



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 38 Sayı/Issue: 1 Şubat/February: 2023



e-ISSN: 1308-8769

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

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ
DERGİSİ**

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES



e-ISSN: 1308-8769

Volume/Cilt: 38 Issue/Sayı: 1

Şubat / February 2023

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. Yayın 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
2023 Cilt: 38 Sayı: 1

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Adına Sahibi /
Owner on behalf of Ondokuz Mayıs University
Prof. Dr. Yavuz ÜNAL
Rektör / Rector

Baş Editör / Chief Editor
Doç. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Editörler / Editors
Prof. Dr. Deniz EKİNCİ
Prof. Dr. Orhan DENGİZ
Doç. Dr. Alper TANER
Doç. Dr. Aydın ALTOP
Dr. Attila SALAMON
Dr. Mehmet TÛTÛNCÛ
Dr. Alfadhl Yahya KHALED
Dr. Maria DATTEANA
Dr. Dinu GAVOJDIAN

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

e-ISSN: 1308-8769
2023 Volume: 38 Issue: 1

İstatistik Editörü / Statistic Editor
Prof. Dr. Kamil ALAKUŞ

Mizanpaj/Layout
OMÜ Yayın Koordinatörlüğü

Mizanpaj Editörü / Layout Editors
Özlem TEKİNER

Katkıda Bulunanlar / Contributors
Derya YAVUZ

Yayın Yeri ve Tarihi/Publication Place and Date
Samsun, Şubat / February 2023

YAYIN DANIŖMA 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 ŖAHİN
Yeditepe Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ŖAHİN
Ahi Evran Üniversitesi/KırŖehir

Prof. Dr. Süleyman KODAL
Ankara Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Murat ŖENTRK
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 MIHALİKOVA
Czech University of Life Sciences/Czech Republic)

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

Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Kağan KÖKTEN
Bingöl Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Ŗenay ŖİMŖEK
North Dakota State University/USA

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makalesi/Research Article

Yield and Yield Components of Wheat as Affected by Weed Control of Common Mallow with Apyrus and Othello Herbicides..... 1-18

Apyrus ve Othello Herbisitleri ile Ebegümeçi Yabancı Ot Kontrolünden Etkilenen Buğdayın Verim ve Verim Bileşenleri

Fathieh NABHANİ, Shapour LORZADEH

Azot ve Fosfor Gübrelenmesinin Mera Otunun Makro ve Mikro Element İçeriğine Etkisi 19-32

The Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Macro and Micro Element Content of Pasture Grass

Erdal ÇAÇAN, Kağan KÖKTEN

Factors Affecting Consumers' Organic Agricultural Products Preferences in Turkey 33-52

Türkiye'de Tüketicilerin Organik Tarım Ürünleri Tercihini Etkileyen Faktörler

Başak AYDIN, Murat DOĞU, Ayten Aşkın KILINÇ, Sunay DEMİR, Bülent TARIM, Duygu AKTÜRK, Filiz PEZİKOĞLU, Volkan BURUCU, Mustafa ASLAN

Modeling of Climatic Variables Using Stochastic Approaches in Sudan.. 53-68

Sudan'da stokastik yaklaşımlar kullanılarak iklimsel değişkenlerin modellenmesi

Mawadda. A. M. ABDALLAH, Bilal CEMEK

Farklı Şekillerde Yapılan Kalsiyum Uygulamalarının 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Meyve Kalitesine Etkileri 69-80

Different Calcium Applications Effects on Fruit Quality of 0900 Ziraat

Sultan Filiz GÜÇLÜ, Merve DEMİR, Fatma KOYUNCU, Funda ÖZÜSOY

Bazı Yaygın İnsektisitlerin Domates (*S. Lycopersicon L.*) Bitkisinde Lipid Peroksidasyon ve Antioksidatif Sistem Üzerine Etkileri..... 81-98

*Effects of Some Common Insecticides on Lipid Peroxidation and Antioxidative System in Tomato (*S. lycopersicon L.*)*

Sümeyra YAKAR, Atilla Levent TUNA

Fındık Üretim Alanlarında Bitki Koruma İlaçlarını Uygulayan Operatörlerin Risk Algı Düzeylerinin Saptanması..... 99-116

Determination of the Risk Perception Levels of Operators Who Use Pesticide in Hazelnut Production Areas

Emin TAYLAN, Ali BAYAT

Türkiye’de Biberde Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Belirlenmesi. 117-130*Determination of Viruses Infecting Pepper in Turkey***İlyas DELİGÖZ, Abdullah BALTACI, Nejla ÇELİK, Sabriye ÖZDEMİR, Nesrin UZUNOĞULLARI, Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ****Characterization of White, Yellow, Red, and Purple Colored Corns (Zea Mays Indentata L.) According To Bio — Active Compounds and Quality Traits 131-144***Beyaz, Sarı, Kırmızı ve Mor Renkli Mısırların (Zea Mays Indentata L.) Biyo — Aktif Bileşenler ve Kalite Özellikleri Bakımından Karakterizasyonu***Elif ÖZDEMİR, Rahime CENGİZ, Bayram SADE****Yozgat İli Arıcılık Yapısının ve Arıcılık Faaliyetlerinin Belirlenmesi. 145-162***Determination of Structure of Beekeeping and Beekeeping Activities in Yozgat***Elif CİLAVDAROĞLU, Zekiye GÜNDÜZ****Effect of Diazepam on the Developmental Parameters of Musca Domestica 163-172***Diazepamın Musca Domestica'nın Gelişimsel Parametreleri Üzerine Etkisi***Meltem KÖKDENER****Antalya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen 4 Avokado (Persea americana Mill.) Çeşidinin Meyve Özellikleri ile Farklı Dokularının Bazı Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi 173-186***Determination of Fruit Characteristics and Some Biochemical Contents of Different Tissues of 4 Avocado (Persea americana Mill.) Cultivarss Grown in Antalya Ecological Conditions***Civan ÇELİK, Selçuk BİNİCİ, Adnan Nurhan YILDIRIM, Bekir ŞAN, Fatma YILDIRIM, Süleyman BAYRAM****Kurutma Yöntemi ve Sıcaklık Değerlerinin Mor Reyhanın Kuruma Kinetiği ve Renk Kalitesi Üzerine Etkisi. 187-198***The Effect of Drying Method and Temperature Values on Drying Kinetics and Color Quality of Purple Basil***Burcu AKSÜT, Emircan DİNÇER, Onur SARAÇOĞLU, Hakan POLATCI****Characterization of Catalase Enzyme from Leaf Tissue of Aronia (Aronia melanocarpa) Plant 199-208***Aronia (Aronia Melanocarpa) Bitkisinin Yaprak Dokusundan Katalaz Enziminin Karakterizasyonu***Ömer TAŞ, Betül MITROVIĆA, Deniz EKİNCİ**

Evaluation of Greenhouse and Field Performances of Depar F1 Tomato Variety Grafted on Different Rootstocks 209-220

Farklı Anaçlar Üzerine Aşıl原因an Depar F1 Domates Çeşidinin Sera ve Açıktaki Performanslarının Değerlendirilmesi

Aslıhan ÇİLİNGİR TÜTÜNCÜ, Andaç Kutay SAKA, Abdurrahman AY, Mehtap ÖZBAKIR ÖZER, Harun ÖZER

İskorpit Balığı Solungaç Dokusundan Glutatyon Redüktaz Enziminin Saflaştırılması ve Metal İnhibisyonunun İncelenmesi. 221-233

Purification and Metal Inhibition of Glutathione Reductase Enzyme from Gill Tissue of Scorpion Fish

Kübra IŞIK, Ercan SOYDAN



Yield and Yield Components of Wheat as Affected by Weed Control of Common Mallow with Apyrus and Othello Herbicides

Apyrus ve Othello Herbisitleri ile Ebegümeci Yabancı Ot Kontrolünden Etkilenen Buğdayın Verim ve Verim Bileşenleri

Fathieh NABHANI¹, Shapour LORZADEH²

¹Islamic Azad University, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar Branch, Shoushtar, Iran
• fathiehnabhani@gmail.com • ORCID > 0009-0008-0741-7809

²Islamic Azad University, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar Branch, Shoushtar, Iran
• lorzadeh42@gmail.com • ORCID > 0000-0002-0075-5417

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 22 Aralık / December 2021

Kabul Tarihi / Accepted: 20 Mayıs / May 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 1-18

Atıf/Cite as: Nabhani, F., Lorzadeh, S. "Yield and yield components of wheat as affected by weed control of common mallow with Apyrus and Othello herbicides" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(1), February 2023: 1-18.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Fathieh NABHANI

YIELD AND YIELD COMPONENTS OF WHEAT AS AFFECTED BY WEED CONTROL OF COMMON MALLOW WITH APYRUS AND OTHELLO HERBICIDES

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of various concentrations of Apyrus and Othello herbicides on the common mallow weed control and their possible negative effect on wheat yield in 2017-18 in Ahwaz, Iran. The treatments were Othello at concentrations of 1.25, 1.5, and 1.75 L/ha and Apyrus at 24.6, 26.6, and 30.6 g/ha. Results showed that herbicide treatments significantly reduced common mallow weed density and dry weight after spraying (15 and 30 days after application). Best results in reducing the common mallow weed density and dry weight were recorded in 30.6, 26.6 g/ha of Apyrus, and 1.75 and 1.5 L/ha of Othello. The effect of treatments was also significant on wheat plant height, spike number per plant, grain number per spike, 1000-grain weight, biological yield, and grain yield. The highest wheat grain yield (4359 kg/ha) was obtained in no-weed control, and among the herbicide treatments, the highest wheat grain yield (3981 kg/ha) was obtained by 1.75 L/ha of Othello, followed by 26.6 g/ha of Apyrus; while, these yields were not significantly different. Therefore, to control the broadleaf common mallow weed in wheat fields by using Apyrus herbicide, a lower dose of this herbicide (dose of 26.6 g/ha) could be used. Also 1.75 L/ha is a more acceptable application rate for Othello herbicide to control the common mallow weed in wheat fields.

Keywords: Mesosulfuron Methyl, Iodosulfuron Methyl Sodium, Diflufenican, Sulfosulfuron, Wheat Grain Yield, Common Mallow Weed Control.



APYRUS VE OTHELLO HERBİSİTLER İLE EBEGÜMECİ YABANCIOTUN KONTROLÜNDEN ETKİLENEN BUĞDAYIN VERİM VE VERİM BİLEŞENLERİ

ÖZ:

Bu çalışma, Apyrus ve Othello herbisitlerinin çeşitli konsantrasyonlarının yaygın ebegümeçi otu kontrolü üzerindeki etkisini ve bunların buğdayın verimi üzerindeki olası olumsuz etkilerini ortaya koymak amacıyla 2017-18 yıllarında İran, Ahwaz'da yürütülmüştür. Othello'da 1.25, 1.5 ve 1.75 L/ha ve Apyrus'da 24.6, 26.6 ve 30.6 g/ha'da konsantrasyonlarında uygulamalar yapıldı. Herbisit uygulamalarının, püskürtmeden sonra (uygulamadan 15 ve 30 gün sonra) yaygın ebegüme-

ci ot yoğunluğunu ve kuru ağırlığı önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Yaygın ebegümeçi ot yoğunluğunu ve kuru ağırlığı azaltmada en iyi sonuçlar Apyrus'ta 30.6, 26.6 g/ha ve Othello'da 1.75 ve 1.5 L/ha'da belirlenmiştir. Ayrıca buğday bitki boyu, bitki başına başak sayısı, başaktaki tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, biyolojik verim ve tane verimi üzerine uygulamaların etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. En yüksek tane verimi (4359 kg/da) yabancı otsuz mücadeleden elde edilirken herbisit uygulamalarında ise aralarında istatistiksel olarak fark olmamakla birlikte en yüksek tane verimi (3981 kg/da) 1,75 L/da ile Othello'dan ardından da 26,6 g/ha ile Apyrus'tan elde edilmiştir. Bu nedenle, buğday tarlalarındaki geniş yapraklı ebegümeçi otunu kontrol etmek için Apyrus'un daha düşük bir dozunun (26.6 g/ha doz) kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca buğday tarlalarındaki yaygın ebegümeçi otunu kontrol etmek için Othello'nun 1,75 L/ha dozunun daha kabul edilebilir bir uygulama oranı olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mezosülfuron Metil, İyodosülfuron Metil Sodyum, Diflufenikan, Sülfosülfuron, Buğday Tanesi Verimi, Yaygın Ebegümeçi Ot Kontrolü.



1. INTRODUCTION

Wheat (*Triticum aestivum* L.), the most important crop and human food source, is one of the first plants cultivated by humans (Godarzi and Fathi 2006). Several factors, such as weeds, effectively reduce the yield of agricultural production (Eskandari and Alizadeh-Amraie 2016). Common mallow (*Malva neglecta*) is a winter annual or biennial weed of the Malvaceae family propagated by seeds; the other names of this weed are cheese-weed, cheese-plant, dwarf mallow, button-weed, and round-leaf mallow (Lorzadeh 2009), and in recent years it has spread widely in Khuzestan Province (Iran). It is becoming a problematic weed in this region. There is no registered or recommended herbicide for chemical control of this weed, and there is little information on how herbicides affect this weed. Therefore, in addition to investigating the chemical control of this weed, it is necessary to study the agronomic response of wheat to herbicides.

It seems that one of the most important reasons for the increase in the common mallow population in wheat fields of Khuzestan Province of Iran is the continuous use of herbicides Tribenuron methyl and Clodinofof propargyl, which in many cases has led to herbicide resistance (Makenaly and Minbashi 2013). The alternative herbicide application is one of the proper approaches to reducing herbicide resistance (Hajiabae et al. 2021). Although there is no report on herbicide resistance in this weed, if there is resistance in this weed, it can be investigated by conducting this study via different doses of herbicides.

In this study, two herbicides, i.e. Apyrus and Othello, were investigated as alternative options provided for farmers, especially in the fields where herbicide resistance could occur in the future. ALS (Acetolactate Synthase) inhibitors, such as Apyrus herbicide (Sulfosulfuron), are the major dual-purpose registered herbicides for wheat fields and are used for the chemical management of herbicide-resistant weeds (Zand et al. 2012). Apyrus is a selective, systemic herbicide belonging to the sulfonylurea group, and it is used as a post-emergence herbicide (Baghestani et al. 2007). Othello (mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl sodium + diflufenican) is a selective, systemic, post-vegetative herbicide and belongs to the sulfonylurea group that controls broadleaf and narrow-leaf weeds. The mode of action for mesosulfuron methyl and iodosulfuron methyl sodium is to prevent the production of the enzyme esthydroxy acetate. Also, diflofenic acid prevents the construction of phytoene dehydrogenase (Ghassam et al. 2017).

This study's objective was to investigate the effect of two herbicides on mallow weed control and their possible side effects on wheat. Dual-purpose herbicide should be used to compare and provide appropriate ways to chemical control wheat weeds while having no adverse effect on wheat yield.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Location

To study the efficacy of different concentrations of Apyrus and Othello herbicides on common mallow weed control wheat yield under Ahwaz climate conditions (southwest of Iran), an experiment was conducted in the 2017-2018 growing season. With a latitude of 31°20' North and longitude of 48°41' east, Ahwaz city is located about 20 meters above sea level.

2.2. Treatments

A randomized complete block design with eight treatments and three replications was used in the study. The treatments were Othello® (Mesosulfuron methyl (0.75%)+ iodosulfuron methyl sodium (0.25%)+ diflufenican (5%) + mefenpyr-diethyl (2.25%), OD 8.25%, Bayer science, Germany) at concentrations of 1.25, 1.5, and 1.75 L/ha and Apyrus® (Sulfosulfuron, DF 75%, Bayer Company, Germany) (at concentrations of 24.6, 26.6, and 30.6 g/ha); while weed-free control and weed-infested control were included. Doses of herbicides were selected based on the recommended dose so that 25% lower than recommended dose was determined as the first dose, recommended dose as the second dose, and 25% higher than the recommended dose as the third dose of each herbicide. The herbicide application was carried out uniformly using a lanced 16-L MATABI Elegant Sprayer,

with a nozzle 8002, pressure 240 kPa, and also at the common time of herbicide application in the region.

2.3. Field Operations

Spring wheat local cultivar called Chamran (Attila) was the selected cultivar for the experiment. Before planting, the base fertilizing included: 130 kg/ha Azot (46% Nitrogen), 200 kg/h triple superphosphate fertilizer (43-44% P₂O₅), and 80 kg/h potassium sulfate (53% K₂SO₄) was applied according to the soil test results (Table 1). The first irrigation was done after planting, and the next irrigations were based on the plant's water needs.

Table 1. Soil characteristics in 0-30 cm depth of field soil and fertilizer application details in experiment.

Texture	pH	E.C. (dS m ⁻²)	Organic C (%)	Total N (%)	mg kg ⁻¹					
					P	Total K	Fe	Mn	Zn	B
Silty-loam	7.7	0.71	1.01	0.16	12.92	222	5.18	4.31	0.61	3.24

2.4. Sampling

Sampling and evaluation of mallow weed were before herbicide application, 15 days, and 30 days after herbicide application. Weed counting and sampling were performed in the middle of the each plot in an area of one square meter using a 50 x 50 cm quadrat. The weed samples were placed in an oven at 70 °C in the laboratory for 48 hours, and after drying, all samples were weighed with a digital scale. Evaluated factors for wheat were the weight of the aerial part, yield and yield components, grain number per spikelet, 1000-grain weight, grain yield, biological yield, and harvest index. Wheat grain yield, biological yield, and harvest index were calculated by following formulas:

$$\text{Grain yield (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Grain yield (kg) subplot}^{-1}}{\text{Area sub plot}^{-1}} \times 1000$$

$$\text{Biological yield (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Biological yield (kg) subplot}^{-1}}{\text{Area sub plot}^{-1}} \times 1000$$

$$\text{Harvest index (H.I)} = \text{Grain yield/Biological yield}^{-1} \times 100$$

2.5. Data Analysis

Data were analyzed using SAS software Ver. 9.3 (SAS, 2008) and variance analysis and mean comparison were performed. Then, the Duncan method was used as a post hoc test at a 99% confidence level. Microsoft Excel (2010) software was used for graph drawing.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Mallow Weed

Obtained results showed that the effect of herbicide treatments on the density of mallow weed was significantly reduced after 15 and 30 days. Also, the herbicides' effect on the weed dry weight was significant after 15 and 30 days.

3.1.1. Mallow Weed Density

The mean comparison for the effect of experimental treatments on mallow density, 15 and 30 days after herbicides application, showed that the best treatment was Apyrus herbicide at the dose of 30.6 gr/ha with a 62.8% weed reduction. Application the 1.75 and 1.5 L/ha of Othello reduced weed percentages to 60.2% and 59.8%. Also, obtained results showed no significant differences between herbicides in three doses. The lowest effect was obtained at 1.25 L/ha of Othello herbicide (19% reduction), which was not significantly different from 24.6 g/ha of Apyrus (26.5% reduction) (Figure 1).

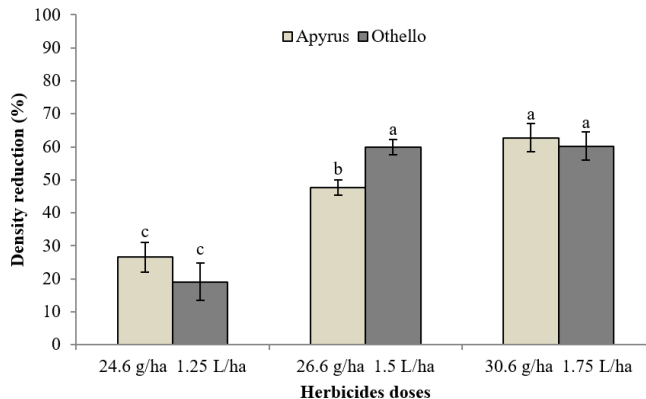


Figure 1. The effect of Apyrus and Othello herbicides on mallow weed density 15 days after spraying

After 30 days, Apyrus in 30.6 g/ha concentration was the most effective treatment, reducing the weed density by 99%. However, it has no significant difference with Othello in 1.5 and 1.75 L/ha and Apyrus itself at 26.6 g/ha, leading to 92.8, 94.2, and 93.4 percent of reduction. After 30 days, 1.25 L/ha of Othello was the least effective against the weed and reduced its density by 39% (Figure 2).

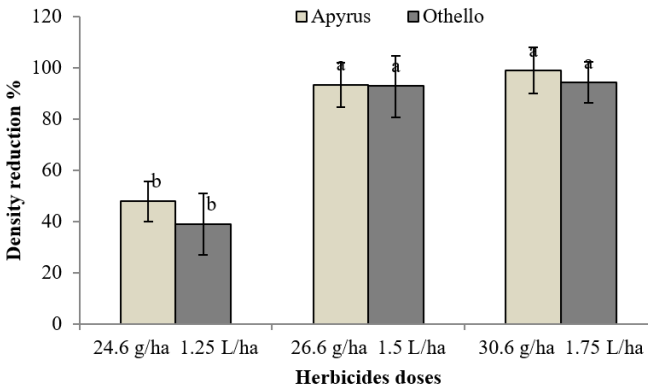


Figure 2. The effect of Apyrus and Othello herbicides on mallow weed density 30 days after spraying

In a study by Lotfi Mavi et al. (2015), found out that 1.6 L/ha of Othello herbicide, in 30 days after spraying, reduced the density of wild oat (*Avena ludoviciana*) by over 85%; however, at the doses of 2 and 1.2 L/ha, this herbicide had no statistically significant difference with 1.6 L/ha. It seems that the non-significant effect of this herbicide was due to the inadequate time length of investigation since this investigation could be 60 to 90 days after herbicide application. In an experiment, the 1.6 and 2 L/ha doses of Othello reduced wild oat density by 90% (Sharifi Ziwe et al. 2016). According to another study, Apyrus in doses of 26.6 and 33.2 g/ha controlled wild mustard (*Sinapis arvensis*) in wheat fields at Moghan, Iran (Karbalaee Khiavi and Baghestani, 2014). The study by Hesami et al. (2007) found that Apyrus controlled the wheat weeds in the 30 gr/ha dose application.

3.1.2. Mallow Weed Dry Weight

The effect of herbicide treatments on the dry weight of mallow weed 15 days after spraying showed that Apyrus at 30.6 g/ha had a significant effect on this trait, reducing it by 72.3%. There was no significant difference between 26.6 g Apyrus and 1.5 and 1.75 L/ha of Othello. The lowest dry weight reduction of this weed (25.5%) was obtained in Othello herbicide at 1.25 L/ha (Figure 3).

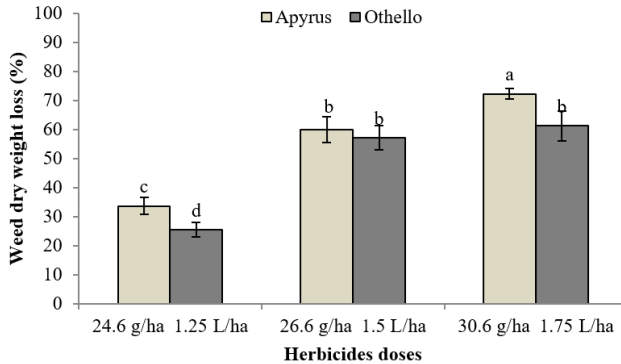


Figure 3. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the dry weight of mallow weed, 15 days after spraying

The mean comparison for the effect of different herbicides on the dry weight of mallow weed 30 days after spraying showed that Apyrus herbicide at 30.6 g/ha reduced the dry weight of this weed by more than 98%. After that, Othello (1.75 L/ha) and Apyrus (26.6 g/h) and again Othello (1.5 L/ha) reduced the dry weight of mallow weed by 91.8%, 90.7%, and 88.6%, respectively. Post hoc tests showed that these doses were significantly different. By decreasing both herbicides' doses, their effectiveness was also reduced so that the lowest percentage of dry weight loss of mallow weed (44.4%) was observed in Othello at 1.25 L/ha (Figure 4).

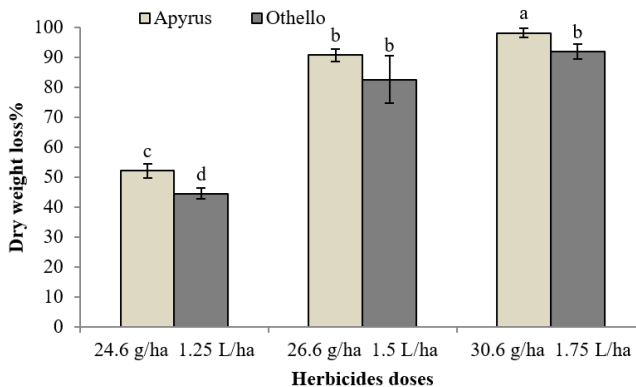


Figure 4. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the dry weight of mallow weed 30 days after spraying

A study showed that Apyrus at 24, 27, and 30 g/ha reduced the weeds' dry weight by 78.1%, 80.6%, and 84.5%, respectively, after two weeks of spraying. There was no significant difference between 27 and 30 gr/ha doses (Malekian and Ghadiri 2016). Their study's result does not agree with the results of the present study since, in this study, 24.6 and 26.6 g/ha of Apyrus did not show a significant difference. This mismatch could be because of the weed species. In the study by Malekian and Ghadiri (2016), weeds were included *Hordeum spontaneum*, *Setaria viridis*, and *Descurainia sophia*. Also, the climate differences should not be omitted.

Bazoo et al. (2007) reported that Apyrus at a 30 g/ha dose caused a significant reduction in the dry weight of *Sinapis arvensis*, which was similar to the results of this study. They investigated the effect of broadleaf herbicides on the wild mustard control in the wheat field, and the results confirmed the current study.

3.2. Wheat Traits

Based on obtained results, the effect of herbicide treatments on the weed plant height reduction was significant. Also, herbicides' effect on the number of fertile spikes was significant. The effect of herbicides on the grain number per spike was significant.

Obtained results showed that the herbicides' effect was significant on wheat 1000-grain weight and biological yield. Finally, herbicides reduced wheat grain yield and harvest index significantly.

3.2.1. Wheat Plant Height

Mean comparisons showed that although the highest wheat plant height (94 cm) was obtained in the weed-free control treatment; however, Othello at 1.5 and 1.75 L/ha and Apyrus at 26.6 and 30.6 g/ha (with a wheat plant height of 93.2, 90.3, 92.9, and 88.8 cm, respectively) showed non-significant difference with the recorded maximum. Obtained wheat plant heights in Apyrus 24.6 g/ha (81.9 cm) and Othello 1.25 L/ha (79.3 cm) were not significantly different from weed-infested control (76.1 cm) (Figure 5).

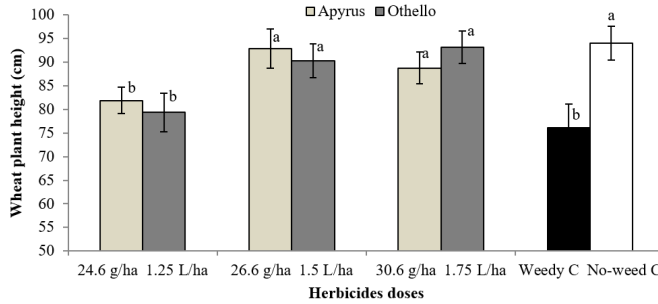


Figure 5. The effect of Apyrus and Othello herbicides on wheat plant height

Hesami et al. (2007) stated that herbicide application increases the efficiency of nutrient consumption in wheat and, consequently, the wheat plants' height also grows by decreasing the competition between weeds and wheat plants for nutrients, light, water, and space. Our study showed similar results and confirmed their idea. Control of mallow weed can eliminate the competition between wheat and this weed, and it creates suitable conditions for the growth of the wheat stalk. Despite this, weed competition with wheat reduced its growth in the control (without weeding). Sulfonylurea herbicides provide various herbicides for wheat fields, but the rapid resistance of weeds to these herbicides (after five years of repeated use) should be in herbicidal rotation (Zand et al. 2007). In this experiment, Othello herbicide in doses of 1.5 and 1.75 L/ha significantly decreased the mallow weed dry weight and density. Accordingly, this herbicide can be used alternately with other herbicides with a different site of action and in replacement with the same family's herbicides, including Apyrus. Also, the dose of 26.6 g/ha of Apyrus herbicide has been able to control the density and dry weight of cheese weed favorably, and the consumption of this herbicide can be reduced from 30.6 to 26.6 g/ha.

3.2.2. Number of Fertile Wheat Spike

The number of fertile wheat spikes in the no-weed control was 398.9, which was 1.75 L/ha with Othello, and there was no significant difference between this treatment and 26.6 g/ha in the case of the number of fertile wheat spikes. Doses of 1.25 L/ha of Othello and 24.6 g/ha of Apyrus caused 304.7 and 316.7 fertile spikes/m², respectively. It was 286.2 spikes/m² in weed control (Figure 6).

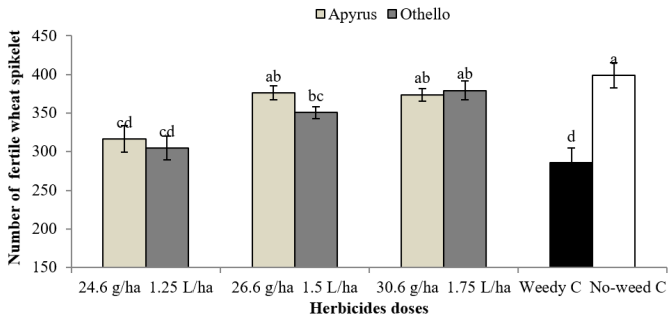


Figure 6. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the number of fertile wheat spikelet

Jafar-Nejad and Rahimian (2003) showed that wheat competition with weeds reduced the number of fertile wheat spikes. According to Noroouzi et al. (2003), *Avena iudoviciana*, *Salsola kali*, and *Rapistrum rugosum* weeds significantly reduced the number of fertile wheat tillers. Reducing interspecific competition and reducing plant losses increase the fertility percentage of tillers, and as a result, the number of fertile spikes/m² increases (Seyed-Masoom et al. 2012).

In a report by Ariannia et al. (2010), weeds' chemical control increased the number of fertile spikes in wheat compared to weed control. In this experiment, the application of Othello and Apyrus herbicides' effective doses caused optimal weed control and consequently reduced competition between weeds and wheat plants, which also positively affected the number of fertile wheat spikes.

3.2.3. Seed Number Per Spikelet

Studying the effect of applying different levels of herbicide on wheat showed that the highest grain number per spikelet was obtained in the no-weed control (38.4), followed by Othello at 1.75 (35.9), Apyrus at 26.6 (34.8), Othello at 1.5 L/ha (33.2), and Apyrus at 30.6 g/ha (33.1), respectively. There was no significant difference between them (Figure 7).

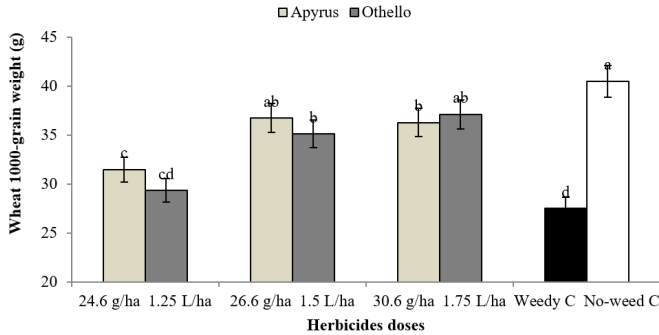


Figure 7. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the grain number per spikelet

Weeds presence limits available nutrient resources for wheat; therefore, in conditions where moisture, nutrients, and other growth factors are limited for wheat, a small number of tillers will develop (Thiry et al. 2002). Accordingly, the number of grains on wheat spikes decreases significantly. Our results showed that eliminating these restrictions through Othello and Apyrus played an essential role in improving fertile spike production and the grain number per spike of wheat.

3.2.4. 1000-Grain Weight Of Wheat

The mean comparison for the effect of experimental treatments on the 1000-grain weight of wheat showed that the highest amount (38.37 g) was obtained in no-weed control. It was not significantly different from Othello in 1.75 L/ha (35.97 g) and Apyrus in 26.6 (34.84 g) and 30.6 g/ha (33.14 g), respectively. The lowest 1000-grain weight (20.43 g) was in weed control (Figure 8).

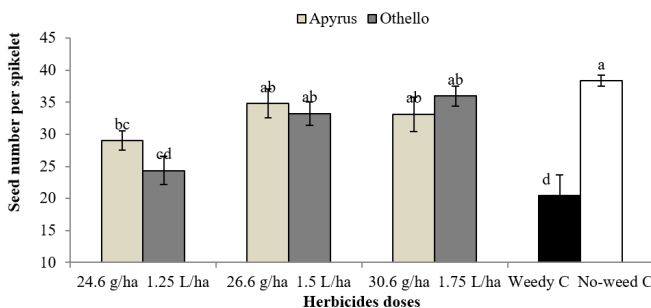


Figure 8. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the 1000-grains of wheat

Reducing the application dose of Apyrus and Othello herbicides to 24.6 g/ha and 1.25 L/ha have reduced the ability of these herbicides to improve the wheat's 1000-grains weight; while other doses of these herbicides by eliminating the effects of mallow weed competition with wheat plants have increased the wheat 1000-grain weight compared to no-weed control.

3.2.5. Biological Yield

Comparing various treatments showed that the highest wheat biological yield was in no-weed control (13158 kg/ha), which was not significantly different from the Apyrus in 26.6 and 30.6 g/ha (12750, 12203 kg/ha, respectively) and Othello at a rate of 1.75 L/ha (12433 kg/ha). The lowest wheat biological yield (7049 kg/ha) was observed in weed control (Figure 9).

In weedy control, mallow competition with wheat reduced its vegetative growth and reduced wheat's dry matter. By shading, weeds prevent light radiation from entering the crop's canopy and reduce biomass (Ebrahimpour et al. 2006). Spraying with herbicides and appropriate doses suppresses weeds, thus providing favorable conditions for crop growth and increasing its competitiveness and utilization of available resources, which ultimately causes decreased dry weight and weed height and increased dry matter production of the crop (Baghestani et al. 2007).

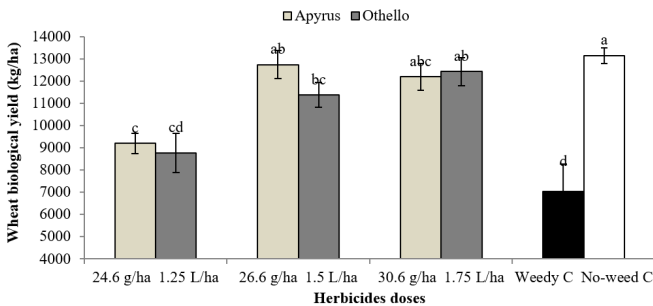


Figure 9. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the biological yield

It is noteworthy that although Apyrus in 30.6 g/ha was able to reduce the density and dry weight of mallow weed more than 26.6 g/ha; however, it did not show this effect in increasing the biological yield of wheat. It can be said that the use of 26.6 g/ha has ultimately played a more influential role in increasing wheat biomass.

3.2.6. Grain Yield

Mean comparisons for various herbicides on wheat showed that wheat's highest grain yield was in the no-weed control (4359 kg/ha). After that, there were Othello in 1.75 L/ha (3981 kg/ha) and Apyrus in 26.6 (3959 kg/ha), and 30.6 gr/ha (3866 kg/ha) respectively. The lowest grain yield of wheat was 1881 kg/ha observed in weed control, while it was not significantly different from Othello in 1.25 L/ha (Figure 10).

