Information on the 71 varieties and genotypes characterized with the help of SSR markers in the project is given in Table 1. A total of 69 *V. labrusca*/interspecific hybrids and 2 *V. vinifera* varieties (Red Globe and Italy) were used in the study.

2.2. Methods

2.2.1. DNA Isolation

Leaf samples of the genotypes were taken into 2.0 mL Eppendorf tubes and stored at -80 °C until the samples were analysed. For DNA isolation, leaf tissues were first thoroughly homogenized. The samples were shredded using a Qiagen brand Tissuelyser-II shredder until they became powder. DNA isolation of the powdered samples was carried out with the Qiagen brand DNeasy Plant mini kit by the kit protocol. The isolated DNAs were stored at -20 °C until use.

2.2.2. SSR and Genetic Analysis

A total of 18 primer pairs were used in PCR reactions, including the VVS2, VVMD5, VVMD7, VVMD27, VrZAG62, and VrZAG79 microsatellite loci, which are included in the grapevine variety identification list and are now accepted as the minimum standard set all over the world. Base sequences and TM temperatures of the SSR primers are given in Table 2.

Table 1. Species and origins of the grape varieties and genotypes. (SOMU: Samsun Ondokuz Mayıs University; TVRI: Tekirdağ Viticulture Research Institute; YAHCRI: Yalova Atatürk Horticulture Central Research Institute; USDA: Geneva USDA Grape Repository; CFDT: Collected from Different part of Türkiye; IGBG: Institute for Grapevine Breeding Geilweilerhof

Variety/Genotype Name or Code	Speices	Origin	Variety/Genotype Name or Code	Speices	Origin
57 Ayancık 01*	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Özer Karası	Interspecies	TVRI
Batum 4	Interspecies	SOMU	FX1-10	Interspecies	TVRI
57 Erfelek 03	<i>V.labrusca</i>	SOMU	55 Merkez 09	<i>V.labrusca</i>	SOMU
57 Gerze 04	<i>V.labrusca</i>	SOMU	57 Gerze 01	<i>V.labrusca</i>	SOMU
61 Of 04	<i>V.labrusca</i>	SOMU	57 Merkez 07	<i>V.labrusca</i>	SOMU
61 Sürmene 01	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Bluebell	Interspecies	SOMU
61 Sürmene 02	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Buffalo	Interspecies	SOMU
57 Merkez 02	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Vanessa Seedless	Interspecies	SOMU
61 Yomra 04	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Niagara	Interspecies	SOMU
53 Merkez 02	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Ontario	Interspecies	SOMU
Rizessi	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Steuben	Interspecies	SOMU
Rizpem	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Kyoho	Interspecies	YAHCRI
Çeliksu	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Rize geççi	Interspecies	YAHCRI

Rizellim	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Marechall Foch	Interspecies	USDA
55 Merkez 06	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Valiant	Interspecies	USDA
55 Merkez 12	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Orion	Interspecies	IGBG
55 Merkez 11	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Regent	Interspecies	IGBG
53 Güneysu 01	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Kay Grey	Interspecies	YAHCRI
08 Arhavi 01	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Muscat Bailey A	Interspecies	YAHCRI
Ülkemiz	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Price	Interspecies	USDA
53 Pazar 02	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Edelweiss	Interspecies	USDA
55 Çarşamba 01	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Canadice	Interspecies	USDA
28 Tirebolu 02	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Himrod	Interspecies	SOMU
28 Merkez 01	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Lakemont	Interspecies	SOMU
Concord	<i>V.labrusca</i>	SOMU	Newyork muscat	Interspecies	USDA
Yerli İsabella	<i>V.labrusca</i>	TVRI	Seneca	Interspecies	USDA
Mercan	<i>V.labrusca</i>	TVRI	Sheridan	Interspecies	USDA
Favli	Interspecies	TVRI	Van Buren	Interspecies	USDA
Gürcü	<i>V.labrusca</i>	TVRI	Yates	Interspecies	USDA
S1 Isabella	<i>V.labrusca</i>	CFDT	Venus	Interspecies	SOMU
S2 Isabella	<i>V.labrusca</i>	CFDT	Glenora	Interspecies	USDA
S3 Isabella	<i>V.labrusca</i>	CFDT	Hendrickson seedless	Interspecies	USDA
Sunbelt	Interspecies	USDA	Concord seedless	Interspecies	USDA
Isabella (Yalova)	<i>V.labrusca</i>	YAHCRI	Italya	<i>V. vinifera</i>	YAHCRI
Köfteci üzümü	<i>V.labrusca</i>	YAHCRI	Red globe	<i>V. vinifera</i>	YAHCRI
FX1-1	Interspecies	TVRI			

Table 2. Base sequences and TM temperatures of the SSR primers.

No	Locus	Primer Sequence (5'3')	Tm (°C)
1	VVS1-F VVS1-R	ACAATTGGAACCGCGTGAG CTTCTCAATGATATCTAAAACCATG	53
2	VVS2-F VVS2-R	CAGCCCGTAAATGTATCCATC AAATTCAAATTTCTAATTCAACTGG	55
3	VVMD5-F VVMD5-R	CTAGAGCTACGCCAATCCAA TATACCAAAAATCATATTCTCTAAA	55
4	VVMD7-F VVMD7-R	AGAGTTGCGGAGAACAGGAT CGAACCTTCACACGCTTGAT	55
5	VVMD21-F VVMD21-R	GGTTGTCTATGGAGTTGATGTTGC GCTTCAGTAAAAAGGGATTGCG	55

6	VVMD24-F VVMD24-R	GTGGATGATGGAGTAGTCACGC GATTTTAGGTTTCATGTTGGTGAAGG	55
7	VVMD27-F VVMD27-R	GTACCAGATCTGAATACATCCGTAAGT ACGGGTATAGAGCAAACGGTGT	55
8	VVMD28-F VVMD28-R	AACAATTCAATGAAAAGAGAGAGAGAGA TCATCAATTTCGTATCTCTATTTGCTG	55
9	VVMD31-F VVMD31-R	CAGTGGTTTTTCTTAAAGTTTCAAGG CTCTGTGAAAGAGGAAGAGACGC	55
10	ZAG21-F ZAG21-R	TCATTCACTCACTGCATTTCATCGGC GGGGCTACTCCAAAGTCAGTTCTTG	65
11	ZAG47-F ZAG47-R	GGTCTGAATACATCCGTAAGTATAT ACGGTGTGCTCTCATTGTCTATTGAC	55
12	ZAG62-F ZAG62-R	GGTGAAATGGGCACCGAACACACGC CCATGTCTCTCCTCAGCTTCTCAGC	55
13	ZAG64-F ZAG64-R	TATGAAAGAAACCCAACGCGGCACG TGCAATGTGGTCAGCCTTTGATGGG	55
14	VRZAG79-F VRZAG79-R	AGATTGTGGAGGAGGGAACAAACCG TGCCCCATTTTCAAACCTCCCTTCC	66
15	ZAG83-F ZAG83-R	GGCGGAGGCGGTAGATGAGAGGGCG ACGCAACGGCTAGTAAATACAACGG	66
16	ZAG112-F ZAG112-R	CGTTTAAAGCCAGCTGAATCTTGGG TGGCTCCATACTGCTTCACGTAGGC	55
17	VMC2h4-F VMC2h4-R	ACCAGGTGTGCCTATAAGAATC TCTCTGGAACATCCAATCAAC	50
18	VMC2c3-F VMC2c3 -R	TGCAATCCCATTATTATCTCTT AATATTTGTAGAATGGTGCTTTT	48

Isolated DNA samples were amplified in the Bio-Rad T100 Thermal Cycler device and amplified bands were obtained. Amplification conditions for Polymerase Chain Reaction DNA: 20-100 ng, Primer pair: 20-50 pmol, dNTP: 200-500 mM, MgCl₂: 1.5-3.5 mM, DNA Polymerase: 0.5-1.5 Unit,10X Buffer: 2.5 µl Total volume: 25 µl. The PCR program was set as 3 min at 94 C, 1 min at 94 C, 1 min at 50–60 C depending on the binding degree of the primer, 2 min at 72 C, and 10 min at 72 C in the final stage. Additionally, steps 2, 3 and 4 were repeated a total of 35 times. After PCR products belonging to the loci were checked in 2% agarose gel, the numerical bath sizes of the amplified samples were determined by capillary electrophoresis.

Fragment analyses of the genotypes used were performed on the Bioptrix Q sep 100 Genetic Analysis System. The scored band images were entered into this program and as a result, the genetic similarities of the varieties and types used in the study were revealed and their molecular identifications were made. The polymorphism information content (PIC) coefficient of each primer is $PIC = 1 - \sum p_i^2$ (pi frequency of alleles) Smith et al. (1997) method. PIC values were obtained for each of the 18 SSR primers used. The ratio of shared alleles was calculated by genetic uniqueness and these data were converted into a similarity matrix in Excel.

Dendrogram data based on the genetic similarities of the varieties and genotypes used in the study were used to create an Unweighted Pair Group of Arithmetic Average (UGMA cluster) analysis and similarity index and Principle Component Analysis (PCA) tables using the NTSYSpc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) statistical program developed by Rolf (2000).

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the genetic similarities of 35 *V. labrusca*, 34 interspecific hybrids, and 2 *V. vinifera* varieties or genotypes were evaluated with the help of 18 different SSR markers. The results obtained, the amplified band sizes are given in Table 3, and the total number of polymorphic bands and average polymorphism coefficient are shown in Table 4. Additionally, frequency values at SSR loci are given in Figure 1, and the Genetic similarity dendrogram of 71 varieties and genotypes are given in Figure 2.

When we look at the band sizes obtained from a total of 18 SSR loci, it is seen that the widest band size range is obtained from the VrZAG64 primer with a range of 121-255 bp. It is followed by the VVS2 primer with a band size range of 112-225. The narrowest band size range was obtained from the VrZAG79 primer with a band size range of 246-271 (Table 3).

A total of 201 alleles were obtained in studies conducted with 18 SSR primers. While the highest number of alleles was obtained from the VrZAG62 primer with 15 alleles, the lowest number of alleles was obtained from the VVMD7 primer with 8 alleles. VrZAG79, VVS1, VVMD28 and VrZAG21 primers were determined to be the other highest allele yielding loci with 13 alleles each. The SSR primers with a high rate of polymorphism (difference) and the highest PIC values were VVMD31 (0.98), VrZAG47 (0.97) and VrZAG21 (0.96), respectively. The lowest polymorphism (difference) was obtained from VVMD7 (0.79) and VVMD24 (0.89) primers, respectively (Table 4).

Table 3. Amplified band size of the SSR primers

SSR Primer	Minimum and Maximum Band size (bp)
VrZAG62	185-226
VrZAG79	246-271
VVMD24	210-255
VVMD7	250-320
VVMD27	187-223
VVMD5	239-278
VVS2	112-225
VVMD21	225-294
VVS1	160-245
VVMD28	217-275
VVIB01	295-364
VVMD31	189-220
VrZAG21	202-274
VrZAG47	167-202
VrZAG64	121-255
VrZAG83	167-256
VVIH54	240-278
VrZAG112	152-212

Table 4. Total Number of Polymorphic Bands and Average Polymorphism Coefficients of SSR Primers

SSR Primer	Total Polymorphic Band Number	Average Polymorphism Coefficient
VrZAG62	15	0.93
VrZAG79	13	0.90
VVMD24	12	0.89
VVMD7	8	0.79
VVMD27	12	0.96
VVMD5	9	0.95
VVS2	11	0.97
VVMD21	12	0.95
VVS1	13	0.92
VVMD28	13	0.96
VVIB01	12	0.95
VVMD31	10	0.98
VrZAG21	13	0.96
VrZAG47	11	0.97
VrZAG64	11	0.95
VrZAG83	12	0.94
VVIH54	12	0.93
VrZAG112	11	0.95

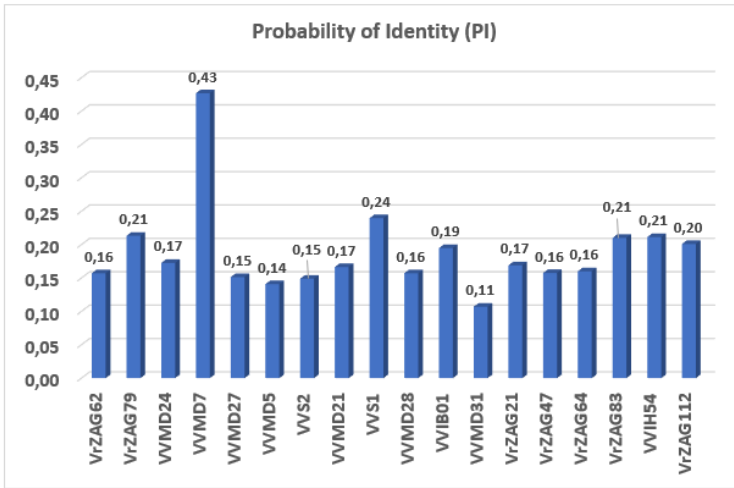


Figure 1. Frequency values at SSR loci

In terms of probability of identification (PI: Probability of Identity), all primers used were from Sefc et al. (2000) gave results above the 0.05 threshold value. The highest value was obtained from primers VVMD7 (0.43), VVS1 (0.24), VrZAG83 (0.21), VrZAG79 (0.21) and VVIH54 (0.21), respectively (Figure 1).

When the genetic relationship dendrogram is examined, it shows that the varieties/genotypes are not the same and show similarity at rates ranging from 0.65% to 0.98%. Among the varieties and genotypes used in the study, the highest similarity rate, 92%, was determined between genotypes 5 '57 Gerze 04' and 6 '61 Of 04'. These were followed by genotypes 43, '55 Merkez 09', and 44, '57 Gerze 01', with a similarity rate of 91%. In the dendrogram, varieties/genotypes belonging to the *V. labrusca* species are shown with a blue line on the right side, while interspecific hybrids are shown with a green line and *V. vinifera* ones with a red line. When the genetic relationship dendrogram is examined, it has been determined that although the varieties/genotypes of the same species are sometimes in the same branch, some of them are in the same branch with other species. This shows that there may be traces of parents from different species in the origin of the varieties/genotypes, or in other words, there is a possibility of cross-pollination (Figure 2).

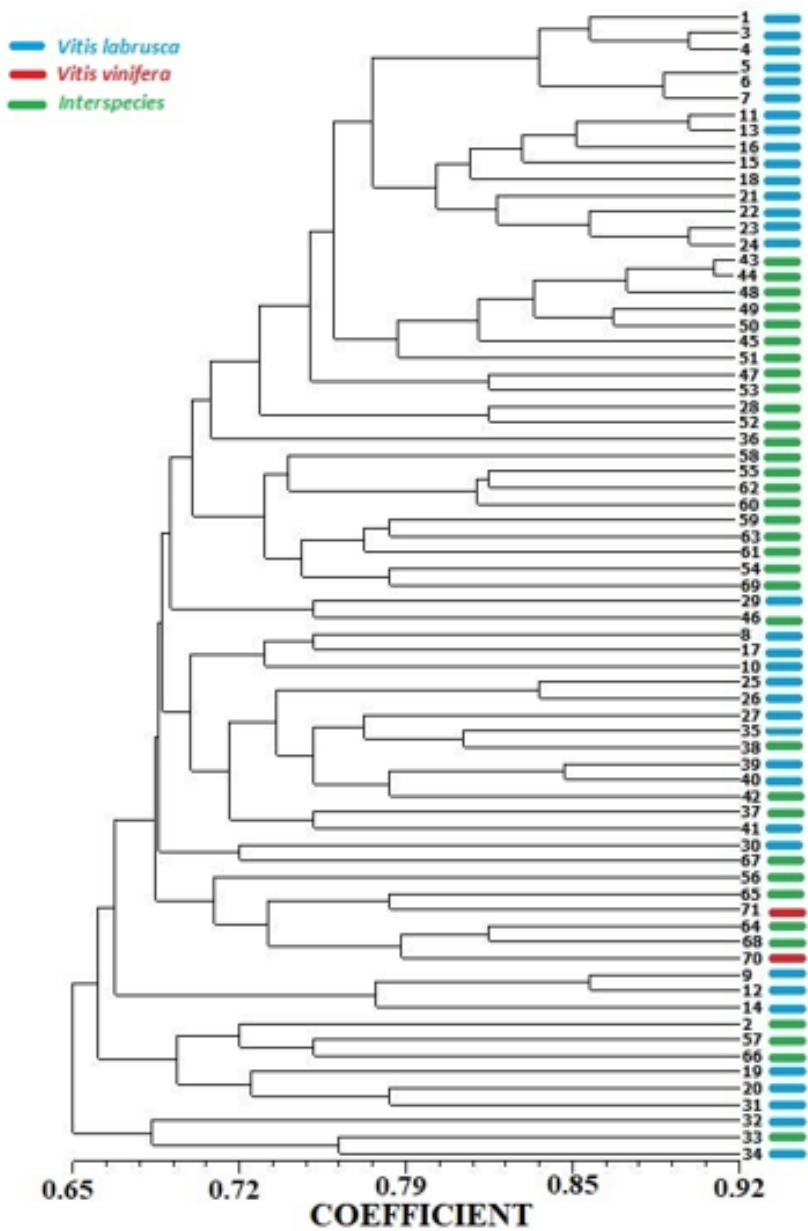


Figure 2. Genetic similarity dendrogram of 71 varieties and genotypes

Many researchers have used SSR or microsatellite markers successfully, as in our study, to determine the similarities of grape varieties and genotypes to each other because they are highly polymorphic, show a co-dominant mode of inheritance, and allow simple data interpretation. (Bowers et al., 1999; İkten et al., 2024; Margaryan et al., 2023).

In research on the identification of international grapevine genetic resources, as in this study; Using SSR markers, different levels of homonymous (genotypes called by the same name but genetically distinct from each other) and synonymous (genotypes called by different names but genetically identical) genotypes are frequently encountered (Ibáñez et al., 2003; Martínez et al., 2006; This et al., 2004). Similarly, studies conducted with Turkish grape varieties have revealed the prevalence of homonymous and synonymous groups (Karataş et al., 2014; Şelli et al., 2007; Vouillamoz et al., 2006).

This study revealed that many grape genotypes grown in the Black Sea Region with the same name actually show genetic differences. In this study, the allele numbers obtained with a total of 18 primers are largely similar to studies conducted by different researchers in terms of values such as allele sizes and polymorphism rates (Atak et al., 2012; Dangi et al., 2001; Ibanez et al., 2003; Şelli et al., 2007; Vouillamoz et al., 2006). Additionally, this study contains similar results to other studies reporting that the VVS2 locus has 10 or more alleles (Fatahi et al., 2003; Sefc et al., 2000; Vouillamoz et al., 2006).

In their study, Tahmaz Kahraman et al. (2022) examined the phenolic compound and antioxidant capacity contents of grape varieties/genotypes similar to this study. According to their results, they confirmed their differences by obtaining different results for all genotypes and varieties. This reveals the differences between similar grape varieties grown with the same names, in line with the results obtained in our study.