In Esmaili et al. (2011), Apyrus caused optimal control of wild oat weed and increased wheat yield by more than 30% compared to the control. Ariannia et al. (2011) also reported an increase in wheat yield in herbicide treatment compared to the control treatment. In the study by Hesami et al. (2007), the highest grain yield in wheat was obtained in Apyrus treatment, and there was a significant difference with other herbicides used. Bazoo et al. (2007) reported that Apyrus 30 g/ha significantly increased wheat yield compared to the control. Although, in Karbalaei Khiavi and Baghestani's (2014) experiment, 33.2 and 26.6 g/ha of Apyrus controlled the wild mustard broad-leaved weed of wild mustard (*S. arvensis*) in wheat fields; however, the dose of 26.6 g/ha of this herbicide was the most appropriate dose to control this broadleaf weed.

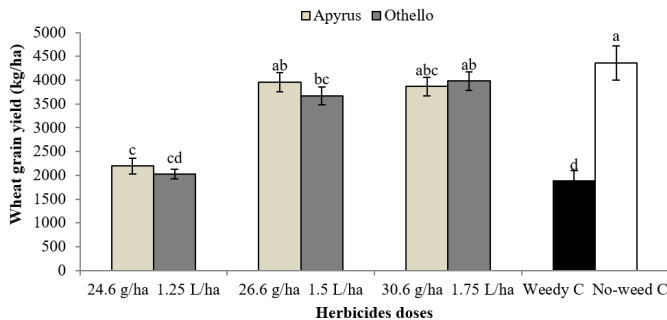


Figure 10. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the grain yield

According to Birgani et al. (2007), the application of Apyrus in 26.6 g/ha in the early stages of wheat tillering increased wheat yield by 22%, while no vegetation effects were observed on wheat. In the study conducted by Kelley et al. (2003), 35, 70, and 140 g/ha Apyrus showed that it reduces the yield by 6, 18, and 24%, respectively. Application of selective herbicides in the early stages of weeds and crop growth by eliminating weeds is a good stimulant for wheat growth because the ability of weeds to absorb nutrients is often more significant than that of crops, in which case the weeds are not able to use the fertilizer used, and the competitive advantage to crop profits will change (Rahsepar et al. 2011).

3.2.7. Harvest Index

Results showed that the highest harvest index of wheat (33.1%) was achieved in no-weed control. There was no significant difference between Apyrus herbicide at doses of 26.6 and 30.6 g/ha and Othello at doses of 1.75 and 1.5 L/ha (31.1, 31.4, 32, and 32.3%, respectively). The lowest harvest index of wheat was obtained in Othello herbicide treatment at a dose of 1.25 L/ha (23.14%), which was not significantly different from Apyrus 24.6 g/ha (23.91%) (Figure 11).

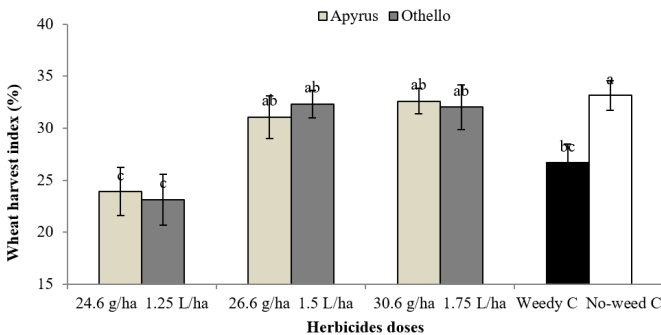


Figure 11. The effect of Apyrus and Othello herbicides on the harvest index

4. CONCLUSION

The results showed that the effect of treatments was significant on wheat plant height, spike number per plant and grain number per spike, 1000-grain weight, biological yield and grain yield of wheat. The highest grain yield of wheat was obtained in no-weed control (4359 kg/ha), and in herbicide treatments (3981 kg/ha) was obtained in 1.75 L/ha of Othello, followed by 26.6 g/ha of Apyrus; while these yields were not significantly different. Othello herbicide at the dose of 1.75 compared to the dose of 1.5 L/ha, although it was superior in reducing the dry weight of common mallow and was in a higher statistical group, in reducing the density of this weed, there was no statistical difference. Compared to the dose of 1.25 L/ha in reducing common mallow weed density and dry weight, this herbicide was more than 50% superior. Therefore, increasing the dose of Othello herbicide from 1.5 to 1.75 L/ha does not cause significant control of this weed, but reducing the dose of this herbicide from 1.5 to 1.25 L/ha significantly reduces the effectiveness. This is also true for different doses of the herbicide Apyrus in the experiment, as increasing the dose from 26.6 g/ha to 30.6 g/ha gives the herbicide a 6 to 7% advantage in controlling the common mallow weed. However, reducing its application to the dose of 24.6 g/ha reduces the efficiency of this herbicide in controlling common mallow by more than 40%. Chemical control of common mallow weed by these

herbicides removes the limited access to growth resources for wheat created by competition with the weed and creates the conditions for the production and development of tiller, fertile spike, and grain increase in wheat spike.

In general, it could be stated that when common mallow weed is not controlled in wheat fields (weed infested control) compared to when complete weed control is done during the season (weed-free control), wheat grain yield has decreased by 56.9%. The application of adequate doses of Othello and Apyrus herbicides and reasonable control of common mallow weed also significantly increased the final yield of wheat.

In this study, Othello herbicide at doses of 1.75 and 1.5 L/ha, although they were able to control the density and dry weight of common mallow weed properly, the dose of 1.75 L/ha increased wheat grain yield to a greater extent than the increase resulted by the dose of 1.5 L/ha. Therefore, 1.75 L/ha is a more acceptable application rate for Othello herbicide to control the common mallow weed in wheat fields. On the other hand, the dose of 30.6 g/ha of Apyrus herbicide had a slight advantage in controlling common mallow weed compared to the dose of 26.6 g/ha of this herbicide, but 26.6 g/ha was more successful in increasing wheat grain yield. However, they did not have a statistically significant difference. Therefore, to control the broadleaf common mallow weed in wheat fields by using Apyrus herbicide, a lower dose of this herbicide (dose of 26.6 g/ha) could be used.

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: FN (%50), SL (%50)

Data Acquisition: FN (%100), SL (%0)

Data Analysis: FN (%90), SL (%10)

Writing up: FN (%95), SL (%5)

Submission and Revision: FN (%95), SL (%5)

REFERENCES

- Ariannia, S.H., Qolizadeh, M.R., Sharafzadeh, M., Tabib, M.H., 2010. Effect of single and mixed use of broad leaf and grass herbicides on yield and yield components of wheat (Chamran cultivar) in Ahvaz region. *J. Plant Physiol.* 2(2), 84-67. (In Persian with English abstract)
- Baghestani, M.A., Zand, E., Pourazar, R., Veisi, M., Mohmmadipour, M., 2007. Control of weed barley species in winter wheat with sulfosulfuron at different rates and times of application. *J. Weed Biol. Manage.*, 3, 181-190. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2008.00294.x>.
- Bazoo, M., Montazeri, M., Fathi, G.A., Golabi, M., 2007. Evaluation the effect of broadleaf herbicides and nozzle type on wild mustard (*Sinapis arvensis*) control in Wheat. In: Proceedings of the 2nd National Weed Science Congress. 26-27 May, Babol, Iran, pp. 393-396. (In Persian with English abstract)
- Birgani, G.D., Farzadi, H., Baghestani, M.A., 2007. Efficacy evaluation of metribuzin herbicide for weed control in Charman wheat cultivar. In: Proceedings of the 2nd National Weed Science Congress. 26-27 May, Babol, Iran, pp. 476-480. (In Persian with English abstract)
- Ebrahimpour Noorabadi, F., Ayneband, A., Nour Mohammadi, G.H., Moosavinia, H., Mesgarbashi, M., 2006. Study of some wheat ecophysiological indices as influenced by wild oat interaction (*Avena ludoviciana*). *Pajo. Sazan.*, 19(1), 117-125. (In Persian with English abstract)
- Eskandari, H., Alizadeh-Amraie, A., 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. *J. Agroecol.*, 8(2), 227-240. (In Persian with English abstract)
- Esmaili, A., Biyabani, N., Orange, Z., 2011. Comparison of the efficacy of sulfosulfuron (Apyrus) and sulfosulfuron + methyl sulfuron methyl (Total) in the control of barley (*Hordeum spontaneum*) and their effect on wheat yield. *Ecol. Quart. Weeds*, 2(1), 42-33.
- Ghassam, M.A., Alizade, H., Oveisi, M., Baghestani, M.A., 2017. Interaction effects of different concentrations of Mesosulfuron+Iodosulfuron+Diflufenican (Othello) herbicide and soil moisture content on control on control of *Sinapis arvensis* in wheat. *Iran. J. Weed Sci.*, 14(1), 59 - 69. (In Persian with English abstract)
- Goodarzi, A., Fathi, Q., 2006. Investigation the effect of dual-purpose herbicides mixture with surfactant in comparison with single-purpose herbicides on weed control wheat. In: Proceedings of the 2nd National Weed Science Congress. 26-27 May, Babol, Iran, pp. 348-352.
- Hajiabae, H., Rahimian Mashhadi, H., Alizadeh, H., Oveisi, M., 2021. Efficiency of post-emergence herbicides and stale seedbed integration in weed control in potato fields in Karaj region. *Iran. J. Weed Sci.*, 17(2), 1-10.
- Hesami, A., Lorzadeh, S., Ariannia, N., 2007. Effect of dual purpose herbicides and tillage systems on weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.). In: Proceedings of the 2nd National Weed Science Congress. 26-27 May, Babol, Iran, pp. 119-123.
- Jafar-Nejad, A., Rahimian, H., 2003. Study of competition between wheat (*Triticum aestivum*) cultivars wild oats (*Avena ludoviciana*) and Rocket (*Eruca sativa*). *J. Agri. Sci. Nat. Resour.*, 10(1), 39-55. (In Persian with English abstract)
- Karbalaei Khiawi, H., Baghestani Meybodi, M.A., 2014. Sulfosulfuron herbicide (75% Epirus) to control broadleaf and narrowleaf weeds of wheat fields. *Pajo. Sazan.* 29, 1-15. (In Persian with English abstract).
- Kelley, J.P., Peeper, T.F., 2003. Wheat (*Triticum aestivum*) and rotational crop response to MON 37500. *Weed Technol.*, 17(1), 55-59. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2003\)017\[0055:WTAARC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2003)017[0055:WTAARC]2.0.CO;2).
- Lorzadeh, S.H., 2009. Botany and identification of weeds and flowery parasites. Islamic Azad University Shoushtar Branch.
- Lotfi Mavi, F., Baghestani, M., Zand, E., Khalaj, A., 2015. Investigating the efficiency of Othello 6%OD (diflufenican + mesosulfuron methyl + idosulfuron methyl sodium + mefenpyr-diethyl) in controlling weeds of wheat farms. In: Proceedings of the sixth conference on weed science of Iran. pp. 1153-1157.
- Makenaly, A., Minbashi, M., 2013. Evaluation of the causes of poor weed management in wheat fields in northern Khuzestan. In: Proceedings of Fifth Iranian Conference on Weed Sciences. September, University of Tehran Agricultural Campus. pp: 558-554.
- Malekian, B., Ghadiri, H., 2016. Effect of Apiros, Total, Atlantis and Chevalier herbicides on wheat weed control. *J. Prod. Proc. Crops Hort.* 20, 85-95.
- Rahsepar, L., Farah Bakhsh, A.N., Moeeni, M., 2011. Efficacy of sulfosulfuron + methyl sulfuron herbicide to control oat wild (*Avena fatua*). In relation to plant growth stage and nitrogen additive. In: Proceeding of the first national conference on new topics in agriculture, November, Saveh, Iran.
- SAS, 2008. Statistical Analysis Systems Institute. Version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

- Seyed-Masoom, S.N., Fathi, G.H., Farzadi, H., Saeedi-pour, S., 2012. Effects of pre-planting plants and different planting patterns on reducing weed density and wheat yield in Khuzestan climate. *J. Crop Physiol.*, 16, 79-65.
- Sharifi Ziveh, P., Fakhari, R., Karbalaeei Khiavi, H., Asadi, M., 2016. Investigating efficiency of Othello 6%OD herbicide for control wild oat and field bindweed weeds in wheat. In: *Proceeding of 22nd Iranian Plant Protection*, 27_30 August. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
- Thiry, D.E., Sears, R.G., Shroyer, J.P., Paulsen, G.M., 2002. Planting date effects on tiller development and productivity of wheat. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas University.
- Zand, E., Baghestani, M.A., Bitarafan, M., Shimi, P., 2007. Guide for Registered Herbicides in Iran. Publications of Jihad of Mashhad University, Mashhad. (In Persian with English abstract)
- Zand, A., Baghestani, M.A., Shimi, P., Nezam-Abadi, N., Moosavi, S.M.R., Moosavi, S.K., 2012. Guidelines for chemical control of weeds in important agricultural and horticultural products of Iran (with the approach of correct use and reduction of herbicide consumption). University Jihad Publications Mashhad.



Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Mera Otunun Makro ve Mikro Element İçeriğine Etkisi

The Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Macro and Micro Element Content of Pasture Grass

Erdal ÇAÇAN¹, Kağan KÖKTEN²

¹Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl
• ecacan@bingol.edu.tr • ORCID > 0000-0002-9469-2495

²Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Sivas
• kahafe1974@yahoo.com • ORCID > 0000-0001-5403-5629

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 12 Mayıs / May 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 26 Ekim / October 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 19-32

Atıf/Cite as: Çaçan, E., Kökten, K. "Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Mera Otunun Makro ve Mikro Element İçeriğine Etkisi"
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 19-32.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Erdal ÇAÇAN

AZOT VE FOSFOR GÜBRELEMESİNİN MERA OTUNUN MAKRO VE MIKRO ELEMENT İÇERİĞİNE ETKİSİ

ÖZ:

Azot ve fosfor dozlarının mera otunun makro ve mikro element içeriği üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma 2017 yılında Bingöl ilinde yürütülmüştür. Çalışmada dört farklı azot dozu (0, 5, 10, 15 kg da⁻¹), dört farklı fosfor dozu (0, 4, 8, 12 kg da⁻¹) ve bu dozlara ait kombinasyonlar kullanılmıştır. Kullanılan dozlar ve kombinasyonların mera otunun makro elementlerden kalsiyum (Ca), sodyum (Na), magnezyum (Mg) ve potasyum (K), mikro elementlerden ise demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mera otunun element içeriklerinin belirlenmesinde ICP-MS cihazı (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy) kullanılmış ve çalışma üç tekerrürlü tesadüf bloklarında iki faktörlü faktöriyel deneme desenine uygun olarak yürütülmüştür. Çalışmada artan azot ve fosfor dozlarının mera otunun makro ve mikro element içeriği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Azot ve fosfor dozlarının artması ile mera otunun Ca, Na, Mg, K, Fe ve Zn içeriklerinin sistematik olarak azaldığı görülmüştür. Azot dozunun artması ile birlikte Cu ve Mn içeriklerinin de arttığı, ancak fosfor oranının artmasının mera otunun Cu ve Mn içeriği üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak 10 kg da⁻¹ azot ve 4 kg da⁻¹ fosfor gübrelemesinin yapılması tavsiye edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Mera kalite, Besin elementleri, ICP-MS, Mineraller.



THE EFFECT OF NITROGEN AND PHOSPHORUS FERTILIZATION ON MACRO AND MICRO ELEMENT CONTENT OF PASTURE GRASS

ABSTRACT

This study was conducted in Bingöl province in 2017 in order to determine the effect of nitrogen and phosphorus doses on the macro and micro element content of pasture grass. Four different nitrogen doses (0, 5, 10, 15 kg da⁻¹), four different phosphorus doses (0, 4, 8, 12 kg da⁻¹) and combinations of these doses were used in the study. The effects of the doses and combinations used on the macro (calcium (Ca), sodium (Na), magnesium (Mg) and potassium (K) and micro element (iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn) and manganese (Mn)) contents of pasture grass were investigated. The ICP-MS device (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy) was used to determine the elemental contents of pasture grass, and the

study was carried out in randomized blocks with three replications in accordance with a two-factor factorial experiment design. In the study, it was determined that the effect of increasing nitrogen and phosphorus doses on the macro and micro element content of pasture grass was statistically significant. It was observed that the Ca, Na, Mg, K, Fe and Zn contents of pasture grass decreased systematically with the increase of nitrogen and phosphorus doses. It was determined that the Cu and Mn contents increased with the increase of the nitrogen dose, but the increase in the phosphorus dose did not have any effect on the Cu and Mn contents of the pasture grass. As a result, it was recommended to fertilize 10 kg da⁻¹ nitrogen and 4 kg da⁻¹ phosphorus.

Anahtar Sözcükler: Mera kalite, Besin elementleri, ICP-MS, Mineraller.



GİRİŞ

Bir ülkenin en önemli yenilenebilir doğal kaynaklarından biri olan çayır meralar, hayvanların ihtiyaç duyduğu kaba yemlerin hem kaliteli hem de ucuz bir şekilde karşılandığı yerlerdir. Doğal bitki örtüsüne sahip olan bu alanlar ülkede zengin biyolojik çeşitlilik kaynağı olmasının yanı sıra yaban hayvanlarının da beslenme ve barınma ortamlarını oluşturmaktadırlar. Çayır meralar, toprakların erozyona karşı koruması ve verimliliğinin artırılması ile birlikte su kaynaklarının muhafaza edilmesi açısından oldukça önemli alanlardır (Altın ve ark., 2005).

Hayvanlar için kaba yem kaynağı olan çayır meralarda bulunan bitkilerin botanik kompozisyondaki oranlarının ve bu bitki türlerinin kimyasal içeriklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Hayvan beslemede yemin kaliteli olup olmadığı, bitkilerin besin maddeleri ile makro ve mikro element içeriklerine ve yemdeki dağılımına göre değişmektedir. Meralardaki otun besleme değeri, diğer bir ifadeyle besin maddesi ile makro ve mikro element içeriği; otun botanik kompozisyonuna (buğdaygiller, baklagiller ve diğer familyalar), bölgenin iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Polat ve Bayraklı, 2019). Bitkilerdeki makro ve mikro elementlerin miktarı ve çeşitleri ise; bitkilerin türü, gelişme çağı, kök gelişme durumu, toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik yapısı, topraktaki yarayışlı elementlerin çeşit ve miktarları, tarımsal uygulamalar, hava şartları gibi pek çok faktörün etkisi altındadır (Kacar, 1984).

Bitkilerdeki demir, yaprak hücrelerinin fizyolojik faaliyetlerinde önemli rol oynar (Aydemir ve İnce, 1988). Demir eksikliğinde, hemoglobin konsantrasyonunun azalması nedeniyle, dokularda oksijen azalır ve birçok sistem olumsuz etkilenir. Bu açıdan hayvanlarda anemi ve canlı ağırlık kazancında düşüş, iştah kaybı ve enfeksiyonlara karşı hassasiyet gibi belirtiler meydana gelir (Kutlu ve ark., 2005).

Mangan, hayvanların büyümesi ve döl verimi için gereklidir, ayrıca normal kemik büyümesi amacıyla hayati öneme sahiptir. Bitkilerdeki mangan içeriği, bitkinin türüne ve toprağın kimyasal bileşimine göre değişir (Mengel, 1984).

Çinko, hormonların üretilmesi, depo edilmesi ve salınımında görev alır, ayrıca immün sistemin bütünlüğü için gerekmektedir. Otlayan hayvanlarda gözlenen yetersizlikler, herhangi bir belirti görülmesizin büyümede ve döl veriminin azalmasına neden olmaktadır (Kutlu ve ark., 2005).

Bitkilerdeki bakır seviyesi bitkilerin türüne, gelişme çağına ve toprak özelliklerine göre değişmektedir (Kacar, 1984). Bakır eksikliği kuzularda sinir sistemi bozukluklarına, ayrıca kuzuların zayıf doğmasına, süt emmede zorlanmalarına ve hatta ölmelerine neden olmaktadır. Ruminantlarda bakır eksikliğinin en önemli belirtileri, kıl ve yapağıda pigment kaybının olması, özellikle uzun kemiklerin kolay kırılması ve hayvanlarda topallık meydana gelmesidir. Bakır elementinin yetersiz olduğu meralarda otlayan hayvanlarda kızgınlık gecikmekte ve yavru atmalar ortaya çıkabilmektedir (Kutlu ve ark., 2005).

Sodyum eksikliğinde ise hayvanlarda yemden yararlanma azalmakta, süt ineklerinde verim düşmekte ve canlı ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca erkek hayvanlarda kısırılık, dişilerde ise döl verimi bozuklukları ortaya çıkmaktadır (Kutlu ve ark., 2005). Hayvanların gereksinimlerinin karşılanması amacıyla kuru otun demir, mangan, çinko, bakır ve sodyum içeriklerinin sırasıyla büyükbaş hayvanlar için 50 mg kg⁻¹, 22 mg kg⁻¹, 30-40 mg kg⁻¹, 8-10 mg kg⁻¹ ve 0.8-1.8 g kg⁻¹ (NRC, 2000) ve küçükbaş hayvanlar için ise 30-50 mg kg⁻¹, 20-40 mg kg⁻¹, 20-33 mg kg⁻¹, 7-11 mg kg⁻¹ ve 0.9-1.8 g kg⁻¹ (NRC, 2007) olması gerekmektedir.

Ülkemiz topraklarının çoğunluğu K yönünden zengin olduğundan dolayı bitkiler ve hayvanlar açısından problem olan bir besin elementi değildir. Ancak, bitkiler bu besin elementini Ca ve Mg'a göre daha fazla alması halinde otlayan hayvanlarda ot tetanosu hastalığına sebep olabilmektedir (Altın ve ark., 2005). Yeterli miktarda kalsiyum alamayan hayvanlarda kemiklerin sertleşmemesi ve anormal şekillenme gibi kemik anormallikleri meydana gelmektedir (Ceylan, 2001). Magnezyum yetersizliğinin hayvanlardaki en önemli belirtisi ot tetanosudur. Özellikle laktasyon dönemindeki koyunların ve sığırların çayır tetanisine karşı çok hassas olduğu vurgulanmaktadır (Mayland ve Hankins, 2001; Altın ve ark., 2005). Hayvanların gereksinimlerinin karşılanması amacıyla kuru otun potasyum, magnezyum ve kalsiyum içeriklerinin sırasıyla büyükbaş hayvanlar için 6.5-10.0 g kg⁻¹, 1.0-2.0 g kg⁻¹ ve 1.6-15.3 g kg⁻¹ (NRC, 2000) ve küçükbaş hayvanlar için ise 5.0-8.0 g kg⁻¹, 1.2-1.8 g kg⁻¹ ve 2.0-8.2 g kg⁻¹ (NRC, 2007) olması gerekmektedir.

Bu bilgiler ışında bu çalışmanın amacı; doğal mera alanlarına uygulanan azot ve fosfor gübrelemesinin mera otunun makro ve mikro element içeriğine olan etkisinin tespit edilmesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırma ile ilgili deneme, Bingöl iline 15 km mesafe uzaklıkta ve ortalama 1088 m rakıma sahip olan Bingöl Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Alanında (38.81256° K - 40.53551° D) kurulmuştur. Araştırma alanında büyük oranda buğdaygil yem bitkilerinin hakim durumda olduğu, baklagil ve diğer familya bitkileri oranlarının düşük olduğu görülmüştür.

Bingöl Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden alınan iklim verilerine göre 2014-2017 yıllarına ait ortalama sıcaklık değerleri 13.7 °C, 13.7 °C, 12.8 °C ve 12.8 °C, toplam yağış miktarı 757.7 mm, 801.8 mm, 832.5 mm ve 709.1 mm, ortalama nispi nem değerleri ise %51.9, %52.7, %52.1 ve %51.6 olarak kayıt altına alınmıştır. Sıcaklık ve nispi nem değerleri açısından yıllar arasında meydana gelen değişimlerin birbiri ile benzerlik gösterdiği ancak bölgenin aldığı toplam yağış miktarlarının 2014 ve 2017 yıllarında diğer yıllara nazaran daha düşük olduğu görülmektedir (MGM, 2021).

Deneme kurulum aşamasında yapılan toprak analizine göre; araştırmanın yürütüldüğü mera toprağının killi-tınlı yapıda, hafif asidik (pH: 6.266), tuzsuz (%0.014), organik madde (%1.09) ve kireç oranlarının az (%0.41), potasyum (20.27 kg da⁻¹) ve fosfor (7.60 kg da⁻¹) miktarlarının da yeterli olduğu belirlenmiştir.

2.2. Yöntem

Araştırmada, dört farklı azot dozu (0, 5, 10, 15 kg da⁻¹), dört farklı fosfor dozu (0, 4, 8, 12 kg da⁻¹) ve bu dozlara ait kombinasyonların (0-0, 0-4, 0-8, 0-12, 5-0, 5-4, 5-8, 5-12, 10-0, 10-4, 10-8, 10-12, 15-0, 15-4, 15-8, 15-12 kg da⁻¹) mera otunun makro ve mikro element içeriği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneme alanı, her bir kombinasyon için bir parsel olmak üzere toplam 16 parselden oluşmuştur. Her bir uygulama ve kombinasyon için parsel büyüklüğü 2 x 6 = 12 m² olarak tutulmuştur. Araştırma, üç tekrarlamalı tesadüf bloklarında iki faktörlü faktöriyel deneme desenine uygun olarak planlanıp ve yürütülmüştür. Araştırma 2014 yılında kurulmuş ve 2017 yılına kadar dört yıl boyunca yürütülmüştür. Araştırmada; fosfor uygulaması her dört yılda sonbaharda ilk etkili yağışların başladığı ekim ayı başında, azot dozları ise her yılın nisan ayında uygulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler 2017 yılında alınmıştır.

2017 yılında mera alanında dominant bitkilerin başaklanma dönemine rastlayan mayıs ayının son haftasında, her parselde tesadüfi olarak belirlenen üç alan 33 x 33 cm ebadında çerçeve yardımıyla üç tekerrür olacak şekilde biçilmiştir (Çağan ve Başbağ, 2019). Biçilen her parseldeki ot örnekleri 78°C'de 24 saat kurutulduktan sonra analize hazır hale getirilmiştir (Cinar ve ark., 2020). Analizler,

Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Araştırmada mera otunun makro elementlerden kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve potasyum (K), mikro elementlerden ise Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn) içerikleri belirlenmiştir. Mera otunun element içeriklerinin belirlenmesinde ICP-MS cihazı (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy) kullanılmıştır (Başaran ve ark., 2021).

2.3. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmadan elde edilen verilere, üç tekrarlamalı tesadüf bloklarında iki faktörlü faktöriyel deneme desenine uygun olarak JMP istatistik paket programından yararlanılarak varyans analizi uygulanmıştır. Grupların farklılıkları LSD testi ve $P \leq 0.05$ önem seviyesine göre karşılaştırılmıştır (JMP, 2018).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Mera Otunun Makro Element İçeriğine Etkisi

Azot ve fosfor gübrelemesinin mera otunun kalsiyum (Ca), sodyum (Na), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) üzerindeki etkisi Tablo 1'de verilmiştir. Azotun, fosforun ve azot x fosfor interaksiyonunun mera otunun Ca, Na, Mg ve K içeriğine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

Azot dozlarının (0 kg da^{-1} , 5 kg da^{-1} , 10 kg da^{-1} ve 15 kg da^{-1}) mera otunun Ca, Na, Mg ve K içeriği üzerindeki etkisinin önemli olduğu ve en yüksek Ca, Na, Mg ve K içeriklerinin kontrol grubundan alındığı görülmektedir. En düşük Ca, Na, Mg ve K içerikleri 10 kg azot verilen parselden alınmıştır (Tablo 1, Şekil 1). Fosfor için de benzer bir durum söz konusu olmuştur. En yüksek fosfor oranları Ca, Na, Mg ve K açısından kontrol grubundan alındığı görülmektedir. Ancak fosfor, azottan farklı olarak en düşük değerlerini geriye kalan tüm uygulamalarda verdiği görülmektedir (Tablo 1, Şekil 2).

Her dört makro element için azot ve fosfor dozlarının interaksiyonu önemli bulunmuştur. Azot ve fosfor dozlarının kombinasyondaki dozlarının artması ile birlikte makro element içeriklerinin de sistematik olarak azaldığı görülmektedir (Tablo 1).

Bakoğlu ve ark. (1999) tarafından meralarda yaygın bulunan bitkilerin element içeriklerinin incelendiği bir çalışmada, mera bitkilerinin ortalama Ca içeriği %1.00, Mg içeriği 2391 ppm ve K içeriği %3.85 olarak tespit edilmiştir. Ayan ve ark. (2010), gübre uygulamasının mera otunun besleme değeri üzerine yürüttükleri çalışmada 2007 ve 2008 yıllarında sırasıyla Mg oranını 2.46 ve 2.57 g kg^{-1} , potasyum

oranını da 21.44 ve 24.10 g kg⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Çomaklı ve ark. (2008), mera otlarının ortalama K içeriğini %2.4, Mg içeriğini 2687 ppm olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar ile araştırmada elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Azot ve fosfor uygulamasının mera otunun makro element içeriğine etkisi (g kg⁻¹)

Table 1. The effect of nitrogen and phosphorus application on macro element content of pasture grass (g kg⁻¹)

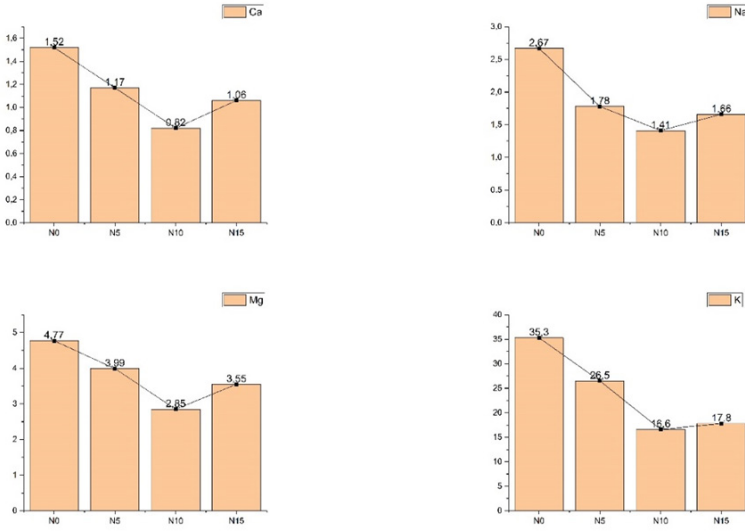
Kalsiyum (Ca)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	1.74 ab**	1.45 bcd	1.35 bcd	1.53 bc	1.52 A**
N5	2.22 a	1.04 cde	0.72 e	0.69 e	1.17 B
N10	1.30 bcd	0.65 e	0.67 e	0.67 e	0.82 C
N15	1.39 bcd	0.80 e	0.97 de	1.08 cde	1.06 B
Ortalama	1.66 A**	0.98 B	0.93 B	0.99 B	1.14
Sodyum (Na)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	2.53 ab**	3.08 a	2.45 ab	2.62 a	2.67 A**
N5	2.71 a	1.47 c	1.52 c	1.40 c	1.78 B
N10	1.39 c	1.43 c	1.53 c	1.30 c	1.41 C
N15	1.80 bc	1.63 c	1.59 c	1.64 c	1.66 B
Ortalama	2.11 A**	1.90 AB	1.77 B	1.74 B	1.88
Magnezyum (Mg)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	5.15 b**	4.93 bc	4.40 b-e	4.60 bcd	4.77 A**
N5	7.13 a	3.31 def	3.05 def	2.50 f	3.99 B
N10	3.92 b-f	2.44 f	2.59 f	2.46 f	2.85 D
N15	4.53 b-e	2.96 ef	3.30 def	3.40 c-f	3.55 C
Ortalama	5.18 A**	3.41 B	3.33 B	3.24 B	3.79
Potasyum (K)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	40.9 b**	33.8 bc	31.3 bcd	35.2 bc	35.3 A**
N5	53.7 a	16.1 ef	19.9 def	16.2 ef	26.5 B
N10	26.0 cde	16.2 ef	13.7 f	10.6 f	16.6 C
N15	28.4 cd	14.6 ef	13.7 f	14.7 ef	17.8 C
Ortalama	37.2 A**	20.2 B	19.7 B	19.1 B	24.1

**; P≤0.01

Araştırmada azot ve fosfor dozlarının artması ile mera otunun Ca, Mg, Na ve K içeriklerinin azaldığı görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda, artan azot dozları ile mera otunun Ca ve Mg içeriğinin azaldığı, ancak K içeriğinin değişmediği bildirilmiştir (Algan ve Aydın, 2015; Algan ve ark., 2016). Bazı

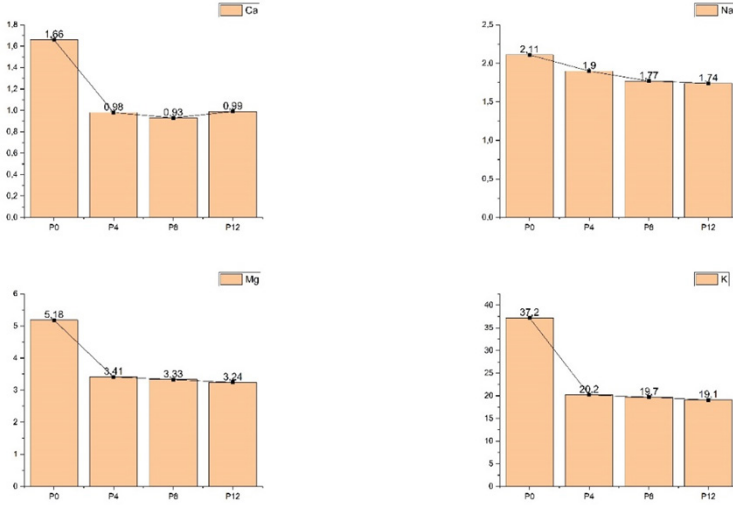
çalışmalarda da N ve P gübrelemesinin K içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Algan ve Aydın, 2017; Kacorzyk ve Głab, 2017). Türk ve ark. (2007), azot dozlarının K içeriğini artırdığını ve Mg içeriğini düşürdüğünü bildirmiştir. Aydın ve Uzun (2008), N, K ve Mg gübrelemesi ve kombinasyonlarının mera otunun Ca ve Mg içeriğini arttırdığını ve K içeriğini düşürdüğü bildirmiştir.