Also, Çelik and Köse (2018) ampelographically identified 109 grape varieties/genotypes collected from the Black Sea Region, which they thought belonged to the *Vitis labrusca* species. According to the ampelographic identification dendrogram formed from their study, they reported that the Central and Eastern Black Sea Regions have two main groups. They also noted that all genotypes were similar to each other at different rates. The same genotypes from the Black Sea Region were studied at the molecular level in our study. According to the results, some genotypes were in the same group, while some were in different groups. This situation shows that some genotypes may be varieties that emerged due to pollination with different varieties at flowering time.

4. CONCLUSION

Grapevine genetic resources are protected in many countries for use in later years. The varieties and genotypes of these resources found in different regions within the country should be screened regularly, and those that differ should be included in the collections. Especially *Vitis labrusca* species and the varieties/genotypes obtained by crossing these species with different species are very valuable due to their disease resistance and high phenol content. In the coming years, especially with the effects of climate change, it is expected that varieties or interspecific hybrids of this species will be used more both in breeding studies and production. For this reason, it is important that all grape varieties of this species within the country are protected in at least one location.

Acknowledgment

The authors would like to thank Prof. Dr. Hüseyin Çelik from the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, for providing some materials for the project.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing, actual, potential or perceived conflicts of interest.

Author contributions

Y.D. and A.A. contributed equally to the manuscript. The authors read and approved the final version of the manuscript. The authors verify that the text, figures, and tables are original and that they have not been published before.

Funding

No financial support was received for this study

REFERENCES

- Atak, A., Altındışlı, A., Gökçe A.F., Özer, C. 2012. Molecular and ampelographic characterization of some grape hybrids (*Vitis vinifera* L.). Afr. J. Agric. Res. 7(33), 4596-4606. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1957>
- Atak, A. 2023. New Perspectives in Grapevine (*Vitis* spp.) Breeding. Case Studies of Breeding Strategies in Major Plant Species (Book/Edited by Haiping Wang). IntechOpen 422 pages <https://doi.org/10.5772/intechopen.100882>.
- Bowers, J.E., Dangl, G.S., Vignani, R., Meredith, C.P. 1996. Isolation and characterization of new polymorphic simple sequence repeat loci in grape (*Vitis vinifera* L.). Genome 39, 628-633. <https://doi.org/10.1139/g96-080>
- Bowers, J.E., Dangl, G.S., Meredith, C.P. 1999. Development and characterization of additional microsatellite DNA markers for grape. Am. J. Enol. Vitic. 50, 243-246.
- Cangi, R., Celik, H., Kose, B. 2006. Determination of Ampelographic Characters of Some Natural Foxy Grape (*Vitis labrusca* L.) Types Grown in Northern Turkey (Ordu and Giresun Province). International Journal of Botany, 2, 171-176. <https://doi.org/10.3923/ijb.2006.171.176>
- Celik, H., Köse, B., Cangi, R. 2008. Determination of Fox grape genotypes (*Vitis labrusca* L.) grown in Northeastern Anatolia. Horticultural Science, 35(4), 162-170. <https://doi.org/10.17221/655-HORTSCI>
- Daler, S., Cangi, R. 2022. Characterization of grapevine (*V. vinifera* L.) varieties grown in Yozgat province (Turkey) by simple sequence repeat (SSR) markers, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46(1), 38-48. <https://doi.org/10.3906/tar-2104-75>
- Dangi, G.S., Mendum, M.L., Prins, B.H., Walker, M.A., Meredith, C.P., Simon, C.J. 2001. Simple sequence repeat analysis of a clonally propagated species: a tool for managing a grape germplasm collection. Genome, 44(3), 432-438. <https://doi.org/10.1139/g01-026>
- De Lorenzis, G. 2024. From ancient to modern grapevine cultivars: a lesson from cultivars that made the history of viticulture. Acta Hortic. 1385, 47-58. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1385.7>
- Dong, Y., Duan, S., Xia, Q., Liang, Z., Dong, X., Margaryan, K., et al. 2023. Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution. Science 379, 892-901. <https://doi.org/10.1126/science.add865>
- Ergül, A., Perez-Rivera, G., Söylemezoğlu, G. et al. 2011. Genetic diversity in Anatolian wild grapes (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*) estimated by SSR markers. - Plant Genetic Resour. 9: 375-383. <https://doi.org/10.1017/S1479262110000013>
- Fatahi, R., Ebadi, A., Bassil, N., Mehlenbacher, S.A., Zamani, Z. 2003. Characterization of Iranian grapevine cultivars using microsatellite markers. Vitis 42, 185-192. <https://doi.org/10.5073/vitis.2003.42.185-192>
- Franks, T., Botta, R., Thomas, M.R., Franks, J. 2002. Chimerism in grapevines: implications for cultivar identity, ancestry and genetic improvement. Theor. Appl. Genet. 104, 192-199. <https://doi.org/10.1007/s001220100683>
- Grassi, F., Labra, M., Imazio, S., Spada, A., Sgorbati, S., Scienza, A., Sala, F. 2003. Evidence of a secondary grapevine domestication center detected by SSR analysis. Theor Appl Genet. 107(7), 1315-20. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1321-1>
- Hizarci, Y., Ercisli, S., Yuksel, C., Ergül, A. 2012. Genetic characterization and relatedness among autochthonous grapevine cultivars from Northeast Türkiye by simple sequence repeats (SSR). J Appl Bot Food Qual 85, 224-228
- Ikten, H., Sari, D., Sabir, A. et al. 2024. Estimating genetic diversity among selected wild grapevine genotypes from Southern Turkey by simple sequence repeat (SSR) and inter-Primer Binding Site(iPBS) markers. Genet Resour Crop Evol. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02102-3>
- Ibañez, J., Andrés, M. T., Molino, A., Borrego, J. 2003. Genetic study of key Spanish grapevine varieties using microsatellite analysis. Am. J. Enol. Vitic. 54, 22-30. <http://dx.doi.org/10.5344/ajev.2003.54.1.22>
- Karataş, H., Değirmenci, D., Velasco, R., Vezzulli, S., Bodur, Ç., Ağaoğlu, Y.S. 2007. Microsatellite fingerprinting of homonymous grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties in neighboring regions of south-East Turkey. Sci Hortic. 114, 3, 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.07.001>
- Karataş, D.D., Karataş, H., Laucou, V., Sarikamiş, G., Riahi, L., Bacilieri, R., This, P. 2014. Genetic diversity of wild and cultivated grapevine accessions from southeast Turkey. Hereditas, 151, 73-80. <https://doi.org/10.1111/hrd2.00039>
- Köse, B. 2014. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L. varieties in the maritime climate of Samsun in Turkey's Black Sea Region. South African Journal of Enology and Viticulture, 35(1), 90-102.
- Köse, B., Çelik, H. 2018. Comparison of ampelographic characteristics of foxy grape genotypes (*Vitis labrusca* L.) growing in the black sea region. Bahçe (Private Issue), 47(1), 293-297.
- Li, B., Gschwend, A.R. 2023. *Vitis labrusca* genome assembly reveals diversification between wild and cultivated grapevine genomes. Front. Plant Sci. 14, 1234130. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1234130>

- Ma, Z.Y., Wen, J., Ickert-Bond, S.M., Nie, Z.L., Chen, L.Q., Liu, X.Q. 2018. Phylogenomics, biogeography, and adaptive radiation of grapes. *Mol. Phylogenet. Evol.* 129, 258–267. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.08.021>
- Margaryan, K., Töpfer, R., Gasparian, B., Arakelyan, A., Trapp, O., Röckel, F., Maul, E. 2023. Wild grapes of Armenia: unexplored source of genetic diversity and disease resistance. *Front. Plant Sci.* 14:1276764. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1276764>
- Martinez, I. E., Cavagnaro, P.F., Masuelli, R. W., Zuniga, M. 2006. SSR-based assessment of genetic diversity in Sout American *Vitis vinifera* varieties. *Plant Sci.* 170, 1036–1044. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.12.006>
- Reynolds, A.G., Reisch, B.I. 2015. "Grapevine breeding in the eastern United States," in *Grapevine breeding programs for the wine industry*. Ed. A. Reynolds (Waltham, MA: Woodhead Publishing).
- Riaz, S., Garrison, K.E., Dangi, G. S., Boursiquot, J.M., Meredith, C.P. 2002. Genetic divergence and chimerism within ancient asexually propagated winegrape cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 127, 508–514. <https://doi.org/10.21273/JASHS.127.4.508>
- Rohlf, F.J. 2000. NTSYS-PC manual Exter Software, Setauket, New York.
- Sefc, K., Lopes, M., Lefort, F., et al. 2000. Microsatellite variability in grapevine cultivars from different European regions and evaluation of assignment testing to assess the geographic origin of cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 100, 498–505. <https://doi.org/10.1007/s001220050065>
- Smith, J., Chin, E., Shu, H. et al. 1997. An evaluation of the utility of SSR loci as molecular markers in maize (*Zea mays* L.): comparisons with data from RFLPS and pedigree. *Theor. Appl. Genet.* 95, 163–173. <https://doi.org/10.1007/s001220050544>
- Şelli, F., Bakır, M., İnan, G., Aygün, H., Boz, Y., Yaşasın, A.S., Özer, C., et al. 2007. Simple sequence repeat-based assessment of genetic diversity in Dimrit and Gemre grapevine accessions from Turkey. *Vitis* 46, 182–187.
- Tahmaz Karaman, H., Yuksel Kuskü, D., Söylemezoğlu, G., Çelik, H. 2022. Phenolic Compound and Antioxidant Capacity Contents of *Vitis labrusca* L. Genotypes. *Journal Of Tekirdag Agriculture Faculty*, 19(2), 318–331. <http://doi.org/10.33462/jotaf.952108>
- This, P., Jung, A., Boccacci, P., Borrego J., Botta, R., Costantini L. 2004. Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 109, <https://doi.org/1448-1458.10.1007/s00122-004-1760-32004>
- Vouillamoz, J.F., McGovern, P.E., Ergül, A., Söylemezoğlu, G., Tevzadze, G., Meredith, C.P., Grando, M.S., 2006. Genetic characterization and relationships of traditional grape cultivars from Transcaucasia and Anatolia. *Plant Genet. Res.* 4, 144–158. <http://dx.doi.org/10.1079/PGR2006114>
- Vondras, A.M., Minio, A., Blanco-Ulate, B., Figueroa-Balderas, R., Penn, M.A., Zhou, Y., et al. 2019. The genomic diversification of grapevine clones. *BMC Genomics* 20, 972. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6211-2>
- Yılmaz, F., Shidfar, M., Hazrati, N. et al. 2020. Genetic analysis of central Anatolian grapevine (*Vitis vinifera* L.) germplasm by simple sequence repeats. *Tree Genetics & Genomes* 16, 55. <https://doi.org/10.1007/s11295-020-01429-z>
- Walker, M.A., Heinitz, C., Riaz, S., Uretsky, J. 2019. "Grape taxonomy and germplasm," in *The grape genome*. Eds. D. Cantu and M. Walker (Cham: Springer). *Compendium of Plant Genomes*.
- Wen, J., Herron, S.A., Yang, X., Liu, B.-B., Zuo, Y.-J., Harris, A., Kalburgi, Y., Johnson, G., Zimmer, E.A. 2020. Nuclear and Chloroplast Sequences Resolve the Enigmatic Origin of the Concord Grape. *Front. Plant Sci.* 11:263. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2020.00263>
- Xiao, H., Liu, Z., Wang, N., Long, Q., Cao, S., Huang, G., et al. 2023. Adaptive and maladaptive introgression in grapevine domestication. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 120, e2222041120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2222041120>
- Zhou, Y., Massonnet, M., Sanjak, J. S., Cantu, D., Gaut, B. S. 2017. Evolutionary genomics of grape (*Vitis vinifera* ssp. *vinifera*) domestication. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114, 11715–11720. <https://doi.org/10.1073/pnas.1709257114>



Effect of Germination Temperature on Germination and Seedling Growth Parameters in Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Varieties

Çimlenme Sıcaklığının Pamuk (*Gossypium Hirsutum* L.)
Çeşitlerinde Çimlenme ve Fide Büyüme
Parametrelerine Etkisi

Meshenene Charles MALIMA¹, Muhammet Safa HACIKAMILOĞLU², Orhan KURT³

¹University of Ondokuz Mayıs, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Samsun, Türkiye
· cmashenene@yahoo.com · ORCID > 0009-0000-5221-7613

²University of Ondokuz Mayıs, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Samsun, Türkiye
· safa.hacikamiloglu@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-2188-2765

³University of Ondokuz Mayıs, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Samsun, Türkiye
· orhank@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-5662-9372

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 13 Haziran/June 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 19 Ağustos/August 2024

Yıl/Year: 2024 | Cilt-Volume: 39 | Sayı-Issue: 3 | Sayfa/Pages: 623-636

Atıf/Cite as: Malima, M. C., Hacikamiloğlu, M. S., Kurt, O. "Effect of Germination Temperature on Germination and Seedling Growth Parameters in Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Varieties"
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 623-636.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Orhan KURT

EFFECT OF GERMINATION TEMPERATURE ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH PARAMETERS IN COTTON (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.) VARIETIES

ABSTRACT

Germination and seedling growth periods have a very important function in plant life. Especially in cases where abiotic stress conditions occur, these periods are of vital importance for the sustainability of plant life. Taking this into account, this research was conducted to determine the most suitable temperature for germination and seedling growth parameters of cotton varieties. In this research conducted under controlled conditions, germination and seedling development parameters of two cotton varieties (May-344 and Candia) were tested at 8 different temperature levels (8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 and 36°C). It was determined that the germination percentage was 45.17-16.17%, the germination time was 4.06-3.94 days and the emergence rate index was 1.89-0.58 in May-344 and Candia cotton varieties, respectively. Moreover; root length 37.89-16.43 mm, stem length 44.69-41.00 mm, root fresh weight 22.40-19.51 mg, stem fresh weight 90.37-131.80 mg and the root/stem ratio was 0.26-0.16 mg/mg in May-344 and Candia cotton varieties, respectively. The results of the experiment revealed that most of the tested parameters were significantly affected by temperature. The highest germination rate, as the average of the two varieties and for both varieties separately, was obtained at 20 °C and no germination occurred at 8 °C. Except root to shoot ratio, other seedling growth parameters were maximum between 20-32 °C and decreased at higher temperatures.

Keywords: Cotton, Temperature Treatment, Germination Parameters, Seedling Growth.



ÇİMLENME SICAKLIĞININ PAMUK (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.) ÇEŞİTLERİNDE ÇİMLENME VE FİDE BÜYÜME PARAMETRELERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bitki yaşamında çimlenme ve fide büyüme periyodu çok önemli bir fonksiyona sahiptir. Özellikle abiyotik stress koşullarının olduğu durumlarda bu periyotlar bitki yaşamının sürdürülebilirliği için hayatı derecede öneme sahiptirler. Bu durum dikkate alınarak pamuk çeşitlerinin çimlenmesi ve fide büyüme parametreleri açısından en uygun sıcaklık derecesinin tespit edilmesi amacıyla bu araştırma yürütülmüştür. Kontrollü koşullar altında yürütülen bu çalışmada, iki pamuk çeşi-

dinin (May-344 ve Candia) çimlenme ve fide gelişim parametreleri 8 farklı sıcaklık seviyelerinde (8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 ve 36°C) test edilmiştir.

Araştırma sonucu May-344 ve Candia pamuk çeşitlerinde sırasıyla çimlenme yüzdesinin %45,17-16,17, çimlenme süresinin 4,06-3,94 gün ve çıkış oranı indeksinin 1,89-0,58 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca; May-344 ve Candia pamuk çeşitlerinde sırasıyla kök uzunluğu 37,89-16,43 mm, gövde uzunluğu 44,69-41,00 mm, kök taze ağırlığı 22,40-19,51 mg, gövde taze ağırlığı 90,37-131,80 mg ve kök/gövde oranı 0,26-0,16 mg/mg olarak bulunmuştur. İlave olarak test edilen parametrelerin çoğunun sıcaklıktan önemli ölçüde etkilendiğini belirlenmiştir. Her iki pamuk çeşidinin ortalaması ve her iki çeşit için ayrı ayrı en yüksek çimlenme oranı 20 °C’de elde edilmiştir. 8 °C’de ise çimlenme kaydedilmemiştir. Kök/sürgün oranı dışında diğer fide büyüme parametreleri 20-32 °C arasında maksimuma ulaşırken, daha yüksek sıcaklıklarda azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, Sıcaklık Uygulaması, Çimlenme Parametreleri, Fide Büyüme Parametreleri.



1. INTRODUCTION

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the most important industrial plants that can be used for multiple purposes. For example, it is used in the textile industry as fibers, its seeds pulp is used as nutrients in animal feeds and in oil and biodiesel industries, and plant stems are used in paper industries (Demiray et al., 2023). Cotton provides income and prosperity to more than 250 million farmers worldwide (Anonymous, 2017).

Cotton is successfully cultivated in the tropical and temperate regions, where the frost-free period is less than 180 days (Anonymous, 2022a). It can be grown in regions where abiotic stresses such as high temperature, drought, salinity and chemical toxicity caused by heavy metals affect physiological growth and final yield which limit plant cultivation (Jingxiang et al., 2023). However, it could tolerate stresses such as salinity and drought (Abdelraheem et al., 2019).

Temperature is among the important environmental factors affecting the germination, growth, development and maturation of cotton (Bibi et al., 2008). Depending on genetic and environmental interactions, temperature directly affects plant life by hindering chemical reactions, including respiration and photosynthesis, (Khetran et al., 2015). The temperature need of the plant throughout its life varies depending on the genetic, morphological and physiological structure of the plant, time and duration of heat formation (Ekinici et al., 2017).

High yield depends on healthy growth and development after high germination and emergence percent (Raphael et al., 2017). Seed germination rate and seedling growth capacity can be determined as a standard by studies conducted under laboratory conditions (Anonymous, 2022b). Many studies have been conducted to determine the effect of temperature on the germination of cotton seeds. These studies have reported that the optimum germination temperature of cotton varies among varieties (Khetran et al., 2015; Raphael et al., 2017; Ahmad et al., 2020). These findings indicated that the variation of germination test results among cottonseeds in a constant temperature is due to genotypic variability.

In recent years, cotton producers in the tropical region have been facing a problem in their planting schedule and seedling emergence resulting in reduced fiber and seed quality. The existing germination and emergence studies conducted with cotton varieties have revealed that cold temperatures cause chilling damage in seedlings and reduce stand establishment (Bradow and Bauer, 2010). Initial injury begins with the absorption of cold water during the germination process, and secondary injury may occur after the start of germination at below 18°C temperature (Duesterhaus et al., 2000). Determining the genotype and the optimal germination and seedling development temperature over a wide temperature range can provide a more accurate understanding of the performance of new varieties. Therefore, this research was conducted to determine whether genotypes are affected by temperature changes that may occur during the germination and seedling growth period in cotton.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Experiment Area Properties

The experiment was carried out at the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University. Ondokuz Mayıs University is located at latitude 41° 22' 6" north and longitude 36° 11' 54" east.

2.2. Seed Imbibition and Sterilization of Petri Dishes

A total of 150 seeds of each variety were placed in petri dishes (147 mm in diameter and 22.4 mm in depth) and then kept in distilled water for 60 minutes. The seeds imbibed were removed from the distilled water and transferred into the sterile cabinet for sowing. Before sowing, petri dishes (9 cm diameter, 19 mm depth) containing two filter papers (Whatman 541) were placed in the sterilizing oven at 180 °C for three hours.

2.3. Germination Test

The experiment was laid in an 8x2 Factorial Experimental Design in Randomized Blocks (CRD) including factors namely temperature and varieties. In the research, eight different temperature regimes (8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 and 36 °C) and two cotton varieties (May- 344 and Candia) were used. Seeds of each cotton variety were planted in ten petri dishes to provide ten replications.

Fifteen cottonseeds imbibed were evenly distributed on double layer of Whatman filter paper in each sterilized Petri dish. Before sowing, filter papers were moistened with 5 ml of sterilized water. Sowing was carried out on moistened filter papers. After sowing, the lids of the petri dishes were closed and the petri dishes were transferred to the incubator with a sensitivity of ± 1 °C and germination was started at the germination temperature to be tested. The number of germinated seeds was determined by counting on the 2nd and 12th days from the beginning of the test. The germinated (plumule emergence) seedlings were recorded after 48 hours. When measured with an electronic digital calliper, the seeds were considered germinated if the rootlets reached 2 mm. During counting some petri dishes were kept moistened with distilled water. Diseased seeds or abnormal seedlings were removed once observed (Raphael et al., 2017).

2.4. Germination Parameters

For each treatment, germination measurements were calculated and organized into the excel spreadsheets for statistical analysis. Germination percentage (%), germination rate, root and stem dry weight were calculated based on methodology outlined in Ranal et al., (2009). To calculate the weight of shoots and roots; after germination completed seedlings were collected and the weights of the shoots and roots were weighed separately on an electronic scale with a sensitivity of 0.001 g and their dry weights were recorded.

Germination percentage (%) = $(N_T / N_s) \times 100$. (N_T = the total number of seeds that germinated on the 12th day and N_s = the number of seeds planted in the petri dish).

Germination time (day) = $\sum n_i t_i / \sum n_i$. (t_i = the time (day) from the beginning of the experiment to the n th observation and n_i = the number of seeds germinated over time).

Emergence rate index = $(G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n)$. (G_1, G_2, G_n = percentage of seedling emergence in the first, second and last count, respectively, N_1, N_2, N_n = number of days until the first, second and last count, respectively (Maguire, 1962)).

After the last count (12 days); After the root and shoot lengths were measured separately, the roots and shoots were weighed separately on a scale with an accuracy of 0.001g. Thus, root and shoot lengths and weights were determined. Then, the root/shoot ratio was determined using the calculated root and shoot weights (Ketran et al., 2015).

2.5. Statistical Analysis

All evaluated parameters were analyzed using the SPSS (Version 17) computer package program. LSD value was used to compare the means (Gomez and Gomez, 1984).

3. RESULT AND DISCUSSIONS

3.1. Germination Parameters

Germinability was reduced for seeds from MAY-344 and CANDIA at low and higher temperature levels. Temperatures, genotypes and their interaction all had significant ($P \leq 0.01$) effects on cotton germination (Table 1). Germination at different temperatures showed different patterns; the highest germination rate (66.33%) was recorded at 20 °C and the lowest germination rate (1.67%) was recorded at 12 °C. As the temperature was lowered, final germination decreased and seeds failed to germinate at 8 °C. It has been observed that the seeds of cotton varieties germinate within a certain temperature range. The results revealed that the upper limit seed germination (45.17%) was found in the May-344 cotton variety and the lower seed germination (16.17%) was recorded in the Candia variety (Table 1). When the interaction of temperature and genotype was evaluated; It was determined that both genotypes within the scope of the research had a maximum germination rate at 20 °C. The highest germination percentage at 20 °C was recorded as 91.30% in the May-344 cotton variety and 41.33% in the Candia variety (Table 1; Figure 1).

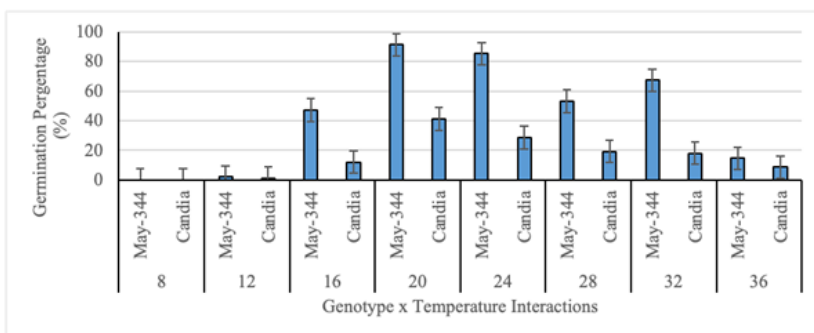


Figure 1. Effect of genotype and temperature interaction on germination percentage (%)

In this research, it was noted that there were significant differences ($P \leq 0.01$) between temperature regimes in terms of germination time, whereas the effect of genotypes and genotype $\times$ temperature interaction on germination time did not make a significant difference (Table 1). It was noted that the average germination time varied between 0.00 and 6.91 days, depending on the temperature regimes applied. The shortest germination time was obtained at 36 °C (1.93 days). At 0/8 °C, no germination was observed. In other words, cottonseeds were unable to germinate under 0/8 °C temperature range, but germination was completed in approximately two days (1.93 days) at 36 °C. The shortest germination time was recorded at 36 °C in both cotton varieties (1.91 days in May-344 and 1.95 days in Candia), while the longest germination time was recorded at 16 °C with 8.48 days in May-344 variety and 6.24 days at 28 °C in Candia variety (Table 1).

Temperature is vital for manipulating several features of plant growth and development. The result revealed that temperature effect in optimizing cottonseed germination increases linearly as a sigmoid growth curve (i.e., quantitatively the percentage increases rapidly until they reach some limit) (Raphael et al., 2017). The highest germination percent was recorded at 20 °C. The temperature signifies the optimal temperature for the biochemical and physiological responses in germination. The result of increased germination percent at 20 °C was similar to previous research teams such as in cotton (Smith and Varvil, 1984), wheat (Sharma et al., 2022) and rapeseed (Sghaier et al., 2022). The minute temperatures exceeded or lagged the upper limit triggered the germination potential of cottonseeds to decline. The embarrassment of seed germination as temperatures went beyond 20 °C happened due to various factors, including enzyme denaturation, cellular damage and metabolic imbalances (Iloh et al., 2014). In addition to that, some earlier studies concluded that temperatures >35 °C tend to reduce the effectiveness of physiological processes such as seed membrane imbibition and increase content of stress-induced phytohormone (e.g. Absciscic acid) (Ikram et al., 2022). Conversely, cotton varieties exhibited genetic potential at different temperature regimes during germination. Indeed, genetic variation among varieties when exposed to temperatures might be due to differences in tolerance to temperature instabilities, induction of secondary dormancy and seed reserve mobilization (Hasan et al., 2013). Genetic discrepancies in seed germination under different temperature levels have been reported in cotton (Chu et al. 2016; Fernando and Aníbal, 2018).

3.2. Seedling Characteristics

Emergence rate index (ERI) showed significant effects ($p \leq 0.01$) with temperature levels, genotypes and their interaction (Table 1). There was no seedling emergence at 8 °C. At 12 °C, 16 °C and 36 °C, lower ERI values were found for May-344 and Candia. Both Varieties were associated with high ERI at 20 °C (Table 1). May-344 genotype had higher ERI (1.89% d⁻¹) than Candia with ERI (0.58 % d⁻¹). The differences between temperatures, 20 °C resulted in the highest

values of ERI ($2.77\% \text{ d}^{-1}$). As a genotype and temperature interaction, the highest emergence index was obtained at 20°C with $4.12\% \text{ d}^{-1}$ in May-344 and $1.42\% \text{ d}^{-1}$ in Candia. However, at 12°C , May-344 resulted in lower ERI ($0.02\% \text{ d}^{-1}$) than Candia with ERI ($0.03\% \text{ d}^{-1}$) Table 1; Figure 2a).

Cotton varieties showed significant differences ($p \leq 0.01$) in terms of seedling root length at all temperature levels and genotype x temperature interaction. In contrast only the temperature regime created a significant difference ($P \leq 0.01$) in terms of seedling root fresh weight (Table 1). The maximum root length (50.00 mm) was recorded at 28°C followed by 24°C and 32°C (49.33 and 49.23 mm respectively) temperatures. In terms of genotype and temperature interaction, the longest root length of May-344 was 75.45 mm at 28°C , while in Candia it was 34.07 mm at 20°C . The shortest root for May-344 (9.91 mm) and Candia (6.25 mm) varieties was observed at 16°C (Table 1; Figure 2b). The weights of the rootlets of the seedlings increased as the temperature level increased and reached a peak (49.93 mg) at 24°C and then decreased slightly despite the increasing temperature level.

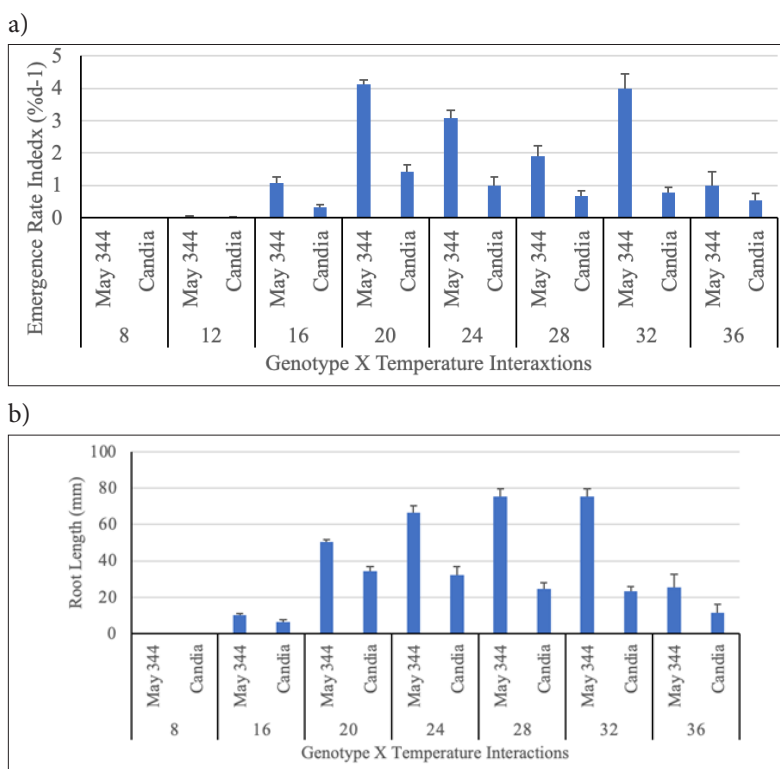


Figure 2. Effect of genotype and temperature interaction on emergence rate index (a) and root length (b)

Although fresh shoot length was statistically significantly ($p \leq 0.01$) affected only by changing temperatures, fresh shoot weight was statistically significantly ($p \leq 0.01$) affected by genotype, temperature and their interactions (Table 1). Shoot length increased continuously depending on increasing temperatures and reached its maximum (86.79 mm) at 32 °C. On comparing the seedlings, at 32 °C all the genotypes under study produced longest shoots (92.28 mm and 81.31 mm) for May-344 and Candia, respectively (Table 1). The range of values widened for seedling fresh shoot weight accumulation among the temperature levels. Fresh shoot weight; the maximum (222.52 mg) was recorded in the 28 °C temperature regime and the minimum (35.13 mg) was recorded in the 16 °C temperature regime (Table 1). Candia had higher fresh shoot weight (131.80 mg) than May-344 (90.37 mg). On the other hand, the highest fresh shoot weight was recorded at 28 °C temperature regime in both May-344 and Candia genotypes, with 188.31 mg and 256.72 mg, respectively (Table 1).

The ratio of root to shoot biomass varied, unsurprisingly, significantly ($p \leq 0.01$) with temperature and genotypes (Table 1). The analyzed results showed the highest ratio (0.29 mg/mg) at 16 °C. At all temperature levels, the ratio of root to shoot of the May-344 was higher (0.26 mg/mg) than Candia (0.16 mg/mg). The interaction between varieties and temperature levels did not show a strong relationship between root and shoot biomass (95% confidence interval of slope ranged from 0.05 to 0.33 mg/mg). The highest ratio of root to shoot for cotton varieties under study was recorded at 16 °C whereas the ratio of root to shoot varied from 0.33 mg/mg (May-344) to 0.24 mg/mg (Candia) after 12 days of growing (Table 1).

Table 1. The effects of genotype and temperature interaction on germination parameters and seedling growth parameters of the studied cotton varieties

Treatments	Germination Parameters			Seedling Growth Parameters				
	Germination Percentage (%)	Germination Time (days)	Emergence Rate Index (% d ⁻¹)	Root Length (mm)	Root Fresh Weight (mg)	Shoot Length (mm)	Shoot Fresh Weight (mg)	Root/Shoot Ratio (mg/mg)
Genotypes								
May-344	45.17a	4.06	1.89a	37.89a	22.40	44.69	90.37b	0.26a
Candia	16.17b	3.94	0.58b	16.43b	19.51	41.00	131.80a	0.16b
SEM	0.02	0.65	68.51	18425.56	334.08	546.86	68653.65	0.78
F-value	294.13**	0.068**	124.122**	184.92**	2.08**	2.72**	32.95**	31.15**
Temperatures (°C)								
8	0.00f	0.00f	0.00d	0.00c	0.00d	0.00d	0.00d	0.00d
12	1.67f	3.00de	0.02d	0.00c	0.00d	0.00d	0.00d	0.00d
16	29.67d	6.91a	0.68cd	8.08bc	10.01cd	11.27d	35.13cd	0.29a
20	66.33a	5.00bc	2.77a	42.25a	38.72b	53.24b	168.77b	0.24ab
24	57.00b	5.43abc	2.02ab	49.33a	49.93a	72.72a	206.97ab	0.26ab
28	36.33cd	5.91ab	1.27bc	50.00a	37.80b	80.62a	222.52a	0.18bc
32	42.67c	3.83cd	2.37a	49.23a	18.87c	86.79a	189.40ab	0.11c
36	11.67e	1.93e	0.75cd	18.37b	12.27c	38.13c	65.91c	0.22ab
SEM	0.23	104.16	22.28	10413.41	7185.42	25856.7	181604.73	0.46
F-value	57.66**	15.36**	40.37**	10413.41**	52.56**	71.78**	62.56**	9.17**
Genotype x Temperature Interactions								
8	May-344	0.00f	0.00	0.00e	0.00f	0.00	0.00	0.00g
	Candia	0.00f	0.00	0.00e	0.00f	0.00	0.00	0.00g
12	May-344	2.00f	3.60	0.02e	0.00f	0.00	0.00	0.00g
	Candia	1.34f	2.40	0.02e	0.00f	0.00	0.00	0.00g
16	May-344	47.33c	8.48	1.06cde	9.91ef	12.22	12.14	36.51fg
	Candia	12.01ef	5.33	0.31e	6.25f	7.94	10.39	33.75fg
20	May-344	91.33a	4.12	4.12a	50.42b	36.60	50.54	124.54de
	Candia	41.33cd	5.89	1.42cd	34.07c	40.84	55.94	212.99abc
24	May-344	85.34a	5.65	3.09b	66.44a	53.67	70.00	171.37bcd
	Candia	28.67de	5.20	0.96cde	32.22c	46.19	75.43	242.57ab
28	May-344	53.33bc	5.59	1.90c	75.45a	41.15	86.60	188.31abcd
	Candia	19.34ef	6.24	0.63de	24.56cd	34.45	74.64	256.72a
32	May-344	67.33b	3.17	3.98a	75.36a	27.08	92.28	160.21cd
	Candia	17.99ef	4.49	0.76de	23.09cde	10.65	81.31	218.59abc
36	May-344	14.67ef	1.91	0.97cde	25.52cd	8.51	45.98	42.02fg
	Candia	8.67ef	1.95	0.53de	11.22def	16.03	30.27	89.80ef
SEM		0.01	11.95	7.66	2352.91	283.33	330.57	6812.87
F-value		12.98**	1.762**	13.88**	21.21**	2.07**	0.92**	2.35**

*Averages followed by the same letters, in the columns, do not differ by the LSD test at 5% probability.

*Significant at $P \leq 0.05$; **Significant at $P \leq 0.01$; ns=not statistically significant at $p \geq 0.05$, SEM: Standard error of means

The values for emergence rate index to some extent were higher at 20 °C, indicating that under this temperature regime water uptake is greater in regulating seed reserve utilization, cell division and elongation, and finally growth of the radicle and plumule. The outcome, the hypocotyl elongates more rapidly while pushing the cotyledons and epicotyl above the soil surface (Rajjou et al., 2012). Comparing these two cotton varieties, May-344 had the highest emergence rate index values. The differences were possible because different varieties respond differently to temperature levels based on variations of seed parameters, viz., seed weight, seed vigour, seed size, dormancy, seed storage reserve mobilization, seed reserve utili-

zation, seed depletion ratio, seed coating, radicle length and dry weights (Maleki et al., 2023; Mašková and Herben, 2018; Singh et al., 2018; Bradow and Bauer, 2010).

Plant growth is mainly in need of several abiotic factors including temperature. The growth patterns vary as the temperature increases or decreases from the optimal level. In the temperature range, 32/20 °C, the radicle growth pattern was higher than at other temperatures (Table 1). This was possible because high temperature inhibits the synthesis of endogenous hormones, such as brassinolide and auxin, in roots. The result corroborates previous studies (Khaeim et al., 2022) that were renowned shortest root when temperature exceeded the optimal range. Conversely, shoot growth was highest when the temperature range, 32/24 °C, implying that stem elongation requires higher temperature than roots. The results of higher temperatures being conducive for stem growth were consistent with previous studies (Reddy et al., 2017; Raphael et al., 2017).

At 36 °C seedling development was diminished; the impaired development can be allied to errors in metabolism that result in an enzyme imbalance. Jackson (1967) noted similar effects and confirmed that growing cotton at temperatures beyond 35 °C has damaging effects on seedling growth traits. However, in the temperature range, 12/8 °C, no difference in seedling development in both varieties was observed. In each of the two temperature levels, no seedling managed to emerge, signifying those lower temperatures involved bringing chilling injury and dipping seedling formation (Brand et al., 2016). On the other hand, emergence rate index revealed genotypic variation within cotton varieties for stand establishment. overall, the May-344 showed the longest roots and shoots than the Candia. The discrepancies between varieties seemed attributed to activity of enzymes, reactive oxygen species and vascular tissue (Sharma, et al, 2022; Khaeim et al., 2022; Sghaier et al., 2022). There is emerging evidence that differences exist among cotton cultivars for seedling growth at different temperature levels (Singh et al., 2018; Brand et al., 2016).

Each variety reacted slightly differently to temperature levels, with variety May-344 displaying the highest root fresh weight compared to variety Candia (Table 1). Genotypic variability for root fresh weight is likely due to alterations in varieties of root length, root diameter, root surface area, root tips, root forks, root crossings and speed to emergence. These findings corroborate previous research (Fan et al., 2022; Walne and Reddy, 2022; Virk et al., 2021; Singh et al., 2018) which concluded that plant roots perceive conditions in the soil and adapt their architecture accordingly. On the other hand, the Candia presented the highest shoot fresh weight than May-344. This is supported by the observation that variety Candia took shortest time to germinate than variety May-344 (Table 1). The highest values for shoot fresh weight shown by Candia variety might be due to differences in morphological, physiological and chemical reactions compared to other varieties. The genoty-

pic disparity in response to shoot fresh weight was reported by earlier researchers (Singh et al., 2018; Reddy et al., 2017; Raphael et al., 2017).