Gübreleme ile (özellikle azot gübrelemesi) mera otunun Ca ve Mg oranının azalması büyük oranda botanik kompozisyonda bulunan baklagil oranının azalması ile açıklanabilir. Çünkü baklagil ve diğer familya yem bitkileri Ca ve Mg içeriği açısından buğdaygillere göre üç kat daha zengindir (Algan ve Aydın, 2015). Azot gübrelemesi buğdaygilleri teşvik edip, baklagillerin botanik kompozisyondaki oranının azalmasına sebebiyet verdiğinden, mera alanındaki Ca ve Mg oranlarında da azalmalara yol açmaktadır. Ancak 10 kg/da azot uygulamasından sonra Ca ve Mg oranlarının tekrar bir artış eğilimi gösterdiği görülmektedir. Bunun muhtemel nedeni yapılan azotlu gübrelemenin bir noktaya kadar etkili olmasından kaynaklanmaktadır. 15 kg/da olarak yapılan azotlu gübrelemenin mera otunun Ca ve Mg içeriğine etkisinin neredeyse 5 kg/da olarak yapılan azotlu gübreleme eşdeğer olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Artan azot dozlarının mera otunun Ca, Na, Mg ve K içeriğine etkisi

Figure 1. The effect of increasing nitrogen doses on the Ca, Na, Mg and K content of pasture grass



Şekil 2. Artan fosfor dozlarının mera otunun Ca, Na, Mg ve K içeriğine etkisi

Figure 2. The effect of increasing phosphorus doses on the Ca, Na, Mg and K content of pasture grass

Neticede elde edilen sonuçların daha önce yürütülen çalışmalarla paralel olacak şekilde artan azot ve fosfor dozlarının Ca ve Mg içeriğini düşürdüğü görülmüştür. Ancak bu çalışmada K içeriği düşmüş olmasına rağmen, diğer çalışmalarda K içeriğinin düştüğünü bildiren çalışmalar olduğu gibi, K içeriğinin değişmediğini ve K içeriğinin arttığını bildiren çalışmalar da mevcuttur. Bunun olası birkaç nedeni olabilir. Birincisi diğer çalışmaların bazılarında azot ve fosfor gübrelemesi ile birlikte K gübrelemesinin de yapılmış olmasıdır. Diğer bir neden meralarda farklı bitki gruplarının hakim olmasıdır. Örneğin baklagillerin hakim olduğu bir merada, mera bitkilerinin topraktan alabilecekleri K içeriği ile buğdaygil yem bitkilerinin hakim olduğu veya diğer familya bitkilerinin hakim olduğu mera bitkilerinin topraktan alacakları K içeriğinin, bunun doğal sonucu olarak da bitki bünyesindeki K içeriğinin farklı olacağıdır. Üçüncü bir faktör de toprakların K içeriklerinin farklı olmasıdır. K açısından zengin olan bir mera toprağındaki bitkilerin K içerikleri ile K içeriği açısından fakir olan mera topraklarında yetişen bitkilerin içerecekleri K içeriği elbette ki farklılıklar gösterecektir. Ayrıca farklı iklim faktörleri de toprakların K içerikleri ve bu içeriğin bitkiler tarafından alınması üzerinde etkili olmaktadır.

Mevcut çalışma alanında buğdaygillerin oranı daha fazla olduğundan K içeriği de daha fazla çıkmaktadır. Çomaklı ve ark. (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada, buğdaygillerin oran olarak diğer familya ve baklagillerden daha fazla

oldukları mera alanında tespit ettikleri K içeriği (24.0 g kg⁻¹) mevcut çalışma ile benzer şekilde (24.1 g kg⁻¹) yüksek olarak tespit edilmiştir. Motsara ve Roy (2008), bitkilerde Ca oranının %0.10-1.00, Mg oranının %0.10-0.40 ve K oranının da %1-5 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Ca, Mg ve K açısından elde edilen sonuçların Motsara ve Roy (2008) tarafından bildirilen sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür.

3.2. Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Mera Otunun Mikro Element İçeriğine Etkisi

Azot ve fosfor gübrelemesinin mera otunun mikro element (demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn)) içeriğine olan etkisi Tablo 2’de verilmiştir. Azot uygulaması ile azot x fosfor interaksyonunun mera otunun Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine etkisinin önemli, fosfor uygulamasının ise mera otunun Fe ve Zn içeriğine etkisinin önemli, Cu ve Mn içeriğine etkisinin ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür.

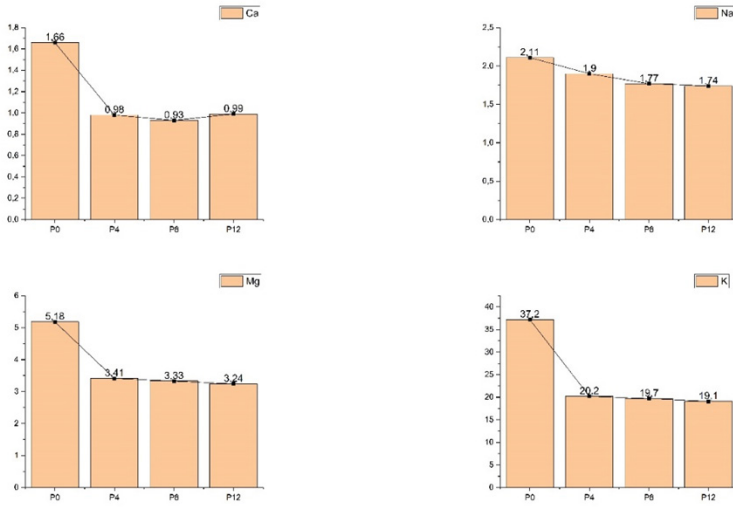
Tablo 2. Azot ve fosfor uygulamasının mera otunun mikro element içeriğine etkisi (mg kg⁻¹)

Table 2. The effect of nitrogen and phosphorus application on microelement content of pasture grass (mg kg⁻¹)

Demir (Fe)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	135 ab**	112 a-d	136 ab	137 ab	130 A**
N5	108 a-e	103 b-e	67 f	76 ef	88 D
N10	133 abc	100 c-f	133 abc	114 a-d	120 B
N15	113 a-d	88 def	88 def	138 a	107 C
Ortalama	122 A**	101 B	106 B	116 A	111
Bakır (Cu)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	7.40 f**	8.27 ef	8.93 def	10.13 cde	8.68 C**
N5	11.13 bcd	11.73 abc	11.33 bc	7.47 f	10.42 B
N10	8.60 ef	7.20 f	8.13 ef	8.73 ef	8.17 C
N15	11.80 abc	11.13 bcd	12.40 ab	13.67 a	12.25 A
Ortalama	9.73	9.58	10.20	10.00	9.88
Çinko (Zn)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	79.5 ab**	71.0 bc	68.9 bc	64.2 cde	70.9 A**
N5	74.7 bc	74.3 bc	65.3 b-e	68.5 bcd	70.7 A
N10	90.7 a	69.7 bc	68.5 bcd	46.8 f	68.9 A
N15	68.6 bcd	47.5 f	53.8 def	53.3 ef	55.8 B
Ortalama	78.4 A**	65.6 B	64.1 B	58.2 C	66.6

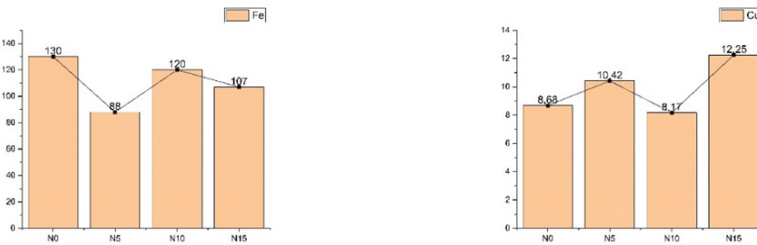
Mangan (Mn)					
Azot/Fosfor	P0	P4	P8	P12	Ortalama
N0	45.4 de*	45.8 cde	47.8 cde	45.5 de	46.1 B**
N5	43.3 de	50.3 bcd	42.6 de	40.5 de	44.2 B
N10	49.1 bcd	34.8 e	43.3 de	47.1 cde	43.6 B
N15	62.1 ab	59.7 abc	64.8 a	66.6 a	63.3 A
Ortalama	50.0	47.7	49.6	49.9	49.3

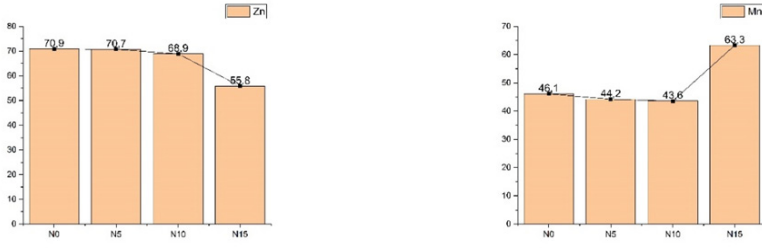
+: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$



Şekil 3. Artan azot dozlarının mera otunun Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine etkisi.

Figure 3. The effect of increasing nitrogen doses on the Fe, Cu, Zn and Mn content of pasture grass.





Şekil 4. Artan fosfor dozlarının mera otunun Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğine etkisi.

Figure 4. The effect of increasing phosphorus doses on the Fe, Cu, Zn and Mn content of pasture grass.

Azot uygulamasının mera otunun Fe içeriğine etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek Fe içeriği kontrol parseline tespit edilmiştir. Azot uygulaması ile birlikte Fe içeriğinin düşüş gösterdiği görülmektedir. En düşük Fe içeriği 5 kg da⁻¹ azot uygulanan parselden alınmıştır (Tablo 2, Şekil 3). Fosfor uygulaması ile en yüksek Fe içeriği kontrol parseli ile 12 kg da⁻¹ fosfor uygulanan parselden alındığı görülmektedir (Tablo 2, Şekil 4). Azot ve fosfor interaksiyonun Fe içeriğine olan etkisine bakıldığında, sadece azot uygulanan veya sadece fosfor uygulanan parselerde Fe içeriğinin yüksek olduğu, azot ve fosfor dozlarının artması ile birlikte Fe içeriğinin azaldığı, ancak belli bir dozdan sonra Fe içeriğinin tekrar arttığı görülmektedir (Tablo 2).

Azot uygulaması ile mera otunun Cu içeriğinin arttığı ve en yüksek Cu değerinin 15 kg da⁻¹ azot uygulanan parselden alındığı görülmektedir (Tablo 2, Şekil 3). Fosfor uygulamasının mera otunun Cu içeriği üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (Tablo 2, Şekil 4). Azot x fosfor interaksiyonunun Cu içeriği üzerindeki etkisinin önemli olduğu, azot ve fosfor dozlarının artması ile birlikte Cu içeriğinin arttığı ve en yüksek Cu içeriğinin N15 x P12 kg da⁻¹ uygulama yapılan parselden alındığı görülmektedir (Tablo 2).

Azot uygulamasının mera otunun Zn içeriği üzerindeki etkisinin önemli olduğu ve kontrol parseli ile 5 ve 10 kg da⁻¹ azot verilen parseller arasında bir fark olmadığı, 15 kg da⁻¹ uygulamadan ise en düşük Zn içeriğinin elde edildiği görülmektedir (Tablo 2, Şekil 3). Fosfor uygulaması ile birlikte mera otunun Zn içeriğinin azaldığı ve 12 kg da⁻¹ uygulamada en düşük Zn içeriğinin elde edildiği görülmektedir (Tablo 2, Şekil 4). Azot x fosfor interaksiyonda en yüksek Zn içeriğinin kontrol parseli ve 10 kg da⁻¹ N uygulanan parselden alındığı görülmektedir. Artan azot x fosfor dozları ile birlikte mera otunun Zn içeriğinin azaldığı görülmektedir.

Azot uygulamasının mera otunun Mn içeriği üzerinde etkisinin önemli olduğu, kontrol parseli ile 5 ve 10 kg da⁻¹ azot uygulanan parseller arasında fark olmadığı, en yüksek Mn içeriğinin de 15 kg da⁻¹ N uygulanan parselden alındığı görülmektedir (Tablo 2, Şekil 3). Fosfor uygulamasının mera otunun Mn içeriği üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 2, Şekil 4). Azot x fosfor interaksiyonu önemli bulunmuş ve artan azot ve fosfor dozları ile birlikte mera otunun Mn içeriğinin de arttığı görülmektedir.

Araştırmada Fe içeriği 67-138 mg kg⁻¹, Cu içeriği 7.40-13.67 mg kg⁻¹, Zn içeriği 48.8-90.7 mg kg⁻¹ ve Mn içeriği 34.8-66.6 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Pakistan'da bazı mera bitkilerinin mineral içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada Fe içeriği 282-889 ppm, Cu içeriği 4.74-12.27 ppm, Zn içeriği 9.32-55.0 ppm ve Mn içeriği 20.17-80.40 ppm arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Hussain ve Durrani, 2008). Meralarda bulunan bazı yem bitkilerinin kimyasal içerikleri ile beslenme değerlerinin incelendiği çalışmada Fe içeriği 132-815 ppm, Zn içeriği 12.4-68.0 ppm ve Mn içeriği 21.7-138.4 ppm olarak tespit edilmiştir (Ayan ve ark., 2006). Bu miktarlar, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzerlikler göstermektedir.

En yüksek Fe içeriği 15N-12P ve en yüksek Mn içeriği 15N ve diğer P kombinasyonlarından elde edilmiştir. Bu sonuca benzer şekilde Algan ve ark. (2018), en yüksek Fe ve Mn içeriğini 6N ve 12P uygulamasından elde etmişlerdir. Aynı zamanda mera otunun uygulamalar arasında farklılık gösterdiğini ve Fe içeriğinin 230-1080 mg kg⁻¹, Mn içeriğinin 72.88-158.51 mg kg⁻¹, Zn içeriğinin 24.97-32.75 mg kg⁻¹ ve Cu içeriğinin 26.72-29.32 mg kg⁻¹ değiştiğini bildirmişlerdir.

Ancak farklı sonuçların elde edildiği çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, mera kalitesinin Ankara keçilerinin tiftik kalitesine olan etkisinin incelendiği çalışmada mera bitkilerinin Fe içeriği %1.32-2.79, Cu içeriği %0.17-0.24, Zn içeriği %0.03 ve Mn içeriği %1.30-1.35 aralığında olduğu bildirilmiştir (Sarçıçek, 2021). Pakistan'da yürütülen bir çalışmada Cu içeriği 29.8 ppm, Zn içeriği 8.96 ppm ve Mn içeriği 6.14 olarak elde edilmiştir (Sultan ve ark., 2008).

4. SONUÇ

Azot ve fosfor gübrelemesinin mera otunun makro ve mikro element içeriği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Makro elementler açısından bakıldığında azot ve fosfor dozlarının artması ile mera otunun makro element (Ca, Na, Mg, K) içeriğinin düzenli olarak düşüş gösterdiği görülmektedir. Benzer bir durum azot ve fosfor kombinasyonu dozlarının artması ile de ortaya çıkmıştır. Azot ve fosfor kombinasyonu giren dozların artması ile birlikte mera otunun makro element içeriğinde azalmalar görülmüştür. Mikro element-

ler açısından bakıldığında da azot ve fosfor dozlarının artması ile birlikte mera otunun Fe ve Zn içeriklerinde, makro elementlerde olduğu gibi bir düşüş olduğu görülmektedir. Ancak Cu ve Mn açısından ise tersi bir durum söz konusu olmuştur. Azot dozlarının artması ile mera otunun Cu ve Mn içeriğinin düzenli olarak arttığı, fosfor dozlarının artmasının ise mera otunun Cu ve Mn içeriği üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Mera otunun makro element içerikleri üzerinde yapılan gübrelemenin 10 kg/da azot ve 4 kg/da fosfor gübrelemesine kadar etkili olduğu, 15 kg/da azotlu gübreleme ile makro element içeriklerinin tekrar bir artış eğilimi gösterdiği, fosfor gübrelemesinin de 8 kg/da uygulamasından sonra bu içerikler üzerinde etkili olmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bölgenin iklim ve toprak koşulları göz önünde bulundurulduğunda toprağın muhafazası, hayvanların kaba yem ihtiyacının karşılanması ve yapılan işlemin ekonomik olması açısından 10 kg/da azot ve 4 kg/da fosfor gübrelemesinin yapılması tavsiye edilmektedir.

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): EÇ (%50), KK (%50)

Veri Toplanması (Data Acquisition): EÇ (%50), KK (%50)

Veri Analizi (Data Analysis): EÇ (%70), KK (%30)

Makalenin Yazımı (Writing up): EÇ (%50), KK (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EÇ (%70), KK (%30)

KAYNAKLAR

- Algan, D., Aydın, İ., 2015. Changes in nitrate (NO₃-N) and macro mineral content of different forage sources affected by increasing nitrogen doses. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 30: 160-168. <https://doi.org/10.7161/anajas.2015.30.2.160-168>.
- Algan, D., Pak, B., Süzer, R.P., Aydın, İ., Oflaz, M., 2016. Effects of over-seeding and fertilization on yield and quality of pasture. *Options Méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, 406(114): 403-406.
- Algan, D., Aydın, İ., 2017. Üstten tohumlanan ve gübrelenen merada otların nitrat ve makro element içerikleri. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 32(3): 374-382. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.297144>.
- Algan, D., Aydın, İ., Oflaz, M., Pak, B., 2018. Meralarda üstten tohumlama ve makro gübrelemenin otun mikro element içeriğine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3): 330-340. <https://doi.org/10.13002/jafaq4281>.
- Altın M., Gökkuş A., Koç A., 2005. Çayır mera ıslahı. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Çayır, Mera, Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı. Ankara-2005.

- Ayan, I., Acar, Z., Mut, H., Basaran, U., Asci, O., 2006. Morphological, chemical and nutritional properties of forage plants in a natural rangeland in Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, 35(2): 133-142.
- Ayan, I., Mut, H., Onal-Asci, O., Basaran, U., Acar, Z., 2010. Effect of manure application on the chemical composition and nutritive value of rangeland hay. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(13): 1852-1857.
- Aydemir, O., İnce F., 1988. Bitki besleme. Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları, No. 2, s. 653, Diyarbakır.
- Aydin, I., Uzun, F., 2008. Potential decrease of grass tetany risk in rangelands combining N and K fertilization with MgO treatments. *European Journal of Agronomy*, 29(1): 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.02.003>.
- Bakoğlu, A., Koç, A., Gökkuş, A., 1999. Erzurum yöresi çayır ve meralarındaki yaygın bitki türlerinin ömür uzunluğu, çiçeklenmeye başlama tarihi ve ot kalitesi ile ilgili bazı özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(4): 951-957.
- Başaran, U., Güllümser, E., Yaman, C., Doğrusöz, M. Ç., Mut, H., 2021. Antioxidants and mineral contents of chicory as coffee additive. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(1): 217-223.
- Çaçan, E., Başbağ, M., 2019. Determination of the quality degree, grazing intensity and hay quality of rangelands at different directions and altitudes. *Eurasian Journal of Forest Science*, 7(1): 13-22. <https://doi.org/10.31919/ejefs.457807>.
- Ceylan, N., 2001. Hayvan beslemede mineraller, vitaminler ve stabilite. In: Yavuz, HM (Eds.). *Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde temel prensipler ve karma yem üretiminde bazı bilimsel yaklaşımlar. Figür Tanıtım Reklam ve Matbaası*, 427-475, İstanbul.
- Cinar, S., Abdullayev, A., Esenov, N., Karadağ, Y., 2020. Determination of botanical composition, hay yield and forage quality of some natural rangelands in Kyrgyzstan's chuy region. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1): 401-416. https://doi.org/10.15666/aer/1801_401416.
- Çomaklı, B., Daşçı, M., Koç, A., 2008. The effects of traditional grazing practices on upland (yayla) rangeland vegetation and forage quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(4): 259-265. <https://doi.org/10.3906/tar-0802-26>.
- Hussain, F., Durrani, M. J., 2008. Mineral composition of some range grasses and shrubs from Harboi rangeland Kalat, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 40(6): 2513-2523.
- JMP, 2018. *Statistical discovery from SAS*, USA.
- Kacorzyk, P., Głaż, T., 2017. Effect of ten years of mineral and organic fertilization on the herbage production of a mountain meadow. *Journal of Elementology*, 22(1): 219-233. <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.2.1032>.
- Kacar, B., 1984. Bitki besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 899. Ders Kitabı No: 250, Ankara.
- Kutlu, H.R., Görgülü, M., Çelik, L.B., 2005. Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova Üniversitesi, s. 23-24, Adana.
- Mayland, H.F., Hankins, J.L., 2001. Mineral imbalances and animal health: A management puzzle. *Anti-quality factors in rangeland and pastureland forages*. In: Launchbaugh, K. (Ed.), University of Idaho, pp. 54-62, Moscow.
- Mengel, K., 1984. Bitkinin beslenmesi ve metabolizması. (Çeviri: Hüseyin Özbek, Zülküf Kaya, Metin Tamcı). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No.162, s. 659, Adana.
- Motsara, M.R., Roy, R.N., 2008. Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* No:19, Rome, Italy, 78 p.
- MGM, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www.mgm.gov.tr>.
- NRC, 2000. Nutrient requirements of beef cattle, (7th ed). National Academy Press, Washington, USA.
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids (6th ed). National Academy Press, Washington, USA.
- Polat, H., Bayraklı, F., 2019. Konya bölgesi doğal meraları içerisindeki bazı bitkilerin ham protein ve besin elementi içerikleri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(1): 132-147.
- Sarıççek, B.Z., 2021. The effect of rangeland quality on the mohair quality of Angora goats fed on the natural rangelands. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 45: 678-690. <https://doi.org/10.3906/vet-2103-113>.
- Sultan, J. I., Inam-Ur-Rahim, Nawaz, H., Yaqoob, M., Javed, I., 2008. Mineral composition, palatability and digestibility of free rangeland grasses of northern grasslands of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5): 2059-2070.
- Türk, M., Çelik, N., Bayram, G., Budaklı, E., 2007. Effects of nitrogen and potassium fertilization on yield and nutritional quality of rangeland. *Asian Journal of Chemistry*, 19(3): 2341-2348.



Factors Affecting Consumers' Organic Agricultural Products Preferences in Turkey

Türkiye'de Tüketicilerin Organik Tarım Ürünleri Tercihini Etkileyen Faktörler

Başak AYDIN¹, Murat DOĞU², Ayten Aşkın KILINÇ³, Sunay DEMİR⁴, Bülent TARIM⁵,
Duygu AKTÜRK⁶, Filiz PEZİKOĞLU⁷, Volkan BURUCU⁸, Mustafa ASLAN⁹

¹Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute, 39100, Kırklareli
• basakaydin_1974@yahoo.com • ORCID > 0000-0002-5047-7654

²Poultry Research Institute, Yenimahalle, Ankara
• mrtdogu@hotmail.com • ORCID > 0000-0003-4426-4852

³Poultry Research Institute, Yenimahalle, Ankara
• aytenaskinkilinc@gmail.com • ORCID > 0000-0002-2872-7020

⁴Poultry Research Institute, Yenimahalle, Ankara
• sunay.demir@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0003-4310-2309

⁵Poultry Research Institute, Yenimahalle, Ankara
• bulent.tarim@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0002-8915-051X

⁶Çanakkale 18 Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 17100, Çanakkale
• akturk@comu.edu.t • ORCID > 0000-0002-5457-7687

⁷Atatürk Horticultural Central Research Institute, 77100, Yalova
• filiz.pezikoglu@gmail.com • ORCID > 0000-0002-2770-8696

⁸Agricultural Economic and Policy Development Institute, 06800, Çankaya, Ankara
• volkanburucu@gmail.com • ORCID > 0000-0003-1693-9728

⁹General Directorate of Plant Production, Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Lodumlu, Ankara
• mustafa.aslan@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0002-9253-1719

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 11 Haziran / June 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 03 Kasım / November 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 33-52

Atıf/Cite as: Aydın, B., Doğu, M., Kılınç, A. A., Demir, S., Tarım, B., Aktürk, D., Pezikoğlu, F., Burucu, V., Aslan, M. "Factors Affecting Consumers' Organic Agricultural Products Preferences in Turkey" Anadolu Journal of Agricultural Sciences 38(1), February 2023: 33-52.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Başak AYDIN

FACTORS AFFECTING CONSUMERS' ORGANIC AGRICULTURAL PRODUCTS PREFERENCES IN TURKEY

ABSTRACT

This study was conducted with consumers consuming and not consuming organic products in six regions in Turkey classified in terms of development levels according to socio-economic development index values. The study aimed to compare the socio-economic aspects of consumers and to reveal the factors affecting the organic product purchasing behaviors of consumers. In the research, a survey was conducted with a total of 1494 consumers in 32 provinces, who consumed and did not consume organic products. Logistic regression analysis was used to analyze the factors affecting consumers' tendency to consume organic products. It was determined that consumers who consumed organic products were slightly younger than consumers who did not, and their monthly food expenditures were higher. It was determined that the education level of consumers who consumed organic products was higher. In addition, it was determined that the non-working and retired occupational groups were more dominant in the consumer group that did not consume organic products. According to the results, it was determined that the gender of the consumers, the education period, the presence of children in their households, the person doing the food shopping in the family, the monthly food expenditures, and the organic product consumption of the region they lived in affected the organic product consumption status positively.

Keywords: Organic Product, Consumption, Consumer Behavior.



TÜRKİYE'DE TÜKETİCİLERİN ORGANİK TARIM ÜRÜNLERİ TERCİHİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

ÖZ:

Bu çalışma, Türkiye'de sosyo-ekonomik gelişmişlik endeksi değerlerine göre gelişmişlik seviyeleri bakımından sınıflandırılan altı bölgede organik ürün tüketen ve tüketmeyen tüketicilerle yürütülmüştür. Çalışmanın amaçları; tüketicilerin sosyo-ekonomik yönden karşılaştırılması ve tüketicilerin organik ürün satın alma davranışlarına etki eden faktörlerin ortaya konmasıdır. Araştırmada 32 ilde organik ürün tüketen ve tüketmeyen toplam 1494 tüketicile anket çalışması yapılmıştır. Tüketicilerin organik ürün tüketme eğilimlerinde etkili olan faktörlerin analizinde Lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Organik ürün tüketen tüketicilerin tüketmeyen tüketicilere göre az da olsa daha genç olduğu ve aylık gıda har-

camalarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Organik ürün tüketen tüketicilerin eğitim düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında organik ürün tüketmeyen tüketici grubunda çalışmayan ve emekli meslek gruplarının daha ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tüketicilerin cinsiyetinin, eğitim süresinin, hanelerinde çocuk olup olmama durumunun, hanelerinde gıda alışverişini yapan kişinin, aylık gıda harcamalarının ve yaşadıkları bölgenin organik ürün tüketimi durumunu pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organik Ürün, Tüketim, Tüketici Davranışı.



1. INTRODUCTION

Agriculture, which includes many activities such as obtaining plant and animal products by using soil and water resources, increasing productivity and quality, meets the food requirements of the world population as the sector that has been most in harmony with the environment from past to present. However, agriculture, which has been seen as an activity that protects the environment in the past, has become a sector that can have negative effects on the environment as a result of the intensive use of inputs based on increasing the yield obtained from the unit area (Hasdemir, 2016).

Today, one of the crucial issues that all countries of the world focus on is human health and the other is environmental problems. Against the increasingly negative effects of conventional agriculture and agricultural products, the transition to organic agriculture has gained great importance. Organic agriculture is an alternative farming method for environmental protection, which can prevent agricultural environmental pollution and eliminate the negative effects of chemicals on humans. In developed countries, the demand for organic products started with the requests from consumers and environmental organizations, organic agriculture was started and organic product markets increased (Sarıkaya, 2007)

The purposes of organic agriculture are to protect the environment and human health and natural resources, to ensure biological diversity, to restore the deteriorated ecological balance, to protect the environment from negative effects by preventing the use of synthetic chemical pesticides, hormones, and mineral fertilizers, to prevent the erosion of organic and green fertilization, rotation, soil, and gene resources, to use renewable energy sources and to save energy, to increase the resistance of the plant, to benefit from natural enemies in biological control, to support the economy and to increase not only the quantity increase in production but also the product quality (Altındışlı and İlter, 1999; Stolze and Lampkin, 2009).

The market for organic agricultural products is growing rapidly especially in developed countries and in Turkey. The most important factor in the growth of this market is consumer demand. The increase in the education and income levels of the individuals, the increase in the care and sensitivity about the quality of the products they consume, and accordingly, the fact that they start to consume more natural and qualified products by paying more increases the demand for organic products. Although organic production is increasing worldwide, organic products sales are concentrated in developed and industrialized countries. Naturally, in market with such a high economic value, the consumers' marketing function and tendencies are vital (Gürses, 2014).

Many studies were conducted to determine the consumers' behaviors on organic production. In the study conducted by Wier and Calverley (2002), it was determined that environmental and ethical reasons impacted consumers' purchasing organic products and consumers primarily purchased organic products for health reasons. Shepherd et al. (2005) investigated the attitudes and behaviors of consumers towards organic foods. In the study conducted by Mutlu (2007), it was aimed to compare the attitudes and behaviors of Turkish and German consumers towards organic foods. It was determined that the consumers of both countries were in the high education level and middle-income group, and it was determined that they preferred supermarkets to buy organic products. The study conducted by Sarıkaya (2007) aimed to examine consumers' attitudes towards organic products and the factors affecting their preferences. In the study conducted by Ritson and Brennan (2008), it was explained that consumer behaviors consisted of psychological, sociological and even anthropological situations of individuals, which greatly impacted organic food selection. Chen (2009) determined that health and environmental concerns were significant in organic food consumption and that there was a positive relationship between health awareness and attitude towards organic food.

The study carried out by Akın et al. (2010) determined that people's attitudes towards organic and non-organic foods were affected by their education level in Niğde province. Dağistan et al. (2010) determined the demands and tendencies of consumers living in the central district of Hatay province for organic agricultural products. In the study conducted by Karabaş and Gürler (2012), the behaviors of consumers in Samsun city center towards organic products and the factors that affected their preference for organic products were determined. In the study conducted by Ağır et al. (2014) in Kayseri province in 2013, it was determined that as consumers' age and education level increased, they may adopt organic products early. In the study conducted by Eti (2014), it was determined that women tended to buy more organic food than men, and the 35-44 age group was the age group that tended to give the most positive response. In the study conducted by Gürses (2014) in order to determine the organic product consumption trends of consumers in Sakarya province and to examine some marketing characteristics, it was

determined that the middle-aged and above consumer group with high education and income levels consumed organic products. The study conducted by Sandallıoğlu (2014) determined that the total monthly income, education level, monthly food expenditure amount and marital status of organic product consumers in Adana province were effective on organic product consumption. In a study conducted by Özgen and Yeşiloğlu (2015) in Ankara, it was observed that the age of consumers was a factor that would make a difference in their purchasing behavior towards organic food. In the study conducted by Ustaahmetoğlu and Toklu (2015), it was found that there was a relationship between occupation and attitudes towards organic products, and between gender and intention to purchase organic products with demographic characteristics. Doğan and Gürel (2016) determined consumers' perspectives on organic products, their consumption tendencies and awareness levels in Kırşehir city center. It was determined by Varoğlu and Tarhan (2016) that the middle-aged and above consumer group with high education levels and income levels consumed organic products in Sakarya province. In the study conducted by Gülgör (2017), organic product consumption trends of consumers in Istanbul were determined. In the study carried out by İnci et al. (2017) in the city center of Diyarbakir, consumers' attitudes towards organic products and the factors that affected their preference for organic products were determined. Aydoğdu et al. (2018) determined the consumption reasons of organic product consumers living in Şanlıurfa. In the study carried out by Bahşi and Akça (2019) in Osmaniye and Şanlıurfa provinces, it was aimed to determine the perspectives of consumers towards organic products and the factors that affected their preference of organic products. Sezgin and Uzundumlu (2019) in Erzurum province concluded that the organic product consumption level of the consumers was affected by their active working status, family size, income, paying attention to a balanced and healthy diet, and being a conscious consumer.

In this study, attitudes and behaviors of consumers about purchasing organic food in Turkey were determined, and the factors affecting consumers' organic product purchasing behaviors were revealed. When the studies on the subject were examined, it was observed that the studies were generally carried out on a provincial basis. This study is a first in terms of being carried out throughout Turkey and making regional comparisons.

2. MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in six regions in Turkey classified in terms of development levels according to socio-economic development index values, and 32 provinces were selected by taking into account the index values in 2018. The target group of the study consisted of consumers selected by sampling, and the primary data consisted of data collected from these consumers by face-to-face interview

technique. On the other hand, secondary data were obtained using the literature and statistics on the subject.

Provinces in Turkey are classified into six levels in terms of their development levels according to their socio-economic development index values. The index values of the provinces in the first level are greater than 1, the index values of the provinces in the 2nd, 3rd, 4th and 5th levels are between 1 and -1, and the index values of the provinces in the 6th level are less than -1. There are 8 provinces in the first level, 13 provinces in the second level, 12 provinces in the third level, 17 provinces in the fourth level, 16 provinces in the fifth level and 15 provinces in the sixth level. Approximately 25% of the number of provinces at each level was selected purposefully, taking into account the index values, and the population numbers of the provinces were obtained. The population of the selected provinces corresponded to 68% of the total population of Turkey (79 814 871). The total population of the İstanbul, Ankara and İzmir provinces, which were in the first level, constituted 30.53% of the total population of Turkey. Considering the total population of the provinces at each level, the number of consumers to be surveyed was determined by the proportional sampling formula given below (Newbold, 1995). The number of surveys was distributed proportionally to the provinces. Sampling was done separately for the İstanbul, Ankara and İzmir provinces. Since the characteristics of the consumers constituting the main population were not known at the beginning, $p=0.5$ was taken to maximize the sample size.

$$n = \frac{N \cdot p(1-p)}{(N-1)\sigma^2 p + p(1-p)}$$

In the formula;

n = Sample size

N = Population size (total population size)

p = Estimation ratio (consumption rate of organic products) (based on 50% assumption)

σ_p^2 = Variance of the ratio (calculated according to a certain confidence interval and margin of error)

According to 99% confidence interval and 0.10 margin of error;

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

$$2.58 \sigma_p = 0.10$$

$$\sigma_p = 0.03876.$$

As a result of the sampling, the number of consumers surveyed was determined as 1494. The provinces where the survey was conducted and the number of consumers are given in Table 1.

Table 1. The provinces where the survey was conducted and the number of surveys

Region	Provinces	Number of Surveys	Region	Provinces	Number of Surveys
1	İstanbul	166	4	Kırıkkale	12
1	Ankara	166	4	Malatya	35
1	İzmir	166	4	Hatay	69
1	Kocaeli	38	4	Kastamonu	17
1	Antalya	49	4	Bartın	9
1	Bursa	61	4	Çorum	24
1	Eskişehir	18	5	Çankırı	9
2	Bolu	8	5	Erzurum	39
2	Adana	61	5	Kahramanmaraş	57
2	Kayseri	37	5	Ordu	39
2	Konya	60	5	Yozgat	22
3	Burdur	10	6	Diyarbakır	59
3	Karabük	9	6	İğdır	7
3	Zonguldak	23	6	Batman	21
3	Gaziantep	75	6	Bingöl	10
3	Samsun	49	6	Şanlıurfa	69

In the analysis of the obtained data, some socio-economic characteristics of the consumers were determined by using descriptive statistics such as mean, percentage, and cross tables. The chi-square test in discrete data was used to determine whether there was a difference between the groups that consumed organic products and those that did not. In continuous data, first of all, the Kolmogorov-Smirnov test and the normal distribution test were applied to determine the variables with and without normal distribution. The t-test was used for the normally distributed variables, and the Mann-Whitney U test was used for the non-normally distributed variables.

Logit regression analysis was used to analyze the tendencies of the consumers to consume organic products and the factors affecting these tendencies. Logit Regression is a nonlinear regression model designed especially for a binary dependent variable. In the literature, Logit regression is also called "Logistic Regression" (Stoek and Watson, 2007). If the dependent variable in the model is expressed by two

categories, the model is called a “Binary Logistic Regression Model”, and if it is expressed by more than two categories, it is called a “Multiple Logistic Regression Model” (Leech et al., 2004). In the binary logistic regression model, the observed value of the dependent variable takes the value 1 if the event occurs and 0 if it does not occur to express two possible situations (Walker and Duncan, 1967).

In Logit regression analysis, G statistic with chi-square distribution is used to test the general significance of the model (Işığıcıoğlu, 2003). If the G statistic is greater than the chi-square table value in the related degree of freedom, it is decided that all the explanatory variables contained in the model are important for the dependent variable. Another test to analyze the goodness of fit provided by all variables of the model is the Hosmer and Lemeshow test statistic, which shows a chi-square distribution. If the Hosmer and Lemeshow test statistic is smaller than the chi-square table value with the related degree of freedom, it is decided that the fit of the model is good.