In this study, both varieties conquered the highest root fresh weight at 24 °C (Table 1). The highest root fresh weight was possibly because the root system elongated while protecting the meristem which can probably accelerate cell division, increasing the number of roots and hence decreasing the length of lateral roots (Mahmud et al., 2019; Martins et al., 2017; Ribeiro et al., 2014). However, at temperatures (24 °C and 28 °C) there were fewer differences in root length (Table 1). The decrease in root length may result in to increase in root branching strength, vigor and average root diameter which may change the acquisition of root nutrients, water and hence maximum biomass (Gavelienė et al., 2022; Alsajri et al., 2019; Mahmud et al., 2019). Also, shoot fresh weight was maximized at 28 °C and slightly abridged at 24 °C (Table 1). The highest shoot fresh weight at 28 °C might be accredited by higher water uptake resulting in vigorous shoot. This finding corroborates previous research (Sghaier et al., 2022; Fiaz et al., 2020; Sainju et al., 2017; Wanjura and Buxton, 1972) that noted the effect of increasing water accessibility, flow and assimilation by the hypocotyl in 32/15 °C. Overall, seedling fresh weight was smaller at 16 and 36 °C, signifying that under these temperatures, seed metabolic processes, germination and emergence speed were negatively affected. These findings corroborate the aforementioned studies (Fan et al., 2022; Khaeim et al., 2022; Walne and Reddy, 2022; Virk et al., 2021; Singh et al., 2018) which concluded that seedling growth is consistent with the situations in the surrounding.

The values of root to shoot ratio for the health of plants in all temperature levels were slightly higher under 16 °C. In this study, the detected trend, overall, root: shoot ratio was higher in variety May-344 than that in variety Candia in each temperature level, excluding 12/8 °C (Table 1). In our experiment, the interaction of these two parameters, the results revealed the highest root-shoot ratio in the 16 °C, indicating the top is 29 times heavier than the roots. Working across terrestrial plants, earlier studies have found a similar observation of highest root/shoot ratio in cool temperate than in tropical climates (Whitford and Duval, 2020; Qi et al., 2019), but the results indicated that genetic dynamics and plant development plays an additional important role of root biomass. Contrary to our results, former studies have documented temperatures, viz., 28/24 °C in protecting the meristems for healthier roots (Sghaier et al., 2022; Khaeim et al., 2022; Virk et al., 2021). The studies went further and noted that, under low temperatures, root parameters such as root diameter and xylem size, possibly can condense and hence end up with little water uptake. Also, the preceding studies recognized the change in root hydraulic conductivity under low temperatures even under well-water conditions and finally lowest root: shoot ratio (Brand et al. 2016). Moreover, increasing or decreasing degree of temperature beyond the optimal level in the seeds - affects the biomass distribution comparably. Higher temperatures hinder root development and chan-

ge root architecture, thus, decreasing the absorption and transportation of water and nutrients to the other parts. Decrease in root mass and later lower root: shoot ratio due to higher temperatures have been pointed out by other research groups; in cotton (Fan et al., 2022; Virk et al., 2021; Reddy et al., 2017), wheat (Sharma et al., 2022; Benlloch-Gonzalez et al., 2014), Maize (Walne and Reddy, 2022; Hatfield and Prueger, 2015), rapeseed (Sghaier et al., 2022), Brassicaceae (Maleki et al., 2023) and potato (Taranet et al., 2018).

4. CONCLUSIONS

Temperature has a direct control over the rate of many chemical reactions, including respiration and photosynthesis. The findings of this research highlighted the critical factors affecting cottonseed germination and established the optimal range for successful germination and seedling growth. The optimal temperature for cottonseed germination and seedling growth was within a more comprehensive range from 20 °C to 24 °C. Maximum germination speed was obtained at 36 °C, and seedling growth in terms of length and dry matter accumulation was observed at 24 °C. Genotypic variability was observed in the response towards heat stress given during the germination and seedling growth stage. These findings have the potential to optimize the sowing time in different agroclimatic regions and breeding programs for the development of modern cotton cultivars tolerant to early heat stress.

Funding

The support provided for this project (PYO.ZRT.1904.23.017) by the Ondokuz May University Scientific Research Projects Office (OMU-BAP).

Conflict of Interest

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

Contributions

Design of Study: OK(%50), MCM(%50)

Data Acquisition: OK(%25), MCH(%75)

Data Analysis: OK(%25), MSH(%75)

Writing Up: OK(%25), MCM(%75)

Submission and Revision: OK(%50), MCM(%25), MSH (%25)

REFERENCES

- Abdelraheem, A., Esmaili, N., O'Connell, M., Zhang, J., 2019. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. *Ind. Crops Prod.*, 130: 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.070>
- Ahmad, F., Perveen, A., Mohammad, N., Ali, A.A., Akhtar, M.N., Shahzad, K., Danish, S., Ahmed, N., 2020. Heat stress in cotton: Responses and adaptive mechanisms, in: Ahmad, S., & Mirza, H. (Eds.), *Cotton Production and Uses. Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies*. Springer, Singapore, pp.393–428.
- Alsajri, F.A., Singh, B., Wijewardana, C., Irby, J.T., Gao, W., Reddy, K.R., 2019. Evaluating soybean cultivars for low- and high-temperature tolerance during the seedling growth stage. *Agronomy*, 9(13):1–20. doi: 10.3390/agronomy9010013.
- Anonymous, 2017. Cotton and its by-products in the United Republic of Tanzania: Analysis of cotton by-products survey. United Nations Conference on Trade and Development. p45. https://unctad.org/system/files/official-document/sucmisc_2017_d12_en.pdf.
- Anonymous, 2022a. United States Department of Agriculture. Agricultural Outlook Forum, in: Johnson, J., McDonald, S., Meyer, L. and Soley, G. (Eds.). *The World and United States Cotton Outlook*. <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/2023AOF-cotton-outlook.pdf>.
- Anonymous, 2022b. ISTA. International Rules of Seed Testing. *Seed Science and Technology*, 4: 23–28. <https://www.seedtest.org/en/publications/international-rules-seed-testing.html>.
- Benlloch-Gonzalez, M., Bochicchio, R., Berger, J., Bramley, H., Palta, J.A., 2014. High temperature reduces the positive effect of elevated CO₂ on wheat root system growth. *Field Crops Res.*, 165: 71–79. doi:10.1016/j.fcr.2014.04.008.
- Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., Gonias, E.D., 2008. Photosynthesis, quantum yield of photosystem II and membrane leakage as affected by high temperatures in cotton genotypes. *Journal of Cotton Science*, 12(2): 150–159.
- Bradlow, J.M., Bauer, P.J., 2010. Germination and seedling development, in: Stewart J.McD., Oosterhuis D.M., Heitholt J.J., Mauney, J.R. (Eds), *Physiology of cotton*. Springer, Dordrecht. pp. 48–56.
- Brand, D., Wijewardana, C., Gao, W., Reddy, K.R., 2016. Interactive effects of carbon dioxide, low temperature, and ultraviolet-B radiation on cotton seedling root and shoot morphology and growth. *Frontiers of Earth Science*, 10: 607–620. <https://doi.org/10.1007/s11707-016-0605-0>.
- Chu, T., Chen, R., Landivar, J.A., Maeda, M.M., Yang, C., Starek, M., 2016. Cotton growth modeling and assessment using unmanned aircraft system visual-band imagery. *Journal of Applied Remote Sensing*, 10(3): 1–19. doi: 10.1117/1.JRS.10.036018.
- Demiray, Y.G., Ekinci, R., Bardak, A., 2023. Investigation of vegetative high temperature tolerance of some cotton (*Gossypium hirsutum* L.) varieties. *Turkish Journal of Nature and Science*, 12(2): 111–118.
- Duesterhaus, B., Hopper, N., Gannaway, J., Valco, T.D., 2000. A screening test for the evaluation of cold tolerance in cottonseed germination and emergence. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, 1: 596–599.
- Ekinci, R., Sema, B., Emine, K., Çetin, K., 2017. The effects of high temperature stress on some agronomic characters in cotton. *Pakistan Journal of Botany*, 49(2): 503–508.
- Fan, C., Hou, M., Si, P., Sun, H., Zhang, K., Bai, Z., Wang, G., Li, C., Liu, L., Zhang, Y., 2022. Response of root and root hair phenotypes of cotton seedlings under high temperature revealed with RhizoPot. *Front. Plant Sci.*, 13: 1–15. doi: 10.3389/fpls.2022.1007145.
- Fernando, V.B.A., Anibal, T.P., 2018. Germination of three cotton genotypes seeds (*Gossypium hirsutum* L.) with imbibition in water treatments. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 10(4): 149–161. <https://doi.org/10.22335/rclct.v10i2.557>.
- Fiaz, A., Asia, P., Noor, M., Muhammad, A.A., Muhammad, N.A., Khurram, S., Subhan, D., Niaz, A., 2020. Heat Stress in Cotton: Responses and Adaptive Mechanisms. In: Shakeel A and Mirza H (Eds). *Cotton Production and Uses. Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies*. Springer publisher, pp. 93–425.
- Gavelienė, V., Jurkonienė, S., Jankovska-Bortkevič, E., Vegždienė, Š.D., 2022. Effects of elevated temperature on root system development of two lupine species. *Plants*, 11(2): 192–203. doi: 10.3390/plants11020192.
- Gomez, K.A., Gomez, A.A., 1984. *Statistical procedure for agricultural research*. 2nd ed., John Wiley and Sons Co, New York.
- Hasan, M.A., Ahmed, J.U., Hossain, T., Mian, M.A.K., Haque, M.M., 2013. Evaluation of the physiological quality of wheat seed as influenced by high parent plant growth temperature. *J. Crop Sci. Biotechnol.*, 16: 69–74.
- Hatfield, J.L., Prueger, J.H., 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10: 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>.
- Ikram, M., Rehamn, H.U., Soysal, S., Aamir, M., Islam, M.S., Kumari, A., Sabagh, A.E., 2022. Impact of climate change on cotton growth and yield. In: Karademir, E., Karademir, C. (Eds). *Cotton Production Under Abiotic Stress*, pp. 5–21. Iksad Publishing House, Turkey.
- Iloh, A.C., Omatta, G., Ogbadu, G.H., Onyenekwe, P.C., 2014. Effects of elevated temperature on seed germination and seedling growth on three cereal crops in Nigeria. *Scientific Research and Essays*, 9: 806–813. doi: 10.5897/SRE2014.5968.

- Jackson, J.E., 1967. Studies on the sowing dates of cotton in the Sudan Gezira. *J Agric Sci.*, 69: 305–315.
- Jingxiang H., Jiarui, Z., Xuezhi, L., Yingying, M., Zhenhua, W., Heng, W., Fulai, L., 2023. Effect of biochar addition and reduced irrigation regimes on growth, physiology and water use efficiency of cotton plants under salt stress. *Industrial Crops & Products*, 198: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116702>.
- Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G.P., Gyuricza, C., Tarnawa, A., 2022. Impact of temperature and water on seed germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12: 2-23. doi:10.3390/agronomy12020397.
- Khetran, A.S., Waseem, B., Sanaullah, B., Akram, S., Adnan, N.S., Muhammad, Y., Salih, A.I.S., Bilal, H.M., Muzafar, A.L., Shabeer, A., Sheer, A.M., Shahbaz, K.B., 2015. Influence of temperature regimes on germination of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Varieties. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(11): 1-7.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176–177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- Mahmud, K.P., Smith, J.P., Rogiers, S.Y., Nielsen, S., Guisard, Y., Holzapfel, B.P., 2019. Diurnal dynamics of fine root growth in grapevines. *Sci. Hortic-Amsterdam*, 250: 138–147. doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.035.
- Maleki, K., Maleki, K., Soltani, E., Oveisi, M., Gonzalez-Andujar, J.L., 2023. A Model for Changes in Germination Synchrony and Its Implements to Study Weed Population Dynamics: A Case Study of Brassicaceae. *Plants*, 12: 1-12. doi.org/10.3390/plants12020233.
- Martins, S., Montiel-Jorda, A., Cayrel, A., Huguet, S., Roux, C.P.L., Ljung, K., 2017. Brassinosteroid signaling-dependent root responses to prolonged elevated ambient temperature. *Nat. Commun.*, 8: 1-11. doi:10.1038/s41467-017-00355-4.
- Mašková, T., Herben, T., 2018. Root:shoot ratio in developing seedlings: How seedlings change their allocation in response to seed mass and ambient nutrient supply. *Ecology and Evolution*, 8: 7143–7150. doi:10.1002/ece3.4238.
- Qi, Y., Wei, W., Chen, C., Chen, L., 2019. Plant root-shoot biomass allocation over diverse biomes: A global synthesis. *Global Ecology and Conservation*, p.1-14. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00606>.
- Rajjou, L., M. Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., Job, D., 2012. Seed germination and vigor. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 63: 507-533.
- Ranal, M.A., Denise, G.D.A., Wanessa, R.F., Clesnan, M.R., 2009. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal of Botany*, 32(4): 849-855. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000400022>.
- Raphael, J.P.A., Bruno, G., Jesion, G.S.N., Gabrielle, C.M., Ciro, A.R., 2017. Cotton germination and emergence under high diurnal temperatures. *Crop Science*, 57: 2761–2769. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.03.0182>.
- Reddy, K.R., Brand, D., Wijewardana, C., Gao, W., 2017. Temperature effects on cotton seedling emergence, growth, and development. *Agronomy Journal*, 109(4): 1379–1387. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0439>.
- Ribeiro, P.R., Fernandez, L.G., de Castro, R.D., Ligterink, W., Hilhorst, H.W., 2014. Physiological and biochemical responses of *Ricinus communis* seedlings to different temperatures: a metabolomics approach. *BMC Plant Biol.*, 14: 223. doi: 10.1186/s12870-014-0223-5.
- Sainju, U.M., Brett, L.A., Andrew, W.L., Rajan, P.G., 2017. Root biomass, root/shoot ratio, and soil water content under perennial grasses with different nitrogen rates. *Field Crops Research*, 210: 183–191.
- Sghaier, A.H., Tarnawa, Á., Khaeim, H., Kovács, G.P., Gyuricza, C., Kende, Z., 2022. The effects of temperature and water on the seed germination and seedling development of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, 11: 2-18. <https://doi.org/10.3390/plants11212819>.
- Sharma, S., Singh, V., Tanwar, H., Mor, V.S., Kumar, M., Punia, R.C., Dalal, M.S., Khan, M., Sangwan, S., Bhuker, A., Dagar, C.S., Yashveer, S., Singh, J., 2022. Impact of High Temperature on Germination, Seedling Growth and Enzymatic Activity of Wheat. *Agriculture*, 12: 2-19. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091500>.
- Singh, B., Norvell, E., Wijewardana, C., Wallace, T., Chastain, D., Reddy, K.R., 2018. Assessing morphological characteristics of elite cotton lines from different breeding programmes for low temperature and drought tolerance. *J. Agron. Crop Sci.*, 4: 467-476.
- Smith, C.W., Varvil, J.J., 1984. Standard and cool germination tests compared with field emergence in upland cotton. *Agronomy Journal*, 76: 587–589. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600040019x>.
- Taranet, P., Kirchhof, G., Fujinuma, R., Menzies, N., 2018. Root zone temperature alters storage root formation and growth of sweet potato. *J. Agron. Crop Sci.*, 204: 313–324. doi: 10.1111/jac.12262.
- Virk, G., Snider, J.L., Chee, P., Jespersen, D., Pilon, C., Rains, G., 2021. Extreme temperatures affect seedling growth and photosynthetic performance of advanced cotton genotypes. *Ind. Crop Prod.*, 172: 114025. doi: 10.1016/j.indcrop.2021.114025.
- Walne, C.H., Reddy, K.R., 2022. Temperature Effects on the Shoot and Root Growth, Development, and Biomass Accumulation of Corn (*Zea mays* L.). *Agriculture*, 12 (443): 2-21. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040443>.
- Wanjura, D.F., Buxton, D.R., 1972. Water uptake and radical emergence of cotton seed as affected by soil moisture and temperature. *Agronomy Journal*, 64: 427–431. Doi: 10.2134/agronj1972.00021962006400040005x.
- Whitford, W.G., Duval, B.D., 2020. *Ecology of Desert Systems (Second Edition)*, pp. 473. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815055-9.00007-2>.



Effects of Mercury on the Growth and Development of *Musca Domestica* (Diptera: Muscidae)

Civanın *Musca Domestica*'nın Büyüme ve Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Nazlı SERT¹, Meltem KÖKDENER²

¹Department of Forensic Science, Ondokuz Mayıs University, Institute of Science, Samsun, Türkiye
· nzliserst@gmail.com · ORCID > 0009-0005-3796-3251

²Faculty of Health Sciences, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Türkiye
· kokdener@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0107-3274

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 29 Ocak/January 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 18 Temmuz/July 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 637-648

Atıf/Cite as: Sert, N., Kökdener, M. "Effects of Mercury on the Growth and Development of *Musca Domestica* (Diptera: Muscidae)" *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 39(3), Ekim 2024: 637-648.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nazlı SERT

EFFECTS OF MERCURY ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *MUSCA DOMESTICA* (DIPTERA: MUSCIDAE)

ABSTRACT

Mercury is a highly toxic heavy metal and a serious source of environmental pollutants. The purpose of the present study was to determine the effects of mercury on some life history parameters of *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae). Forty larvae of *M. domestica* were placed on rearing media with three different concentrations of mercury (1.5 µg/g, 2 µg/g, 2.5 µg/g), and some life history parameters recorded (larval and pupal periods, larval, pupal and adult weights, larval and pupal survival rate). The development of *M. domestica* was studied at 30°C, 50% RH, and a photoperiod of 12:12 (L:D) h.

In the present study, larval and pupal survival decreased as mercury concentrations increased and mercury decreased the pupal weight compared to the control. It has been demonstrated that the life-history parameters of *M. domestica* are sensitive to mercury residue and mercury changes in the environment. This study provides basic knowledge about the biology of this species, suggesting that the effect of the presence of mercury on larval development in corpses found in industrialized areas with high heavy metal pollution should be kept in mind in criminal investigations.

Keywords: Entomotoxicology, Heavy Metal, Housefly, Life History Parameters.



CİVANIN *MUSCA DOMESTICA*'NIN BÜYÜME VE GELİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ÖZ

Cıva oldukça toksik bir ağır metaldir ve ciddi bir çevre kirleticisi kaynağıdır. Bu çalışmanın amacı, *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae) türünün yaşam parametreleri üzerinde civanın etkilerini belirlemektir. Kırk adet *M. domestica* larvası, üç farklı cıva konsantrasyonu (1.5 µg/g, 2 µg/g, 2.5 µg/g) içeren besleme ortamlarına yerleştirilmiştir ve bazı yaşam öyküsü parametreleri kaydedilmiştir (larva ve pupa dönemleri, larva, pupa ve ergin ağırlıkları, larva ve pupa hayatta kalma oranları). *M. domestica*'nın gelişimi, 30°C sıcaklık, %50 bağıl nem ve 12:12 (A:K) fotoperiyot koşullarında incelenmiştir.

Mevcut çalışmada cıva konsantrasyonları arttıkça larva ve pupa sağkalımı azalmış ve cıva, pupa ağırlığını kontrolle karşılaştırıldığında azaltmıştır. *M. do-*

mestica'nın yaşam öyküsü parametrelerinin civa kalıntısına ve çevredeki civa değişikliklerine duyarlı olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışma, bu türün biyolojisi hakkında temel bilgi sağlamaktadır ve ağır metal kirliliğinin yüksek olduğu sanayileşmiş bölgelerde bulunan cesetlerde civa varlığının larva gelişimi üzerindeki etkisinin kriminal soruşturmalarda dikkate alınması gerektiğini önermektedir.

Anahtar Sözcükler: Ağır Metal, Entomotoksikoloji, Ev Sineği, Yaşamsal Parametreler.



1. INTRODUCTION

Heavy metals are elements characterized by their high densities and atomic weights (Fu and Zi, 2019). Heavy metal pollution is one of the most important environmental problems in the world (Kökdener et al., 2022). Heavy metals are naturally found in the earth's crust; and dispersed to the environment through natural processes such as volcanic eruption, spring waters, erosion, and bacterial activity (Ali et al., 2019). Also heavy metals generally arising from industrialization, transport, metal mining, increased vehicle use, and modern farming practices conduce to environmental pollution that are impacting diverse terrestrial and aquatic organisms (Tchounwou et al., 2012).

Although heavy metals, such as chromium, copper, iron, cobalt, and nickel, are necessary for various physiological and biological processes in the human body (Fu and Zi, 2019), high doses of heavy metals may be toxic to humans and affect many processes. People are exposed to heavy metals directly and indirectly. Long term exposure to heavy metals may result in various disorders such as Parkinson's, muscular dystrophy, Alzheimer's, and cancer (Fu and Xi, 2019).

Heavy metal, is present in the soil, water, and air. Insects are exposed to various heavy metals in their ecosystems (Azam et al., 2015) and these compounds in insects have negative effect on the growth, behavior, physiology, and development of insects (Mogren and Trumble, 2010). Heavy metals can enter the arthropod body through skin penetration ingestion, and respiration (Jiang et al., 2021).

Mercury (Hg) exists in elemental, inorganic, and organic forms and is a unique element which is liquid at room temperature. Mercury metal is extensively utilized in various industries such as battery and thermostat production, dentistry, caustic soda production, pharmaceutical preservatives, and nuclear reactors (Tchounwou, 2012). Human may be exposed to mercury under different circumstances, including eating contaminated fish and inhalation of mercury vapor (Kamensky et al., 2019). Mercury poisoning leads to severe dysfunctions, such as bloody diarrhea,

intestinal necrosis, colitis, kidney failure (Mahurpawar, 2015), stomach irritation, nausea, diarrhea, circulatory and respiratory failure (Bai et al., 2020). These compounds can cause organotoxicity and carcinogenic effects (Risher et al., 1999).

M. domestica Linnaeus, 1758, also known as the house fly, is a cosmopolitan species and important sanitary pest of humans and animals (Malik et al., 2007; Iqbal et al., 2014; Davies et al., 2016; Khamesipour et al., 2018). It is found in close association with human activities and a carrier of a large number of vectors of many human and animal diseases. Houseflies are medically and forensically important flies (Chin et al., 2008). Many diseases transmitted by *M. domestica* include hepatitis, cholera, dysentery, and tuberculosis (Erdoğan, 2017; El-Hamid et al., 2018). It may be used as an alternative protein source for poultry and fish (Fitches et al., 2018). Houseflies can be employed in environmental studies and forensic investigation as biological indicators.

Although there have been several studies showing the adverse impacts of heavy metals on *M. domestica* development (Niu C. Y. et al. 2002; Borowska and Pyza, 2011; Haq et al., 2012; Wang et al. 2021; Kökdener, 2022), there has been little research about the effects of mercury on the development of *M. domestica* (Raina et al., 2001; Mishra and Tewari, 2011). The presence of toxic substances in corpses can directly impact fly development and lead to the calculation of an inaccurate postmortem interval.

Therefore, given its economic, forensic, and veterinary importance, it is clear that further research is needed on the biology and life history of the house fly. The purpose of the current study was to determine the effects of mercury on the life cycle of *M. domestica*. Hence, the present comparative study focuses on the effects of mercury on the developmental stages and different vital parameters of this species.



2. MATERIALS AND METHODS

2.1. *M. Domestica* Colony

This study was carried out in the the animal physiology laboratory at the Faculty of Science of Ondokuz Mayıs University, Samsun (41° 15' N, 36° 19' S), Turkey between May and September 2023 to examine the effects of some life history parameters of *M. domestica* fed on diets with different mercury concentrations. Some of the eggs collected were used to maintain the colony and some of the eggs were used for experiments. *M. domestica* adults were collected from Ondokuz Mayıs University campus in 2021 and added periodically with wild-caught adults.

Adult flies were cultured in fly cages (50 cm X 50 cm X 50 cm) at 30 °C and 50 % humidity with a photoperiod of 12:12 (L:D). Water and sugar were supplied ad libitum. Wheat bran-milk mixture was used as oviposition substrates and larval rearing diet. Five days after adult emergence, a Petri dish (9 cm) containing wheat bran diet was provided as an oviposition substrate for 24 hr. Newly hatched first instar larvae were placed on a wheat bran diet in a 500 ml glass jar (Paşabahçe, Turkey) and reared under the same conditions described earlier.

2.2. Experimental Design

The compound mercuric chloride ($HgCl_2$) at three concentrations (1.5 µg/g, 2 µg/g, and 2.5 µg/g) was used in this study. The metal salts were dissolved in distilled water to prepare a stock solution of 2,000 ppm. which was diluted with distilled water to prepare the series of various concentrations. All metal concentrations were left for 3 hours in laboratory conditions until used. The wheat bran diet was prepared by mixing different concentrations of mercury and wheat bran that was mixed with milk served as the control treatment without heavy metals (untreated).

Forty first-instar larvae were transferred into a 500 ml jar containing a diet, and a total of 1080 larvae were utilized. The labeled plastic containers were transferred to the growth room.

Two larvae were collected and measured daily until pupation. Larval length was measured using a ruler, and larval weight was measured with microbalance (AUW 220D, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Pupae were monitored every 12 hours until adult emergence. The total number of pupae and adults, larval length and weight, the duration of larval and pupal development stages, and larval and pupal mortality were recorded. The resulting adults were checked every 8 hours and not provided food and water. After adults died, weight and sex were recorded.

2.3. Statistical Analysis

The data analysis was performed on SPSS 21.0 software (SPSS, Inc., an IBM Company, Chicago, IL). Shapiro-Wilk and Levene's tests were used to check the data for homogenous variances and normality. Larval and pupal survival, and pupal, larval and adult weight, and larval length were compared using One Way ANOVA, followed by the Tukey HSD test for means comparison. Chi-square analysis was used to test the dose-dependent relationship between the number of pupae, adults, and the number of females and males. In all tests, significance levels were determined at the level of at $\alpha=0.05$).

3. RESULTS

3.1. Larval and Pupal Development Durations

The duration of larval and pupal development are shown in Table 1. Our results showed that the larval and pupal development periods were impacted by mercury. Larvae exposed to different concentrations of mercury developed slower compared to the control group. Mean larval development duration was similar to the control when reared on a diet with mercury at concentration 3 (2.5 µg/g). The pupal development period decreased with increasing mercury concentration compared to the control group. The shortest pupal development period (3d) was recorded at a concentration 3 (2.5 µg/g).

Table 1. Larval and pupal development durations under varying mercury concentrations

Concentration	Larval Period (day) (Mean ±SE)	Pupal Period (day) (Mean±SE)
1	4.27±0.04b	5.25±0.06b
2	4.17±0.06b	4.20±0.02b
3	3.15±0.06a	3.12±0.04a
Control	3.07±0.04a	6.15±0.06c
	F=118.738	F=531.037
	P<0.001	P<0.001

* Concentration 1 (1.5 µg/g) concentration 2 (2 µg/g), and concentration 3 (2.5 µg/g), the differences between the means indicated by different letters in the same column are statistically significant (p<0.05)

3.2. Larval Length and Weight

The mean larval length and weight are presented in Table 2 and Table 3, respectively. The findings of the current study suggested that mercury exposure affects the larval weights negatively. The maximum larval weight was recorded (0.0215 g) in the control group. The results of this study also demonstrate that mercury exposure negatively affects the larval length. The maximum larval length was observed at the control (14 mm). The total larval length significantly differed among concentrations (F =15.495; P< 0.001). In the present study, the larval weight and length of *M. domestica* decreased with increasing mercury concentrations.

Table 2. Larval length (mm) of *M. domestica* at different mercury concentrations

Concentration	1st Instar Larvae	2nd Instar Larvae	3rd Instar Larvae
1	2.08±0.20b	9.06±0.60b	10.33±0.44b
2	2.00±0.18a	8.00±0.51b	8.56±0.60ab
3	1.50±0.18a	5.08±0.37a	7.00±0.57a
Control	2.76±0.08b	9.95±0.47b	13.33±1.05c
	F=9.462	F=15.172	F=15.495
	P<0.001	P<0.001	P<0.001

* Concentration 1 (1.5 µg/g) concentration 2 (2 µg/g), and concentration 3 (2.5 µg/g), the differences between the means indicated by different letters in the same column are statistically significant (p<0.05)

Table 3. Larval weight (mg) of *M. domestica* at different mercury concentrations

Concentration	1st Instar Larvae	2nd Instar Larvae	3rd Instar Larvae
1	0.0024±0.001b	0.0104±0.011b	0.0129±0.010b
2	0.0013±0.001ab	0.0092±0.004b	0.0123±0.009b
3	0.0007±0.000a	0.0015±0.005a	0.0024±0.008a
Control	0.0029±0.002b	0.0117±0.008b	0.0154±0.020b
	F=39.537	F=45.170	F=21.593
	P<0.001	P<0.001	P<0.001

* Concentration 1 (1.5 µg/g) concentration 2 (2 µg/g), and concentration 3 (2.5 µg/g), the differences between the means indicated by different letters in the same column are statistically significant (p<0.05)

3.3. Pupal and Adult Weights

The mean pupal and adult sampled from different concentrations of mercury are presented in Table 4. Pupal weight was significantly different among concentrations (F=5.465; P<0.001). Adult weights decreased with increasing mercury concentrations. Male weight was significantly different among concentrations (F=3.070; P=0.033) while female weight was not significantly different among concentrations (F=0.500; P<0.683). The highest pupal, female, and male weights were observed at control, while the lowest pupal, female, and male weights were observed at concentration 3 (2.5 µg/g). The lowest pupal weight (0.0053 g) was observed in a concentration of 3 (2.5 µg/g).

Table 4. Pupal and adult weight (mg) values at different concentrations of mercury

Concentration	Pupa Weight (Mean±SE)	Female Weight (Mean±SE)	Male Weight (Mean±SE)
1	0.0137±0.005b	0.0022±0.001	0.0020±0.001ab
2	0.0132±0.006b	0.0021±0.001	0.0018±0.001ab
3	0.0079±0.006a	0.0020±0.001	0.0017±0.002a
Control	0.0201±0.006c	0.0023±0.003	0.0024±0.001b
	F=5.465 P<0.001	F=0.500 P<0.683	F=3.070 P=0.033

* Concentration 1 (1.5 µg/g) concentration 2 (2 µg/g), and concentration 3 (2.5 µg/g), the differences between the means indicated by different letters in the same column are statistically significant ($p<0.05$)

3.4. Numbers of Pupae and Adults of *M. Domestica*

Larval and pupal survival are summarized in Table 5. Larval survival was significantly different between concentrations ($F=29.588$; $P<0.001$). The results from this study showed that larval and pupal survival impacted as mercury concentrations. The lowest number of pupae (12) was recorded at concentration 3, while the highest number of pupa (25) was observed in the control group. Pupal survival was significantly different among concentrations ($F=34.272$; $P<0.001$). Male and female survival was significantly different among concentrations (for male: $F=30.983$; $P<0.001$; for female: $F=7.132$, $P<0.005$). Chi-square analysis was used to investigate whether there was a relationship between dose and the number of pupae, adults, females, and males. According to the results of the chi-square analysis, there was a statistically significant relationship between dose and number of pupae and adult, with chi-square values of 22.868 and $P<0.001$ significance level. Similarly, a statistically significant relationship was observed between the dose and number of females and males, with a chi-square value of 46.667 and a $P<0.001$ significance level.

Table 5. Numbers of pupae, adult, female and male of *M. domestica* at different mercury concentrations

Concentration	Number of Pupae	Number of Adult	Number of Female	Number of Male
1	16.00±0.64a	11.00±0.85a	5.00±0.62a	6.00±1.15a
2	15.00±0.64a	11.00±0.86a	7.00±0.70a	4.00±0.28a
3	12.00±1.08a	9.00±1.64a	6.00±0.47a	3.00±0.25a
Control	25.00±1.54b	21.00±1.47b	9.00±1.00b	12.00±0.95b
	F=29.588 P<0.001	F=34.272 P<0.001	F=7.132 P<0.005	F=30.983 P<0.001

* Concentration 1 (1.5 µg/g) concentration 2 (2 µg/g), and concentration 3 (2.5 µg/g), the differences between the means indicated by different letters in the same column are statistically significant ($p<0.05$)

4. DISCUSSION

Heavy metals are remain persistent in the environment (Butt et al. 2018). Heavy metals can enter many organisms through different pathways and lead to harmful effects on enzymatic processes and metabolism. In addition, they have destructive impacts on the ecological balance and can damage DNA structures to living organisms. Thus, arthropods are sensitive to ecological and environmental changes and are used as environmental pollution bioindicators. Heavy metals adversely impact population dynamics, density, survival, development, reproduction, and biodiversity of insects (El-Sheikh et al., 2010). The extent of heavy metal accumulation in insects depends on several factors, including specific heavy metals, type of substrate, insect species, and environmental conditions (Meyer et al., 2021).

Heavy metals have adverse impacts on the process of metamorphosis, development, and growth (Beamish et al., 2021; Reboloso Hernández et al., 2023). Our results suggested that mercury has a substantial adverse effect on some life-history parameters of *M. domestica*. Previous studies showed that different heavy metals impacts on the development and survival of *M. domestica* (Borowska and Pyza, 2011; Mishra and Tewari, 2011; Haq et al., 2012; Wang et al., 2021; Kökdener 2022).

In the current study, mercury exposure is associated with affected development time of house. Larvae exposed to different concentrations of mercury developed slower compared to the control group and pupal development duration decreased with increasing mercury concentrations. Similarly, Borowska and Pyza (2011) showed that larval development and metamorphosis of *M. domestica* were prolonged by heavy metals exposure such as lead (*Pb*), zinc (*Zn*), copper (*Cu*), and cadmium (*Cd*). Wang et al. (2021) reported that larvae took more hours to reach the pupal stage as mercury concentrations increased.

Raina et al. (2001) showed that the total development duration of *M. domestica* larvae treated with mercuric chloride was longer than the development duration in the control group. Similarly, Kökdener and Yılmaz (2021) showed that the total development duration of *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) decreased with increasing antimony (*Sb*), barium (*Ba*), and *Pb* concentrations. Contrary to our study, Frat et al. (2021) reported that the larval development duration increased with increasing *Hg* concentrations in diets. In contrast, Kaur (2016) showed that a high concentration of mercury caused delayed pupal duration of *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1784) (Diptera: Calliphoridae). Abnoos et al. (2013) showed that larval and pupal periods of *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830) (Diptera: Drosophilidae) prolonged with increasing mercury concentrations. Also, Beamish et al. (2021) showed that larval survival of *D. melanogaster* was affected, and the larval development period was prolonged by mercury exposure. Kökdener (2022) showed that increasing lead concentrations prolonged the develop-

ment period of *M. domestica*. Heavy metals could adversely affect the metabolism of carbohydrates, lipids, and proteins and alter development durations of arthropods.

Our study showed that the weights of larvae and pupae decreased with increasing of mercury concentration in the diets is a pattern similar to that observed by Kaur (2016) in larvae of *L. sericata* and *C. megacephala*. This is supported by observations made by Niu et al. (2002) who showed that high Cd^{2+} concentrations enriched diets significantly reduced larval weight of *M. domestica*. The lowest pupal weight (0.0053 g) was observed in larvae reared the diet with concentration 3 (2.5 $\mu\text{g/g}$). Heavy metals can effect decreased diet or food absorption (Frat et al., 2021) and its toxic effect caused smaller pupae, adults, and larvae (Bayley et al. 1995, Servia et al. 2006, Safaei et al. 2014).

In the present study, the female weight is greater than the male in a pattern similar to that observed by Zheng et al. (2010) in larvae of *Cryptotympana atrata* (Fabricius, 1775) (Hemiptera; Cicadidae), Kaur (2016) in larvae of *C. megacephala*. Adult weight was negatively associated with the concentration of mercury in the present study. Al-Misned, 2001 and Simkiss et al., 1993 found that a diet with cadmium significantly reduced the adult weight of blowflies. Similarly, Kökdener (2022) demonstrated that the pupal and adult weight of *M. domestica* was adversely affected by increasing concentrations of lead. Kökdener and Yılmaz (2021) showed that a diet with *Pb*, *Sb*, and *Ba* significantly reduced the pupal and adult weight of *L. sericata*.

The results of the present study also indicate that mercury exposure negatively affects the larval length. The results are similar to Kaur (2016) who indicated the larval length of the *C. megacephala* decreased with the increase of mercuric chloride concentrations. Abnoos et al., (2013) found that a diet with mercury significantly reduced the length and width of *D. melanogaster*. Several studies have also shown that heavy metal exposure adversely impacts the larval length (Kökdener and Yılmaz., 2021; Kökdener et al., 2022).

The results from this study also showed that larval and pupal mortality of *M. domestica* increased with increasing heavy metals. The possible reason for decreasing larval and pupal survival is exposure to heavy metals that may impact the essential enzyme function, which is responsible for arthropod organogenesis and pupal morphogenesis (Al-Momani and Mossadeh 2005). Similarly, Raina et al. (2001) and Mishra and Tewari (2011) reported that larval mortality of *M. domestica* increased with increasing mercury concentrations.

Several studies showed that the mortality rate increased with increasing lead concentration of *M. domestica* (Haq et al., 2012; Wang et al., 2021). Also, Niu et al. (2002) reported that the emergence of *M. domestica* decreased with the increasing cadmium concentration. Similarly, Kökdener (2022) reported that the pupal

and larval mortality of *M. domestica* increased with increasing lead concentrations. Kökdener and Yılmaz (2021) reported that the larval mortality of *L. sericata* increased with increasing heavy metals concentrations. Kaur, 2016 and Abnoos et al., 2013 indicated that the percentage of pupa and egg hatching decreased with increasing mercury concentrations. Heavy metals have an adversely impact on metabolic genes, their expression (Al-Momani and Massadeh 2005; Safaee et al. 2014; Heer and Singh 2019) and result in reduced body mass and lipid storage (Ilahi et al. 2020). Mercury toxicity induced changes in reactive oxygen species (ROS), which damages proteins and nucleic acids. This toxicity may impact the activities of enzymes responsible for pupal morphogenesis causing increased mortality (Zaman et al., 1994).