In the binary logistic regression model used in the study, organic product consumption (1) and non-consumption (0) were used as dependent variables. The independent variables of the model; the age of the consumer (years), education period of the consumer (years), monthly food expenditure (TL), number of family members (1: 1-2 people; 2: 3-4 people; 3: 5 people and above), gender (1: male; 2: female), marital status (1: married; 2: single), occupation (1: private sector; 2: public sector; 3: retired; 4: self-employed; 5: student; 6: not working), being a child at household (0: no; 1: yes), the person doing the food shopping in the household (1: replying to the survey; 2: other family members; 3: both). The region variable is included in the model as a dummy variable.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Organic Product Consumption Status and Socio-Demographical Characteristics of Consumers

In this part of the research, the organic product consumption status and socio-demographic characteristics of the consumers were examined. Organic product consumption status by region is given in Table 2. It was observed that 25.60% of the consumers in the first region, 47.59% of the consumers in the second region, 31.33% of the consumers in the third region, 20.48% of the consumers in the fourth region, 27.11% of the consumers in the fifth region, 13.86% of the consumers in the sixth region stated that they consumed organic products. It was determined that the region where organic products were consumed the most was the second region.

Table 2. Consumption of Organic Products by Regions.

Organic Product Consumption	Region 1		Region 2		Region 3		Region 4		Region 5		Region 6		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Yes	170	25.60	79	47.59	52	31.33	34	20.48	45	27.11	23	13.86	403	26.97
No	494	74.40	87	52.41	114	68.67	132	79.52	121	72.89	143	86.14	1091	73.03
Total	664	100.00	166	100.00	166	100.00	166	100.00	166	100.00	166	100.00	1494	100.00

While the average age of consumers consuming organic products was 34.67, the average age of consumers who did not consume organic products was 37.79. The monthly average food expenditure of consumers consuming organic products was determined as 1323.33 TL whereas the monthly average food expenditure of consumers who did not consume organic products was determined as 1149.87 TL. The education period of the consumers consuming and not consuming organic products was found as 12.89 and 11.60 years. As a result of the statistical analysis carried out to determine whether or not the difference in age, monthly food expenditure and education period of consumers were statistically significant between the groups, it was determined that there was a difference at 1% ($p=0.000$) significance level (Table 3).

Table 3. Some Socio-Cultural Indicators of Consumers

Socio-Cultural Indicators	Consuming Organic Products				Non-Consuming Organic Products				P
	Average	SD	Min	Max	Average	SD	Min	Max	
Age	34.67	11.99	17.00	90.00	37.79	14.27	18.00	77.00	0.002
Monthly Food Expenditure	1323.33	848.60	0.00	12000.00	1149.87	565.29	0.00	4000.00	0.000
Education Period	12.89	3.06	5.00	17.00	11.60	3.51	0.00	17.00	0.000

The distribution of consumers by gender is given in Table 4. Most of the consumers consuming organic products were female consumers, and most of the consumers who did not consume organic products were male consumers. This result was similar to the results of the studies conducted by İnci et al. (2017) and Aydoğdu et al. (2018). As a result of the chi-square test performed to determine whether the gender difference between the groups was statistically significant, it was determined that there was a difference at the 1% ($p=0.000$) significance level.

Table 4. Gender of Consumers

Gender	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
Man	182	45.16	656	60.13	838	56.09
Woman	221	54.84	435	39.87	656	43.91
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00
Chi-Square: 26.767 p: 0.000						

The distribution of consumers according to their marital status is given in Table 5. It was found that 55.33% of consumers consuming organic products and 60.86% of consumers who did not consume organic products were married consumers. According to the chi-square test results, it was determined that the marital status of the consumers did not change according to the groups.

Table 5. Marital Status of Consumers

Marital Status	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
Married	223	55.33	664	60.86	897	60.04
Single	170	42.18	427	39.14	597	39.96
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00
Chi-Square: 1.137 p: 0.286						

The distribution of consumers by occupational groups is given in Table 6. It was determined that 37.72% of consumers consuming organic products were private sector, 26.80% were public employees, and 34.19% of consumers who did not consume organic products were private sector and 18.61% were public employees. While 8.44% of the consumers in the organic product group were in the non-working group and 4.71% were in the retired group, these rates were higher in the group that did not consume organic products. It was determined that the rates of self-employed and student groups were quite close to each other in both groups. It was determined that the non-working and retired occupational groups were more dominant in the consumer group that did not consume organic products. In both groups, most of the consumers worked in the public and private sectors. This result was similar to the result in Aktürk (2015) literature. Chi-square test results showed that there was a difference between the groups at the level of 1% ($p=0.000$) significance level.

Table 6. Occupational Groups of Consumers

Job Groups	Consuming Organic		Non-Consuming		Total	
	Products		Organic Products			
	Number	%	Number	%	Number	%
Private Sector	152	37.72	373	34.19	525	35.14
Employee						
Public Employee	108	26.80	203	18.61	311	20.82
Self-Employed	45	11.17	129	11.82	174	11.65
Student	45	11.17	122	11.18	167	11.18
Not Working	34	8.44	139	12.74	173	11.58
Retired	19	4.71	125	11.46	144	9.64
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00

Chi-Square: 29.229 p: 0.000

The distribution of consumers by household income is given in Table 7. While the household income of 37.22% of consumers who consumed organic products was above 5000 TL, this rate was determined as 24.20% for consumers who did not consume organic products. It was determined that the household income of 35.48% of consumers consuming organic products and 48.85% of consumers who did not consume organic products was between 3000-5000 TL. In the consumer group consuming organic products, the ratio of consumers with a household income above 5000 TL was higher. This result showed similarities with the results of Mutlu (2007), Akin et al. (2010), Dağistan et al. (2010) and Gürses (2014) literature.

As a result of the chi-square test, which was conducted to determine whether the difference in household incomes of consumers between the groups was statistically significant, it was determined that there was a significant difference of 1% ($p=0.000$) significance level.

Table 7. Monthly Household Income of Consumers

Household Income	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
<3000	110	27.30	294	26.95	404	27.04
3000-5000	143	35.48	533	48.85	676	45.25
>5000	150	37.22	264	24.20	414	27.71
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00

Chi-Square: 29.651 p: 0.000

The distribution of consumers by education level is given in Table 8. While 7.94% of the consumers consuming organic products were postgraduate graduates and 47.89% were university graduates, 2.29% of the consumers who did not consume organic products were postgraduate graduates and 37.40% were university graduates. The ratios of primary, secondary and high school graduates in the group consuming organic products were lower than the ratio of consumers in the non-consuming group. It was determined that the education level of consumers who consume organic products was higher. This result was similar to the results of Mutlu (2007), Akin et al. (2010), Karabaş and Gürlü (2012), Gürses (2014), Sandallıoğlu (2014), Aktürk (2015) and Aydoğdu et al. (2018) literature.

As a result of the chi-square test, it was determined that there was a difference in the education level of the consumers between the groups at the 1% ($p=0.000$) significance level.

Table 8. Education level of consumers

Education Level	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
Literate	0	0.00	9	0.82	9	0.60
Primary School	21	5.21	125	11.46	146	9.77
Middle School	25	6.20	93	8.52	118	7.90
High School	132	32.75	431	39.51	563	37.68
University	193	47.89	408	37.40	601	40.23
Postgraduate	32	7.94	25	2.29	57	3.82
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00
Chi-Square: 53.311		p: 0.000				

The distribution of consumers according to the number of people in their households is given in Table 9. While the number of people in the households of 20.10% of consumers consuming organic products was over 4, this ratio was determined as 22.36% in the consumer group that did not consume. In the group that did not consume organic products, the ratio of those who had 1-2 people in the family was higher than the group that consumed organic products. Chi-square test results showed that there was a difference between the groups at the 5% ($p=0.014$) significance level.

Table 9. Number of People in the Households of Consumers

Number Of People In The Household	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
1-2 People	85	21.09	295	27.04	380	25.44
3-4 People	237	58.81	552	50.60	789	52.81
>4 People	81	20.10	244	22.36	325	21.75
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00
Chi-Square: 8.546	p: 0.014					

The distribution of consumers according to the status of having children in their households is given in Table 10. It was determined that 55.58% of consumers consuming organic products and 45.46% of non-consumers stated that they had children in their household. As a result of the chi-square test, it was determined that there was a difference between the groups at the 1% ($p=0.001$) significance level.

Table 10. Childhood in the Household

Are There Children In The Household?	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
Yes	224	55.58	496	45.46	720	48.19
No	179	44.42	595	54.54	774	51.81
Total	403	100.00	1.091	100.00	1494	100.00
Chi-Square: 12.072	p: 0.001					

The age groups of the children in the households of the consumers are given in Table 11. It was determined that 9.18% of the consumers consuming organic products were between 0-2 years of age and 17.62% of them were between 3-5 years of age. In the consumer group who did not consume organic products, these ratios were determined as 6.23% and 12.47%, respectively. It was observed that the age groups of the children in the group consuming organic products were lower than those of the non-consuming group.

Table 11. Age Groups of Children in the Household

Age Groups	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total*	
	Number	%	Number	%	Number	%
0-2	37	9.18	68	6.23	105	7.03
3-5	71	17.62	136	12.47	207	13.86
6-14	105	26.05	247	22.64	352	23.56
14-18	73	18.11	210	19.25	283	18.94

*Multiple options marked

The distribution of consumers according to people shopping for food in their households is given in Table 12. 55.33% of consumers consuming organic products and 56.46% of non-consumers stated that shopping was done with all family members in their households. Chi-square test was conducted to determine whether the difference between the people who shopped in the households of the consumers between the groups was statistically significant, and it was determined that there was a difference at 1% ($p=0.005$) significance level.

Table 12. Person/s doing food shopping in the household

Who Does the Food Shopping in the Household?	Consuming Organic Products		Non-Consuming Organic Products		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
Answering the Survey	108	26.80	218	19.98	326	21.82
Other Family Members	72	17.87	257	23.56	329	22.02
Both of Them	223	55.33	616	56.46	839	56.16
Total	403	100.00	1091	100.00	1494	100.00
Chi-square: 10.662		p: 0.005				

3.2. Factors Affecting Consumers' Organic Product Consumption Preferences

First of all, it was examined whether there was a multicollinearity problem between the independent variables and it was determined that there was no multicollinearity between the independent variables. According to the results of the logistic regression analysis, when the first classification table was examined, it was determined that the program was primarily classified in the category of not con-

suming organic products, and as such, the percentage of correct classification was 73%. The issue examined in the initial model table is whether the constant term was meaningful. Since $p=0.000<0.05$, it was concluded that all independent variables contributed significantly to the model and variable selection was continued. When the iteration history table was examined, the constant term value was found as -2.110 and the -2LogL statistic was found as 1585.109 at the end of the fourth iteration.

The estimation results of the logistic regression model are given in Table 13. Hosmer and Lemeshow statistics (Model Chi-Square Statistic) is used to test the logistic regression model in general. As a result of the Hosmer and Lemeshow test, the chi-square value was calculated as 11.230. It was obtained as $P=0.189>0.05$, showing that the model was suitable.

The chi-square value in the model established to determine the organic product consumption tendencies of consumers was determined as 156.912 and the significance level of this value was determined as 0.000. Since the significance level was $P<0.05$, the coefficients of the model were found to be significant. The estimated model was generally significant and it was seen that at least one of the independent variables in the model was effective on the dependent variable.

The Nagelkerke R^2 statistic was found to be 14.5%, and it showed that there was a 14.5% relationship between the dependent variable and the independent variables, and only 14.5% was explained by the independent variables in the model.

Among the variables included in the model, it was determined that the variables of consumers' age, marital status, occupation and the number of individuals in their families were statistically insignificant ($p>0.10$).

It can be said that the other 6 variables, which were gender, education period, having a child in the household, the person doing the family food shopping, monthly food expenditure and the region, were statistically significant and were effective in consuming organic products or not.

The equation written using the original logit coefficients is given below.

$$g(x) = -2,110 + 0.536 \times \text{gender}(1) + 0.067 \times \text{education period} + 0.338 \times \text{number of children in the household} (1) + 0.399 \times \text{who does the shopping}(1) - 0.177 \times \text{who does the shopping}(2) + 1.009 \times \text{region}(1) + 0.340 \times \text{region}(2) - 0.168 \times \text{region}(3) + 0.090 \times \text{region}(4) - 0.760 \times \text{region}(5)$$

Table 13. Estimation Results of the Logistic Regression Model

Variables	Coefficient	Standard Error	Wald Statistics	DF	P Value	Odds Ratio
Constant	-2.110	0.459	21.170	1	0.000	0.121
Age	-0.009	0.008	1.384	1	0.239	0.991
Gender(1)	0.536	0.137	15.377	1	0.000***	1.709
Marital status(1)	0.161	0.181	0.791	1	0.374	1.174
Occupation			7.500	5	0.186	
Occupation (1)	-0.036	0.179	0.041	1	0.839	0.964
Occupation (2)	-0.148	0.352	0.177	1	0.674	0.863
Occupation (3)	0.100	0.227	0.194	1	0.659	1.105
Occupation (4)	-0.313	0.233	1.805	1	0.179	0.732
Occupation (5)	-0.534	0.236	5.102	1	0.024	0.586
Education period	0.067	0.023	8.320	1	0.004***	1.069
Family size			0.524	2	0.770	
Family size(1)	0.066	0.191	0.119	1	0.730	1.068
Family size(2)	-0.046	0.241	0.037	1	0.847	0.955
Status of having a child in the household(1)	0.338	0.168	4.068	1	0.044**	1.402
Who does the food shopping?			9.115	2	0.010***	
Who does the food shopping(1)	0.399	0.158	6.417	1	0.011	1.490
Who does the food shopping(2)	-0.177	0.184	0.925	1	0.336	0.838
Monthly food expenditure	0.000	0.000	13.441	1	0.000***	1.000
Region			47.710	5	0.000***	
Region(1)	1.009	0.198	26.037	1	0.000	2.744
Region(2)	0.340	0.201	2.861	1	0.091	1.405
Region(3)	-0.168	0.224	0.564	1	0.453	0.845
Region(4)	0.090	0.211	0.183	1	0.669	1.094
Region(5)	-0.760	0.256	8.850	1	0.003	0.468
Nagelkerke R ² = 0.145						
-2 Log likelihood= 1585.109						
X ² = 11.230 p= 0.189 (Hosmer Lemeshow test)						
X ² = 156.912 p= 0.000 (Omnibus test)						

*: Significant at 10% significance level; **: Significant at 5% significance level; ***: Significant at 1% significance level; DF: Degree of freedom

Gender: Female consumers were 1.709 times more likely to purchase organic products than male consumers (reference group).

Education Period: One unit increase in the education period increased the probability of purchasing organic products 1.069 times, or in other words, one unit increase in the education period increased the probability of purchasing organic products $(1.069-1) \times 100 = 6.9\%$.

Status of Having Children in the Household: Consumers with children in their households were 1.402 times more likely to purchase organic products than consumers without children (reference group).

Food Shopper: Consumers who did food shopping with all family members were 0.838 times less likely to buy organic products compared to the group where the food shopper was only the consumers who answered the survey (reference group) and the group where other family members did food shopping was 1.490 times more likely to buy organic products compared to the reference group.

Monthly Food Expenditure: One unit increase in monthly food expenditure increased the probability of purchasing organic products by one times. This result indicated that the purchase of organic products increased as the monthly food expenditure increased.

Region: It was determined that the region with the highest probability of purchasing organic products was the second region. Consumers in the second region were 2.744 times more likely to purchase organic products than the consumers in the first region (reference group), consumers in the third region were 1.405 times more likely to purchase organic products compared to the reference group, and consumers in the fourth region were 0.845 times less likely to purchase organic products compared to the reference group. Consumers in the fifth region were 1.094 times more likely to purchase organic products compared to the reference group, and consumers in the sixth region were 0.468 times less likely to purchase organic products compared to the reference group (Table 13).

4. CONCLUSION

In this study, attitudes and behaviors of consumers on purchasing organic food in Turkey were determined, and the factors affecting consumers' organic product purchasing behaviors were revealed. It was determined that consumers who consumed organic products were slightly younger than consumers who did not consume, and their monthly food expenditures were higher. It was concluded that consumers consuming organic products were mostly women and the consumers who did not consume were mostly men. It was determined that the education level of consumers who consumed organic products was higher than the other group. In addition, it was determined that the non-working and retired occupational groups were more dominant in the consumer group that did not consume organic products. In both groups, most of the consumers worked in the public and private sec-

tors. In the consumer group consuming organic products, the ratio of consumers with a household income of more than 5000 TL and the rate of having children in the households of consumers consuming organic products were higher than those of non-consumers, and it can be said that these two criteria were important in terms of organic product consumption.

According to the results of the logistic regression analysis, it was determined that the gender of the consumers, the education period, the status of having a child in their household, the person doing the family food shopping, the monthly food expenditures and the region they lived in were effective on whether or not they consumed organic products. Education is one of the most effective factors in the formation of consumer attitudes and behaviors towards organic food and agricultural products in EU countries (Eryılmaz et al., 2015). Because, it has been observed that organic agriculture and food products are preferred more by people with higher education levels (Hassan et al., 2009)

In order to increase the consumption of organic products and to transfer sufficient and healthy information about the products to the consumers, it is necessary to increase advertising activities. The right price policies should be determined and government support should be given to the producers, so that the formation of prices at which organic products can be demanded by consumers in the middle-income group should be ensured. In order to increase consumer awareness of organic products, the development of organic markets will be provided by increasing consumer demand with the help of training activities on organic products.

It can be said that the increase in the number of public markets contributes to the spread of organic foods and thus to their easy availability by consumers and it is also possible to say that by making it possible for the producer to sell their goods directly to the consumer and raising the awareness of organic products, it will contribute to more reasonable prices of organic products over time.

For the development of the organic market in Turkey, the demand of a certain group for these products is not sufficient. Studies should be made to influence middle-income consumers as well. Both producers and consumers should benefit from government support, and consumers' knowledge of organic products should be increased. By planned and long-term studies, it will be possible to increase consumer demand and develop the market. Giving priority to specific stores before supermarkets during the sale of organic products in Turkey gains importance in terms of expressing the product characteristics to the consumer by making one-to-one contact between the salesperson and the consumer at the selling point.

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: BA (80%), MD (10%), FP (10%)

Data Acquisition: MD (25%), AAK (25%), SD (25%), BT (25%)

Data Analysis: BA (85%), MD (15%)

Writing up: BA (80%), FP (5%), DA (5%), VB (5%), MA (5%)

Submission and Revision: BA (90%), DA (10%)

Acknowledgment:

This study was carried out within the scope of the project "Determination of the Factors Affecting the Organic Farming Products of the Consumers" supported by the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policies.

REFERENCES

- Ağır, H.B., Poyraz, N., Yılmaz, H.İ., Boz, İ., 2014. Organic product perception of consumers: Sample of Kayseri province. XI. National Agricultural Economics Congress, 1434-1439, 3-5 September, Samsun (in Turkish)
- Akın, M., Çiçek, R., İnal, M.E., Toksarı, M., 2010. A research for the examination of the differences in customers attitude towards organic foods their demographical characteristics and individual values. Dokuz Eylül University The Journal of Graduate School of Social Sciences, 12(1): 29-56. (in Turkish)
- Aktürk, D., 2015. Evaluation of consumer demand against conventional and organic produced agricultural products with non-linear canonical correlation analysis. COMU Journal of Agriculture Faculty, 3(1): 115-121. (in Turkish)
- Altındışli, A., İlter, E., 1999. Eko-tarımda ilke ve kavramlar. Ekolojik tarım eğitimi ders notları, 24-29. İzmir.
- Aydoğdu, M.H., Kaya, F., Eren, M.E., Parlakçı Doğan, H., 2018. A research on the reasons of organic product consumption: Şanlıurfa sampling, The Journal of Academic Social Science, 64: 161-170. (in Turkish)
- Başı, N., Akça, A., 2019. A Research on the determination of consumers' perspectives on organic agricultural products: Case study in Osmaniye and Şanlıurfa Provinces, KSU Journal of Agriculture and Nature, 22(1): 26-34. doi:10.18016/ksutarimdogu.vi.443228. (in Turkish)
- Chen, M.F., 2009. attitude toward organic foods among Taiwanese as related to health consciousness, environmental attitudes and the mediating effects of a healthy life style. British Food Journal, 111(2): 165-178. doi: 10.1108/00070700910931986.
- Dağistan, E., Demirtaş, B., Yılmaz, Y., Tapkı, N., 2010. Consumer preferences on organic products. Turkey IX. Agricultural Economics Congress, 312-319, 22-24 September, Şanlıurfa. (in Turkish)
- Doğan, H.G., Gürel, E., 2016. The determination of attitudes and behaviors in organic product consumption of consumers living of Central District of Kırşehir Province. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, 33(3): 147-156. doi: 10.13002/jafag1033 (in Turkish)

- Eryılmaz, G.A., Demiryürek, K., Emir, M., 2015. Consumer behaviour towards organic agriculture and food products in the European Union and Turkey. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 30(2015): 199-206. doi: 10.7161/anajas.2015.30.2.199-206
- Eti, H.S., 2014. Marketing of organic food and analysis of consumer attitude and behavior towards organic food. PhD Thesis. Namık Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p.194, Tekirdağ. (in Turkish)
- Gülgör, E., 2017. Economy of organic farming and consumer trends. Msc Thesis. Namık Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p.145, Tekirdağ. (in Turkish)
- Gürses, S.T., 2014. Consumption trend of organic product and determination of consumer profile: a case study of Sakarya. Msc Thesis. Uludağ University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p.98, Bursa. (in Turkish)
- Hasdemir, M., 2016. Implementation of environmentally based agricultural land protection program in Turkey. *International Conference on Eurasian Economies*, 496-502, 29-31 August, Hungary. (in Turkish)
- Hassan, D., Monier-Dilhan, S., Nichèle, V., Simioni, M., 2009. Organic food consumption patterns in France. *PreConference Workshop, Diet and Obesity: Role of Prices and Policies August 16.*
- İşçiçok, E., 2003. Bebeklerin doğum ağırlıklarını ve boylarını etkileyen faktörlerin lojistik regresyon analizi ile araştırılması. VI. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, 29-30 Mayıs, Ankara.
- İnci, H., Karakaya, E., Şengül, A.Y., 2017. Factors affecting organic product consumption (Diyarbakır case). *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 20(2): 137-147. doi:10.18016/ksujns.41314. (in Turkish)
- Karabaş, S., Gürler, A.Z., 2012. Predicting of the factors affecting consumer behavior the choice of organic products by logit regression analysis, *Adıyaman University Journal of Social Sciences*, 5(10): 129-156. doi:10.14520/adyusbd.272. (in Turkish)
- Leech, N.L., Barrett, K.C., Morgan, G.A., 2004. *SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah New Jersey.
- Mutlu, N., 2007. Consumer attitude and behaviour towards organic food: Cross-cultural study of Turkey and Germany. Msc Thesis. Universität Hohenheim, Institute for Agricultural Policy and Markets, p.146, Stuttgart.
- Newbold, P., 1995. *Statistics for business and economics*. Prentice-Hall International, New Jersey.
- Özgen, P., Yeşiloğlu, H., 2015. Investigation of consumption behaviours of organic food consumers within the scope of life styles. *Gazi University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 17(2): 197-215. (in Turkish)
- Ritson, C., Brennan, M., 2008. What does consumer science tell us about organic foods. In: Givens, I., Baxter, S., Minihane, A.M., Shaw, E. (Eds). *Health benefits of organic food: effects of the environment*. pp. 190-206. doi: 10.1079/9781845934590.0190.
- Sandallıoğlu, A., 2014. Consumption of organic agricultural products and consumer tendencies in Adana. PhD Thesis. Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p.201, Adana. (in Turkish)
- Sarıkaya, N., 2007. Organik ürün tüketimini etkileyen faktörler ve tutumlar üzerine bir saha çalışması. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2): 110-125.
- Sezgin, A., Uzundumlu, A.S., 2019. Analysis of factors effecting organic product consumption: A case study of Erzurum Province. *IBAD Journal of Social Sciences, Special Issue*: 441-451. doi: 10.21733/ibad.613411 (in Turkish)
- Stepherd, R., Magnusson, M., Sjöden, P.O., 2005. determinants of consumer behavior related to organic foods. *Ambio*, 34(4/5): 352-359.
- Stock, J.H., Watson, M.W., 2007. *Introduction to econometrics*. Pearson Addison Wesley, 822p, Boston.
- Stolze, M., Lampkin, N., 2009. Policy for organic farming: rationale and concepts. *Food Policy*, 34(3): 237-244. doi: 10.1016/j.foodpol.2009.03.005
- Ustaahmetoğlu, E., Toklu, İ.T., 2015. A survey on the effect of attitude, health consciousness and food safety on organic food purchase intention. *The International Journal of Economic and Social Research*, 11(1): 197-211. (in Turkish)
- Varoğlu, S.T., Tarhan, Ş., 2016. Consumption trend of organic product and determination of consumer profile: A case study of Sakarya. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33(3): 189-196. doi: 10.13002/jafag923 (in Turkish)
- Walker, S.H., Duncan, D.B., 1967. Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables. *Biometrika*, 54(1): 167-179.
- Wier, M., Calverley, C., 2002. Market potential for organic foods in Europe. *British Food Journal*, 104(1): 45-62. doi: 10.1108/00070700210418749



Modeling of Climatic Variables Using Stochastic Approaches in Sudan

Sudan'da Stokastik Yaklaşımlar Kullanılarak İklimsel Değişkenlerin Modellenmesi

Mawadda. A. M. ABDALLAH¹, Bilal CEMEK²

¹Agricultural Research Corporation (ARC), Wad Medani City, Sudan
• 17211130@stu.omu.edu.tr, • ORCID > 0000-0002-9135-3025

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun
• bcemek60@gmail.com • ORCID > 0000-0002-0503-6497

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 20 Temmuz / July 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 03 Kasım / November 2022

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 38 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 53-68

Atıf/Cite as: Abdallah, M.A.M., Cemek, B. "Modeling of Climatic Variables Using Stochastic Approaches in Sudan"
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(1), February 2023: 53-68.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mawadda. A. M. Abdallah

MODELING OF CLIMATIC VARIABLES USING STOCHASTIC APPROACHES IN SUDAN

ABSTRACT

The climatic variables play a significant role in agricultural process and irrigation management because we need to know all changes related to the climate, which will absolutely affect agricultural yield. For this purpose, the ARIMA models were suggested in this study for modeling daily average temperature, solar radiation, and relative humidity factors related to five main meteorological stations (Wad Madani, Khartoum, Al Gadaref, Al Damazin, and Dongola) in Sudan. The daily variables were obtained from the period 2013 to 2020. Time series analysis methods are used for estimating and modeling the climatic variables using Autoregressive Integrated Moving Average methods, which are called Box Jenkins models. For modeling purposes, linear stochastic models were used to estimate the future values of daily variables. The Augmented Dickey-Fuller test (ADF) was used to check the stationarity of the data at 1%, 5%, and 10% confidence levels. The time series of variables showed stationarity and no trend. The best models were selected from the autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation (PACF) function graphs employing diagnostic testing. The adjusted R², Standard error (S.E), Akaike information criterion (AIC), and Bayesian information criterion (BIC) values were used to assess which models were the best. The appropriate findings were observed in ARIMA (1,0,1) and (1,0,2) which can be effective for predicting future values. The ARIMA models obtained satisfactory results for temperature, relative humidity, and solar radiation variables. So, this study might be extremely helpful for agricultural engineers to achieve all the processes related to agricultural practices.

Keywords: Variables, Arima Models, Adf Test, Stochastic, Prediction, Autocorrelation.



SUDAN'DA STOKASTİK YAKLAŞIMLAR KULLANILARAK İKLİMSEL DEĞİŞKENLERİN MODELLENMESİ

ÖZ:

İklimsel değişkenleri, tarımsal süreç ve sulama yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır çünkü iklimle ilgili tarımsal verimden kesinlikle tüm etkilenecek değişiklikleri bilmemiz gerekmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada Sudan'daki beş ana meteoroloji istasyonu (Wad Madani, Hartum, Al Gadaref, Al Damazin ve Dongola) ile ilgili günlük ortalama sıcaklık, bağıl nem ve güneş radyasyonu değişkenleri-

nin modellenmesi için ARIMA modelleri önerilmiştir. 2013-2020 yılları arasındaki günlük iklim verileri kullanılmıştır. Box Jenkins modelleri olarak adlandırılan ARIMA (Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Modelleri) kullanılarak iklimsel değişkenlerin tahmin ve modellemesi için zaman serisi analiz yöntemleri kullanılmıştır. Modelleme amacıyla, günlük değişkenlerin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için doğrusal stokastik modeller kullanılmıştır. Durağanlığı 1%, 5% ve 10% güven düzeylerinde kontrol etmek için zaman serilerine artırılmış Dickey-Fuller testi (ADF) uygulanmıştır. Değişkenlerin zaman serileri durağan ve eğilimsiz olduğunu tespit edilmiştir. Modelleri kontrol etmek ve otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) fonksiyon grafiklerinden en iyi modelleri seçmek için diyagnostik kontrolleri kullanılmıştır. En iyi modelleri, düzeltilmiş R2, Standart hata (S.E), Akaike bilgi kriteri (AIC) ve Bayesian bilgi kriteri (BIC) değerlerine göre seçilmiştir. En iyi sonuçları, gelecekteki değerleri tahmin etmek için etkili olabilecek ARIMA (1,0,1) ve (1,0,2) modellerinde gözlenmiştir. ARIMA modelleri sıcaklık, bağıl nem ve güneş radyasyonu değişkenleri için tahmin edici sonuçları elde etmiştir. Bu nedenle, bu çalışma ziraat mühendislerinin tarımsal uygulamalarla ilgili tüm süreçleri gerçekleştirmeleri için çok yardımcı olabilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Değişkenler, ARIMA Modelleri, ADF Testi, Stokastik, Tahmin Etmek, Otokorelasyon.



1. INTRODUCTION

The climate system is known as a complex system that is characterized by major changes in climatic variables, which are very necessary for many environmental systems, especially agricultural processes, which are affected by weather conditions that can affect agricultural production. Agricultural productivity might be increased or reduced due to a longer or shorter growing season, so the most important climatic variables such as temperature, relative humidity, and solar radiation make a big sense of crop yield. However, crop yields are also expected to vary increasingly from year to year due to extreme weather events, and it varies/they(crop yields) vary? depending on different geographical locations. Therefore, many different methods have been used in many previous studies to interpret and estimate the changes in variables, such as time series analysis techniques using Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) models to model future values. Time series analysis is important to analyze and predict the future values of hydrological parameters such as the evapotranspiration process which is considered a complex process in the hydrology field. In addition, time-series analysis is necessary for testing hydrologic and climatologic models with reconstructed hydrologic models from the past (Palmroth et al., 2010).

It is worth mentioning that the most evident patterns appearing in time series data are trends and seasonality (G. E. Box et al., 2015).

The Box-Jenkins model, also known as the autoregressive integrated moving average* model, is widely used in analyzing hydrologic time series and has been used to extrapolate past patterns of behavior into the future. (Mohan and Arumugam, 1995). ARIMA is the first method introduced by Box-Jenkins and has until now been the most popular model for forecasting univariate time series data (Lee, 2011). According to (Yürekli et al., 2007) the ARIMA models have been applied to simulate and estimate the climatic variables for Tokat city in Turkey and the models that obtained satisfying results can be used for predicting future values.

According to (Asteroiu and Hall, 2007) time series analysis is necessary to set up a hypothetical probability model to represent data for predicting future values. It is then possible to estimate parameters, check for good data fit, and perhaps use the fitted method to improve our understanding of the processes by generating the data after an appropriate collection of models has been selected as the best. In addition, time series analysis is very important for economic statistics such as unemployment to recognize the presence of seasonal components and not being confused them with long-term trends. Time series models can be applied for controlling future values of series by adjusting parameters. For instance, time series analysis is playing the main role in prediction of future values such as testing hypothesis of global warming using recording temperature data and predicting one series from observations of another population data. Also, it is useful in simulation studies, for example, the performance of a reservoir depends heavily on the random daily inputs of water to the hydrological system. There are many studies that have been carried out in different environmental components using the time series analysis approaches with another stochastic methods to increase the performance of models as observed in the study of (Ashrafzadeh et al., 2020) which forecasted monthly ETo using different methods of time Series Models, Support Vector Machines (SVM), and Goup Method of Data Handling GMDH in Iran for Long-Term during 1993-2014 and these models were used to forecast reference evapotranspiration for the next 2-year period (2013-2014). According to (Luo et al., 2014) have proposed a method for forecasting short-term daily reference evapotranspiration using Hargreaves-Samani model and temperature forecasts. In this study, the HS model was compared with the Penman-Monteith model to calibrate and validate the Hargreaves-Samani (HS) model. The ARIMA models were applied by (Mossad and Alazba, 2016) to predict monthly reference evapotranspiration under arid climate using daily metrological parameters to develop the ETo time series.

In the study of (Kim et al., 2011) ARIMA model has applied seasonal to evaluate and predict temporal-spatial Precipitation in Mongolia. In such an approach (Han et al., 2012) used the ARIMA models to predict drought, and the results

demonstrated how the model had important short-term forecasting for the SPI index. Also, (Han et al., 2010) employed a new technique of modelling for the Spatial and temporal series the VTCI series and applied the ARIMA models to simulate and forecast the VTCI (vegetation temperature condition index) series to simulate and forecast VTCI (vegetation temperature condition index) series.

(Zhang, 2003) has suggested a hybrid method of ARIMA and ANNs (Artificial neural networks) models to improve the accuracy of forecasting and estimate the strength of the modeling in linear and nonlinear case. The combination of ARIMA and neural network models are especially essential to extract different patterns of data and show the ability to capture the non-linearity in the data. An Artificial neural network model is an effective tool to improve forecasting accuracy and achieve a high degree of model performance in time series data (Khashei and Bijari, 2010).

Kaur et al. (2015) used neural networks to apply a hybrid model that considered two methods of ARIMA and wavelet transform models. To forecast the hydrological drought on annual and seasonal time spans, (Bazrafshan et al., 2015) have tested the accuracy of stochastic known as Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) models. They also calculated the accuracy of models in terms of lead-time for forecasting. In such an approach (Mishra and Desai, 2005) and Grazhdani, (2010) have used the SARIMA model to predict droughts using standardized precipitation index series in the Kansabati river basin in India. In this study, the ARIMA models were applied for simulating and estimating the daily climatic variables which were calculated from five main meteorological stations in Sudan over a period of seven years related to the years 2013–2020.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study Area

Five major stations in the Sudan were chosen as the study experimental samples and served as the study area. Sudan is officially known as the Republic of Sudan. The Northeast of Africa is home to Sudan which is bordered by Egypt in the north, Libya in the northwest, Chad in the west, the Central African Republic in the southwest, South Sudan in the south, Ethiopia in the southeast, Eritrea in the east, and the Red Sea in the east. Sudan lies at the latitudes of 12.86280 N and a longitude of 30.217 0 E, also 405 m above mean sea level. Sudan occupies 1.886.068 km² (728.215 square miles) making it Africa's third-largest country by area (Fig. 2.1).

2.2. Data Collection

The used data sets were daily climatic variables of temperature, relative humidity, and solar radiation, covering the period from 2013 to 2020 (Fig. 2.1).

2.3. Time Series Analysis Technique (ARIMA model)

A time series is a collection of data points that are taken at evenly spaced points or observations and are plotted based on a certain time. Time series analysis starts with plotting the observations of the time series and then applying the approach from (G. E. Box et al., 2015) using mathematical functions which were autocorrelation and partial functions that indicate how each value of the series is correlated with the previous value according to the time (Chen et al., 2009). The used mathematical functions were shown as following:

(i) Autocorrelation Function

A mathematical process that describes the correlation between all the of points in the time series data with separately time or lag. In this process, lags indicate the stationarity and non-stationarity of the series by using the Ljung-Box Q and p-values confidence intervals for each lag showing if the series has a statically significant or non-significant correlation.