5. CONCLUSION

Larval and pupal development durations were affected in the presence of mercury, and larval and pupal mortality increased with increasing concentrations of mercury in the diets. *Hg* exposure significantly reduced adult and pupal weight and adversely affected their life history parameters.

The pupal development duration was shortened compared to the control group. The total development period was approximately 3 days shorter than the control group. The results of our study showed that *M. domestica* is sensitive to environmental stress caused by mercury exposure and is a suitable model organism to examine the effect of heavy metals on the developmental stages of the organism. It would be useful to conduct further laboratory and field studies to determine the effects of heavy metals on insects in a corpse found in industrial areas with high heavy metal pollution.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: NS (%50), MK (%50)

Data Acquisition: NS (%50), MK (%50)

Data Analysis: NS (%50), MK (%50)

Writing up: NS (%50), MK (%50)

Submission and Revision: NS (%50), MK (%50)

REFERENCES

- Abnoos, H., Fereidoni, M., Mahdavi-Shahri, N., Haddad, F., Jalal, R. 2013. Developmental study of mercury effects on the fruit fly (*Drosophila melanogaster*). *Interdisciplinary Toxicology*, 6(1), 34–40. <https://doi.org/10.2478/intox-2013-0007>
- Ali, H., Khan, E., Ilahi, I., 2019. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2019/6730305>
- Al-Misned, F.A.M. 2001. Biological effects of cadmium on life cycle parameters of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). *Kuwait J. Sci. Eng.* 28: 179–188
- Al-Momani, F. A., Massadeh A.M.. 2005. Effect of different heavy-metal concentrations on *Drosophila melanogaster* larval growth and development. *Biol. Trace Elem. Res.* 108: 271–277.
- Bai, L., Peng, X., Liu, Y., Sun, Y., Zheng, L., Liu, Z., Wan, K., Wang, J., Zhao, J., Qiu, Z. 2020. Association between acute severe mercury poisoning and multiple organ failure. *Am J Transl Res*, 12(8): 4347–4353
- Bayley, M., E. Beatrup, U. Heimbach, Bjerregaard, P., 1995. Elevated copper levels during larval development cause altered locomotor behavior in the adult carabid beetle *Pterostichus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 32 (2): 166–170.
- Beamish, C. R., Love, T. M., Rand, M. D. 2021. Developmental Toxicology of Metal Mixtures in *Drosophila*: Unique Properties of Potency and Interactions of Mercury Isoforms. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(22), 12131. <https://doi.org/10.3390/ijms222212131>
- Borowska, J., Pyza, E. 2011. Effects of heavy metals on insect immunocompetent cells. *Journal of Insect Physiology*, 57(6), 760–770. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.02.012>
- Butt, A., Q. ul-Ain, K. Rehman, M. X. Khan, Hesselberg, T., 2018. Bioaccumulation of cadmium, lead, and zinc in agriculture-based insect food chains. *Environ. Monit. Assess.* 190: 698–710.
- Chin, H. C., Marwi, M. A., Jeffery, J., Kurahashi, H., Omar, B. 2008. On the occurrence of *Musca domestica* L. oviposition activity on pig carcass in peninsular Malaysia. *Tropical Biomedicine* 25(3): 252–253
- Davies, M.P., Anderson, M., Hilton, A.C. 2016. The housefly *Musca domestica* as a mechanical vector of *Clostridium difficile*. *Journal of Hospital Infection*, 94(3), 263–267. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.08.023>
- El-Hamid, A.M.M., Helal, E.M., Mohamadeen, F.T. 2018. Laboratory Evaluation of the Toxicity of Silver Nanoparticles Against Housefly, *Musca Domestica* (Diptera: Muscidae). *Alexandria Science Exchange Journal*, 39(3), 511–520. <https://doi.org/10.21608/asejaiqj.2018.16744>
- El-Sheikh, E.-S., Fouda, M., Hassan, M., Abd-Elghaphar, A.-E., Hasaballah, A. 2010. Toxicological Effects of Some Heavy Metal Ions on *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 2(1), 63–76. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2010.17465>
- Erdoğan, G. 2017. Antalya ili Kumluca ilçesinde, ev sineği (*Musca domestica* L.) popülasyonlarında deltamethrin karşı direnç. Master's thesis. *Akdeniz University Institute of Science*, p.75, Antalya
- Fitches, E. C., Dickinson, M., De Marzo, D., Wakefield, M. E., Charlton, A.C., Hall, H. 2018. Alternative protein production for animal feed: *Musca domestica* productivity on poultry litter and nutritional quality of processed larval meals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(2), 77–88. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0061>
- Frat, L., Chertemps, T., Pesce, E., Bozzolan, F., Dacher, M., Planelló, R., Herrero, O., Llorente, L., Moers, D., Siaussat, D. 2021. Single and mixed exposure to cadmium and mercury in *Drosophila melanogaster*: Molecular responses and impact on post-embryonic development. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220, 112377. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112377>
- Fu, Z., Xi, S., 2020. The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology Mechanisms and Methods* 30, 167–176. <https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594>
- Haq, R., Khan, M.F., Haq, E., 2012. Effects of lead acetate on morphology of *Musca domestica* L. (Muscidae: Diptera). *Pak. Entomol.*, 34(1): 31–35
- Heer, B.K., Singh, D. 2019. Effect of lead acetate on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and implications for estimating postmortem. *Interval. J. Forensic Crim. Inv. Res.* 3 (5): 55622.
- Ilahi, I., A. M. Yousafzai, Ali, H. 2020. Effect of Pb, Cd and Cu on survival and development of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Chem.Ecol.* 36 (3): 205–219.
- Iqbal, W., Malik, M. F., Sarwar, M. K., Iram, N., Rashda, A. 2014. Role of housefly (*Musca domestica*, Diptera; Muscidae) as a disease vector; a review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2 (2): 159–163
- Jiang, D., Tan, M., Guoa, Q., Yan, S., 2021 Transfer of heavy metal along food chain: a mini-review on insect susceptibility to entomopathogenic microorganisms under heavy metal stress, *Pest Manag Sci* 77: 1115–1120
- Kamensky, O. L., Horton, D., Kingsley, D. P., Bridges, C.C. 2019. A Case of Accidental Mercury Intoxication. *The Journal of Emergency Medicine*, 56(3), 275–278. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2018.12.039>

- Kaur, B. 2016. Detection of some heavy metals from maggots and their effect on the development of *Chrysomya megacephala* (Fab.) (Diptera: Calliphoridae) (Dissertation thesis).
- Khamesipour, F., Lankarani, K. B., Honarvar, B., Kwenti, T. E. 2018. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.). *BMC Public Health*, 18(1), 1049. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5934-3>
- Kökdenler, M. 2022. Kurşunun *Musca domestica* nın (Diptera: Muscidae) Büyüme ve Gelişimi Üzerindeki Etkileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(3), 263–268. <https://doi.org/10.35229/jaes.1104835>
- Kökdenler, M., Yılmaz, A.F. 2021. The Effects of Gunshot Residue Components (Pb, Ba, and Sb) on the Life History Traits of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*, 58(6), 2130–2137. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab123>
- Malik, A., Singh, N., Satya, S. 2007. House fly (*Musca domestica*): A review of control strategies for a challenging pest. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 42(4), 453–469. <https://doi.org/10.1080/03601230701316481>
- Meyer, A. M., Meijer, N., Hoek-van Den Hil, E. F., Van Der Fels-Klerx, H. J. 2021. Chemical food safety hazards of insects reared for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 823–831. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0085>
- Mishra, N., Tewari, R.R. 2011. Cytotoxic and genotoxic effects of mercury in House fly *Musca domestica* (Diptera; Muscidae). *Molecular Biology*, 57 (1): 122-128. DOI 10.1170/T910
- Mogren, C.L., Trumble, J.T., 2010. The impacts of metals and metalloids on insect behavior. *Entomol. Exp. Appl.*, 135, 1-17
- Niu, C.-Y., Jiang, Y., Lei, C.-L., Hu, C. 2002. Effects of cadmium on housefly: influence on growth and development and metabolism during metamorphosis of housefly. *Insect Science*, 9(1), 27–33. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2002.tb00139>
- Raina, M.R., Pawar, P., Sharma, N.R., 2001. Developmental inhibition and reproductive potential impairment in *Musca domestica* L. by heavy metals. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39,78-81
- Rebollosa Hernández, C.A., Vallejo Pérez, M.R., Razo Soto, I., Díaz-Barriga Martínez, F., Yáñez, L.C., 2023. Mercury entomotoxicology. *Chemosphere*. 2023 Jan;311(Pt 1):136965. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.136965
- Risher, J.F, De Rosa, C.T., Jones, D.E., Murray, H.E., 1999. Letter to the editor: updated toxicological profile for mercury. *Toxicology and Industrial Health*. 15(5):480-516. doi:10.1177/074823379901500503
- Safaee, S., Fereidoni, M., Mahdavi-Sharhi, N., Haddad, F. 2014. Effects of lead on the development of *Drosophila melanogaster*. *Period. Biol.* 116 (3): 259–265.
- Servia, M. J., Pery, A.R., Heydorff, M., Garric, J., Lagadic, L., 2006. Effects of copper on energy metabolism and larval development. *Ecotoxicol.* 15:229–240.
- Simkiss, K., Daniels, S., Smith, R.H., 1993. Effects of population density and cadmium toxicity on growth and survival of blowflies. *Environ. Pollut.* 81: 41–45.
- Singh, D., Heer, B.K., 2017. Effect of cadmium chloride on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. *J. Forensic Sci. Crim. Inv.* 3 (5).
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., Sutton, D.J., 2012. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl.* 2012;101:133–64. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Wang, W., Tang, W., Zhang, J., Wen, Y., Wang, X., Zhu, F. 2021. Effect of Lead on the Development and Nutrient Accumulation Ability of *Musca Domestica* <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-634190/v1>
- Zaman, K., MacGill, R. S., Johnson, J. E., Ahmad, S., Pardini, R. S. 1994. An insect model for assessing mercury toxicity: Effect of mercury on antioxidant enzyme activities of the housefly (*Musca domestica*) and the cabbage looper moth (*Trichoplusia ni*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 26(1), 114–118. <https://doi.org/10.1007/BF00212802>
- Zheng, D., Zhang, Z., Wang, Q. 2010. Total and Methyl Mercury Contents and Distribution Characteristics in Cicada, *Cryptotympana atrata* (Fabricius). *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 84. 749-53. 10.1007/s00128-010-0030-0.



Comparison of Different Fertilization Rates on Yield, Evapotranspiration, and Water Use Efficiency of Sweet Corn Under Drought-Salinity Stresses

Farklı Gübreleme Oranlarının Kuraklık-Tuzluluk Stresi
Koşullarında Tatlı Mısırın Verim, Bitki Su Tüketimi ve
Su Kullanım Verimliliğinin Karşılaştırılması

Mehmet Sait KİREMİT¹

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Samsun
- mehmet.kiremit@omu.edu.tr - ORCID > 0000-0002-7394-303X

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 16 Temmuz/July 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 19 Eylül/September 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 649-665

Atıf/Cite as: Kiremit, M. S. "Comparison of Different Fertilization Rates on Yield, Evapotranspiration, and Water Use Efficiency of Sweet Corn Under Drought-Salinity Stresses"
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(3), Ekim 2024: 649-665.

COMPARISON OF DIFFERENT FERTILIZATION RATES ON YIELD, EVAPOTRANSPIRATION, AND WATER USE EFFICIENCY OF SWEET CORN UNDER DROUGHT-SALINITY STRESSES

ABSTRACT

The present study investigated the effects of three fertilization ($N-P_2O_5-K_2O$) rates (F_1 : 240-100-120 kg ha⁻¹, F_2 : 192-80-96 kg ha⁻¹, F_3 : 154-64-77 kg ha⁻¹) coupled with four irrigation practices (Control: C, irrigated at the 100% field capacity, Drought: D, irrigated 60% of C, Saline: S, irrigated at the 100% field capacity, Drought and saline: D+S, irrigated 60% of S) on sweet corn yield, evapotranspiration (ET), water use efficiency (WUE), and shoot fresh-dry weights. The obtained results depicted that the grain yield at D, S, and D+S treatments decreased by 24.2%, 46.6%, and 62.0%, respectively, relative to the C treatment. Moreover, grain yield at the F_3 condition was reduced by 45.3% compared to the F_1 condition. Additionally, the highest ET (330.7 mm) and yield (74.0 g) was achieved with $F_1 \times C$ treatment. The F_2 and F_3 treatments reduced WUE by 17.9% and 31.5%, respectively, compared to the F_1 treatment. The highest reduction in yield, ET, WUE, and shoot fresh-dry weights was found at D+S irrigation treatment under all fertilization conditions. The tallest plants were observed in the $F_1 \times C$ treatment, being 24.0%, 33.5%, and 43.2% taller than plants in the $F_1 \times (D+S)$, $F_2 \times (D+S)$, and $F_3 \times (D+S)$ treatments, respectively. Under F_3 conditions, exposing sweet corn plants to single or combined salinity and drought stress remarkably degraded the growth ability of the plants, and therefore, it is not economical and sustainable cultivation for agriculture. Finally, cultivation of sweet corn plants under individual or combined drought-salinity stress is not recommended due to the high reduction in grain yield.

Keywords: Grain Yield, Irrigation, Fertilization, *Zea Mays* Var. Saccharate, Water-Salt Stress.



FARKLI GÜBRELEME ORANLARININ KURAKLIK-TUZLULUK STRESİ KOŞULLARINDA TATLI MISIRIN VERİM, BİTKİ SU TÜKETİMİ VE SU KULLANIM VERİMLİLİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışmada üç gübreleme ($N-P_2O_5-K_2O$) oranı (F_1 :240-100-120 kg ha⁻¹, F_2 : 192-80-96 kg ha⁻¹, F_3 :154-64-77 kg ha⁻¹) ile birlikte dört sulama uygulamasının (Kontrol: C, tarla kapasitesinin %100'ü kadar sulanmıştır, Kuraklık: D, C konusun %60'ı kadar sulanmıştır, Tuzlu: S, tarla kapasitesinin %100'ü kadar sulanmıştır,

Kuraklık ve Tuzlu: S konusunun %60'ı kadar sulanmıştır) tatlı mısırın verim, bitki su tüketimi (ET), su kullanım verimliliği (WUE) ve gövde yaş-kuru ağırlıkları üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, D, S ve D+S uygulamalarında tane veriminin C uygulamasına göre sırasıyla %24.2, %46.6 ve %62.2 oranında azaldığını göstermiştir. Ayrıca, F_3 koşulunda tane verimi F_1 koşuluna kıyasla %45.3 oranında azalmıştır. Bununla birlikte, en yüksek ET (330.7 mm) ve verim (74.0 g) $F_1 \times C$ konusundan elde edilmiştir. F_2 ve F_3 uygulamaları, F_1 uygulamasına kıyasla WUE'yi sırasıyla %17.9 ve %31.5 oranında azaltmıştır. Tüm gübreleme koşulları altında verim, ET, WUE ve sürgün taze-kuru ağırlıklarında en yüksek azalma D+S sulama uygulamasında bulunmuştur. En uzun bitkiler $F_1 \times C$ uygulamasında gözlenmiş olup, $F_1 \times (D+S)$, $F_2 \times (D+S)$ ve $F_3 \times (D+S)$ uygulamalarındaki bitkilerden sırasıyla %24.0, %33.5 ve %43.2 daha uzun olmuştur. F_3 koşullarında, tatlı mısır bitkisinin tek başına veya birlikte tuzluluk ve kuraklık stresine maruz bırakılması, bitkinin büyüme yeteneğini önemli ölçüde bozduğundan, tarımsal açıdan ekonomik ve sürdürülebilir bir yetiştirme yöntemi değildir. Sonuç olarak, tatlı mısır bitkilerinin tek başına veya kombine kuraklık-tuzluluk stresi altında yetiştirilmesi, dane verimindeki yüksek düşüş nedeniyle önerilmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Tane Verimi, Sulama, GÜbreleme, *Zea Mays* Var. Saccharate, Su-Tuz Stresi.



1. INTRODUCTION

Water scarcity is a global concern impacting agricultural productivity and food security. Optimizing water use efficiency in crops is crucial as water resources diminish (Yue and Guo, 2021). Drought and salinity stress are major factors affecting plant growth and yield, presenting challenges to sustainable agriculture (Vaughan et al., 2018). Both stresses share similarities in plant structure, function, and biochemistry (Hu and Schmidhalter, 2005). Drought leads to oxidative stress, hampers photosynthesis, limits growth and causes injury (Cao et al., 2023). Salinity stress affects physiological processes like leaf water potential photosynthesis rate and damages photosystem II, hindering plant productivity by specific ion toxicity and disrupting nutrient uptake (Singh, 2022). Managing these stresses is a priority in modern crop production.

Fertilization is crucial for alleviating abiotic stress in plants, enhancing growth, increasing yield, and improving water use efficiency (Abaza et al., 2023). Nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) fertilization notably influences plant growth. Among essential nutrients, nitrogen enhances tolerance in maize and improves tolerance mechanisms under salinity stress (Javed et al., 2024). Potassium, being highly mobile in the phloem, plays a crucial role in distributing photosynthates

for plant activities (Sperling et al., 2024). High potassium concentrations support phloem loading by maintaining a high pH and osmotic potential in sieve tubes (Sperling et al., 2024). Phosphorus is crucial for plant metabolism, energy transfer, nucleic acid synthesis, and root development (Guo et al., 2023). Balanced NPK fertilization has been shown to improve plant growth, yield, and stress tolerance by enhancing nutrient uptake, promoting root development, and improving water use efficiency (Ashraf et al., 2008). Recent studies have indicated that the proper application of NPK fertilizers can play a crucial role in alleviating the negative impacts of salinity and drought on plant growth and development (Han et al., 2016; Wang et al., 2019; Yaghoubi Khangahi et al., 2021). This is achieved by enhancing osmotic adjustment mechanisms within the plants, which helps them maintain proper cellular water balance in challenging environmental conditions (Abaza et al., 2023). Additionally, NPK fertilization has been found to reduce the harmful effects of ion toxicity in plants exposed to high levels of salts in the soil (Acosta-Motos et al., 2017). Overall, these findings highlight the importance of balanced NPK fertilization in enhancing plant resilience and promoting sustainable crop production in saline and drought-prone areas.

Sweet corn (*Zea mays* var. *saccharate*) is a popular and nutritious crop with a high demand for water and nutrients (Osman and Arslan, 2022; Subrata et al., 2022). Understanding how different fertilization management practices affect its yield, evapotranspiration, and water use efficiency under stress conditions is crucial for developing effective cultivation strategies. This study aims to fill this knowledge gap by evaluating the impact of different NPK fertilization rates on sweet corn under drought, salinity, and combined stress conditions. The main objectives of this study are to (1) evaluate the impact of different NPK fertilization rates on evapotranspiration, yield, and water use efficiency in sweet corn plants and (2) assess the effect of drought, salinity and their combined stress on the yield and growth ability of sweet corn plants.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Experimental Conditions and Plant Material

The pot experiment was conducted at Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, under a rain shelter from June 15, 2022, to September 8, 2022. The daily changes in the air temperature and relative humidity during the growth of sweet corn maize were recorded using a datalogger. The average daily air temperature ranged from 22.0 to 31.5 °C, and the relative humidity fluctuated between 49.0 and 91.3%, as illustrated in Figure 1.

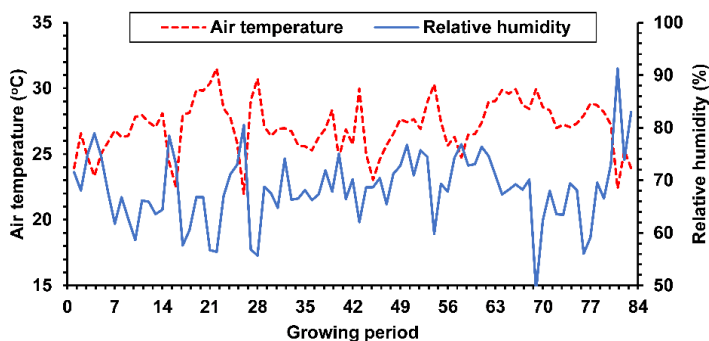


Figure 1. Daily average air temperature and relative humidity changes during growing season of sweet corn.

The soil texture in the research was clay loam, and a comprehensive description of the experimental soil properties is provided in Table 1. The dimensions of the plastic pots used in the experiment were 30 cm high, 28 cm in top diameter, and 26 cm in bottom diameter, respectively. Before filling the pots with soil, the soil was dried in the open air under a rain shelter, then crushed and sifted through a 4 mm sieve. Subsequently, each pot was filled with 1 kg of gravel at the base and 9 kg of sifted experimental soil. Sweet corn (*Zea mays* var. *saccharate*) cv. Merit F1 seeds were acquired from a local private company, planted on June 15, 2022, and harvested on September 8, 2022.

Table 1. The physical and chemical traits of the study soil.

Soil property	Value
Clay	32.1%
Silt	29.9%
Sand	38.0%
Texture	Clay loam
Field capacity	32.4%
Permanent wilting point	15.1%
Saturated EC_e	0.28 dS m ⁻¹
Saturated soil pH	7.85
Organic matter content	12.0 g kg ⁻¹
Total Nitrogen	23.90 mg kg ⁻¹
Available phosphorus	12.65 mg kg ⁻¹
Available potassium	15.41 mg kg ⁻¹
Calcium carbonate	63.2 g kg ⁻¹

2.2. Experimental Design

The pot study was carried out using a randomized complete block design with three replications involving three fertilization applications in the main plots and four irrigation treatments in the subplots. A total of 36 pots were used to carry out the present study. Details of the treatments are provided in Table 1. Three fertilization rates of $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ (kg ha^{-1}) were applied, representing control, moderate, and severe deficiency levels: F_1 [240-100-120], F_2 [192-80-96], and F_3 [154-64-77]. The F_1 treatment served as the control and followed the recommended rates by Guçdemir (2006). The fertilization rate needed for each treatment was determined and implemented based on the chemical analysis of the soil used in the experiment. In this regard, soil analysis was conducted prior to the commencement of the experiment. The 100% requirement of P and K fertilizer, in the form of triple superphosphate (45% P_2O_5) and potassium sulfate (45% K_2O), was applied at a 10 cm soil depth before sowing for all treatments in soil preparation. Nitrogen fertilizer, with 46% nitrogen content, was applied twice: half post-emergence and the other half at the 3-leaf stage.

Five pots loaded with research soil were saturated with tap water to determine their average field capacity. Plastic covers were used to prevent evaporation, and after 48 hours for drainage, the pots were weighed to establish their field capacity based on the average weight (Özdemir et al., 2009; Kurunc et al., 2011). After that, all pots were first weighted and irrigated to field capacity. Two days later, five sweet corn seeds were planted in each pot and irrigated with equal amounts of tap water (0.18 dS m^{-1}) up to starting various irrigation treatments. Once the sweet corn seedlings reached 2 true leaves, thinning was done, leaving only one seedling per pot. Subsequently, once the sweet corn seedlings had developed 3 true leaves, various irrigation methods were implemented. The control (C) and drought (D) treatments received irrigation with tap water (0.18 dS m^{-1}), while the saline (S) and drought + saline (D+S) treatments were irrigated with saline water (2.5 dS m^{-1}). The saline water was prepared by adding NaCl to tap water. When the usable soil moisture decreased by approximately 35-40% in $F_1 \times C$, $F_2 \times C$, and $F_3 \times C$ treatments, the irrigation water was implemented for the corresponding pots. Before irrigation, pots were weighed and watered according to irrigation practices. The detailed information for irrigation water applications is explained in Table 2.

Table 2. Description of the treatments.

Fertilization Applications	Irrigation Treatments	Abbreviation	Descriptions
F_1	C (Control)	$F_1 \times C$	Irrigated at 100% FC of the pots.
	D (Drought)	$F_1 \times D$	Irrigated at 60% of $F_1 \times C$
	S (Salinity)	$F_1 \times S$	Irrigated at 100% FC of the pots.
	D+S (Drought+salinity)	$F_1 \times (D+S)$	Irrigated at 60% of $F_1 \times S$
F_2	C (Control)	$F_2 \times C$	Irrigated at 100% FC of the pots.
	D (Drought)	$F_2 \times D$	Irrigated at 60% of $F_2 \times C$
	S (Salinity)	$F_2 \times S$	Irrigated at 100% FC of the pots.
	D+S (Drought+salinity)	$F_2 \times (D+S)$	Irrigated at 60% of $F_2 \times S$
F_3	C (Control)	$F_3 \times C$	Irrigated at 100% FC of the pots.
	D (Drought)	$F_3 \times D$	Irrigated at 60% of $F_3 \times C$
	S (Salinity)	$F_3 \times S$	Irrigated at 100% FC of the pots.
	D+S (Drought+salinity)	$F_3 \times (D+S)$	Irrigated at 60% of $F_3 \times S$

2.3. Data Collection

2.3.1. Evapotranspiration and Water use Efficiency

Evapotranspiration (ET) and water use efficiency for each treatment were calculated based on the equations provided by Ünlükara et al. (2015) and Kiremit and Arslan (2018);

$$ET = \frac{\left[\frac{\Delta W}{\rho_w} \right] + [I - D]}{A} \quad (1)$$

Where, ΔW represent the weights of the pots at n and $n+1$ days before the irrigation event (in kg), while I and D denote the volumes of irrigation and drainage water. The water bulk density is represented by ρ_w (1 g cm^{-3}), and A stands for the soil surface area (m^2).

2.3.2. Yield and Growth Traits

After 84 days, when the sweet corn was at the milking stage, the plants were harvested to measure yield and growth from all pots. Ears with cob and bract were picked by hand from each potted plant. The shoot fresh weight was determined by weighing the stem, leaves, and ears, while the shoot dry mass was obtained by oven-drying the stem and leaves at 70°C until a constant weight was reached. Plant height was measured using a tape measure, and the grains were detached from the ears, weighed, and used to calculate the grain yield per plant.

2.4. Data Analysis

Data were analyzed using two-way ANOVA with SPSS 25.0 software to evaluate the effects of fertilization, irrigation, and their interaction. The Duncan multiple range test was used to compare differences between treatments at a 0.05 probability level (Takma et al., 2023). Figures were created with Microsoft Excel [Office 365].

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Irrigation Water and Evapotranspiration

As seen in Table 3, the irrigation water amount (IW) was significantly affected by fertilization, irrigation, and their interaction. Besides, the highest IW (283.2 mm) was found in the F_1 treatment, which was 13.6% and 25.9% higher than the F_2 and F_3 treatments, respectively (Table 4). Regarding irrigation treatments, the reduction in IW more obviously occurred at D+S treatment, which was 50.7%, 10.8%, and 64.9% lower than S, D, and C treatments, respectively Table 4. Additionally, the highest and lowest IW values (355.4 mm and 163.1 mm) were observed at $F_1 \times C$ and $F_3 \times (D+S)$ treatments, respectively (Table 4). Under all fertilization conditions, the highest IW values were observed at C treatments, while the lowest IW values were seen at D+S treatments (Table 4). Also, the IW values in $F_1 \times (D+S)$, $F_2 \times (D+S)$, and $F_3 \times (D+S)$ treatments reduced by 38.9%, 36.5%, and 43.1%, respectively compared to the $F_1 \times C$, $F_2 \times C$, and $F_3 \times C$ treatments (Table 4).

The irrigation, fertilization, and irrigation×fertilization interaction had significantly impacted the evapotranspiration (ET) of sweet corn plants, as depicted in Table 3. The irrigation treatments considerably differed in the ET values of sweet corn plants (Table 4). According to that, the mean ET values for the C, D, S, and D+S treatments were found to be 288.7 mm, 184.3 mm, 263.0 mm, and 165.0 mm, respectively (Table 4). Relative to the C treatment, the ET values decreased by 36.2%, 8.2%, and 42.8% in the D, S, and D+S treatments, respectively (Table 4). Regarding fertilization treatments, a significant decrease in fertilizer

supply resulted in a notable reduction in ET values of sweet corn plants (Table 4). The F_1 treatment showed the highest ET value (254.4 mm), surpassing the F_2 and F_3 treatments by 14.1% and 28.6%, respectively (Table 4). Considering the interaction between irrigation and fertilization, the highest ET value (330.7 mm) occurred at $F_1 \times C$ treatment, while reducing the fertilization rates caused more decreases in ET of sweet corn plants at C conditions. For instance, the ET value in $F_2 \times C$ and $F_3 \times C$ decreased by 15.5% and 22.6%, respectively, relative to the $F_1 \times C$ treatment (Table 4). The results clearly indicate that ET and IW were reduced more under S and D+S treatments than under C and D treatments (Table 4). This situation could be mainly related to the inhibition of the water uptake ability of sweet corn plants due to the high osmotic potential in the soil and reduced water accessibility of the plants. Besides, the present findings suggested that sweet corn plants were more sensitive to salinity and combined drought stress than drought stress. This result can be associated with the S or D+S treatments inhibited leaf photosynthesis functions and reduced assimilate accumulation in plants. Angon et al. (2022) explained that osmotic stress induced by salinity disrupts photosynthetic function, leading to a decrease in photosynthesis activity and an increase in chlorophyll degradation. This results in reduced CO_2 intake and ultimately decreases water consumption in plants. In another study, Ye et al. (2022) suggested that optimal NPK fertilization can improve the crop's ability to utilize soil water storage under abiotic stress conditions. Yurtseven et al. (2005) found that tomato plants' water consumption remained unaffected by varying potassium levels but was significantly reduced by salinity stress. Ahanger et al. (2019) found that adequate N supplementation protects essential cellular processes, such as photosynthesis and membrane integrity, enhancing the water uptake capacity of wheat plants under 100 mM NaCl stress. On the other hand, the reduction in ET due to a decrease in NPK fertilization rate may be linked to ion-specific impacts, indicating that plants experiencing drought or salinity stress under inadequate fertilization conditions became more sensitive to stress, ultimately reducing the metabolic functions of the plants.

3.3. Grain Yield

Significant variation and decreasing trends in grain yield were observed with decreasing fertilization rates (Table 4). Accordingly, the grain yield in F_1 , F_2 , and F_3 treatments was found to be 50.3, 35.9, and 27.6 g plant⁻¹, respectively (Table 4). Regarding irrigation treatments, irrigation practices have caused more inhibition in the grain yield of sweet corn plants (Table 4). The highest yield (56.9 g plant⁻¹) was found at the C treatment, while the lowest (21.4 g plant⁻¹) was observed at the D+S treatment (Table 4). Additionally, the irrigation $\times$ fertilization interaction drastically reduced the grain yield of sweet corn plants (Table 4). The reduction in fertilization rates caused more reduction in grain yield, especially the lowest values were observed at $F_3 \times (D+S)$ treatment. The highest grain yield was observed at $F_1 \times C$ treatment, which was 134.6%, 237.1%, and 553.1% higher than $F_1 \times (D+S)$,

$F_2 \times (D+S)$, and $F_3 \times (D+S)$ treatments, respectively (Table 4). Moreover, the grain yield of sweet corn showed a linear relation with evapotranspiration (Fig. 2). Increasing evapotranspiration increased the grain yield of sweet corn at all irrigation practices. The greatest increase in yield per unit of water consumption was seen in the drought treatment, with the smallest increase being observed in the salinity treatment (Fig. 2). Considering all, combined salinity and drought (D+S) stress caused a greater reduction in grain yield of sweet corn plants compared to under single stress, confirming past studies (Cao et al., 2023; Chávez-Arias et al., 2021). In our study, under severe fertility conditions (F_3), the lack of essential nutrients limits the plant's ability to cope with drought, salinity, or combined stress, leading to extreme physiological disruption, stunted growth, and minimal grain production. Similarly, Wei et al. (2023) further explained that the significant decrease in rice grain yield under combined drought and salinity stress was strongly linked to the reduction in leaf photosynthesis rate and increased leaf senescence. Javed et al. (2024) found that nitrogen plays a key role in forming amino acids, proteins, and chlorophyll. Ye et al. (2022) explained that providing sufficient nitrogen through fertilization boosts leaf and stem growth, enhancing photosynthesis, leading to improved nutrient absorption, energy generation, and, ultimately, a higher rate of grain filling. Finally, cultivating sweet corn plants under inadequate fertilization conditions, particularly in the presence of drought, salinity, or combined stress, is not advisable as it results in significant reductions in yield due to the adverse effects caused by these stress factors.

Table 3. The results of the two-way ANOVA for the effects of fertilization, irrigation, and their interaction on irrigation water amount, evapotranspiration, grain yield, water use efficiency, and growth traits of sweet corn plants.

Variation Sources	df	Irrigation Water Amount		Evapotranspiration		Grain Yield		Shoot Fresh Weight	
		mm		mm		g plant ⁻¹		g	
		F _{value}	P _{value}	F _{value}	P _{value}	F _{value}	P _{value}	F _{value}	P _{value}
Fertilization	2	216.85	<0.01	89.04	<0.01	176.55	<0.01	827.59	<0.01
Irrigation	3	681.67	<0.01	293.14	<0.01	240.73	<0.01	547.74	<0.01
Fert.×Irrig. Int.	6	4.16	<0.01	1.97	<0.05	3.60	<0.05	3.99	<0.01
Variation sources	df	Shoot dry weight		Plant height		Water use efficiency			
		g		cm		g mm ⁻¹			
		F _{value}	P _{value}	F _{value}	P _{value}	F _{value}	P _{value}		
Fertilization	2	99.92	<0.01	94.48	<0.01	45.14	<0.01		
Irrigation	3	32.68	<0.01	69.77	<0.01	112.15	<0.01		
Fert.×Irrig. Int.	6	3.48	<0.05	1.39	<0.05	1.87	<0.05		

df: degree of freedom.

Table 4. The effects of different fertilization applications on irrigation water amount, evapotranspiration, grain yield, and the shoot dry and fresh weight of sweet corn under various irrigation practices.

Irrigation treatments	Irrigation water amount (mm)			
	Fertilization treatments			Mean
	F ₁	F ₂	F ₃	
C	355.4 a	307.4 c	286.5 d	316.5 A
D	236.0 f	207.2 g	194.6 h	212.6 C
S	324.3 b	287.6 d	255.8 e	289.2 B
D+S	217.0 g	195.3 h	163.1 i	191.8 D
Mean	283.2 A	249.4 B	225.0 C	
Irrigation treatments	Evapotranspiration (mm)			
	Fertilization treatments			Mean
	F ₁	F ₂	F ₃	
C	330.7 a	279.3 bc	256.1 d	288.7 A
D	206.3 f	180.8 gh	165.9 h	184.3 C
S	291.0 b	266.1 cd	232.0 e	263.0 B
D+S	191.8 fg	165.5 h	137.6 i	165.0 D
Mean	255.0 A	222.9 B	197.9 C	
Irrigation treatments	Grain yield (g plant ⁻¹)			
	Fertilization treatments			Mean
	F ₁	F ₂	F ₃	
C	74.0 a	51.6 b	45.1 c	56.9 A
D	55.0 b	42.8 c	31.6 d	43.1 B
S	41.5 c	27.1 de	22.6 ef	30.4 C
D+S	30.8 d	21.9 f	11.3 g	21.4 D
Mean	50.3 A	35.9 B	27.6 C	
Irrigation treatments	Shoot fresh weight (g plant ⁻¹)			
	Fertilization treatments			Mean
	F ₁	F ₂	F ₃	
C	286.0 a	180.0 e	115.3 g	193.8 A
D	263.0 b	162.7 f	104.0 gh	176.6 B
S	236.0 c	154.7 f	99.3 hi	163.3 C
D+S	216.2 d	119.3 g	86.0 i	140.5 D
Mean	250.3 A	154.2 B	101.2 C	
Irrigation treatments	Shoot dry weight (g plant ⁻¹)			
	Fertilization treatments			Mean
	F ₁	F ₂	F ₃	
C	46.7 a	30.9 bc	26.3 cd	34.6 A
D	42.6 a	28.4 bc	20.9 e	30.6 B
S	32.3 b	26.2 cd	19.3 ef	25.9 C
D+S	27.1 cd	23.3 de	14.6 f	21.7 D
Mean	37.2 A	27.2 B	20.2 C	

Distinct capital or lowercase letters in a column or row indicate significant differences at the 5% significance level, based on the Duncan multiple range test. C: Control, D: Drought stress, S: Salinity, D+S: Drought and salinity.

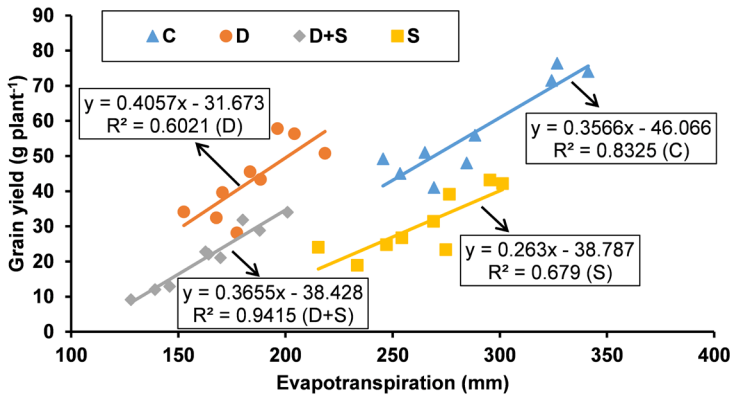


Figure 2. The relation between evapotranspiration and grain yield of sweet corn under various irrigation conditions.