(ii) Partial Autocorrelation

The partial autocorrelation function (PACF) is used to detect trends and seasonality. In this process, lags play an important role in data analysis which aims to identify the extent of the lag in an autoregressive model, by plotting this function, the appropriate lags “P” in an AR(p) model or in an extended ARIMA(p,d,q) model would be applicable to determine The partial autocorrelation function (PACF) (Chen et al., 2009).

2.4. Procedure of ARIMA Model

This model is fitted to time series data either to better understand the data or to predict future points in the series. In this study, the ARIMA model is applied in some cases where the data show evidence of non-stationarity features, and an initial differencing step (corresponding to the “Integrated” part of the model) can be applied to remove the non-stationarity features. The model is referred to as an ARIMA (p, d, q) model where p, d, and q are integers greater than or equal to zero and refer to the order of the autoregressive, integrated, and moving average parts of the model, respectively. The first parameter “p” refers to the number of autoregressive lags (not counting the unit-roots), the second parameter “d” refers to

the order of integration, and the third parameter “q” gives the number of moving average lags. ARIMA model form an important part of the Box-Jenkins approach to time-series modeling (G. E. Box et al., 2015). According to the following sub-categories of ARMA model described for response series [yi], form of the ARIMA model is:

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} - \dots - \phi_p X_{t-p} = z_t + \Theta_1 z_{t-1} + \dots + \Theta_q z_{t-q} \quad (1)$$

Where:

$\{Z_t\} \sim WN(0, \sigma^2)$, Polynomials of $(1 - \phi_1 z - \dots - \phi_p z^p)$ and $(1 + \Theta_1 z + \dots + \Theta_q z^q)$ have no common factors.

The process $\{X_t\}$ is released to be an ARMA (p, q) process with mean μ if $\{X_t - \mu\}$ is an ARMA (p, q) process. It is convenient to use the more concise form of equation (1).

$$\text{And } \varphi(B)X_t = \theta(B)Z_t, \quad (2)$$

where: $\varphi(B)$ and $\theta(B)$ are the pth and qth-degree polynomials,

$$\varphi(z) = 1 - \phi_1 z - \dots - \phi_p z^p \quad (3)$$

$$\text{and } \theta(z) = 1 + \theta_1 z + \dots + \theta_q z^q, \quad (4)$$

where:

B is the backward shift operator ($B_j X_t = X_{t-j}$, $B_j Z_t = Z_{t-j}$, $j = 0, \pm 1, \dots$) The time series $\{X_t\}$ is said to be an autoregressive process of order p (or AR(p)) if $\theta(z) \equiv 1$, and a moving-average process of order q (or MA(q)) if $\varphi(z) \equiv 1$.

On the other hand, when the data series is non-stationarity ARIMA models can be applied using differencing operations and make it more suitable for estimating and forecasting the future values. In other words, The ARIMA (p,d,q) modeling approach is suitable for non-stationarity in the historic data series (Mohan and Arumugam, 1995). The following sub-categories of ARIMA model are described for response series [yi], form of the ARIMA model is:

$$\Phi(\beta)(\omega T - \mu) = \Theta(\beta) a_t \quad (5)$$

Where:

t = is the time index

β = is the backshift operator defined as: $\beta y_t = y_t - 1$

$\omega_r = (1-\beta)^d y_r$ = is the response series after differencing

μ = is the mean term

$\Phi(\beta)$ and $\Theta(\beta)$ are the autoregressive operator and the moving average operator, respectively. They are written as:

$$\Phi(\beta) = 1 - \varphi_1 \beta - \varphi_2 \beta^2 - \dots - \varphi_p \beta^p \quad (6)$$

And

$$\Theta(\beta) = 1 - \theta_1 \beta - \theta_2 \beta^2 - \dots - \theta_q \beta^q \quad (7)$$

Where:

a_t are the sequence of random error, while all the other terms have already been explained.

The a_t values, are assumed to be independent and follow the normal distribution with mean zero and constant variance. The model can be written as:

$$\Phi(\beta)\omega_t = \delta + \Theta(\beta) a_t \quad (8)$$

Where the constant estimate δ is obtained by the formula:

$$\delta = \Phi(\beta) \mu = \mu - \theta_1 \mu - \theta_2 \mu - \dots - \theta_p \mu \quad (9)$$

The ARIMA model was developed using the approach from (T. M. Box et al., 1994), which includes four main iterative steps, as known, these main stages in building an ARIMA model based on Box-Jenkins procedure, i.e. (1) model identification, (2) model estimation, (3) model checking, and (4) model forecasting. In the identification step, differencing transformations of the data were applied to remove the seasonal and non-seasonal trends.

In this study, ARIMA models were created to evaluate the values of the climatic variables using the techniques of time series analysis. For this purpose, The statistical Eviews program was used to analyze time series and generate models for forecasting future values.

2.5. ARIMA (Box-Jenkins) Model Steps

The ARIMA model was applied using the time series analysis steps according to the approach of (G. E. Box et al., 2015) as following:

(i) Identify Data

To begin, the original data was identified to find the ARIMA patterns for the various data series by plotting both the ACF and PACF and the associated correlogram graphs, which show the statistical significance based on the lags of the graphs. A unit root test is present in a time series sample which is the null hypothesis of an Augmented Dickey-Fuller test in statistics. This test is used for checking the stationarity or trend -stationarity of the series (MacKinnon, 2010). The Augmented Dickey-Fuller test (ADF) was used with various levels of confidence to determine the stationarity of time series. This test was required to determine whether the series data was genuine or fabricated. In parliamentary law to generate valid data, both the variables and the error term must be stationary. It does signify that the error term must have a way of reverting to its average value (Saravanan, 2015). The stationarity examined using the following equation of ADF:

$$\Delta Z_t = \alpha + \theta_t + \lambda Z_t - 1 + \sum_k \varphi_k \Delta Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Where:

Null hypotheses, $H_n = \lambda = 0$ (Z_t is not stationary, Z_t contain unit root) and alternative hypotheses, $H_a = \lambda < 0$ (Z_t is stationary).

It is worth mentioning that the means (μ) and the variance (σ^2) of error term must be constant. The ADF test should be taken with the trend and intercept at level first (The original data), If the null hypothesis fails to decline, then the first difference should be taken. The second difference is only tested if the first difference is not important (Ibrahim and Amin, 2005).

The testing process of the ADF test is applying to the models mathematically as following

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + \gamma y_{t-1} + \delta_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \delta_{p-1} \Delta y_{t-p} + \varepsilon_t \dots \dots \dots (11)$$

Where:

α is constant, the coefficient on a time trend, and P the lag order of the autoregressive process. By considering lags of the order p , the ADF formulation allows for higher-order autoregressive processes. This means that the lag length p must be determined when applying the test. One possible approach is to test down from high orders and examine the t - values on coefficients.

The unit root test is achieved by the null hypothesis $\gamma = 0$ against the alternative hypothesis of $\gamma < 0$.

The null hypothesis assumes that Z_t is not stationary or Z_t contain unit root) and the alternative hypotheses $\lambda < 0$ means (Z_t is stationary).

$$DF\tau = \frac{\hat{\gamma}}{s.e(\hat{\gamma})} \dots\dots\dots (12)$$

Where: $DF\tau$ is the Dickey -Fuller test value.

Once the value of the test statistic is computed, it can be compared to the relevant critical value for the Dickey–Fuller test. As this test is asymmetrical, we are only concerned with negative values of our test statistic $DF\gamma$. If the calculated test statistic is less (more negative) than the critical value, then the null hypothesis of $\gamma = 0$ is rejected and no unit root is present in the time series.

(ii) Estimation of ARIMA Model

The ARIMA and ARMA patterns were estimated to be the most sensitive models by considering the ACF and PACF correlogram graphs with the lowest values of the determination criteria and the most sensitive model. The most comparison appropriate model has been chosen according to the criteria of accuracy in time series analysis which are the highest significant coefficient, the least volatility, the highest adjusted R2, P-values (should be greater than 0.05), the least of AIC (Akaike info criterion) and SIC (Schwarz info criterion) values that all make sense for choosing the best model. In addition, the smallest values of RMSE are considered as criteria for choosing the best model.

(iii) Diagnostic of Model

In this stage, The Ljung-box test is performed for testing autocorrelation, and it is also called the autocorrelation test. This test was used to check the residuals correlogram to figure out if there is any information yet to be captured in the model whereas the flat correlogram in the ACF and PACF graphs referred to the most ideal model. For instance, it is very important to avoid over-fitting when checking the residuals of the correlogram.

(iv) Forecasting of the Model

The forecasting process is the essence of fitting an ARIMA model to forecast future values of the series using the past values of the original dataset. The forecasting is based on the selected model. In this step the forecasting graphs are plotted and verified as successful, and the forecasting has predicted the future values of the series.

2.6. Statistical Criteria (Information Criteria)

As known, there are many statistical criteria for selecting the most accurate models, some of them were used in this study to select the best model and assess the ARIMA models in forecasting long-term data of the climatic variables. The statistical criteria are defined mathematically according to (G. E. Box et al., 2008) approach as follows:

(1) The root squared error, RMSE is:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(P_i - O_i)^2}}{n} \quad (13)$$

(2) The coefficient of determination (R2) is:

$$R2 = \frac{\sum(P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum(P_i - \bar{P})^2} \sqrt{\sum(O_i - \bar{O})^2}} \quad (14)$$

Where: P_i is the predicted value of the sample.

O_i is the observed or the calculated value of the sample.

i is the forecast sample sequence number; $i=1,2, \dots n$.

\bar{P} is the average predicted value of the sample sequence number.

\bar{O} is the average observed value of the sample sequence number; and

n is the sample number of the predicted value.

(3) Akaike information criterion (AIC): Akaike's entropy-based Information Criterion (AIC) has had a fundamental impact in statistical model evaluation problems, in addition it is important to select the optimal model for forecasting the values of series data (Ozaki and Oda, 1977):

$$\hat{A} = n \ln R + 2 Kn \quad (15)$$

where:

n is the number of experimental points or observations,

R is the residual sum of squares and

\ln is the log likelihood function (assuming normally distributed errors), which is computed by the equation:

$$\ell = -n \cdot 2 \cdot (1 + \ln(2 \cdot \pi)) + \ln(1/n \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2) \quad (16)$$

p is the number of parameters in the model to choose is the one for which \hat{A} is least (Webster and McBratney, 1989). When comparing many alternative models, the one with the minimum AIC value assures a good balance of goodness of fit and complexity.

(4) The Bayesian information criterion (BIC) is also known as Schwarz Criterion, it is another statistical measurement for the comparative evaluation among time series models, it is closely related to the AIC (Profillidis and Botzoris, 2018).

(5) The difference between BIC and AIC is manifested when we add number of K parameters (regressors or/and intercept), to increase the goodness of fit of the model. The BIC deals more with increasing parameters compared to the AIC. The BIC is calculated by the equation:

$$\text{SIC or BIC} = -2 \cdot \ell/n + k \cdot \ln n/n \quad (17)$$

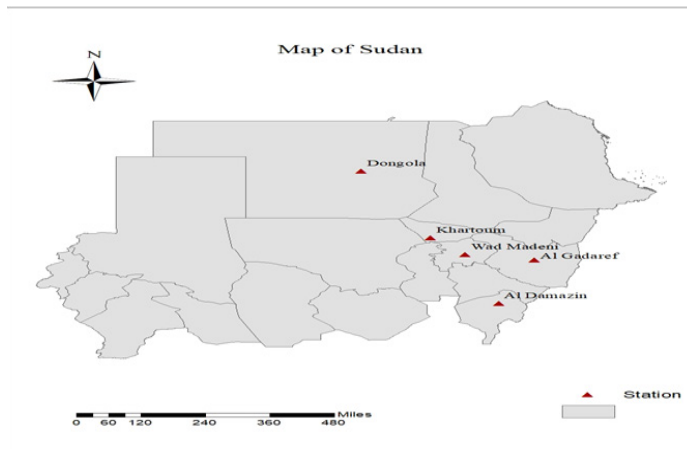


Fig. 2.1. Distribution Map of Main Meteorological Station.

3. RESULT AND DISCUSSION

According to the Table 3.1. the Dikey Fuller *values were obtained based on the original data and were most likely used to check the series' stationarity. As shown in the table 3.1. the values of calculated DF values of data series were less (more negative) than T-test critical values at 0.01, 0.05, and 0.10 significance levels for all climatic variables which means the null hypothesis is rejected and there is no unit root is present in the series. On other words, the data series was stationarity

at all significance levels except solar radiation parameter in Khartoum station the DF value only at 1% was greater than T-test critical value which was $-3.01 > -3.432$ then in this case the null hypothesis cannot be reject at 1% (there is unit root=not stationary) but it is rejected at 5% and 10% significance levels (there is no unit root) (Dickey, 2015).

It is important to mention that the daily data was investigated by plotting the ACF and PACF correlogram graphs which show the statistical significance based on associated lags with the data using the Box -Jenkins technique. For instance, before deciding on the ideal model, the residuals of the correlogram should be checked to indicate all information has been captured then the forecasting will be based on this model.

As shown in Table 3.2. the best models were chosen according to Statistical criteria for Selection models which were the adjusted R2, standard error SE, AIC, and SIC parameters. As presented in Table 3.2. the models with the highest values of R2 are considered as the best models for each daily variable related to the stations. The models with fewer errors outperform the others in terms of predicting future values.

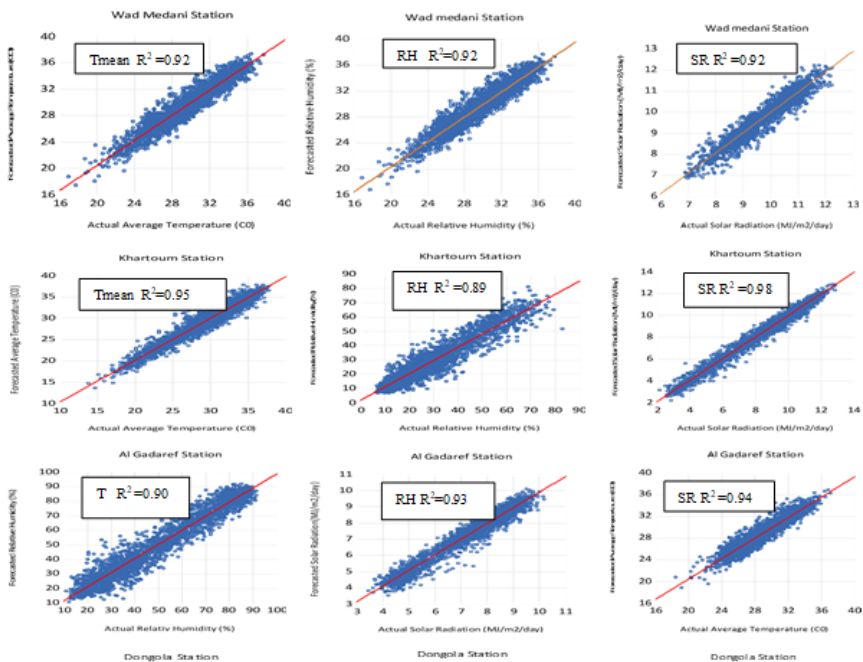
The daily climatic variables related to 2013-2020 were forecasted based on ARI-MA model and compared with the original data series for each station as given in Figure 3.1.

Table 3.1. The Unit Root Test for Variables Depending on Df Aand T-Test Values at Different Level of Confidence.

Station	Variable	DF value	T-test critical values		
			1%	5%	10%
Medani	Temperature	-6.056	-3.432	-2.862	-2.567
	Humidity	-4.068	-3.432	-2.862	-2.567
	Radiation	-5.436	-3.432	-2.862	-2.567
Khartoum	Temperature	-4.810	-3.432	-2.862	-2.567
	Humidity	-6.06	-3.432	-2.862	-2.567
	Radiation	-3.01	-3.432	-2.862	-2.567
AlGadaref	Temperature	-6.658	-3.432	-2.862	-2.567
	Humidity	-3.675	-3.432	-2.862	-2.567
	Radiation	-3.848	-3.432	-2.862	-2.567
AlDamazin	Temperature	-5.498	-3.432	-2.862	-2.567
	Humidity	-3.457	-3.432	-2.862	-2.567
	Radiation	-5.180	-3.432	-2.862	-2.567
Dongola	Temperature	-3.780	-3.432	-2.862	-2.567
	Humidity	-6.09	-3.432	-2.862	-2.567
	Radiation	-3.561	-3.432	-2.862	-2.567

Table 3.2. The Best Models The Determination Criteria for Each Variable.

Station	Variable	Model	Adjusted R ²	S.E	AIC	BIC
Wad medani	Temperature	ARIMA(1,0,2)	0.92	0.0005	2.844	2.851
	Humidity	ARIMA(1,0,1)	0.92	0.0007	2.857	2.863
	Radiation	ARIMA(1,0,1)	0.92	0.0005	0.350	0.356
Khartoum	Temperature	ARIMA(1,0,1)	0.95	0.0008	3.073	3.079
	Humidity	ARIMA(1,0,2)	0.89	0.0017	6.059	6.006
	Radiation	ARIMA(1,0,1)	0.98	0.0007	0.675	0.681
ALGadaref	Temperature	ARIMA(1,0,2)	0.90	0.0005	2.711	2.718
	Humidity	ARIMA(1,0,2)	0.93	0.0014	6.214	6.220
	Radiation	ARIMA(1,0,2)	0.94	0.0006	0.661	0.667
Al Damazin	Temperature	ARIMA(1,0,2)	0.90	0.0005	2.671	2.678
	Humidity	ARIMA(1,0,2)	0.95	0.0001	5.871	5.877
	Radiation	ARIMA(1,0,1)	0.87	0.0119	4.603	4.609
Dongola	Temperature	ARIMA(1,0,1)	0.98	0.0001	3.150	3.156
	Humidity	ARIMA(1,0,2)	0.82	0.002	5.415	5.421
	Radiation	ARIMA(1,0,1)	0.97	0.0002	0.883	0.889



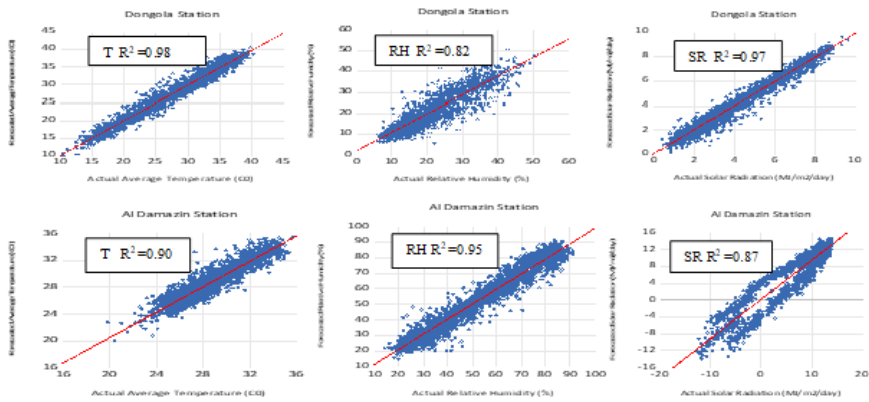


Fig.3.1. Scatter Graphs for Each Station of The Actual and Predicted Values of The Variables Temperature, Relative. Humidity, and Solar Radiation.

4. CONCLUSION

The climatic variables play a significant role in agricultural process and irrigation management because we need to know all changes related to the climate which absolutely will effect on agricultural yield. Also, the climatic variables are very necessary for the hydrological process that can indicate to the quantity of water and how much water will be lost by evapotranspiration process. These parameters are affected by the climatic conditions and geographical locations; therefore, many different methods have been used in many previous studies to interpret and estimate the complexity of variables such as time series analysis using models' techniques to predict future values. In this study, the stochastic methods were applied to develop and increase the agricultural yield of different regions in Sudan using the ARIMA models which obtained satisfactory results of temperature, relative humidity, and solar radiation parameters. So, this study might be extremely helpful for agricultural engineers to achieve all the process related to the agricultural practices.

For instance, it is important to note that the performance of the models is reduced by the ARIMA models' poor forecasting, which has an impact on the model's goodness of fit. As a result, less-parameterized models yield better outcomes than over-parameterized ones.

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: NEAG (%50), DS (%50)

Data Acquisition: NEAG (%70), DS (%30)

Data Analysis: NEAG (%50), DS (%50)

Writing up: NEAG (%50), DS (%50)

Submission and Revision: NEAG (%70), DS (%30)

REFERENCES

- Ashrafzadeh, A., Kişi, O., Aghelpour, P., Biazar, S. M., & Masouleh, M. A. (2020). Comparative study of time series models, support vector machines, and GMDH in forecasting long-term evapotranspiration rates in northern Iran. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146(6), 04020010.
- Asteriou, D., & Hall, S. G. (2007). *Applied Econometrics: a modern approach*, revised edition. Hampshire: Palgrave Macmillan, 46(2), 117-155.
- Bazrafshan, O., Salajegheh, A., Bazrafshan, J., Mahdavi, M., & Fatehi Maraj, A. (2015). Hydrological drought forecasting using ARIMA models (case study: Karkheh Basin). *Ecopersia*, 3(3), 1099-1117.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2008). *Time series analysis: forecasting and control* John Wiley & Sons. Hoboken, NJ.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: forecasting and control: John Wiley & Sons*.
- Box, T. M., White, M. A., & Barr, S. H. (1994). A contingency model of new manufacturing firm performance. *Entrepreneurship theory and practice*, 18(2), 31-45.
- Chen, C.-F., Chang, Y.-H., & Chang, Y.-W. (2009). Seasonal ARIMA forecasting of inbound air travel arrivals to Taiwan. *Transportmetrica*, 5(2), 125-140.
- Dickey, D. A. (2015). Stationarity issues in time series models. *SAS Users Group International*, 30.
- Han, P., Wang, P., Tian, M., Zhang, S., Liu, J., & Zhu, D. (2012). *Application of the ARIMA models in drought forecasting using the standardized precipitation index*. Paper presented at the International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture.
- Han, P., Wang, P. X., & Zhang, S. Y. (2010). Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models. *Mathematical and computer modelling*, 51(11-12), 1398-1403.
- Ibrahim, M. H., & Amin, R. M. (2005). EXCHANGE RATE, MONETARY POLICY AND MANUFACTURING OUTPUT IN MALAYSIA. *Journal of Economic Cooperation among Islamic Countries*, 26(3).
- Khashei, M., & Bijari, M. (2010). An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with applications*, 37(1), 479-489.
- Kim, B. S., Hossein, S. Z., & Choi, G. (2011). Evaluation of temporal-spatial precipitation variability and prediction using seasonal ARIMA model in Mongolia. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(5), 917-925.
- Lee, M. H. (2011). Forecasting of tourist arrivals using subset, multiplicative or additive seasonal Arima Model. *MATEMATIKA: Malaysian Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 27, 169-182.

- Luo, Y., Chang, X., Peng, S., Khan, S., Wang, W., Zheng, Q., & Cai, X. (2014). Short-term forecasting of daily reference evapotranspiration using the Hargreaves-Samani model and temperature forecasts. *Agricultural Water Management*, 136, 42-51.
- MacKinnon, J. G. (2010). Critical values for cointegration tests. Retrieved from
- Mishra, A., & Desai, V. (2005). Drought forecasting using stochastic models. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 19(5), 326-339.
- Mohan, S., & Arumugam, N. (1995). Forecasting weekly reference crop evapotranspiration series. *Hydrological sciences journal*, 40(6), 689-702.
- Mossad, A., & Alazba, A. (2016). Simulation of temporal variation for reference evapotranspiration under arid climate. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(5), 386.
- Ozaki, T., & Oda, H. (1977). Non-linear time series model identification by Akaike's information criterion. *IFAC Proceedings Volumes*, 10(12), 83-91.
- Palmroth, S., Katul, G. G., Hui, D., McCarthy, H. R., Jackson, R. B., & Oren, R. (2010). Estimation of long term basin scale evapotranspiration from streamflow time series. *Water Resources Research*, 46(10).
- Profillidis, V. A., & Botzoris, G. N. (2018). *Modeling of transport demand: Analyzing, calculating, and forecasting transport demand: Elsevier*.
- Saravanan, V. (2015). The Determinant of Consumer Price Index in Malaysia. *Journal of Economics, Business and Management*, 3(12).
- Webster, R., & McBratney, A. (1989). On the Akaike information criterion for choosing models for variograms of soil properties. *Journal of Soil Science*, 40(3), 493-496.
- Yürekli, K., Simsek, H., Cemek, B., & Karaman, S. (2007). Simulating climatic variables by using stochastic approach. *Building and environment*, 42(10), 3493-3499.
- Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159-175.



Farklı Şekillerde Yapılan Kalsiyum Uygulamalarının 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Meyve Kalitesine Etkileri

Different Calcium Applications Effects on Fruit Quality of 0900 Ziraat

Sultan Filiz GÜÇLÜ¹, Merve DEMİR², Fatma KOYUNCU³, Funda ÖZÜSOY⁴

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Atabey Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Isparta
• sultanguclu@isparta.edu.tr • ORCID > 0000-0003-0561-7037

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• merveserpil94@hotmail.com • ORCID > 0000-0003-2901-7757

³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• fatmaoker@gmail.com • ORCID > 0000-0001-5803-6944

⁴Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• fundaozusooy@isparta.edu.tr • ORCID > 0000-0002-5520-0857

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 06 Ağustos / August 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 26 Ekim / October 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 69-80

Atıf/Cite as: Güçlü, S. F., Demir, M., Koyuncu, F., Özüsoy, F. "Farklı Şekillerde Yapılan Kalsiyum Uygulamalarının 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Meyve Kalitesine Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 69-80.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sultan Filiz GÜÇLÜ

FARKLI ŞEKİLLERDE YAPILAN KALSİYUM UYGULAMALARININ 0900 ZİRAAT KIRAZ ÇEŞİDİNDE MEYVE KALİTESİNE ETKİLERİ

ÖZ:

Bu çalışma hasat öncesi farklı şekillerde yapılan kalsiyum uygulamalarının 0900 Ziraat kiraz çeşidinde meyve kalitesine ve meyve çatlamasına olan etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Bu amaçla %35 CaO (Kalsiyum oksit) içeren “Codiagro Agroplant”; yapraktan püskürtme ile; topraktan damlama ile ve yaprak + topraktan damlama ve püskürtme ile olmak üzere farklı şekillerde ağaçlara uygulanmıştır. Çalışmada, meyve ağırlığı (g), meyve eni (mm), meyve boyu (mm), meyve yüksekliği (sütür) (mm), çekirdek ağırlığı (g), suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM; %), pH ve titre edilebilir asitlik (mg mL^{-1} değerleri, meyve eti sertliği incelenmiş, meyve çatlama oranı belirlenmiştir. Ayrıca, meyve kabuk ve et rengi ile meyve sap rengi değerleri belirlenmiştir. Sadece yapraktan yapılan uygulama ile yaprak + topraktan birlikte yapılmış uygulamada meyve ağırlığı bakımından en yüksek sonuçlar alınmıştır (sırasıyla, 8.91 g ve; 8.80 g). Aynı şekilde yapraktan yapılan kalsiyum uygulamasında meyve eni 26.73; mm, meyve boyu 26.61 mm, meyve yüksekliği 24.5 mm ile en yüksek değerleri almıştır. Kalsiyum uygulamalarının meyvenin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH ve titre edilebilir asitlik (TEA) üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. En sert meyveler yaprak+toprak uygulamasından elde edilmiştir (5,15 N). Aynı şekilde en az çatlayan meyveler yaprak+toprak uygulamasındadır (çatlama indeksi; 7.10). Sadece yapraktan ve yaprak+topraktan yapılan kalsiyum uygulamaları kirazda daha kaliteli meyve için önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Prunus Avium L., Meyve Çatlaması, Yaprak Uygulaması, Cao.



DIFFERENT CALCIUM APPLICATIONS EFFECTS ON FRUIT QUALITY OF 0900 ZİRAAT (PRUNUS AVIUM)

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effects of pre-harvest calcium applications on fruit quality and fruit cracking in “0900 Ziraat” cherry variety. For this purpose, “Codiagro Agroplant” containing 35% CaO (Calcium oxide). It has been applied to trees in different applications such as dripping from the soil and leaf + dripping from the soil and foliar spraying. In the study, fruit weight (g), fruit width (mm), fruit length (mm), fruit height (suture) (mm), seed weight (g), amount of water-soluble dry matter (TSS; %), pH and acidity (mg mL^{-1}) values, fruit firmness,

cracking ratios were investigated. In addition, fruit skin and flesh color and fruit stem color values were determined. The highest results were obtained in terms of fruit weight (8.91 g and ; 8.80 g respectively) in the application made only with leaves and the application made with leaves and soil. Likewise, in the application of calcium made from leaves, the fruit width is 26.73 mm; fruit length was 26.61 mm, fruit height was 24.35 mm and had the highest values. The effect of calcium applications on the (total soluble solids) TSS %, pH and SSCM of the fruit was found to be statistically insignificant. The hardest fruits were obtained from foliar+soil application (5.15 N). Likewise, the least cracked fruits are in leaf+soil application (cracking index; 7.10). Calcium applications made only from leaves and leaves + soil can be recommended for higher quality fruit in cherries.

Keywords: Prunus Avium L., Fruit Cracking, Foliar Fertilization, Cao.



1. GİRİŞ

Azot ve potasyumdan sonra bitkiler tarafından en fazla tüketilen besin elementi olan kalsiyum, bitkilerde temel fizyolojik süreçlerin düzenlenmesinde rol oynayan önemli bir makro besin elementidir (Correia ve ark., 2020). Sitoplazma içerisinde kalsiyum hareketinin sınırlı olması ve hücre duvarında kalsiyum bağlanmasının fazla olması nedeniyle, bitkilerde, toplam kalsiyumun büyük bir bölümü hücre duvarında bulunmaktadır. Pektatlar şeklinde bulunan kalsiyum, hücre duvarının ve bitki dokularının güçlenmesinde temel görevi üstlenmiştir. Meyve oluşumu, gelişimi ve kalitesi üzerinde de önemli işlevleri bulunan kalsiyum, kalite kayıplarının azaltılması ve hasat sonrası ömrün artırılmasında da etkilidir (Kaçar ve Katkat, 2007; Budak ve Erdal, 2016; Ağlar ve ark., 2017). Kalsiyum, meyvede hücre duvarı yapısı, plazma membran yapısı-bütünlüğü ve hücrel sinyal yanıtları için son derece önemlidir (Winkler ve ark., 2020).

Kalsiyumun ksilemde hareketliliğinin az olması, floemde taşınmaması nedeniyle meyveye ulaşmasında ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Kitle akışı ile taşınan kalsiyumun bitki tarafından alınması ve taşınması üzerinde en önemli faktör sudur. Kalsiyumun ve dolayısıyla su hareketinin olmadığı koşullarda bitkilerin Ca eksikliği göstermesi kaçınılmaz bir durumdur. Bitkide transpirasyonla su hareketi yakından ilişkilidir. Toprakta yeterli kalsiyumun olduğu durumda transpirasyon oranı düşükse bitki kalsiyumdan yararlanamaz (Michailidis ve ark., 2021).

Meyvelerin mineral beslenmelerinin büyük oranda floem yoluyla olması nedeniyle, floemde hareketsiz olan Ca gibi elementlerin meyvelere aktarılması oldukça zordur. Bu duruma birde ksilem hareketini engelleyen koşulların varlığı eklendiğinde, bu durumdan en fazla etkilenen organın meyveler olması kaçınılmazdır.

Kalsiyumun yararlı etkileri, kationun uygulanma zamanına, uygulanma şekline, tuz tipine ve uygulama sayısına bağlı olarak değişmektedir (Alcaraz ve ark., 2003). Hücre duvarı oluşumu, hücresel sinyal yanıtları ve hücre membran stabilitesi için kalsiyum mutlak gereklidir (Marschner, 2012). Kalsiyumun floemden taşınması sınırlı olup, toprak çözeltisinden kökler tarafından emilen kalsiyum ksilem vasıtasıyla farklı doku ve organlara taşınmaktadır (Song ve ark., 2018). Ancak kalsiyum alımı kök apeksinden uzaklaştıkça azalır ve bazal kök bölgelerinde apikalde olduğundan daha yüksektir (Bonomelli ve ark., 2020).

Ekonomik meyve yetiştiriciliğinde meyve kalitesini arttırmak için modern tarım teknikleriyle birlikte bazı kimyasal ve büyümeyi düzenleyici maddelerin kullanımı da ön plana çıkmaktadır. Meyve çatlamasının önemli bir ihracat sorunu olduğu kirazda, kalsiyum uygulamaları ile ilgili çalışmalar önem kazanmaktadır.

Kalsiyumun bitkiye uygulama zamanı, uygulama şekli, uygulanan doz, bitkide taşınım mekanizması, bitkiye uygulanan formülasyonu halen üzerinde çalışılan ve mekanizması tam olarak çözülememiş konulardır. Bu nedenle farklı türlerde, farklı uygulama zamanlarında, farklı uygulamalar şeklinde, farklı dozlarda yapılan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma ile yapraktan, topraktan, yaprak ve topraktan yapılan kalsiyum uygulamalarının uygulamaların 0900 Ziraat kiraz çeşidinin meyve morfolojik ve kimyasal özellikleri ile meyve çatlamasına olan etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Isparta ili Eğirdir ilçesine bağlı Serpil köyünde 8x8 dikim mesafesi ile dikilmiş Kuş kirazı anacı üzerine aşılı 10 yaşındaki 0900 Ziraat kiraz bahçesinde yürütülmüştür. Uygulamalar, hasat tarihi göz önüne alınarak, ilk uygulama hasat tarihinden yaklaşık 45 gün önce olmak üzere, 3 farklı zamanda yapılmıştır (I. Uygulama 8 Nisan 2019; II. Uygulama 28 Nisan 2019; III. Uygulama 18 Mayıs 2019). Uygulama dönemlerinde %35 CaO içeren "Codiagro Agroplant"; yapraktan püskürtme (1. Uygulama); topraktan damlama (2. Uygulama) ve yaprak+ topraktan damlama ve püskürtme ile (3. Uygulama) olmak üzere, 3 farklı şekilde ağaçlara uygulanmıştır. Kontrol grubu ağaçlara ise sadece su püskürtülmüştür.

Çalışmada ortalama meyve ağırlığı (g), meyve eti ağırlığı (g) ve çekirdek ağırlığı (g), 0.01 g hassas teraziyle tartılarak belirlenmiştir. Ortalama meyve eni (mm), meyve boyu (mm), sütür (mm) ve sap uzunluğu (mm) 0,01 mm'ye duyarlı dijital kumpasla ölçülmüştür. Ölçümlerde 3 tekrür ve her tekrürde 10 adet olmak üzere toplam 30 adet meyve kullanılmıştır. Meyve eti sertliği değerleri meyvenin ekvatorial bölgesinden Lloyd marka LF Plus (Ametek, U.K.) model tekstür cihazı ile saptanmıştır. 50 N'luk kuvvet ile 100 mm/dk değişmez hızda, 3 mm çapındaki

(Neven ve Drake, 2000) silindirik uç meyveye batırılmış ve elde edilen maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden meyve eti sertliği olarak değerlendirilmiştir. Meyvelerin suyu katı meyve sıkacağı yardımıyla çıkartıldıktan sonra suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) dijital el refraktometresi (Atago Pocket PAL1) ile ölçülmüş ve sonuçlar % olarak belirlenmiştir. Titre edilebilir asit (TEA) miktarı, çıkartılan meyve suyundan 10 mL alınmış 0.1 N'lik sodyum hidrosit (NaOH) ile pH değeri 8.1 oluncaya kadar, pH metre (WTW Inolab) kullanılarak, titre edilerek belirlenmiştir (Erbaş ve ark., 2018). Sonuçlar harcanan NaOH miktarı üzerinden malik asit cinsinden mg mL⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Erbaş ve Koyuncu, 2022).