3.4. Shoot Fresh and Dry Weights

As seen in Table 3, both irrigation and fertilization had a significant impact on shoot fresh weight (SFW) and shoot dry weight (SDW). Application of from C to (D+S) irrigation practices gradually decreased SFW and SDW of sweet corn at all fertilization conditions (Table 4). The response of SFW and SDW to irrigation practices was similar under various fertilization rates. According to that, the mean D+S irrigation treatment showed a 27.6% and 37.2% reduction in SFW and SDW as compared to the C treatment (Table 4). Additionally, fertilization practices showed a dramatic reduction in SFW and SDW of grain yield (Table 4). The F_1 treatment showed a maximum SFW ($250.3 \text{ g plant}^{-1}$) and SDW ($37.2 \text{ g plant}^{-1}$), which was 147.2% and 84.0% higher than the F_3 treatment. In terms of irrigation×fertilization interaction, the greatest shoot fresh weight ($286.0 \text{ g plant}^{-1}$) was obtained under the F_1 condition at the C treatment, which was 58.9% and 148.0% higher than F_2 and F_3 fertilization treatment, respectively, at the C treatment (Table 4). Similar to SFW, the lowest fertilization application (F_3) caused significant decreases in SDW in sweet corn plants in comparison to the F_1 treatment. The $F_1 \times C$ treatment resulted in the maximum SDW, which was statically at par $F_1 \times D$ treatment (Table 4). Additionally, the lowest SDW was observed at D+S conditions for all fertilization applications, while the lowest SDW was realized at the lowest fertilization condition (F_3). Adequate fertilization can partially mitigate these adverse effects by ensuring that the plants have sufficient nutrients to support metabolic functions and stress responses (Arif et al., 2020; Liu et al., 2023). Wei et al. (2023) showed that combined salinity and drought stress caused more reductions in shoot biomass of rice plants compared to single effects of salinity or drought stress. (Javed et al., 2024) found that salinity stress significantly reduced the fresh biomass of maize.

They proposed that enhancing nitrogen nutrition in salinity-stressed plants could boost biomass by promoting increased leaf area and vegetative growth. Similar to our findings, Du et al. (2022) indicated that soil salinization negatively affected maize's water and nutrient metabolism, leading to decreased plant biomass. Kaplan et al. (2016) noted that higher irrigation rates improved maize yield but reduced quality, while higher nitrogen rates improved both yield and quality. However, they demonstrated that when soil salinity is below 0.25%, adequate nitrogen application can mitigate the adverse effects of salinity. In our study, the reductions in SDW and SFW are primarily caused by single or combined stresses that impair the protective enzyme systems in plants, leading to compromised leaf photosynthetic functions. This, in turn, results in reduced mineral uptake/transport and accumulation in the plant body, ultimately leading to decreased shoot weights. Furthermore, exposing sweet corn plants to drought or salinity stress under sufficient fertilization (F_1) showed better improvement in shoot weight compared to moderate or lowest fertilization conditions (F_2 and F_3). This highlights the important role of providing essential nutrients to support growth, enhance stress tolerance, and promote healthier plants. In the future, additional research must be conducted to explore various irrigation and fertilization methods in order to gain a more comprehensive understanding of the ideal NPK needs for sweet corn crops.

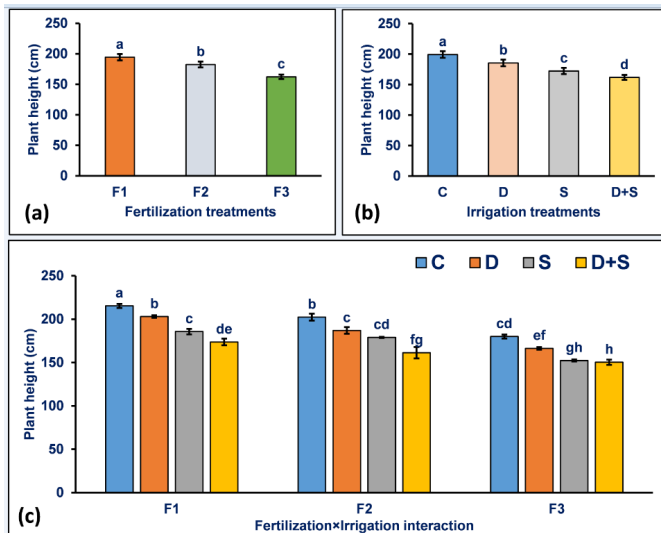


Figure 3. Effects of various irrigation practices on plant height of sweet corn plants under different fertilization conditions. Different letters on the bar graph indicate significant differences at the 5% probability level, according to the Duncan multiple range test. The vertical lines on the bar graphs show the standard error of the three replicates for each treatment. C: Control, D: Drought stress, S: Salinity, D+S: Drought and salinity.

3.5. Plant Height

The height of sweet corn plants was significantly influenced by a two-way interaction between irrigation and fertilization, as shown in Table 3. Plants fertilized under F_1 conditions exhibited greater height compared to those under F_2 and F_3 treatments (Fig. 3a). Moreover, a reduction in irrigation rate had a notable impact on plant height, with plants under condition C being 7.4%, 15.6%, and 23.1% taller than those under D, S, and D+S treatments, respectively (Fig. 3b). The constructive interaction of fertilization and irrigation indicated that lowest fertilization combined with saline deficit irrigation significantly impeded the growth of sweet corn plants, resulting in the smallest plant heights among all treatments (Fig. 3c). Notably, plant heights varied between 215.3 cm and 173.7 cm for F_1 , 202.3 cm to 161.3 cm for F_2 , and 180.0 cm to 150.3 cm for F_3 (Fig. 3c). The tallest plants (215.3 cm) were observed in the $F_1 \times C$ treatment, being 24.0%, 33.5%, and 43.2% taller than plants in the $F_1 \times (D+S)$, $F_2 \times (D+S)$, and $F_3 \times (D+S)$ treatments, respectively (Fig. 3c). Du et al. (2019) point out that the leaf anatomical structures of maize are significantly hampered by potassium deficiency, thus reducing the growth ability of the plants. Javed et al. (2024) reported that optimum nitrogen supply improved plant metabolism and increased the growth ability of the maize plants under salinity stress. Therefore, plants must receive adequate nutrients and water in order to support optimal hormone production and sustain healthy growth patterns. Our findings clearly show that low fertilization combined with high osmotic stress leads to a further decrease in cell division and growth, ultimately resulting in reduced plant height. Based on the findings, it could be noted that low fertilization levels in soil caused a significant impact on plant growth, especially when coupled with high osmotic stress. The combination of these factors ultimately leads to a decrease in the production of growth hormones within the sweet corn plants. As a result, the normal processes of cell division and elongation are disrupted, causing a noticeable stunting in overall plant development. Collectively, individual or combined drought-salinity stress disrupted reactive oxygen balance and caused high oxidative damage, reducing the growth ability of sweet corn under low fertilization. It is essential to focus on determining the optimal irrigation and fertilization requirements of plants for sustainable agriculture.

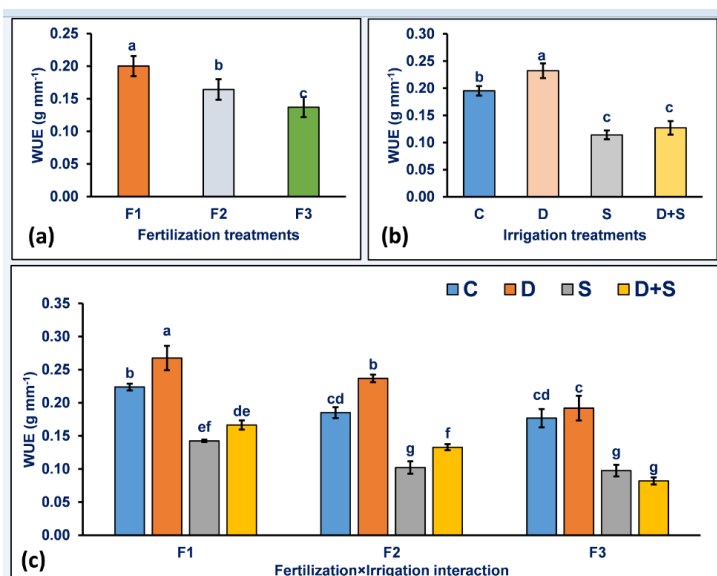


Figure 4. Effects of various irrigation practices on water use efficiency (WUE) of sweet corn plants under different fertilization conditions. Different letters on the bar graph indicate significant differences at the 5% probability level, according to the Duncan multiple range test. The vertical lines on the bar graphs show the standard error of the three replicates for each treatment. C: Control, D: Drought stress, S: Salinity, D+S: Drought and salinity.

3.6. Water use Efficiency

The results from the two-way ANOVA analysis on WUE indicate that the impacts of irrigation, fertilization, and their interaction on WUE were statistically significant (Table 3). As illustrated in Figure 4a, the fertilization treatments had a notable influence on the WUE of sweet corn plants. The F₃ treatment resulted in the lowest WUE of 0.14 g mm⁻¹, which was 19.1% and 46.0% lower than the WUE values of treatments F₂ and F₁, respectively. According to irrigation treatments, the highest WUE of 0.23 g mm⁻¹ was observed in the D treatment, while the lowest was found in the S treatment, which did not significantly differ from the D+S treatment (Fig 4b). In terms of interaction, it can obviously be seen in Fig. 4c that the highest WUE values were found at D treatment under all fertilization treatments. The maximum WUE (0.27 g mm⁻¹) was found at F₁ × D treatment (Fig. 4c). Additionally, the WUE for the F₁ × D treatment was 60.9%, 101.6%, and 226.7% higher than that of the F₁ × (D+S), F₂ × (D+S), and F₃ × (D+S) treatments, respectively (Fig. 4c). The highest WUE values were observed at F₁ conditions due to enhanced plant

growth from adequate water and nutrient uptake. However, the highest WUE was detected at drought stress (D) conditions. In response to soil drying, roots produce abscisic acid to regulate the stomatal aperture, causing partial closure under deficit irrigation (Wang et al., 2022). This action reduced the transpiration rate, limited shoot growth over time, decreased water consumption and enhanced WUE (Kang and Zhang, 2004). Garcia y Garcia et al. (2009) noted that sweet corn plants had a higher WUE value under deficit irrigation compared to full irrigation. Our results align with Zou et al. (2020) in demonstrating that the WUE of spring maize declines with lower fertilization rates and higher irrigation water application.

Conclusion

The present study concluded that applying saline or deficit saline irrigation to sweet corn plants significantly decreased evapotranspiration, yield, and WUE, especially under medium or high fertilization deficiency. Therefore, more studies are needed to determine the optimal fertilization management of sweet corn under various irrigation strategies to ensure sustainable irrigation and fertilization in harsh environmental conditions. Finally, the findings of this pot trial serve as the baseline data for future experiments in field conditions to verify the results.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

REFERENCES

- Abaza, A.S.D., Elshamly, A.M.S., Alwahibi, M.S., Elshikh, M.S., Ditta, A., 2023. Impact of different sowing dates and irrigation levels on NPK absorption, yield and water use efficiency of maize. *Scientific Reports*, 2023 13(1):–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40032-9>.
- Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M.J., Hernandez, J.A., 2017. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7, 18. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010018>.
- Ahanger, M.A., Qin, C., Begum, N., Maodong, Q., Dong, X.X., El-Esawi, M., El-Sheikh, M.A., Alatar, A.A., Zhang, L., 2019. Nitrogen availability prevents oxidative effects of salinity on wheat growth and photosynthesis by up-regulating the antioxidants and osmolytes metabolism, and secondary metabolite accumulation. *BMC Plant Biology*, 19, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2085-3/FIGURES/8>.
- Angon, P.B., Tahjib-Ul-Arif, M., Samin, S.I., Habiba, U., Hossain, M.A., Brestic, M., 2022. How do plants respond to combined drought and salinity stress?—a systematic review. *Plants*, 11, 2884. <https://doi.org/10.3390/PLANTS11212884/S1>.
- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S., 2020. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>.
- Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., Kwon, T.R., 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97, 45–110. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00002-8).

- Cao, H., Ding, R., Kang, S., Du, T., Tong, L., Zhang, Y., Chen, J., Shukla, M.K., 2023. Drought, salt, and combined stresses in plants: Effects, tolerance mechanisms, and strategies. *Advances in Agronomy* 178, 107–163. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.11.004>
- Chávez-Arias, C.C., Ligarreto-Moreno, G.A., Ramírez-Godoy, A., Restrepo-Díaz, H., 2021. Maize responses challenged by drought, elevated daytime temperature and arthropod herbivory stresses: a physiological, biochemical and molecular view. *Front. Plant Sci.* 12, 702841. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.702841/BIBTEX>
- Du, K., Zhang, Y., Qin, S., Wang, L., Zhang, B., Wang, S., 2022. Effects of nitrogen fertilization on physiological response of maize to soil salinity. *Agriculture*, 12, 877. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12060877>
- Du, Q., Zhao, X. H., X. L., Jiang, C. Ji., Wang, X. guang., H. Y., Wang, J., Yu, H. qiu, 2019. Effects of potassium deficiency on photosynthesis, chloroplast ultrastructure, ROS, and antioxidant activities in maize (*Zea mays* L.). *J Integr Agric.* 18, 395–406. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61953-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61953-7)
- Özdemir, O., Ünükkara, A., Kurunc, A., 2009. Response of cowpea (*Vigna unguiculata*) to salinity and irrigation regimes. *N Z J Crop Hortic. Sci.* 37, 271–280. <https://doi.org/10.1080/01140670909510273>
- García y García, A., Guerra, L.C., Hooogenboom, G., 2009. Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. *Agricultural Water Management*, 96, 1369–1376. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2009.04.022>
- Gücdemir, İ., 2006. Türkiye fertilizer and fertilization guide, Updated and expanded edition. Soil Fertilizer and Water Resources Central Research Institute Directorate. General publication no: 213, Technical publication no: T69. Ankara, Türkiye.
- Guo, Y., Wang, Z., Li, J., 2023. Coupling effects of phosphate fertilizer type and drip fertigation strategy on soil nutrient distribution, maize yield and nutrient uptake. *Agricultural Water Management*, 290, 108602. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2023.108602>
- Han, K., Han, X., Curtis, D.J., Kleinman, P.J.A., Wang, D., Wang, L., 2016. Impact of irrigation, nitrogen fertilization, and spatial management on maize. *Agron. J.* 108, 1794–1804. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ2015.0551>
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 541–549. <https://doi.org/10.1002/JPLN.200420516>
- Javed, S.A., Jaffar, M.T., Shahzad, S.M., Ashraf, M., Piracha, M.A., Mukhtar, A., Rahman, S.U., Almoallim, H.S., Ansari, M.J., Zhang, J., 2024. Optimization of nitrogen regulates the ionic homeostasis, potassium efficiency, and proline content to improve the growth, yield, and quality of maize under salinity stress. *Environ. Exp. Bot.* 226, 105836. <https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2024.105836>
- Kang, S., Zhang, J., 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *J. Exp. Bot.* 55, 2437–2446. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERH249>
- Kaplan, M., Baran, O., Unlukara, A., Kale, H., Arslan, M., Kara, K., Beyzi, S.B., Konca, Y., Ulas, A., 2016. The effects of different nitrogen doses and irrigation levels on yield, nutritive value, fermentation and gas production of corn silage. *Turkish Journal of Field Crops*, 21, 101–109. <https://doi.org/10.17557/TJFC.82794>
- Kiremit, M.S., Arslan, H., 2018. Response of leek (*Allium porrum* L.) to different irrigation water levels under rain shelter. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 49, 99–108. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421652>
- Kurunc, A., Unlukara, A., Cemek, B., 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agric. Scand. B Soil Plant Sci.* 61, 514–522. <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.513691>
- Liu, Ji, Wang, Y., Li, Yong, Peñuelas, J., Zhao, Y., Sardans, J., Tetzlaff, D., Liu, Jian, Liu, X., Yuan, H., Li, Yanyan, Chen, J., Wu, J., 2023. Soil ecological stoichiometry synchronously regulates stream nitrogen and phosphorus concentrations and ratios. *Catena (Amst)* 231, 107357. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2023.107357>
- Osman, H.M., Arslan, H., 2022. Response of leaf nutrients, yield, growth parameters, and evapotranspiration of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) to shallow and saline groundwater depths. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(11), 2138–2153. <https://doi.org/10.1080/03650340.2022.2140144>
- Singh, A., 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use Manag.* 38, 39–67. <https://doi.org/10.1111/SUM.12772>
- Sperling, O., Perry, A., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U., Hochberg, U., 2024. Potassium deficiency reduces grapevine transpiration through decreased leaf area and stomatal conductance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 208, 108534. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2024>
- Subrata, B.A.G., Kiremit, M., Öztürk, E., Arslan, H., Sezer, İ., Akay, H., 2022. Evaluation of the directly and indirectly effects of the morpho-physiological traits of sweet corn seedlings on yield with structural equation modeling partial least square (SEM-PLS) Approach. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8, 79–91. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1000535>
- Takma, Ç., Gevrekçi, Y., Hızlı, H., 2023. Statistical analysis in agricultural research, 1st Edition ed. Holistence Publications, Çanakkale, Türkiye.

- Ünlükara, A., Kurunç, A., Cemek, B., 2015. Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21, 167. <https://doi.org/10.15832/tbd.82317>.
- Vaughan, M.M., Block, A., Christensen, S.A., Allen, L.H., Schmelz, E.A., 2018. The effects of climate change associated abiotic stresses on maize phytochemical defenses. *Phytochemistry Reviews*, 17, 37–49. <https://doi.org/10.1007/S11101-017-9508-2/FIGURES/2>.
- Wang, X.C., Liu, R., Luo, J. nan, Zhu, P. fei, Wang, Y. sheng, Pan, X.C., Shu, L.Z., 2022. Effects of water and NPK fertigation on watermelon yield, quality, irrigation-water, and nutrient use efficiency under alternate partial root-zone drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 271, 107785. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2022.107785>.
- Wang, Y., Zhang, X., Chen, J., Chen, A., Wang, L., Guo, X., Niu, Y., Liu, S., Mi, G., Gao, Q., 2019. Reducing basal nitrogen rate to improve maize seedling growth, water and nitrogen use efficiencies under drought stress by optimizing root morphology and distribution. *Agric. Water Manag.* 212, 328–337. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2018.09.010>.
- Wei, H., Geng, X., Zhu, W., Zhang, Xiang, Zhang, Xubin, Chen, Y., Huo, Z., Xu, K., Zhou, G., Meng, T., Dai, Q., 2023. Individual and combined influences of salinity and drought stress on the agro-physiological traits and grain yield of rice. *Field Crops Res* 304, 109172. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2023.109172>.
- Yaghoubi Khanghahi, M., Leoni, B., Crecchio, C., 2021. Photosynthetic responses of durum wheat to chemical/microbiological fertilization management under salt and drought stresses. *Acta Physiol. Plant.* 43, 1–14. <https://doi.org/10.1007/S11738-021-03289-Z/TABLES/4>.
- Ye, T., Ma, J., Zhang, P., Shan, S., Liu, L., Tang, L., Cao, W., Liu, B., Zhu, Y., 2022. Interaction effects of irrigation and nitrogen on the coordination between crop water productivity and nitrogen use efficiency in wheat production on the North China Plain. *Agric. Water Manag.* 271, 107787. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2022.107787>.
- Yue, Q., Guo, P., 2021. Managing agricultural water-energy-food-environment nexus considering water footprint and carbon footprint under uncertainty. *Agric. Water Manag.* 252, 106899. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2021.106899>.
- Yurtseven, E., Kesmez, G.D., Ünlükara, A., 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*). *Agric. Water Manag.* 78, 128–135. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2005.04.018>.
- Zou, H., Fan, J., Zhang, F., Xiang, Y., Wu, L., Yan, S., 2020. Optimization of drip irrigation and fertilization regimes for high grain yield, crop water productivity and economic benefits of spring maize in Northwest China. *Agric. Water Manag.* 230, 105986. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2019.105986>.