Erken saatte (08:00–10:00) hasat edilen meyveler laboratuvara getirilerek, her tekrürde 30 meyve olmak üzere toplam 90 meyve çatlama testine alınmıştır. Meyvelerin sapları, sap çukuru hizasından, meyveye zarar vermeden kesilmiştir. Sapları kesilen meyveler 2 lt'lik beherlere konulup üzerlerini tamamen geçecek şekilde saf su ile doldurulmuştur. 20 °C ± 1 'de 2–4–6 saat süreyle bekletilmiştir. Her 2 saatte bir sayım yapılarak çatlayan meyveler ayrılmıştır. Çatlama indeksi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Christensen, 1972).

$$\text{Çatlama indeksi} = [(5a + 3b + c).100]/250$$

a: 2 saatte çatlayan meyve sayısı,

b: 4 saat sonunda çatlayan meyve sayısı,

c: 6 saat sonunda çatlayan meyve sayısı

Meyve kabuk rengi, renk cihazı (CR-300 Minolta) kullanılarak CIE L*a*b* cinsinden ölçülmüş, bu verilerden kroma (C*) ve hue açısı (h°) değerleri McGuire (1992)'e göre aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$h^{\circ} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

2.1. İstatistiksel Analizler

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrürlü kurulmuş olmakla birlikte her tekrürde 3 ağaç kullanılmış, her uygulama toplam 9 ağaç üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, SPSS Statistics V.23 paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farkları belirlemek amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapraktan, topraktan ve yaprak +topraktan yapılan kalsiyum uygulamalarının kontrol grubuna göre meyve kalite özelliklerinin etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Çizelge 1'den de görüldüğü gibi meyve ağırlığı, meyve et ağırlığı ve çekirdek ağırlığı bakımından en yüksek sonuçlar yapraktan yapılan kalsiyum uygulamasından alınmıştır (sırasıyla 8.91g; 8.51g ve 0.40g). Kontrol grubunda meyve ağırlığı 8.28 g, meyve et ağırlığı 7.91g ve çekirdek ağırlığı 0.37g bulunmuştur.

Çizelge 1. Kalsiyum Uygulamalarının, Meyvenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Table 1. The influence of Calcium Applications on The Physical Properties of Fruits

Uygulamalar	Meyve Ağırlığı	Meyve Et Ağırlığı	Çekirdek Ağırlığı	En	Boy	Sütür	Sap Uzunluğu Fruit Stalk
Applicaitons	Fruit weight (g)	Fruit flesh weight(g)	Seed weight (g)	Width (mm)	Length (mm)	Height (mm)	Length (mm)
Kontrol	8.28b*	7.91c	0.37ab	25.76b	24.77b	22.51b	64.01a
Yaprak	8.91a	8.51a	0.40a	26.73a	26.61a	24.35a	57.10b
Toprak	8.30b	7.95bc	0.35b	24.79b	23.83b	21.81b	56.91b
Yaprak+ Toprak	8.80a	8.42ab	0.38ab	25.38b	22.30b	24.43b	54.90b

* $p<0.05$. aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. (Mean values with the different letters in a column are significantly different at $p \leq 0.05$)

Yapraktan yapılan kalsiyum uygulaması, meyve eni (26.73 mm), meyve boyu (26.61 mm) ve meyve yüksekliği (24.43 mm) bakımından en yüksek sonuçlara sahip olmuştur. Sap uzunluğu bakımından değerlendirildiğinde en uzun saplı meyveler kontrol grubu meyveleridir (64.01mm). Meyve iriliği kirazın pazar fiyatını belirleyen en temel parametredir (Whiting ve Ophardt, 2005). Diğer meyve türlerinde olduğu gibi kirazda da meyve iriliğini, ağırlığını arttıran uygulamalar önem kazanmıştır. Ancak hasada yakın dönemde meyveye yapılan uygulamalar meyve üzerinde kaldığı için alternatif uygulamalar araştırılmaya başlanmıştır. Bizim çalışmamızda da yapraktan yapılan kalsiyum uygulamaları meyve ağırlığı bakımından kontrol grubuna göre yapraktan ve topraktan yapılan uygulama ile birlikte en iyi sonuçları vermiştir. Ayrıca yapraktan yapılan uygulama meyve enini de arttırmıştır. Kirazda kalsiyum uygulamaları uzun zamandır yapılmaktadır ancak meyveye püskürtme şeklinde uygulama yaygındır. Diğer birçok meyve ve sebze türünde yapraktan yapılan kalsiyum uygulamalarının başta meyve ağırlığı ve iriliği olmak üzere birçok kalite kriterini olumlu etkilediği bildirilmektedir. Çalışkan ve ark. (2020), nektarin çeşitlerinde yapraktan yapılan kalsiyum ve potasyum uygulama-

larının, hem meyve iriliğini hem de meyve sertliği, meyve kabuk ve et rengi gibi parametrelerle meyve kalitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Narda yapraktan yapılan % 2'lik ve % 4'lük kalsiyum klorid uygulamalarının meyve ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede arttırdığı görülmüştür (Ramezian ve ark., 2009). Bunların dışında yapraktan kalsiyum uygulamaları çilekte (Kazemi, 2013), domateste (Singh ve ark., 2007), maviyemişte (Ochmian, 2012) meyve iriliğini arttırmıştır.

Farklı şekillerde ağaçlara verilen kalsiyum uygulamalarının kiraz meyvelerinin kimyasal içeriklerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$). İstatistiki olarak önemli olmasa da yüksek SÇKM (14.43) ve pH (3.77) değerleri ile düşük asitlik (0.58 mg mL⁻¹) değerleri kontrol meyvelerinden elde edilmiştir. Bu sonucumuz diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Yıldırım ve Koyuncu, 2010; Çalışkan ve ark., 2020; Levent, 2020). Meyve eti sertliği değerlendirildiğinde uygulamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). En sert meyveler yaprak+topraktan yapılan kalsiyum uygulamasından (5.15 N) alınırken bunu sırasıyla yapraktan ve topraktan ayrı ayrı yapılan kalsiyum uygulamaları izlemiştir (4.98 ve 4.78 N). Kontrol grubu meyveleri en yumuşak meyvelere sahip olmuştur (4.42 N) (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kalsiyum Uygulamalarının Meyvelerin Sçkm (%) Ph, Asitlik (Mg Ml-1). Sertlik (N) ve Çatlama İndeksi Üzerine Etkisi

Table 2. The Effect of Calcium Applications On The Sçkm (%). Ph. Acidity (Mg Ml-1). Fruit Firmness (N) And Cracking Index Of Fruits.

Uygulamalar (Applicaitons)	SÇKM (TSS)	Ph	Asitlik (acidity) (mg mL ⁻¹)	Meyve Sertliği (Fruit firmness) (N)	Çatlama İndeksi (cracking index)
Kontrol	14.43*	3.77	0.58	4.42b	15.90a*
Yaprak	13.63	3.70	0.63	4.98ab	13.61b
Toprak	13.60	3.74	0.64	4.78ab	11.0c
Yaprak+ Toprak	13.13	3.76	0.70	5.15a	7.10d

#: önemli değil (not serious) * $p < 0.05$, aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. (Mean values with the different letters in a column are significantly different at $p < 0.05$)

Meyve eti sertliği kirazda raf ömrünü belirleyen en önemli parametredir (Valero ve ark., 2007). Ayrıca tüketiciler tarafından meyve eti sert olan kirazlar tercih edilmektedir. Bu nedenle meyve eti sertliğini arttırabilecek uygulamalar önem kazanmaktadır. Yaprak+toprak şeklinde yapılan kalsiyum uygulaması en iyi sonucu vermeye birlikte, yapılan diğer uygulamalarda da, kontrol grubuna göre, daha sert meyveler elde edilmiştir. Bu da tüm uygulamaların meyve sertliğini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Gibereellik asit ve kalsiyum uygulamalarının Dalbastı kiraz çeşidinin meyve kalitesi üzerine etkileri araştırıldığı bir çalışmada hasat

öncesi 1000 ppm kalsiyumun kontrol grubuna göre meyve eti sertliğini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Levent, 2020).

Meyveye kalsiyum girişi ksilem yoluyla gerçekleşir. Kiraz meyvesi çift sigmoid gelişme gösterip, genellikle 3 aşamada meyve gelişimi tamamlanmaktadır. Birinci aşamada, perikarp boyunca hücre bölünmesiyle birlikte kütle artışı meydana gelir. İkinci aşamada, meyve kütlelerinde çok az değişim olur. Üçüncü aşamada ise mezokarp hücre büyümesi nedeniyle meyve kütlelerinde hızlı bir artış görülür. Kirazda renk değişimi üçüncü evreyle birlikte başlar, ikinci aşamadan üçüncü aşamaya geçişte ksilemde meydana gelen fizyolojik gerileme özsu akış hızında bir düşüşe neden olur. Bunun sonucu kalsiyum taşınımı da sekteye uğrar. Meyve gelişmesinin üçüncü aşamasında kalsiyum akışının azalması, meyve kütlelerinin de hızla artması nedeniyle, meyvelerde kritik hale gelebilecek kalsiyum eksikliği görülür (Grimm ve ark., 2017; Winkler ve Knoche., 2021). İşte tam bu dönemde meydana gelebilecek yağışlar ve fazla sulama meyvelerde çatlamaya neden olur. Kirazda meyve çatlaması dünyada kiraz üretiminin yapıldığı birçok yerde görülen en önemli fizyolojik sorundur. Çatlamış kiraz meyvelerinin dış görünüşü bozulmakta, ihrac imkânları sınırlandırılmaktadır Kirazdaki meyve çatlamasını engellemek ve en aza indirmek için çalışmalar 1930'lu yıllardan beri yapılmaktadır (Demirsoy, 2015). Çalışmamız kapsamında yapılan uygulamalar çatlama indeksi bakımından değerlendirildiğinde; uygulamaların kontrol grubuna göre çatlamaya etkileri istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Çatlama indeksi en yüksek kontrol grubunda bulunmuştur (15.90), bunu yapraktan yapılan kalsiyum uygulamalarının olduğu grup (13.61) ve topraktan kalsiyum uygulaması takip etmiştir (11.0). Yaprak+topraktan yapılan kalsiyum uygulamasındaki meyveler en düşük çatlama indeksine sahip olan meyvelerdir (7.10). Görüldüğü gibi yapılan tüm kalsiyum uygulamaları kontrol grubuna göre meyve çatlamasını azaltmıştır. Farklı kalsiyum formlarının 0900 Ziraat kiraz çeşidinde çatlamaya olan etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada; kalsiyum klorür, kalsiyum kazeinat, kalsiyum hidroksit ve kalsiyum nitrat yapraktan sprey olarak kullanılmıştır. Yapılan uygulamaların çatlama indeksini % 38 ve % 66 oranında azalttığı, çatlamayı azaltmak için en etkili uygulamaların kalsiyum hidroksit ve kalsiyum klorür olduğu bildirilmiştir (Eroğul, 2014). Yine 0900 Ziraat kiraz çeşidinde yapılan başka bir çalışmada Ca(OH)_2 (% 0,5), CaCl_2 (% 0,5), zeytinyağı (% 0,3) ve gliserin (% 1) solüsyonları püskürtülmüş CaCl_2 , Ca(OH)_2 ve gliserin uygulamalarının meyve çatlamasını azaltmaya yönelik etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Şahin, 2014). Vangdal ve ark. (2006), kalsiyumun, fenolik bileşik içeriğinin artmasında, kirazlarda bozulmanın azaltılmasında, kütikular kırıkların azalmasında farklı mekanizmalarla etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

0900 Ziraat kiraz çeşidine farklı şekillerde yapılan Ca uygulamalarının meyve kabuk rengi üzerine olan etkisi Çizelge 3'te sunulmuştur. Renkteki parlaklığı ifade eden L# değeri en yüksek (22.98) topraktan Ca uygulaması yapılan meyvelerde saptanırken, L# değerinin en düşük (24.93) ölçüldüğü uygulama ise hem yaprak-

tan hem de topraktan yapılan uygulama olmuştur. Kontrol uygulamasında meyve kabuk rengi L# değerinin yüksek olması rengin açılması ile açıklanabilir. Benzer şekilde diğer bir çalışmadan elde edilen meyve kabuk rengi h° değeri sonuçları da bu durumu destekler niteliktedir. Meyve kabuk rengi parlaklığı kirazın pazar değerini belirleyen önemli kriterlerden birisidir (Bai ve ark., 2011; Wang ve ark., 2014).

Kiraz gibi kırmızı renkli meyvelerde h° değerinin yüksek olması, kırmızı rengin daha açık olduğunun göstergesidir. Çalışmada meyve kabuk rengi h° değeri en yüksek (24.44) kontrol grubu meyvelerinde belirlenirken bunu sırasıyla topraktan Ca (23.20), yapraktan Ca (20.76) ve yapraktan + topraktan Ca (18.92) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol uygulamasında h° değerinin en yüksek değeri almasını olgunlaşmanın fazla olmasına dolayısıyla olgunlaşmayla birlikte kırmızı rengi veren renk pigmentlerinin parçalanmasıyla ilişkilendirebiliriz. Kırmızı renk göstergesi a değeri de en yüksek topraktan Ca uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 3. Kalsiyum Uygulamalarının Meyvelerin Meyve Kabuk Rengine Etkisi.

Table 3. *The Effect of calcium Applications on Fruit Skin Color.*

Uygulamalar	L*	a	b	Kroma (C')	Hue (h')
Kontrol	28.85a*	28.52a	12.72a	31.29a	24.44a
Yaprak	26.32b	24.07b	9.30b	25.84b	20.76b
Toprak	28.98a	27.82a	12.25a	30.45a	23.20a
Yaprak+ Toprak	24.93b	18.92c	6.63c	20.07c	18.92b

*P<0.05 aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. (Mean values with the different letters in a column are significantly different at p ≤ 0.05)

Kiraz, vişne gibi meyvelerde meyve kabuğundaki canlı kırmızı rengin matlaşması meyve sap rengindeki yeşil renk kaybıyla birlikte değerlendirildiğinde meyve kalitesinde azalma olduğunun belirtisidir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kalsiyum Uygulamalarının Meyvelerin Meyve Sap Rengine Etkisi

Table 4. *The Effect of Calcium Applications on Fruit Stem Color*

Uygulamalar	L'	a'	b'	Kroma (C')	Hue (h')
Kontrol	44.92b*	-12.63*	24.07	27.24	-62.31
Yaprak	43.42ab	-12.26	25.29	28.20	-64.26
Toprak	45.11ab	-13.18	25.03	28.39	-62.52
Yaprak+ Toprak	46.66a	-13.16	25.60	28.81	-62.70

#: önemli değil (not serious).*p<0.05, aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. (Mean values with the different letters in a column are significantly different at p ≤ 0.05)

Bu durum farklı çalışmalarda da belirtilmiştir (Schick ve Toivonen, 2002; Erbaş ve Koyuncu, 2021; Özusoay ve Koyuncu, 2021). Meyve sapının durumu kiraz ve vişne gibi meyvelerde kiraz kalitesinin göstergesidir. Saptaki esmerleşme, hücre zarının bütünlüğünün bozulması, zarar gören hücrelere polifenol oksidaz ve polifenol maddelerinin karışması ile gerçekleşmektedir (Schick ve Toivonen, 2002). Araştırmada tüm renk değerleri arasındaki farkların istatistik olarak önemli olmadığı bulunmuştur. Fakat topraktan ve yapraktan + topraktan Ca uygulamalarının meyve sapsarındaki a* değerleri dikkate alındığında en yüksek yeşil renk değerine sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca L# ve h° değerleri de bu uygulamalardaki yeşil rengin daha parlak, açık ve albenili görüldüğünü göstermektedir. Bu araştırmadaki sonuçlar ile kalsiyumun uygun uygulama şekillerinin meyve sapını daha yeşil ve sağlıklı gösterdiği kanısındayız.

4. SONUÇ

Yapraktan püskürtme; topraktan damlama, ve yapraktan püskürtme + topraktan damlama olmak üzere farklı şekilde yapılan kalsiyum uygulamaları arasında yapraktan püskürtme şeklinde yapılan kalsiyum uygulaması, pomolojik özellikler bakımından kontrol grubu ve diğer uygulama şekillerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Bunu yapraktan püskürtme ve topraktan damlama şeklinde yapılan uygulama izlemiştir. Meyve eti sertliği ve çatlama indeksi bakımından en iyi değerler ise yapraktan püskürtme ve topraktan damlamanın birlikte yapıldığı uygulamadan alınmıştır. Farklı şekillerde yapılan kalsiyum uygulamalarının meyvenin kimyasal içeriğine etkisi ise istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak yapraktan ve yaprak+topraktan püskürtme ve damlama uygulanan % 35 CaO (Kalsiyum oksit) 0900 Ziraat kiraz çeşidine daha iyi kalite özellikleri, çatlamaya dayanıklılık bakımından önerilebilir. Ancak farklı doz, uygulama şekli ve farklı çeşitlerde yeni çalışmalar yapılmalıdır.

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): SFG (%25), MD (%25), FK (%25) FÖ (%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): SFG (%20), MD (%40), FK (%20), FÖ (%20)

Veri Analizi (Data Analysis): SFG (%50), MD (%10), FK (%30), FÖ (%10)

Makalenin Yazımı (Writing up): SFG (%60), MD (%10), FK (%10), FÖ (%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): SFG (%85) MD (%5), FK (%5), FÖ (%5)

KAYNAKLAR

- Ağlar, E., Long, L. E., Saraçoğlu, O., Yıldız, K. 2017. Kirazda olgunluk aşamasını, kalsiyum, soğuk ve nem uygulamalarının hasat sonrası kalite kayıpları üzerine etkileri. Meyve Bilimi, 2, 114-118.
- Alcaraz-Lopez, C., Botia, M., Alcaraz, C.F., Riquelme, F., 2003. Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica* L.) fruit quality. Journal of plant physiology, 160(12): 1441-1446.
- Bai, J., Plotto A., Spotts R., Rattanapanone N., 2011. Ethanol vapor and saprophytic yeast treatments reduce decay and maintain quality of intact and fresh-cut sweet cherries. Postharvest Biology and Technology, 62, 204-212.
- Bonomelli, C., Alcalde, C., Aguilera, C., Videla, X., Rojas-Silva, X., Nario, A., Fernandez, V., 2020. Absorption and mobility of radio-labelled calcium in chili pepper plants and sweet cherry trees. Scientia Agricola, 78.
- Budak Z., Erdal, İ., 2016. Yapraktan Kalsiyum uygulamasının farklı sera domates çeşitlerinde verim, meyve kalitesi ve mineral beslenmesine etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4(1): 1-10.
- Christensen, J.V. 1972. Cracking in cherries. III. Determination of cracking susceptibility. Acta Agriculturae Scandinavica, 22, 128-136.
- Correia, S., Queirós, F., Ferreira, H., Morais, M.C., Afonso, S., Silva, A.P., Gonçalves, B., 2020. Foliar application of calcium and growth regulators modulate sweet cherry (*Prunus avium* L.) tree performance. Plants, 9(4): 410.
- Çalışkan, O., Kılıç, D., Öztürk, G., 2020. Bazı Nektarin Çeşitlerinde Yapraktan Kalsiyum ve Potasyum uygulamalarının Meyve Verimi ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Bahçe 49 (Özel Sayı 1: II. Uluslararası Tarım Kongresi (Utak 2019), 145-151.
- Demirsoy, H., 2015. Kiraz Yetiştiriciliği, Hasad Yayıncılık, 158s, İstanbul.
- Erbaş D., Koyuncu, M.A., Koyuncu, F., 2018. Improvement Storability of 'Angeleno' Plum with the Combination of 1-Methylcyclopropene Treatment and Controlled Atmosphere Storage. Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences, 24, 501-509.
- Erbaş, D., Koyuncu, M.A., 2021. Effects of Calcium Treatment on Physical and Biochemical Changes of Cold-Stored Sweet Cherry Fruit. Horticultural Studies, 15-22.
- Erbaş D., Koyuncu, M.A., 2022. The Effect of Pre- and Postharvest Calcium Gluconate Treatments on Physicochemical Characteristics and Bioactive Compounds of Sweet Cherry during Cold Storage. Food Science and Technology International, doi.org/10.1177/10820132221077515
- Eroğul, D., 2014. Effect of preharvest calcium treatments on sweet cherry fruit quality. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 42(1):150-153.
- Grimm, E., Pflugfelder, D., van Dusschoten, D., Winkler, A., & Knoche, M. (2017). Physical rupture of the xylem in developing sweet cherry fruit causes progressive decline in xylem sap inflow rate. Planta, 246, 659-672.
- Kaçar, B., Katkat, A.V., 2007. Bitki besleme. Nobel Yayın No: 849, Ankara.
- Kazemi, M., 2013. Foliar application of salicylic acid and calcium on yield, yield component and chemical properties of strawberry. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci, 2(11): 19-23.
- Levent, Y., 2020. Dalbastı Kirazında Hasat Öncesi GA₃ Ve Kalsiyum Uygulamalarının Bazı Meyve Kalite Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Malatya Turgut Özal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 51s, Malatya
- Marschner, P., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3ed. Academic Press, London, UK.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27(12): 1254-1255.

- Michailidis, M., Polychroniadou, C., Kosmidou, M. A., Petraki-Katsoulaki, D., Karagiannis, E., Molassiotis, A., Tanou, G. 2021. An early calcium loading during cherry tree dormancy improves fruit quality features at harvest. *Horticulturae*, 7(6): 135.
- Neven, L. G., Drake, S. R., 2000. Comparison of alternative postharvest quarantine treatments for sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*, 20(2): 107-114.
- Ochmian, I. D., 2012. The impact of foliar application of calcium fertilizers on the quality of highbush blueberry fruits belonging to the 'Duke' cultivar. *Notulae botanicae horti agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(2): 163-169
- Özüsoy F., Koyuncu, F., 2021. Hasat Öncesi Salisilik Asit, Asetilsalisilik Asit Ve Metil Salisilat Uygulamalarının Vişne (*Prunus Cerasus* Cv. Kütahya) Meyvesinin Kalitesi Üzerine Etkileri. 3rd International Conference On Food, Agriculture And Veterinary, Haziran 19, İzmir.
- Ramezani, A., Rahemi, M., Vazifehshenas, M.R., 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121(2): 171-175.
- Schick J.L., Toivonen, P.M.A., 2002. Reflective tarps at harvest reduce stem browning and improve fruit quality of cherries during subsequent storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 117-121.
- Singh, R., Sharma, R.R., Tyagi, S.K., 2007. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 112(2): 215-220.
- Song, W., Yim, J., Kurniadinata, O.F., Wang, H., Huang, X., 2018. Linking fruit Ca uptake capacity to fruit growth and pedicel anatomy, a cross-species study. *Frontiers in Plant Science* 9, 575. doi.org/10.3389/fpls.2018.00575
- Şahin, N., 2014. Farklı Kimyasal Uygulamaların 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Meyve Çatlama Üzerine Etkilerinin Tespit Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- Valero, C., Crisosto, C.H., Slaughter, D., 2007. Relationship Between Nondestructive Firmness Measurements and Commercially Important Ripening Fruit Stages for Peaches, Nectarines and Plums. *Postharvest Biol. and Technol.*, 44, 248-253.
- Vangdal, E., Hovland, K.L., Børve, J., Sekse, L., Slimestad, R., 2006. Foliar application of calcium reduces postharvest decay in sweet cherry fruit by various mechanisms. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on The Role of Postharvest Technology in the 768:143-148.
- Wang Y., Xie, X., Long, L.E., 2014. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chemistry*, 160: 22-30.
- Whiting, M.D., Ophardt, D., 2005. Comparing Novel Sweet Cherry Crop Load Management Strategies. *Hort. Sci.* 40, 1271-1275.
- Winkler, A., Fiedler, B., Knoche, M., 2020. Calcium physiology of sweet cherry fruits. *Trees*, 34, 1157-1167.
- Winkler, A., Knoche, M., 2021. Calcium uptake through skins of sweet cherry fruit: Effects of different calcium salts and surfactants. *Scientia Horticulturae*, 276, 109761.
- Yıldırım A. N., Koyuncu, F., 2010. The effect of gibberellic acid applications on the cracking rate and fruit quality in the 0900 Ziraat sweet cherry cultivar. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6307-6311.



Bazı Yaygın İnsektisitlerin Domates (*S. lycopersicon L.*) Bitkisinde Lipid Peroksidasyon ve Antioksidatif Sistem Üzerine Etkileri

Effects of Some Common Insecticides on Lipid
Peroxidation and Antioxidative System in Tomato
(*S. lycopersicon L.*)

Sümevra YAKAR¹, Atilla Levent TUNA²

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla
• sumeyrayakar@gmail.com • ORCID > 0000-0001-8953-2967

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla
• tuna@mu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-5123-0031

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 25 Mart / March 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 07 Ocak / January 2023

Yıl / Year: 2023 | Cilt - Volume: 38 | Sayı - Issue: 1 | Sayfa / Pages: 81-98

Atıf/Cite as: Yakar, S., Tuna, A.L. "Bazı Yaygın İnsektisitlerin Domates (*S. lycopersicon L.*) Bitkisinde Lipid Peroksidasyon ve Antioksidatif Sistem Üzerine Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 81-98.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Atilla Levent TUNA

Yazar Notu / Author Note: "Bu çalışma, ilk yazarın Yüksek Lisans Tezinden kısmi olarak derlenmiş ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimince (13-25) desteklenmiştir."

BAZI YAYGIN İNSEKTİSİTLERİN DOMATES (*S. LYCOPERSICON L.*) BİTKİSİNDE LİPİD PEROKSİDASYON VE ANTİOKSİDATİF SİSTEM ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ:

Günümüzde entansif tarımda pestisit kullanımı yüksek düzeydedir. Bu kimyasalların bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklere neden oldukları da gösterilmiştir. Muğla İli ülkemizde yoğun bir sera potansiyeline sahiptir ve pestisit kullanımı da üst düzeydedir. Bu çalışmada, Imidacloprid, Abamectin ve Acetamiprid etken maddeli insektisitlerin sera domatesinde potansiyel oksidatif stres izlerini araştırmak ve lipid peroksidasyon düzeyi ile antioksidatif sistemin uyarılma derecesini ortaya koymak yoluyla bitkinin strese yanıtını belirlemek amaçlanmıştır. İsektisit uygulamalarına bağlı olarak, prolin, klorofil ve malondi-aldehit (MDA) ile oksidatif stres durumunda bitkinin antioksidatif yanıtını belirlemek amacıyla süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX) ve katalaz (CAT) spesifik enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Bulgularımıza göre Imidacloprid , kontrole göre MDA ve prolin kapsamını arttırmış ancak antioksidatif sistemi uyararak kontrole göre 200 ve 400 µl L⁻¹ dozlarında POX ve SOD enzim aktivitelerini yükseltmiştir. Abamectin MDA kapsamını kontrole göre tüm dozlarda, prolin kapsamını ise ilk 2 dozda arttırmış, buna karşın antioksidatif sistem uyarılarak tüm enzim aktivitelerinde artış kaydedilmiştir. Acetamiprid ise özellikle 0.3 g L⁻¹ konsantrasyonda prolin kapsamını aşırı derecede uyararak lipid peroksidasyon düzeyinin baskılanmasına sebebiyet vermiştir. Elde edilen veriler, her 3 insektisit de domates bitkisinde prolin ve lipid peroksidasyonu arttırarak antioksidatif sistemin uyarılmasına neden olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: İsektisit, Lipid Peroksidasyon, Imidacloprid, Abamectin Acetamiprid.



EFFECTS OF SOME COMMON INSECTICIDES ON LIPID PEROXIDATION AND ANTIOXIDATIVE SYSTEM IN TOMATO (*S. LYCOPERSICON L.*)

ABSTRACT

Today, pesticide use in intensive agriculture is at high levels. It has also been shown that these chemicals cause morphological, physiological and biochemical changes in plants. Muğla Province has an intense greenhouse potential in our

country and pesticide use is at a high level. In this study, it was aimed to investigate the potential oxidative stress traces of Imidacloprid, Abamectin and Acetamidiprid active ingredient insecticides in greenhouse tomato plant and to determine the plant's response to stress by revealing the level of lipid peroxidation and the degree of stimulation of the antioxidative system. Depending on the insecticide applications, the specific enzyme activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POX) and catalase (CAT) were analyzed in order to determine the antioxidative response of the plant in case of oxidative stress with proline, chlorophyll and malondialdehyde (MDA). According to our findings, Imidacloprid increased MDA and proline levels compared to the control, but increased the POX and SOD enzyme activities at 200 and 400 μL^{-1} doses compared to the control by stimulating the antioxidative system. Abamectin increased the MDA content in all doses and the proline content in the first 2 doses compared to the control, however, all enzyme activities were increased by stimulating the antioxidative system. Acetamidiprid, on the other hand, caused the suppression of lipid peroxidation level by excessively stimulating the proline content, especially at a concentration of 0.3 g L^{-1} . The data obtained show that all 3 insecticides cause stimulation of the antioxidative system by increasing proline and lipid peroxidation in tomato plant.

Keywords: Insecticides, Lipid Peroxidation, Imidacloprid, Abamectin Acetamidiprid.



1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki tarım alanları, günümüzde sınırlanmış olmasına karşın; artan nüfusun ve nitelikli tarımsal ürün arama eğilimindeki insanoğlunun gereksinimlerini karşılamak için, birim alandan daha fazla ve daha verimli ürün elde etmek adeta bir zorunluluk olmuştur. Tüm bu çabalar kuşkusuz, ürün artışını birkaç kata kadar yükseltmekte ancak birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bilinçli ve etkili bitki koruma önlemleri alınmadan entansif tarımın (modern yöntemlerle yapılan, verimi yüksek tarım) yapılabilme olasılığı yoktur. Fakat doğru kullanılmadıklarında; kültür bitkilerinde en önemli stres kaynaklarından biri olmalarının yanı sıra, toprağa, yer altı sularına, denizlere, atmosfere ve de tüm canlılara besin zinciri yolu ile ulaşan zirai mücadele amaçlı bu biyositler tüm ekosistemin canlılığını ve devamlılığını biyobirikim sonucu tehdit etmektedirler (Dağ, 2000; Durmuşoğlu ve ark., 2010). Tarımsal uygulamalarda pestisitler önemli bir girdi kaynağı ve bileşendir. Tarımsal ürünlerde olası kalıntılar izin verilen limitlerin altında olmalıdır. İlaçlamada önerilen pestisit uygulama dozları aşıldığında, biyo çeşitlilik açısından potansiyel risk oluşmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda pestisit kalıntılarının minimuma indirilmesi amacıyla yıkama işlemi başta olmak

üzere duyarlılık söz konusudur. Bir araştırmada hasattan sonra biberlerin; çeşme suyu, sitrik asit, asetik asit çözeltileri ve ultrasonik banyo ile yıkama uygulamalarından (2 ve 5 dakika boyunca) geçirilmesiyle ve yıkama süreleri arttıkça kalıntı miktarının da azaldığı saptanmıştır. Kalıntı analizleri, QuEChERS analiz yöntemiyle yapılmıştır (Çatak ve ark., 2020).

Türkiye’de 2019 yılında örtü altında 790 bin dekar alanda 7.8 milyon ton sebze üretilmiştir. Ülkemiz örtüaltı varlığı bakımından dünyada ilk dört ülke arasında Avrupada ise İspanya’nın ardından ikinci sırada yer almaktadır. Örtüaltı sebze üretiminde Antalya % 48’lik payla (3.8 milyon ton) birinci sıradadır. Bu ilimizi sırasıyla, Mersin % 16 (1.2 milyon ton), Adana % 13 (1 milyon ton) ve Muğla % 9 (690 bin ton) illeri takip etmektedir. Bu 4 ildeki toplam örtü altı üretim yaklaşık 6.7 milyon ton ile toplam örtüaltı üretiminin yaklaşık % 86’sını oluşturmaktadır. Muğla ilinde toplam örtü altı alan miktarı 39 bin da ile ülkemizde 4. sırada yer almaktadır. Domates örtü altında üretilen sebzelerin, toplamda % 49’unu oluşturmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

Sistemik pestisitler, iletim dokuları vasıtasıyla bitkinin tüm organlarına ulaşabilen pestisitlerdir. İlaçlamadan çok kısa bir süre sonra bitki tarafından tamamen emilirler. Yapraktan uygulanan pestisit kalıntısına köklerde rastlanabilir. Pestisit tüketiminin fazla olması sadece gıda güvenliği ve ekonomik açıdan zarar oluşturmakla kalmamakta, bunlar çeşitli mekanizmalar ile su kaynaklarına ulaşmaktadır. Kullanım kolaylığı, çevreden etkilenmemeleri (yağmur gibi dış etkilerden), etkinliklerinin yüksek oluşu vb. nedenlerle avantajları fazla olan bu pestisitlerin, dezavantajları da fazladır. Örneğin, zararlıların bu pestisitlere dayanıklılıkları daha fazla olmaktadır. Ayrıca sistemik etkili pestisitlerin, bilinçsiz kullanımı genel canlı sağlığı açısından da önemli bir risk faktörüdür (Doğan ve Karpuzcu, 2019). Sistemik Imidacloprid, tarla ve bahçe bitkileri için Dünyada en çok kullanılan insektisitlerden biridir. Bu nörotoksik madde, özellikle mısır, ayçiçeği ve kolza için genellikle tohum kaplama olarak kullanılır. Nikotinerjik nöronal yolda bir tıkanmaya neden olarak böceğin sinir sistemindeki uyarıların iletilmesine müdahale eder (Bonmatin ve ark., 2005). Acetamiprid, neonikotinoid grubuna ait bir insektisittir. Organik fosforlu insektisitlere direnç geliştirmiş böceklerle etkin mücadelede benzersiz bir etki tarzına sahiptir (Gupta ve Gajbhiye, 2007). Makrosiklik bir lakton olan Abamectin ise, toprak mikroorganizması *Streptomyces avermitilis*’in bir türünden elde edilen en çok kullanılan “Avermectin”lerden biridir. Deneysel hayvan çalışmalarına dayanarak, Abamectin alınımı takiben tüm dokulara ve ana organlara hızla yayılır. Ek olarak, histopatolojik çalışmalar Abamectin’in nöral, hepatorenal ve üreme sistemlerinde ciddi hasarlara neden olduğunu göstermiştir. Toprakta kalıcılığı ise azdır. Bu etken maddelerin tümünün bitkiye alınımını kolay ve bilinen toksisiteleri orta derecelidir (Macar, 2020).

Kimyasal savaşım çoğunlukla direkt olarak bitkide stres kaynağı olabilir. Stres, bitkide büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemekle kalmayıp, ürün ve kaliteyi de inhibe etmektedir. Böylesi bir durumda metabolizmadaki normal miktarından fazla üretilen reaktif oksijen türleri; DNA, protein ve lipid gibi yaşamsal biyolojik molekülleri okside edebilir böylece membran gibi bazı önemli bitki dokularında bozulmalar ve hasarlar meydana gelebilmektedir. Özellikle membran lipidlerinin reaktif oksijen türleriyle yükseltgenmesi yoluyla bozulmasına ve permeabilitele-
rinin artmasına neden olan lipid peroksidasyon olayı, en tehlikelidir ve bitkiler bu şartlar altında reaktif oksijen türlerini de-toksifiye edebilmek için antioksidatif savunma yanıtını kullanır (Koç ve Üstün, 2008). Stres; önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açarak, üründe nitelik ve nicelik kaybına ve bitkinin ölümüne yol açabilmektedir. Stres etmenlerinin oluşturduğu zarar bitkinin çevreye genetik adaptasyon derecesine bağlı olarak değişir. Stres ve strese tolerans kavramları birbirleriyle yakından ilişkilidir. Stres toleransı bitkinin uygun olmayan ortam koşulları ile başa çıkabilme potansiyelidir. Strese dayanıklılık mekanizması bitkilerde iki şekilde etkili olur. Bitkiler ya geliştirdikleri önleyici mekanizmalarla stres faktörlerinin etkinliğini önlemekte ya da tolerans mekanizmalarıyla onlara karşı koyarak yaşamlarını sürdürmektedirler (Taiz ve Zeiger, 2008).

Bitkiler için temel bileşenlerden olan oksijen; moleküler oksijenin (O_2), suya (H_2O) indirgenmesi yoluyla enerji kaynağı oluşturmaktadır. Oksijenin indirgenmediği durumlarda ise biyolojik molekülleri okside edebilen reaktif oksijen türleri oluşmaktadır. Bitkinin normal gelişim sürecinde metabolik faaliyetler sonucunda ikincil maddeler olarak sentezlenirler ancak detoksifikasyon mekanizması ile aralarındaki denge sayesinde zararlı etki oluşturmazlar. Reaktif oksijen türleri (ROS), radikal olmayan bir atom veya molekülden bir elektron çıkmasıyla ya da atom veya moleküle bir elektron ilavesiyle oluşurlar. Diğer moleküllere elektron verebildiklerinden ya da onlardan elektron alabildiklerinden organizmada indirgeyici veya yükseltgeyici olarak davranırlar. Hücrelerde bilinen başlıca ROS'ler; singlet oksijen (1O_2), süperoksit anyonu ($O_2^{\cdot -}$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (OH^{\cdot}) olup normal koşullarda hücredeki düzeyleri sürekli olarak denge halindedir (Koç ve Üstün, 2008; Karabulut ve Gülay, 2016).

Bitkiler oksidatif stres altında yaşamlarını devam ettirebilmek ve stresle başa çıkabilmek için ROS'un kontrolü ve detoksifikasyonunu sağlayan antioksidatif savunma yanıtlarını kullanırlar. Bu koruma sistemi çalışmadığı ya da yeterli olmadığı zaman bitki hücrelerinde ölüm hemen gerçekleşir. Antioksidantlar düşük konsantrasyonlarda oksidasyon yapabilen ve diğer bir substratın oksidasyonunu azaltan (elektron aktarımıyla) veya engelleyen yani oksidasyona karşı mücadele eden maddelerdir (Büyük ve ark., 2012). Hücresel savunmada çok önemli bir yeri olan enzimatik antioksidantlar: süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX) ve katalaz (CAT) olarak bilinmektedir. Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidantlar, hücredeki lokalizasyonlarına ve rol-

lerine göre farklılık göstermektedirler. Stres altındaki canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de stres karşısında serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidant miktarları ve antioksidant enzim aktiviteleri yüksek olduğunda, o bitkiler oksidatif zararlanmaya karşı daha dayanıklı olmaktadırlar (Mehdy, 1994). Örneğin; bir enzimatik antioksidan olan SOD'un ifadesindeki artışların biyotik ve abiyotik strese bağlı oluşan oksidatif strese başa çıkmada ve bitkilerin stres koşulları altında canlılığı sürdürmesine katkı sağlamada önemli rolleri olduğu ileri sürülmüştür. *Morus alba* L. (dut), *Cicer arietinum* L. (nohut) ve *S. lycopersicon* L. (domates) gibi birçok bitkide çeşitli stres koşulları altında gerçekleştirilen çalışmalarda SOD aktivitesinde artışlar meydana geldiği gözlenmiştir (Harinasut ve ark., 2003; Gapinska ve ark., 2008). Yüksek bitkilerde tanımlanmış çok sayıda CAT izozimi; *Hordeum vulgare*'de (arpa), *Helianthus annuus* L.'de (ayçiçeği), *Brassica oleracea* L. 'de (karnabahar) ve *Zea mays* L.'da (mısır) çalışılmıştır ve elde edilen veriler neticesinde enzimin farklı stres koşulları ile farklı bitkilerde değişik düzeylerde koruma sağladığı gözlenmiştir (Polle ve ark., 1992; Azevedo ve ark., 1998).

Lipit peroksidasyonu olgusu: diğer pek çok stres çeşidi etkisiyle de görülen bir olgu olup, membran bütünlüğünün bozulması ve hücrenin hasar görmesi anlamına gelir. Daha önceki pek çok bilimsel çalışma lipit peroksidasyonunun da dahil olduğu belirli parametreler ile bitkinin stres karşısında savunma yanıtı olarak kullanıldığı antioksidatif sistemi konu almıştır. Serbest oksijen radikallerinin zararlarından en çok etkilenen hücre elemanları membran lipitleridir. Oksidatif stres, özellikle polyansatüre (doymamış) yağ asitlerinin peroksidasyonu ile kendini gösterir. Çoklu doymamış yağ asidi zincirindeki metilen gruplarından bir hidrojen atomu uzaklaştırılması ile peroksidasyon başlamaktadır. Lipit peroksidasyonu sonucu lipit radikalleri oluşur, bu radikaller bir araya gelerek konjuge dienleri oluştururlar. Devam eden oksidasyon ile bu dienler de parçalanır ve MDA (malondialdehit) bu zincirde ara ürün olarak ortaya çıkar. Oluşan MDA, hücre membranlarından iyon alışverişine etki ederek; membrandaki bileşiklerin çapraz bağlanmasına, plazma membranında permeabilite artışına ve hasara neden olarak nihayetinde enzim aktivitesinde değişime yol açar (Jablonska-Trypuc, 2017).

Lipit peroksidasyonunu başlatan ilk radikal, hidroksil radikalidir. Lipit peroksidasyonu; membran yapı ve bütünlüğünün bozulması, oluşan serbest radikallerin, çeşitli hücre bileşenleri üzerine etkisi ve son ürünlerin sitotoksik etkileri gibi farklı yollarla hücre hasarına neden olmaktadır. Lipit peroksidasyonu bir zincir tepkimesi şeklinde başlar ve daha ileri peroksidasyonu başlatacak serbest radikaller için sürekli bir kaynak niteliğindedir. Kendi kendini devam ettiren bu zincir reaksiyonların hücre membranına hasarı geri dönüşümsüzdür. Hidrojen atomunun uzaklaştırılması ile oluşan lipit radikali (L) dayanıksızdır ve bir dizi spontan değişikliğe uğrayarak oluşan konjuge-dienler daha stabildir. Lipit radikalinin moleküler oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu lipit peroksit radikali (LOO•) meydana

na gelmektedir. Bu radikaller de membran yapısındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerini etkileyerek yeni lipit radikallerinin oluşumunu sağlar ve kendileri de açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipit hidro-peroksitlerine (LOOH) dönüştürler. Lipit hidro-peroksitlerden, fenton tipi bir reaksiyonla aldehit ve alkanlar oluşur. Lipit peroksidasyonu sonucunda ortaya çıkan çeşitli aldehitlerden en iyi bilinenleri malondialdehit (MDA)'dir (Jablonska-Trypuc, 2017).

Bu çalışma, Muğla yöresinde sera domatesi bitkisinde (*Solanum lycopersicon* L.) en çok kullanılan insektisitlerden bazıları ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı: bölgede yaygın kullanılan 3 farklı insektisit sera domatesi bitkisinde neden olduğu olası oksidatif stres izlerini, lipit peroksidasyon ve antioksidatif savunma sisteminin yanıtını araştırmaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışmanın Planlama, Yetiştirme ve Uygulama Aşamaları

Bu çalışma, Muğla-Menteşe'de Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi'ne ait açık sera alanında düzenlenmiş ve Manyla F₁ çeşidi sırk domates fideleri (*Solanum lycopersicon* L.) kullanılmıştır. Çalışmada sistemik etkili 3 ayrı insektisit türevi kullanılmıştır. Muğla İli; Ortaca, Fethiye ve Dalaman İlçelerindeki zirai ilaç bayileri, üreticiler ve Tarım İl Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonucunda, bölgede en çok satılan ve kullanılan 3 insektisit belirlenmiş ve denemede kullanılmıştır (Çizelge 1). Bunlar:

- 1. Abamectin (AB) (Syngenta; AGRIMEC)**, (Macrocyclic lactone insektisitler grubundan), C₄₈H₁₂O₁₄ Farelerde oral LD₅₀: 11 mg kg⁻¹, önerilen doz: 25 mL 100 L su⁻¹
- 2. Acetamiprid (AC) (Sumitomo; MOSPILAN)**, (Pyridilmethylamine nicotinoid insektisitler grubundan), C₁₀H₁₂CIN₄ Farelerde oral LD₅₀: 185 mg kg⁻¹, önerilen doz: 30 g 100 L su⁻¹
- 3. Imidacloprid (IM) (Bayer; CONFIDOR)**, (Nitroguanidine nicotinoid insektisitler grubundan), C₉H₁₀CIN₅O₂ Farelerde oral LD₅₀: 450 mg kg⁻¹, önerilen doz: 20 mL 100 L su⁻¹

Çizelge 1. Çalışmanın deneme planı**Table 1.** Trial plan of the study

K*	Kontrol
AB1**	250 µl L-1
AB2	500 µl L-1
AB3	1000 µl L-1
K	Kontrol
AC1***	0.3 g L-1
AC2	0.6 g L-1
AC3	1.2 g L-1
K	Kontrol
IM1****	200 µl L-1
IM2	400 µl L-1
IM3	800 µl L-1

*(K): Kontrol; sadece sulama suyu

** (AB): Abamectin önerilen doz: 25 mL 100 L-1

*** (AC): Acetamiprid önerilen doz: 30 g 100L-1

**** (IM): Imidacloprid önerilen doz: 20 mL 100 L-1

Etken madde sembollerinin yanındaki rakamlar uygulanan farklı dozları gösterir.

3 farklı insektisit x kontrol dahil 4 uygulama grubu x 3 tekrür olmak üzere toplam 36 adet 10 L hacimli plastik saksı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra 10 adet yedek saksı bulundurulmuştur. Saksıların tümü ilaçlamalar sırasında oluşabilecek kontaminasyonu önleme amacıyla aralarında 20'şer cm bırakılarak yerleştirilmiş ve her bir grup kendi içinde etiketlenerek nizami şekilde sıralanmıştır.

Saksılar 2:1 v v⁻¹ oranında torf ve dere kumu ile 1 kg 15:15:15+Zn kompoze gübre homojen şekilde karıştırılarak doldurulmuştur. Nisan ayının son haftasında fidelerin dikimleri yapılmış ve ilk sudan sonra iki gün ara ile ortalama 300-700 mL su verilmiştir. Fidelerin boylanmaya başladığı Mayıs ayının üçüncü haftasında ise fideler askıya alınmıştır. Mayıs sonu itibariyle bahçe tipi 2 L kapasiteli basınçlı-plastik el pülverizatörleriyle ilk insektisit uygulaması yapılmıştır. Her insektisit etken maddesi için ayrı pülverizatör kullanılmıştır. Islanabilir toz formülasyondaki Acetamiprid için her bir grubun ilacı etiketli küçük plastik poşetlerde kullanıma hazır hale getirilmiştir. Abamectin ve Imidacloprid etken maddeli diğer insektisitler ise mikropipet yardımı ile etiketli küçük plastik şişelere alınmış ve uygulamaya hazır hale getirilmiştir. İlaçlama işlemi sabahın erken saatlerinde rüzgarsız havada yapılmış, yapraklara homojen dağılacak şekilde uygulama yapılmıştır. Daha son-

rasında ise her 10 günde bir zararlı popülasyonundaki dağılım gözlenmek suretiyle ilaçlamalar tekrar edilmiş, toplam dört uygulama yapılmıştır. Haziran ayı son haftası itibariyle yapılan dördüncü insektisit uygulamasının ardından Temmuz ayının ilk haftasında hasada gidilmiştir. Hasat esnasında her uygulama grubunu temsil edebilecek şekilde rastgele yaprak örnekleri toplanarak numaralandırılmış poşetler içerisinde laboratuvara getirilmiş ve saf suyla yıkandıktan sonra biyokimyasal analizlerde kullanılmak üzere dipfrizde $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de buzdolabı poşetleri içerisinde muhafaza edilmiştir.

2.2. Uygulanan Analiz Yöntemleri

Toplanan örneklerin analizleri Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Lipit peroksidasyon (MDA: Malondialdehit) analizi, süperoksit dismutaz (SOD: EC 1.15.1.1) aktivite analizi, peroksidaz (POX: EC 1.11.1.7) aktivite analizi, katalaz (CAT: EC 1.11.1.6) aktivite analizi ve ayrıca klorofil ve prolin kapsamı laboratuvar şartlarında belirlenmiştir.

Prolin Analizi için 0.5 g yaş yaprak örneği % 3'lük sülfosalisilik asit ile parçalanmış ve filtre edilmiştir. Asetik asit ve ninhidrin reagent eklenen örnekler 1 saat 100°C 'de su banyosunda tutulmuş ve reaksiyon buzda sonlandırılmıştır. Ardından 4 mL toluen eklenerek, 520 nm'de spektrofotometrede optik yoğunlukları belirlenmiş ve prolin standartlarıyla karşılaştırılarak hesaplama yapılmıştır (Bates ve ark., 1973). Toplam klorofil tayini Strain ve Svec (1966) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. 0.5 gr yaprak örneği % 80'lik aseton ile ekstrakte edilerek 5 dakika 3.000 devirde santrifüj edilmiş ve süpernatant kısmından 4 mL çekilip, üzerine tekrar 12 mL aseton eklenmiştir. Nihai solüsyonda spektrofotometrede 645 ile 663 nm dalga boylarında okuma yapılmıştır.

Enzim ekstraksiyonu ve belirlenmesi amacıyla, $+4^{\circ}\text{C}$ ortam koşulunda 0.5 g yaprak materyali 5 mL 50 mM fosforik bufferde (pH:7) homojenize edilmiştir. Sonra $+4^{\circ}\text{C}$ 10.000 g'de santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. SOD enzim aktivitesinin belirlenmesinde Beauchamp ve Fridovich (1971), nitroblue tetrazoliumun fotokimyasal azalmayı inhibe etme yeteneğinin ölçümü ile analiz edilmiştir. Reaksiyon karışımı (3.0 mL) 50 mM fosfat buffer (pH:7.8), 13 mM L-methionine, 75 μM nitroblue tetrazolium, 0.1 mM EDTA, 2 μM riboflavin ve 0.1 mL enzim ekstraktı içerecek şekilde hazırlanmış ve riboflavin en son eklenerek test tüpleri bir ışık kaynağına (30 W floresan lambaları) yerleştirilmiştir. 30 dakika reaksiyon süresinden sonra absorbans UV-VIS spektrofotometrede 560 nm'de ölçülmüştür. POX aktivitesinin belirlenmesi, Chance ve Maehly (1995) metoduna göre guaiacol oksidasyonu kullanılarak yapılmıştır. 50 mM fosfat buffer (pH:6.5), 13 mm guaiacol, 100-200 mL enzim ekstraktı ve 5 mM H_2O_2 içeren 3 mL reaksiyon karışımı kullanılmıştır. H_2O_2 eklendikten sonra 30 saniye içerisinde, 2 dakika boyunca 470 nm'deki absorbans yükselişi kaydedilmiştir (Lee ve Lin, 1995). Spesifik enzim aktivitesi enzim unit/çözünebilir protein cinsinden

belirlenmiştir. Lipit peroksidasyonu seviyeleri Sresty ve Rao (1999)'e göre malondialdehit (MDA) ölçümü yapılarak saptanmıştır. MDA tayini tiyobarbitürik asit reaksiyonu kullanılarak belirlenmiştir. 0.5 g yaprak örneği 10 mL % 0.1'lik TCA (trikloroasetik asit) içinde homojenize edildikten sonra santrifüj edilmiş ve 4 mL % 20 TCA (trikloroasetik asit) içinde hazırlanmış % 0.5'lik TBA (tiyobarbitürik asit) eklenmiştir. Elde edilen karışım 95°C'de 30 dk su banyosunda bekletildikten sonra reaksiyon buzda sonlandırılmıştır. CAT enzim aktivitesi Bergmeyer ve ark. (1970) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. H₂O₂'nin miktarında oluşan azalma 240 nm'de gösterdiği maximum absorbanstaki düşüşle belirlenmiştir. 1mL'lik son hacme sahip kuvartz küvetlerdeki reaksiyon karışımı; 0.1 mM EDTA, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH:7), distile su ve % 0.3 H₂O₂'den oluşmaktadır. Reaksiyon boyunca absorbansta oluşan düşüş 180 sn boyunca takip edilmiştir. CAT aktivitesi dakikada harcanan µmol H₂O₂ olarak ifade edilmiştir.

2.3. İstatistik Analiz

Uygulamalar arasında karşılaştırma yapılmadan önce, normalite ve varyans homojenitesini belirlemek için sırasıyla, Shapiro-Wilk ve Bartlett testleri uygulanmıştır. Elde edilen ölçümler arasındaki farklılıklar ise tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile sınanmıştır. İstatistiksel farklılığın belirlendiği durumlarda, Tukey HSD (Tukey's honestly significant difference test) testi analize dâhil edilmiştir.

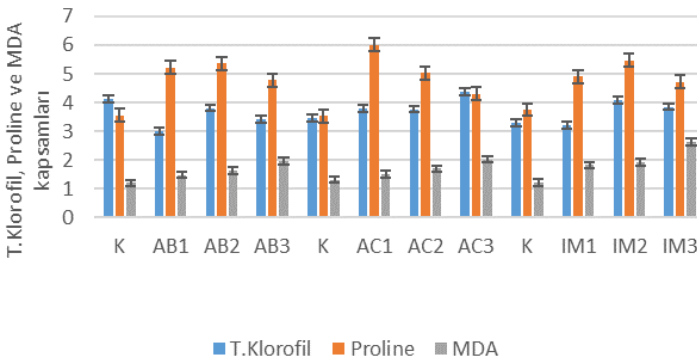
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 İnsektisit Uygulamalarının Toplam Klorofil, Prolin ve MDA Düzeylerine Etkisi

Abamectin uygulanan grupta toplam klorofil kapsamı yönünden kontrole göre istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir. Tüm konsantrasyon gruplarında, bitkilerin toplam klorofil içerikleri kontrol grubu bitkilerinden daha düşüktür. En düşük toplam klorofil içeriği 250 µl/L uygulama yapılmış gruptadır. Kontrol bitkilerine göre toplam klorofil içeriğinde % 27'lik düşüş tespit edilmiştir. Abamectin uygulaması yapılmış tüm domates bitkilerinde, her bir konsantrasyon grubunda, prolin kapsamları kontrol grubuna göre istatistiki olarak artmıştır (p<0.05). Fakat bu artış 1000 µl L⁻¹ uygulama yapılmış bitkilerde, kontrole göre % 34'lik oran ile diğer grup bitkilerine göre bir miktar daha az olmuştur. Maksimum prolin içeriğine ise kontrole göre % 51 artış ile 500 µl/L Abamectin uygulanmış domates bitkilerinde rastlanmıştır. Bitkilerde MDA düzeyleri her üç konsantrasyon için de, Abamectin uygulamaları ile kontrole karşılaştırıldığında istatistiki olarak anlamlı artış göstermiştir (Şekil 1). En yüksek artış ise kontrole göre % 64'lik artış ile 1000 µl L⁻¹ Abamectin uygulaması ile tespit edilmiştir. Görünüşe göre Abamectin, membran lipitlerini oksidasyona uğratmış ve hücrede hasara sebep olmuştur.

Acetamiprid uygulamalarının tümü, bitkilerde kontrole göre fotosentetik pigment kapsamlarını arttırmış olup, hiçbir artış kontrole göre anlamlı bulunmamıştır. Dahası farklı konsantrasyon uygulamaları yapılmış domatesler, kendi aralarında da istatistiki anlamlılıkta bir fark göstermemişlerdir. Prolin kapsamı incelendiğinde, 0.3 ve 0.6 g/L grubunda prolin kapsamı sırası ile kontrole göre % 69 ve % 42 farkla anlamlı şekilde artarken, 1.2 g L⁻¹ uygulama yapılmış bitkilerde ise % 21'lik bir artış görülmüş fakat istatistiki açıdan anlamlı farka rastlanmamıştır. Tüm Acetamiprid uygulamaları kontrole göre MDA miktarını anlamlı olarak arttırmıştır. Sonuçlar konsantrasyon artışı ile pozitif korelasyon göstermiştir. 1.2 g L⁻¹ konsantrasyonda Acetamiprid uygulanmış bitkilerde kontrol bitkilerine göre % 54 oranında MDA artışı görülmüştür.

Imidacloprid grubunda ise, kontrol grubu ile uygulamalar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Imidacloprid'in 200 µl L⁻¹ uygulandığı bitkilerde kontrol grubuna oranla bir miktar azalış gözlenirse de, diğer grupların toplam klorofil kapsamı kontrole göre daha yüksektir. En yüksek toplam klorofil içeriği kontrole göre % 24'lük artış ile 400 µl L⁻¹ uygulama yapılmış grupta tespit edilmiştir. Imidacloprid uygulamasında, prolin kapsamı, önerilen dozda (200 µl L⁻¹ uygulama yapılmış bitkilerde % 30 artarken, 400 µl L⁻¹ konsantrasyonda, kontrole göre % 45 artmıştır. Imidacloprid'in 800 µl L⁻¹ konsantrasyonunda ise kontrole göre anlamlı olmayan % 25'lik bir artış mevcuttur (Şekil 1). Oksidatif stres ve devamında lipid peroksidasyon olgusunun metabolizma ürünü olarak kabul edilen MDA bakımından, kontrol grubuna göre konsantrasyona bağlı lineer bir artış söz konusudur ve istatistiki olarak anlamlıdır (p<0.05). Önerilenin dört katı konsantrasyonda (800 µl L⁻¹) Imidacloprid uygulaması yapılmış bitkilerde, kontrol bitkilerine göre MDA içeriğinde % 115 artış saptanmıştır.



Şekil 1. İnsektisitlerin toplam klorofil, prolin ve MDA düzeylerine etkisi

Figure 1. Effect of insecticides on total chlorophyll, proline and MDA level

Pestisitlerin uygulanma süreçlerinde her ne kadar hedef patojenlere karşı mücadelede başarı kazanılıp, tarımsal ürün verim ve kalitesinde artış sağlansa da, özellikle “patojen direnci ve reçetesiz pestisit kullanımı nedeniyle” kültür bitkilerinde abiyotik stres faktörlerine de sıkça rastlanmakta ve bu durum dolaylı olarak bitkisel üretimde verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir.

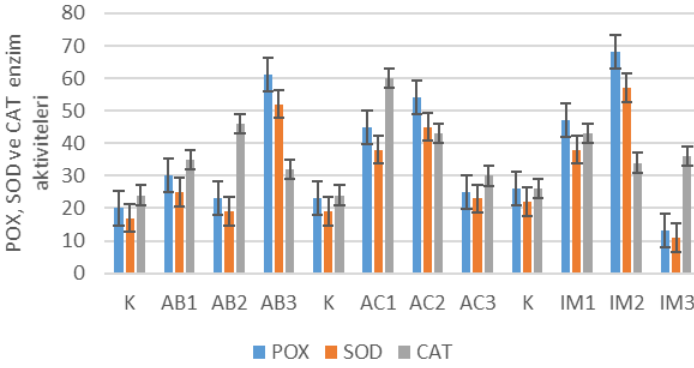
Bu husus, özellikle pestisit kullanımının yaygınlaştığı son 10 yılda bilimsel ilgi odağı haline gelmiştir. Örneğin, *Zea mays* L. (mısır)’da Pyriproxyfen etkili maddeli insektisit uygulamasının potansiyel etkilerini belirlemek amacıyla düzenlenen bir çalışmada, *Zea mays* L. tohumları, kontrollü koşullar altında 72 saat süreyle Pyriproxyfen konsantrasyonları (0.1-0.2-0.4-0.6 ppm) ile muamele edilmiştir. Elde edilen verilere göre; insektisit konsantrasyonu arttıkça antosiyanin dışındaki fotosentetik pigment içerikleri azalmış, ancak antioksidatif adaptasyon olarak prolin birikimi artmıştır. Bu çalışma, Pyriproxyfen’in aşırı ve kontrolsüz kullanımının bazı morfolojik, anatomik, fizyolojik ve metabolik süreçleri indükleyerek fitotoksik etkilere yol açtığını göstermektedir (Coşkun ve ark., 2015). Diğer yandan Yıldıztekin (2012) ise, domates fidelerine uygulanan 30 cc 100 L⁻¹ Spinosad ve 35 cc 100 L⁻¹ Etoxazole etken maddeli insektisitler neticesinde bitkide klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil miktarlarında genel fakat anlamlı olmayan bir artıştan, prolin kapsamında ise anlamlı bir artıştan bahsetmiştir. Dereboylu ve ark. (2019) çalışmalarında sera koşullarında yetiştirilen hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkilerine farklı konsantrasyonlarda (önerilen doz; 0.4 mL L⁻¹ önerilen dozun iki katı; 0.8 mL L⁻¹ ve üç katı; 1.2 mL L⁻¹ Cypermethrin etken maddeli insektisit uygulanmıştır. Kontrole kıyasla toplam klorofil kapsamında x3 grubunda düşüş görülürken, prolin, absisik asit ve indol-3 asetik asit kapsamalarında ise artış saptanmıştır. Özellikle yüksek konsantrasyonlarda uygulanan insektisit hıyar bitkilerinde abiyotik stres yarattığı, metabolizmayı bozduğu, büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Tort ve ark. (2004) çalışmalarında, Cyprodinil etkili maddeli fungusitin 60 ve 120 g 100L⁻¹ konsantrasyonları ile toplam klorofil değerleri kontrole göre artmış, 180 g 100 L⁻¹ konsantrasyonunda ise kontrol seviyesinin altına düşmüştür. Ancak bu artış ve azalışlar, kontrole göre istatistiksel olarak önemli bulunmamış olup bizim elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir. Mishra ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise, *Vigna unguiculata* L. (börülce) bitkisine Dimethioate etkili maddeli insektisiti uygulanmış, enzimatik olmayan antioksidatif savunma cevabı araştırılmıştır. Yüksek konsantrasyon (200 ppm) Dimethioate uygulanmış bitkilerde prolin içeriğinde % 60 artış gözlenmiştir. 50 ve 100 ppm uygulamalar ise prolin içeriğini sırasıyla % 13 ve % 53 oranında arttırmıştır. MDA kapsamalarında da konsantrasyona bağlı lineer artış gözlenmiştir. Bu veriler çalışmamızı destekler niteliktedir. Song ve ark. (2007) bir çalışmalarında Chlorotoluron uygulanmış (0-25 mg kg⁻¹) topraklarda, *Triticum aestivum* L. (buğday) bitkilerini kültüre almışlardır. Bitkide plazma membran lipitlerinde peroksidasyon meydana gelmiştir.

Chlorotoluron artışı ile TBARS (Tiyobarbitürik asit reaktif ürünleri)'de artış saptanmıştır. Yine Chlorotoluron etkili kök ve yapraklarda endojen prolin düzeyinin kontrole göre anlamlı ölçüde arttığı, köklerin ise kimyasala daha duyarlı olduğu gözlenmiştir.

Zhang ve ark. (2011) Omethoate stresi altında *Triticum aestivum* L. (buğday) fidelerinde yüksek konsantrasyonlarda (5 ve 10 g L⁻¹) MDA lineer olarak artmış, ilk hasatta kontrole oranla sırası ile % 41 ve % 146 artış bildirilmiştir. Çalışmada en yüksek prolin kapsamları 5 g L⁻¹ uygulamalarda bildirilmiştir. Prolin kapsamları ilk hasatta 1-5 ve 10 g L⁻¹ uygulama yapılmış bitkilerde kontrole göre sırası ile % 93, % 480 ve % 273 artış göstermiştir. Bulgular çalışmamız ile yüksek oranda uyum içindedir.

3.2. İnsektisit Uygulamalarının POX, SOD ve CAT Enzim Aktivitelerine Etkisi



Şekil 2. İnsektisitlerin POX, SOD ve CAT enzim aktivite seviyelerine etkisi

Figure 2. Effect of insecticides on POX, SOD and CAT enzyme activities levels

Abamectin uygulamaları domates (*Solanum lycopersicon* L.) bitkilerinde anti-oksidadif savunma sisteminde görev alan POX, SOD ve CAT enzim aktivitelerini uyarmıştır. Abamectin etken maddeli insektisit, 1000 µl L⁻¹ konsantrasyonda uygulandığı grupta, POX spesifik enzim aktivitesini kontrole göre % 205 arttırdığı saptanmıştır. Tüm konsantrasyonlarda bitkilerde POX enzim aktivitelerinde bir artış mevcut olmasına karşın yalnız 1000 µl L⁻¹ Abamectin uygulanmış bitkilerde maksimum ve istatistiki anlamlılık düzeyinde artış gözlenmiştir (p<0.05). Ayrıca minimum POX aktivitesine, önerilenin 2 katı (500 µl L⁻¹) Abamectin uygulanmış bitkilerde rastlanmıştır. SOD enzim aktivitesi de POX aktivitesi ile paralel sonuç vermiştir. Maksimum artış 1000 µl L⁻¹ uygulamada görülmüş ve kontrole kıyasla

% 205 artış tespit edilmiştir. Fakat spesifik SOD aktivitesi, deneme boyunca POX aktivitesine göre bir miktar daha düşük seviyede seyretmiştir. CAT enzim aktivitesi, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önerilen konsantrasyon ($250 \mu\text{L}^{-1}$) Abamectin uygulaması ile % 43'lük ve önerilen konsantrasyonun iki katı konsantrasyon uygulaması ($500 \mu\text{L}^{-1}$) ile % 91'lik anlamlı lineer artış göstermiştir. Önerilen konsantrasyonun dört katının uygulandığı ($1000 \mu\text{L}^{-1}$) bitkilerde ise CAT aktivitesi açısından kontrolle karşılaştırıldığında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (Şekil 2).

Acetamidrid'in farklı konsantrasyonlarının uygulandığı bitkilerde antioksidatif enzim aktiviteleri incelendiğinde; POX aktivitesi ile ilgili olarak 0.3 ve 0.6 g L⁻¹ in-sektisit uygulanmış bitkilerde kontrol grubu bitkilerine göre anlamlı artış saptanmıştır ($p < 0.05$). Maksimum konsantrasyon grubunda (1.2 g L⁻¹) ise kontrol grubu bitkilerine göre POX aktivitesinde anlamlı bir fark olmamasına rağmen, ılımlı bir artış saptanmıştır. SOD aktivite değerleri POX aktiviteleri ile paralel sonuç vermiştir. Fakat SOD aktivitesi, deneme boyunca POX aktivitesinden bir miktar daha düşük seviyede seyretmiştir. SOD ve POX enzimleri maksimum aktivitelerine önerilenin iki katı konsantrasyonda (0.6 g L⁻¹) Acetamidrid uygulanmış grupta ulaşmışlardır. Hem POX hem de SOD enzimleri, kontrole göre % 132'lik bir aktivite artışı göstermiştir. CAT aktivitesi ise, hem önerilen konsantrasyon grubunda (0.3 g L⁻¹) hem de önerilenin iki katı konsantrasyonda Acetamidrid uygulanmış grupta (0.6 g/L) kontrol bitkilerine göre anlamlı artışla kendini göstermiştir. Önerilen konsantrasyon (0.3 g L⁻¹) uygulanan bitkilerdeki CAT aktivite değerleri diğer konsantrasyonlardan da anlamlı şekilde fazla bulunmuştur. Kontrole göre önerilen konsantrasyon grubunda % 147'lik CAT aktivite artışı belirlenmiştir. Önerilen konsantrasyonda uygulama yapılmış grubu, önerilenin iki katı konsantrasyon (0.6 g L⁻¹) uygulanmış grup izlemiştir. Önerilenin dört katı konsantrasyonda (1.2 g L⁻¹) Acetamidrid uygulanmış bitkilerle kontrol grubu bitkiler arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmazken, önerilenin dört katı konsantrasyon grubu (1.2 g L⁻¹) bitkilerinde CAT aktivitesi, diğer konsantrasyonlardaki CAT aktivitelerinden istatistiki anlamlı olarak daha düşük değerlerde bulunmuştur.

Imidacloprid'in $200 \mu\text{L}^{-1}$ konsantrasyonunda, bitkilerde POX aktivitesi kontrole göre % 77 oranında artarken, $400 \mu\text{L}^{-1}$ konsantrasyonunda ise kontrole göre % 157 oranında istatistiki açıdan anlamlı olarak artmıştır ($p < 0.05$). $800 \mu\text{L}^{-1}$ uygulaması ise spesifik POX aktivitesini kontrole göre % 51 oranında istatistiki açıdan anlamlı şekilde azaltmıştır. SOD aktivitesi sonuçları POX aktivitesi sonuçları ile paraleldir. Imidaclopridin 200 ve $400 \mu\text{L}^{-1}$ konsantrasyonları SOD aktivitesini anlamlı şekilde arttırırken, $800 \mu\text{L}^{-1}$ uygulaması ile bitkilerde kontrole göre % 51 oranında istatistiki anlamlılığa azalış tespit edilmiştir. Bitkilerde antioksidatif eşik bu konsantrasyonda aşılmış olabilir. CAT aktivitesi ise Imidacloprid'in tüm konsantrasyonlarında artmıştır. Imidacloprid'in 200 ve $800 \mu\text{L}^{-1}$ uygulanması ile CAT aktivitesi kontrol grubuna göre anlamlı olarak artarken, $400 \mu\text{L}^{-1}$ uygulama yapıl-

mış bitkilerde bu artışın kontrole göre istatistiki bir anlamlılığı belirlenmemiştir (Şekil 2).

Bitkiler maruz kaldıkları çevresel stres faktörleriyle baş edebilmek ve stres sonucu sentezlenen serbest oksijen radikallerinin detoksifikasyonunu sağlamak amacıyla antioksidatif kapasitelerini aktive etmek zorundadırlar. Bu enzimatik antioksidanlar metabolik hasarın önlenmesinde oldukça önemli bir fonksiyon üstlenmişlerdir. Konu halen güncelliğini sürdürmektedir. Örneğin, pestisit kaynaklı stres, hücre metabolizması, biyokimyasal ve diğer fizyolojik aktiviteler üzerindeki zararlı etkilerden sorumlu yüksek seviyelerde reaktif oksijen türleri (ROS) yoluyla hedef olmayan bitkileri etkilemekte ve bitki antioksidan savunma sistemini harekete geçirmektedir (Shakir ve ark., 2018). Nitekim, yaygın kullanılan Emamectin benzoate, Alpha-cypermethrin ve Imidacloprid insektisitlerinin domates bitkisinde oksidatif strese etkisi araştırılmıştır. Verilerin analizi, yüksek konsantrasyonlarda pestisit uygulamasının ROS (reaktif oksijen türleri) seviyelerini önemli ölçüde yükselttiğini ve TBARS (Lipid peroksidasyonunun bir yan ürünü olan tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri) oluşumuyla membran hasarına neden olduğunu, kontrole kıyasla hem kök hem de sürgün dokularında hücre hasarını artırdığını ve hücre canlılığını azalttığını ortaya koyarak, pestisit kaynaklı oksidatif stresle başa çıkmak için, daha yüksek dozlarda pestisitlere maruz kalan bitkilerde antioksidan seviyelerinde önemli bir artış gözlemlendiği belirlenmiştir. Birlikte ele alındığında, bu sonuçlar, önerilen dozun üzerinde pestisit uygulanmasının oksidatif stres durumunu tetikleyebileceğini ve hedef olmayan konukçu bitkilerde oksidatif hasarlara neden olabileceğini kuvvetle öngörmektedir (Shakir ve ark., 2018). Yine, *Capsicum annuum*'da Metaflumizone etkili maddeli insektisit uygulamasının etkilerinin araştırıldığı diğer bir çalışmada, Metaflumizone (1.2-2.4-4.8 mM) uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre yüksek dozda Metaflumizone uygulaması; toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinde azalmaya, APX, GST, GR aktiviteleri ile GSH, MDA ve prolin içeriklerinde bir artışa sebep olmuştur (Kaya, 2019). Diğer bir çalışmada da, 1-10 mM Atrazine etkili maddeli herbisit uygulanmış *Pisum sativum* L. (bezelye) bitkisinde çok kullanılan bu yasaklı herbisit, subletal ve uzun süreli etkileri araştırılmıştır. 20 gün sonunda lipit peroksidasyon artışı gözlenmiş ve süreç sonunda CAT ve SOD aktiviteleri inhibe olmuştur. POX aktivitesi ise kontrole göre artış göstermiştir (Ivanov ve ark., 2013). Chloropyrifos ve Malathion uygulanmış patlıcan ve domates bitkileri ile yapılmış bir diğer çalışmada ise pestisitler, SOD ve POX aktivitelerini anlamlı derecede uyarılmış ve konsantrasyona bağımlı olarak lineer artış gözlenmiştir (Nasrabadi ve ark., 2011). Yıldıztekin (2012)'de domates (*Solanum lycopersicon* L.) fidelerine uygulanan 30 cc 100 L⁻¹ Spinosad ve 35 cc 100 L⁻¹ Etoxazole etkili maddeli insektisitler neticesinde SOD miktarında artış bildirmiştir. POX enzim aktivitesinde kontrole göre belirgin fark gözlenmemiştir. CAT aktivitesi bakımından tüm konsantrasyonlarda istatistiki olarak önemli sayılmayacak düzeylerde artışlar rapor edilmiştir.

Bu çalışma da SOD değerleri bakımından bizim çalışmamızı desteklemiştir. Fakat POX ve CAT aktivite sonuçları çalışmamız ile paralel değildir.

Zhang ve ark. (2011), Omethoate insektisit/akarisit stresi altındaki *Triticum aestivum* L. (buğday) fidelerini incelemiştir. Pestisit uygulama sonrasında bitkiler 1, 3, 5 ve 7. gün sonunda hasat edilmiştir. Bulgulara göre, SOD ve POX aktiviteleri sürgünlerde artan Omethoate konsantrasyonları ile doğrusal artış göstermiştir. Maksimum SOD aktivitesi, 7. günde 5 g L^{-1} uygulama yapılmış bitkilerde rapor edilmiştir. CAT aktivitesi 0.1 g L^{-1} Omethoate uygulaması ile çarpıcı biçimde artmıştır. 7. günde yapılan analizlerde tam 16 kat CAT aktivite artışı bildirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, birçok noktada bizim elde ettiğimiz sonuçlarla uyum içerisindedir. Çalışmamızı destekler nitelikte olan diğer bir çalışma ise Song ve ark. (2007) tarafından Chlorotoluron etkili maddeli herbisit uygulanmış ($0-25 \text{ mg kg}^{-1}$) topraklarda, *Triticum aestivum* L. (buğday) bitkileri ile gerçekleştirilmiştir. Köklerde maksimum spesifik SOD aktivitesi 25 mg kg^{-1} Chlorotoluron uygulanmış bitkide saptanırken, yaprakta maksimum spesifik SOD aktivitesi ise 15 mg kg^{-1} uygulanmış bitkide gözlenmiştir. Bu çalışmada Chlorotoluron uygulamalı fidelerde koruyucu enzimler arasından, genellikle SOD aktif olmuştur. POX ve CAT total enzim aktiviteleri de köklerde anlamlı artış göstermiştir. Bir başka çalışmada patlıcan ve domates bitkilerine uygulanan Chloropyrifos ile Malathion etkili maddeli insektisitleri, her iki bitkide SOD ve POX aktivitelerini anlamlı derecede uyarılmış ve konsantrasyona bağımlı olarak lineer artış gözlenmiştir. Artışın strese tolerans mekanizmalarında adaptasyondan kaynaklanmış olabileceği ileri sürülmüştür. Bulgular çalışmamız için de yüksek konsantrasyonlarda azalan SOD ve POX değerleri ile zıt sonuçlar vermiş olsa da, genel anlamda çalışmamızı destekler niteliktedir (Nasrabadi ve ark., 2011). Diğer bir çalışmada, Deltamethrin etkili maddeli insektisit etkisindeki 45 günlük soya fasulyesinde (*Glycine max* L.) antioksidatif yanıt sistemi incelendiğinde; lipit peroksidasyonunun ve prolin içeriğinin arttığı bildirilmiştir. Enzimatik antioksidantlardan SOD aktivitesinin ise kontrole oranla önemli derecede arttığı gözlenmiştir. CAT, artan konsantrasyonlarla inhibe olmuştur. Yani; Deltamethrin, CAT üzerinde konsantrasyona bağımlı ve güçlü negatif korelasyon etkisine sahip olmuştur. Maksimum CAT aktivitesi ise çiçeklenme aşamasında % 0.2 Deltamethrin uygulaması yapılmış soyada görülmüştür. Bu çalışma da bizim çalışmamıza paralel kısımları mevcut olan bir çalışmadır (Bashir ve ark., 2007).

4. SONUÇ

Çalışmamızda uygulanan insektisit konsantrasyonlarına bağlı olarak prolin miktarındaki anlamlı artışlar ile birlikte MDA'nın lineer artışı oksidatif stresi ve toksite sonucu membranlarda lipit peroksidasyonu işaret etmektedir. Bunların yanında bitkinin strese karşı tepki niteliğinde antioksidatif sistemini kullandığı

sonuçlar da açıkça ortaya çıkmıştır. POX ve SOD'un belirli savunma görevlerinde işbirliği içinde çalıştığı sonuçlarımızda belirgindir. Fakat en yüksek insektisit konsantrasyonunda bitkilerde bu enzimlerin aktivitelemi göreceli olarak azalmıştır. CAT ise önerilen konsantrasyon Imidacloprid uygulaması ile maksimum aktivite göstermiştir. Sebep kimi araştırmacıların benzer çalışmalarında bahsettikleri bağımsız hücresel ve doku hasarı sonucu düşük CAT aktivitesinin temel faktör oluşu olabilir. Bitkide SOD ve POX un korumakla görevli olduğu, antioksidatif savunma eşiği bu noktada reaktif oksijen türlerince aşılmış olabilir ve görünüşe göre, CAT ya da başka enzimler bu noktada kilit görev alıyor olabilirler.

Abamectin uygulanmış domateslerde prolin miktarındaki artışın sebebi: stres koşullarında salgılanmasındaki uyarılma, serbest O₂ radikallerinin de-toksifikasyonuna katılması ve stres koşullarına dayanıklılıkta önemli rol oynayan koruyucu özelliğe sahip azot içerikli bir iminoasit olması olabilir. Abamectin ile muamele edilen domates bitkisinde antioksidatif enzimlere ve MDA miktarı artışına bakılırsa, yüksek konsantrasyon uygulamasında bitkiler oksidatif strese girmişlerdir. Görünüşe göre Abamectin, membran lipitlerini oksidasyona uğratmış ve hücrede hasara sebep olmuştur. POX, SOD ve CAT enzimleri işbirliği içinde, stres durumunda serbest oksijen radikallerine karşı bitkiyi korumaktadırlar.

Acetamiprid uygulaması ile prolin ve MDA artışları oksidatif stresi kanıtlamakta, antioksidatif enzimlerin aktifliği de bu durumdan kaynaklanmaktadır ve muhtemel olarak bu enzimler savunmada birlikte görev alıyor olabilirler. nerilenin dört katı konsantrasyonda Acetamiprid uygulanmış bitkilerle ilgili olarak, MDA artışı, toksik insektisit birikimi sebebiyle daha fazla oksidatif hasar ve buna cevaben yüksek lipit peroksidasyonun göstergesidir.

Kullanılan insektisitler arasında, MDA bulguları işığında özellikle membranda lipit peroksidasyonu ve stres hasarı bakımından yorum yapılacak olunur ise, domates bitkilerine en çok Imidacloprid zarar vermiş olabilir. Sonuçlar işığında pestisitleri en az riskle en çok fayda prensibine göre bilinçli ve reçeteli kullanmanın ve bunun için ruhsatlı ve amaca uygun pestisitleri doğru zamanda, doğru konsantrasyonda ve kullanım koşullarına uygun olarak bu konuda eğitim almış uzman görüşü doğrultusunda uygulamanın önemi bir kez daha yinelenmiştir. Genel olarak, domates bitkisinde strese karşı bir tolerans mekanizmasının varlığından bahsedilebilir. Prolin ile osmoregülasyon sağlanırken, oksidatif hasarlanmadan ise antioksidatif enzimleri sayesinde domates bitkileri kendilerini belirli bir seviyeye kadar koruyabilmişlerdir. Bunlara rağmen stresin biyolojik moleküllerde membran hasarına yol açtığı sylenabilir.

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): SY (%40), ALT (%60)

Veri Toplanması (Data Acquisition): SY (%70), ALT (%30)

Veri Analizi (Data Analysis): SY (%60), ALT (%40)

Makalenin Yazımı (Writing up): SY (%20), ALT (%80)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): SY (%20), ALT (%80)

KAYNAKLAR

- Azevedo, R.A., Alas, R.M., Smith, R.J., Lea, P.A., 1998. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild-type and catalase-deficient mutant of barley. *Physiologia Plantarum*, 104(2): 280-292. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>.
- Bashir, F., Mahmooduzzafar, T.O., Siddiqi, M.I., 2007. The antioxidative response system in *Glycine max* (L.) Merr. exposed to Deltamethrin, a synthetic pyrethroid insecticide. *Environmental Pollution*, 147(1): 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.08.013>.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Beauchamp, C., Fridovich, I., 1971. Superoxide dismutase: improved assay and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-287.
- Bergmeyer, H.U., Gawehn, K., Grassl, M., 1970. Enzyme. In: *Methoden der enzymatischen analyse*, hrsg. von Bergmeyer, H.U., Bd. II, S.388-483. Weinheim/Bergstr.: Verlag Chemie.
- Bonmatin, J.M., Marchand, P.A., Charvet, R., Moineau, I., Bengsch, E.R., Colin, M.E., 2005. Quantification of imidacloprid uptake in maize crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13): 5336-5341. doi: 10.1021/jf0479362
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97-110. doi: 10.5505/TurkHijyen.2012.40316.
- Chance, M., Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, 2, 764-817.
- Coşkun, Y., Kılıç, S., Duran, R.E., 2015. The effects of the insecticide Pyriproxyfen on germination, development and growth responses of maize seedlings. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1b): 278-284.
- Çatak, H., Polat, B., Tiryaki, O., 2020. Farklı yıkama uygulamaları ile kapyta biberlerde pirimiphos-methyl kalıntısının giderilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35, 97-105. doi: 10.7161/omuanajas.646733.
- Dağ, S., 2000. Türkiye' de tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 17-21 Ocak 2000, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, Bildiriler kitabı 2. cilt s. 933-958.
- Dereboylu, A.E., Uğuz, U., Tort, N.Ş., 2019. Cypermethrin etken maddeli bir insektisit *Cucumis sativus* L. üzerine morfolojik ve fizyolojik etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 39-47. doi: 10.21597/jst.422815.
- Doğan, F.N., Karpuzcu, M.E., 2019. Türkiye'de tarım kaynaklı pestisit kirliliğinin durumu ve alternatif kontrol tedbirlerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6): 734-747. doi: 10.5505/pajes.2018.53189

- Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O., Canhilal, R., 2010. Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları. VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, Bildiriler Kitabı 2: 589-607.
- Gapinska, M., Sklodowska, M., Gabara, B., 2008. Effect of short- and long-term salinity on the activities of antioxidative enzymes and lipid peroxidation in tomato roots. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30, 11-18. doi: 10.1007/s11738-007-0072-z
- Gupta, S., Gajbhiye, V.T., 2007. Persistence of acetamiprid in soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78, 349-352. doi:10.1007/s00128-007-9097-7
- Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K., Charoensataporn, R., 2003. Salinity effects on antioxidant enzymes in *Mulberry* cultivar. *Science Asia*, 29, 109-113.
- Ivanov, S., Shopova, E., Kerchev, P., Sergiev, I., Miteva, L., Polizoev, D., Alexieva, V., 2013. Long-term impact of sublethal Atrazine perturbs the redox homeostasis in pea (*Pisum sativum* L.) plants. *Protoplasma*, 250, 95-102. doi: 10.1007/s00709-012-0378-6
- Jablonska-Trypuc, A., 2017. Pesticides as inducers of oxidative stress. *Reactive Oxygen Species*, 3(8): 96-110. doi:10.20455/ros.2017.823
- Karabulut, H., Gülay, M.Ş., 2016. Serbest radikaller. M.A.K.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1): 50-59.
- Kaya, A., 2019. Eş zamanlı uygulanan insektisit ve tuz streslerinin biber bitkisinde (*Capsicum annum* L.) bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkileri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(3): 1601-1612. doi:10.18185/erzifbed.622294.
- Koç, E., Üstün, A.S., 2008. Patojenlere karşı bitkilerde savunma ve antioksidanlar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1-2): 82-100.
- Lee, T.M., Lin, Y.H., 1995. Changes in soluble and cell wall-bound peroxidase-activities with growth in anoxia-treated rice (*Oryza-sativa* L.) coleoptiles and roots. *Plant Science*, 106(1): 1-7. doi:10.1016/0168-9452(94)04053-J
- Macar, T.K., 2020. Investigation of cytotoxicity and genotoxicity of abamectin pesticide in *Allium cepa* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 2391-2399. doi:10.1007/s11356-020-10708-0
- Mehdy, M.C., 1994. Active oxygen species in plant defense against pathogens. *Plant Physiology*, 105(2): 467-472. doi: 10.1104/pp.105.2.467.
- Mishra, V., Mishra, P., Srivastava, G., Prasad, S.M., 2011. Effect of Dimethoate and UV-B irradiation on the response of antioxidant defense systems in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(2): 118-123. doi:10.1016/j.pestbp.2011.02.003
- Nasrabadi, M., Ghayal, N., Dhupal, K.N., 2011. Effect of Chloropyrifos and Malathion on antioxidant enzymes in tomato and brinjal. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2, 202-209.
- Polle, A., Chakrabarti, K., Chakrabarti, S., Seifert, F., Schramel, P., Rennenberg, H., 1992. Antioxidants and manganese deficiency in needles of Norway spruce (*Picea abies* L.) trees. *Plant Physiology*, 99(3): 1084-1089. doi:10.1104/pp.99.3.1084.
- Sresty, T.V.S., Rao, K.V.M., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cells of pigeonpea. *Environmental and Experimental Botany*, 41(1): 3-13. doi: 10.1016/S0098-8472(98)00034-3
- Shakir, S.K., Irfan, S., Akhtar, B., 2018. Pesticide-induced oxidative stress and antioxidant responses in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. *Ecotoxicology*, 27, 919-935. doi:10.1007/s10646-018-1916-6
- Song, N.H., Yin, X.L., Chen, G.F., Yang, H., 2007. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide Chlorotoluron in soils. *Chemosphere*, 68(9): 1779-1787. doi:10.1016/j.chemosphere.2007.03.023
- Strain, H.H., Svec, W.A., 1966. Extraction, separation, estimation, and isolation of the chlorophylls. In: *The chlorophylls*, 21-66. Ed. by L. P. Vernon and G.R. Seely, New York: Academic Press.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2008. *Plant Physiology*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., California, U.S.A., 591-620 p.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik> (Erişim tarihi: 29.11.2022).
- Tort, N., Öztürk, İ., Tosun, N., 2004. Fungusit uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.)'in anatomik yapısı ve fizyolojisi üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2): 111-122.
- Yıldıztekin, M., 2012. Bazı bor bileşiklerinin ve yaygın kullanılan pestisitlerin domates bitkisinin (*L. esculentum*) fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 100s, Muğla.
- Zhang, B., Chu, G., Wei, C., Ye, J., Li, Z., Liang, Y., 2011. The growth and antioxidant defense responses of wheat seedlings to Omethoate stress. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(3): 273-279. doi: 10.1016/j.pestbp.2011.04.012.



Fındık Üretim Alanlarında Bitki Koruma İlaçlarını Uygulayan Operatörlerin Risk Algı Düzeylerinin Saptanması

Determination of the Risk Perception Levels of Operators Who Use Pesticide in Hazelnut Production Areas

Emin TAYLAN¹, Ali BAYAT²

¹Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Merkez, Giresun

• emin.taylan@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0002-0205-5502

²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Adana

• alibayat@cu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-7104-9544

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 15 Nisan / April 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 01 Aralık / December 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 99-116

Atıf/Cite as: Taylan, E., Bayat, A. "Fındık Üretim Alanlarında Bitki Koruma İlaçlarını Uygulayan Operatörlerin Risk Algı Düzeylerinin Saptanması" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 99-116.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Emin TAYLAN

FINDIK ÜRETİM ALANLARINDA BİTKİ KORUMA İLAÇLARINI UYGULAYAN OPERATÖRLERİN RİSK ALGI DÜZEYLERİNİN SAPTANMASI

ÖZ:

Dünya fındık üretiminde önemli bir paya sahip olan ülkemizde birim alandan elde edilecek fındık miktarı ve kalitesi üzerinde hastalık ve zararlıların önemli bir etkisi vardır. Fındık üretiminde özellikle son yıllarda yoğun olarak tarım ilacı kullanılmakta olup, ülkemizde fındık yetiştiren işletmelerde tarımsal ilaçların seçiminde, hazırlanmasında, uygulanmasında ve tarım ilacı atıklarının yönetiminde operatörler birçok tehlike ve riskle karşı karşıya kalmaktadır. Ancak bu risklerin farkındalığı hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmada, operatörlerin bitki koruma ürünü seçiminden, ilaç uygulama sonrasına kadarki yapılan işlemlerdeki risk algıları bir anket çalışmasıyla belirlenmiştir. Çalışma Ordu, Giresun, Samsun, Sakarya, Trabzon ve Düzce illerinde yürütülmüştür. Bitki koruma ürünleri hakkında risk algıları belirlenen operatörlerin %62'sinin önerilen doza uydukları, %79.4'ünün ekonomik zarar eşiğini takip etmediği, %90'ının uygulama esnasında meteorolojik koşulları takip ettiği, %32.9'unun alet ve ekipman kalibrasyonu yapmadığı, kişisel koruyucu donanım kullanma oranlarının çok düşük seviyelerde olduğu ve standart olmayan donanımların kullanıldığı saptanmıştır. Operatörlerin risk algıları üzerinde tarım ilaçları hakkında eğitim alma, fındık üretimi yapılan alan, fındık tarımı deneyimi, tarım ilacı kullanımı deneyimi ve öğrenim düzeylerinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bölgede ortaya konulan operatör profiline göre demonstrasyonlarla destekli yayım faaliyetlerinin, tarım ilaçlarının seçiminden başlayarak, hazırlama, uygulama ve sonrası için ayrı ayrı planlanmalı, kimyasal mücadelede yeni teknolojiler sistem içerisine dahil edilmeli, tarım ilacı kullanım hacmini düşürmeye yönelik projelere öncelik verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Fındık Üretimi, KKD Kullanımı, Tarım İlacı-Risk Algısı, Tarım İlacı Uygulama.



DETERMINATION OF THE RISK PERCEPTION LEVELS OF OPERATORS WHO USE PESTICIDE IN HAZELNUT PRODUCTION AREAS

ABSTRACT

Diseases and pests have a significant impact on the amount and quality of hazelnuts obtained from a unit area in our country, which contributes significantly to global hazelnut production. Pesticides have been used extensively in hazelnut production, particularly in recent years, and producers face numerous dangers and risks in the selection, preparation, application, and management of pesticide wastes in our country's hazelnut growing enterprises. However, there is no information about risk awareness. A survey study was used in this study to determine the risk perceptions of hazelnut producers throughout the process, from plant protection product selection to pesticide application. The investigation was conducted in the provinces of Ordu, Giresun, Samsun, Sakarya, Trabzon, and Düzce. Of the producers whose risk perceptions about plant protection products were assessed, 62 percent adhere to the recommended dosage, 79.4 percent do not adhere to the economic damage threshold, 90 percent adhere to meteorological conditions during application, 32.9 percent do not calibrate tools and equipment, and personal protective equipment is not used. It was determined that usage rates are extremely low, and that non-standard equipment is being used. It was determined that the level of pesticide education, hazelnut production area, hazelnut farming experience, pesticide use experience, and education levels have an effect on producers' risk perceptions. According to the producer profile in the area, extension activities supported by demonstrations should be planned separately, beginning with the selection of pesticides, preparation, and application, and moving on to the inclusion of the new technologies in the chemical control system and projects aimed at reducing the volume of pesticide use.

Keywords: Hazelnut Production, Pesticide-Risk Perception, PPE Use, Pesticide Application.



GİRİŞ

Dünyada 1.000.232 hektar alanda 1.125.178 ton fındık üretimi yapılmaktadır. Tüm fındık alanlarının %73'üne sahip olan ülkemiz (734.409 ha), dünya üretiminin ise % 69'unu (776.046 ton) karşılamaktadır (FAO, 2019). Fındık üretimi diğer ülkelerle karşılaştırıldığında, ülkemizde birim alandan elde edilen verim çok düşük kalmakta, verim düşüklüğünün sebepleri arasında hastalık ve zararlılarla yeterince

ve tekniğine uygun mücadele edilememesi gösterilmektedir (Balık ve ark., 2015). Yoğun olarak Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen fındık, bugün başta Ordu, Giresun, Samsun, Trabzon, Sakarya ve Düzce olmak üzere 37 ilimizde üretilmektedir.

Günümüze kadar fındık yetiştiriciliğinde tanımlanan önemli hastalıklar; bakteriyel yanıklık, külleme, dal kanseri, armillaria kök çürüklüğü, rosellinia kök çürüklüğü, mozaik hastalığı iken, önemli zararlıları ise fındık kurdu, fındık kozalak akarları, fındık yeşil kokarcası, dalkıran, fındık teke böceği, fındık filiz güvesi, amerikan beyaz kelebeği, mayıs böceği, virgül kabuklu biti, fındık gal sineği, fındık yaprak delenidir (Anonim, 2017).

Bitkisel üretimi sınırlayan hastalık, zararlı ve yabancı otların zararından bitkileri koruyarak tarımsal üretimi artırmak ve kaliteli ürün elde etmek amacıyla yapılan tüm işlemlere bitki koruma ya da tarımsal mücadele denmektedir. Artan dünya nüfusu ve girdi maliyetleri ile değişen tüketici alışkanlıkları karşısında birim alandan en yüksek verimi almak ve tüketiciler için kozmetik açıdan kusursuz ürünler yetiştirmek günümüzde çiftçiler için bir zorunluluk haline gelmiştir (Damalas ve ark., 2010). Tüm tarımsal faaliyetlerde olduğu gibi fındık üretiminde de kalite ve miktar olarak yeterli ürün alabilmek için sürekli artan hastalık ve zararlı popülasyonları ile mücadele etmek üreticiler için kaçınılmaz olup, mücadelenin en kolay ve etkili yolu ise tüm risklerine rağmen tarım ilacı kullanımından geçmektedir.

Tarım ilaçlarının kullanımı her ne kadar tarımsal verimliliği artırsa da, bilinçsiz ve hatalı kullanımının; toprak yapısı, insan sağlığı, hedef olmayan organizmalar, yer altı ve yüzey sularında yol açtığı olumsuzlukların maddi karşılığı yoktur. Bu nedenle tarımsal mücadelede operatörlerin tarım ilaçlarının risklerinin farkında olarak; ruhsatsız ürün kullanmamaları, doğru ilacı hedef organizmaya uygun dozda ve tekniğine uygun uygulamaları, çevreyi gözeterek olası sürüklenmelere karşı gerekli tedbirleri almaları uygulayıcının kendisi, tüketiciler ve doğal yaşamın sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir. Operatörlerin bilinçlendirilerek, doğru uygulamalar yapmasını sağlayabilmek için ise öncelikle tarım ilaçlarının olumsuz etkileri üzerindeki risk algılarının belirlenmesi gerekmektedir.

Ülkemizde bitki koruma ürünlerinin önerilmesi, uygulanması ve kayıt işlemleri 29194 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Bitki koruma ürünlerinin önerilmesi, uygulanması ve kayıt işlemleri hakkında yönetmelik" ile düzenlenmiştir. Yönetmeliğin 13. Maddesinde bitki koruma ürünlerinin uygulamalarının yetkili kişilerce veya yetkili kişilerin gözetiminde yapılacağı belirtilmiş, **Madde 14**'te yetkili kişileri profesyonel uygulayıcılar ve bitkisel üretim yapan kişiler olarak ikiye ayrılmıştır. Uygulayıcıların ekipmanların kalibrasyonu, yanlarında hamile kadın ve 18 yaşından küçük çocuk çalıştırmama hususu, kişisel koruyucu ekipman kullanımını, uygulama esnasında yiyecek ve içecek bir şey tüketemeyeceği gibi sorumlu-

luklarına ise **Madde 18**'de yer verilmiştir. Ayrıca hassas bölgeler ve sulak alanların korunması **Madde 19**'da açıklanmıştır. Tüm bu düzenlemelere rağmen, ülkemizin tarımsal işletme profili gibi fındık üreten işletmelerinde küçük tarım işletmesi sınıfında olması bu işletmelerin ilaçlama sezonlarında tek tek denetlenmesini zorlaştırmakta olup, bilinçsiz uygulamaların önüne geçilememektedir.

Tarım ilaçlarının neden olabileceği çevresel, kalıntı ve dayanıklılık riskleri, kullanımını etkileyen faktörlerdir. Operatörlerin uygulama öncesi, uygulama esnasında ve sonrasındaki davranışları bu üç riski belirleyen bir bileşendir. Bu nedenle operatörlerin bitki koruma ürünlerini seçimi, kullanımı ve sonrasındaki eğilim ve bilgi düzeylerinin belirlenmesi öncelikle bitki koruma ilaçları ile çalışmada riskleri azaltan proaktif yaklaşımlar için çok önemlidir. Zira Dünya Sağlık Örgütü'ne göre sadece eğitimli kişiler tarım ilacı uygulaması yapmalıdırlar.

Bu çalışma, fındık üretim alanlarında tarım ilaçlarının ortaya çıkarabileceği olumsuzlukların en aza indirgenebilmesi için, operatörlerin tarım ilacı kullanımına karar verme sürecinden başlayarak, satın alma, hazırlama, uygulama ve pülverizatör temizliği ile atıkların bertarafındaki tutum ve davranışları konusundaki bilgiler anket yoluyla elde edilmiş, ilaç uygulayan operatörlerin risk algıları arasındaki istatistiksel ilişki ortaya konmuştur.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

1.1. Araştırma Alanı ve Veri Toplama Yöntemi

Operatörlerin bitki koruma ilaçları kullanımındaki risk algılarını ortaya koyan bu çalışma, ülkemizin en büyük fındık üreticisi illeri olan, Ordu (227.121 ha), Giresun (117.729 ha), Samsun (116.519 ha), Sakarya (72.668 ha), Trabzon (65.535 ha), Düzce (63.220 ha)'de 2019 yılında yürütülmüştür. Alan büyüklüğü ve tarımsal yapıları göz önüne alınarak; Ordu ilinde Fatsa, Gököy, Perşembe, Ulubey, Ünye, Giresun ilinde Bulancak, Görele, Keşap, Merkez, Tirebolu, Samsun ilinde Ayvacık, Salıpazarı, Çarşamba, Terme, Trabzon ilinde Akçaabat, Arsin, Ortahisar, Vakfikebir, Sakarya ilinde Hendek, Karasu, Kocaali, Düzce ilinde ise Merkez, Akçakoca, Cumayeri, Gümüşova ilçelerine bağlı köy/mahalleleri çalışmaya dahil edilmiştir.

Fındık üretimini en iyi düzeyde temsil edebilecek anket sayısını belirlemek için "Oran Ortalamalarına Dayalı Basit Tesadüfi Örneklem" ile örneklem büyüklüğü (Newbold, 1995) 383 olarak tespit edilmiştir. Örnek hacmi il ve ilçelere göre oransal olarak dağıtılmış, güven aralığı %95, hata payı 0.05 olarak alınmıştır. Ordu, Giresun, Trabzon, Sakarya, Samsun ve Düzce illerinde düzenlenecek anket sayıları sırası ile 112, 94, 59, 44, 41 ve 33 olarak belirlenmiştir. Çalışmada önceden hazırlanmış sorular tesadüfi olarak seçilen operatörlere yüz yüze yapılan anket ile uygulanmıştır.

Operatörlerin risk algıları, ekonomik zarar eşiğinin takip edilmesi, uygulama esnasında bir şey yiyip içme durumu, uygulama yaparken meteorolojik koşulların takip edilmesi, alet ve ekipmanları kalibrasyonu, tarım ilaçlarını hazırlamada etiket bilgilerine uyulması, kişisel koruyucu donanım kullanımı, uygulama esnasında rüzgâr yönüne dikkat etme, uygulama sonrası kıyafetlerin değişimi ve ayrıca yıkanması, boş kutu, şişe ve ambalajların imhası, son ilaçlama ve hasat arasında geçen sürenin önemi, tarım ilaçları konusunda eğitim alma hakkındaki fikirleri sorularına verdikleri cevaplar likert tipi ölçek kullanılarak belirlenmiştir. Puanlama doğrultusunda operatörlerin alacağı en yüksek puan 42 iken, tarım ilacı risk algılarını belirleyen puan aralığı ise 0-15 düşük risk algısı, 16-30 orta risk algısı, 31-42 yüksek risk algısı şeklinde olmuştur.

1.2. Verilerin Analizi

Anketlerden elde edilen veriler, SPSS 23 paket programı ile analiz edilerek değerlendirilmiştir. Frekans, yüzde ve standart sapmadan oluşan tanımlayıcı istatistikler kullanılarak çizelgeler oluşturulmuştur. Shapiro Wilk-W ve Kolmogorov-Smirnov normallik testleri sonucu normal dağılım göstermeyen iki bağımsız grubun ortalamalarının değerlendirilmesinde Mann-Whitney U ve kontrast testi, üç bağımsız grubun ortalamalarının değerlendirilmesinde Kruskal Wallis-H testi uygulanmış, gruplar arasındaki farklılıkların ortaya konulması amacıyla her grup kendi arasında Mann-Whitney U testine tabi tutulmuş ve anlamlılık düzeyleri $p < 0.05$ seçilmiştir. Aralarında ilişki araştırılan parametreler ise; tarım ilacı kullanımı hakkında eğitim alma-risk algısı, fındık üretimi yapılan alan-risk algısı, fındık tarımı deneyimi-risk algısı, tarım ilacı kullanım deneyimi-risk algısı, öğrenim düzeyi-risk algısıdır.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

2.1. Operatörlerin Risk Algıları

Operatörlerin pestistilerin insan ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini bilmeleri, ruhsatsız ürün kullanmamaları, doğru ilacı, doğru dozda ve tekniğine uygun olarak doğru hedefe uygulamaları önemlidir. Operatörlerin bilinçlendirilmesi ve doğru uygulamalar yapmasını sağlayabilmek için öncelikle tarım ilaçlarının olumsuz etkileri üzerindeki risk algılarının belirlenmesi gerekmektedir. Risk algılarının belirlenmesine yönelik hazırlanan sorulara operatörler tarafından verilen cevaplar aşağıdaki alt başlıklarda özetlenmiştir.

2.1.1. Operatörlerin Ekonomik Zarar Eşiğinin Takip Etme Durumu

Ankete katılan operatörlerin ilaçlamaya karar vermeden önce zararlı ya da hastalık için ekonomik zarar eşiğine göre karar verme durumları incelenmiş ve

operatörlerin %79.4'ünün kimyasal mücadele uygulamalarından önce ekonomik zarar eşiği parametresini dikkate almadan alışageldikleri ilaçlama programına ya da komşularının ilaçlamaya başlama tarihlerine göre mücadeleye başladıkları görülmüştür (Çizelge 1). Bu veri operatörlerin kimyasal kullanımının insan ve çevre sağlığı üzerindeki riskleri önemsemediğini göstermektedir. Herhangi bir zararlı organizma görülmeden ilaçlama yapan operatör oranları Özkan ve ark., (2003) ile Tanrıvermiş (2000)'de sırasıyla % 74.15 ve % 78.75 olarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Ekonomik Zarar Eşiğinin Belirlenmesi

Table 1. Calculating economics injury level

Ekonomik Zarar Eşiğinin Takip Edilmesi	Sıklık (adet)	Oran (%)
Hiç	304	79.4
Bazen	10	2.6
Sıklıkla	17	4.4
Her zaman	35	9.1
Toplam	383	100.0

2.1.2. Uygulama Esnasında Bir Şey Yiyip İçme Durumu

Çalışmaya dâhil olan operatörlerin uygulama esnasındaki davranışları incelediğinde, operatörlerin ilaç uygulaması esnasında bir şeyler yiyip içme durumları incelenmiş ve operatörlerden % 92.7'sinin kimyasal uygulamalar esnasında herhangi bir şey tüketmedikleri, bir şeyler tükettiğini beyan eden % 7.3'lük kesimin ise genellikle sigara, sakız ve/veya su tükettikleri sonucuna varılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uygulama Esnasında Bir şey Yiyip/İçme

Table 2. Eating/drinking during the control

Uygulama Esnasında Bir şey Yiyip/İçme	Sıklık (adet)	Oran (%)
Hiç	355	92.7
Evet	28	7.3
Toplam	383	100.0

Tarım ilaçları sınıflarına göre değişik oranlarda insan sağlığı açısından zehirli birleşikler içermektedir. Uygulama esnasında operatörlerin bir şey tüketmemesi

kendi sağlıkları açısından çok önemlidir. Çalışmaya dahil olan operatörlerin bu konuda oturmuş bir bilince sahip oldukları görülmüştür.

2.1.3. Uygulama Yaparken Meteorolojik Koşulların Dikkate Alınması

Çalışmada operatörlerin uygulama esnasında meteorolojik koşullara ve rüzgâr yönüne dikkat etme durumları incelenmiş, 362 operatörün bu konuya dikkat ederek ilaçlama yaptıkları sonucuna varılmıştır (izelge 3).

Çizelge 3. Uygulama esnasında meteorolojik koşulların takip edilmesi

Table 3. *Monitoring the meteorological conditions during the control*

Meteorolojik Koşulların Takip Edilmesi	Sıklık (adet)	Oran (%)
Hiç	12	3.1
Bazen	4	1.0
Sıklıkla	21	5.5
Her zaman	346	90.3
Toplam	383	100.0

Uygulamalar sırasındaki meteorolojik koşullar hem uygulayıcının tarım ilacı na maruz kalmaması hem de kullanılan tarım ilacının fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak rüzgâr, yağmur gibi etkenlerle sürüklenerek hedef dışı alanların etkilenmemesi ile ilacın etkinliği açısından çok önemlidir. Operatörlerin bu konuda oturmuş bir bilince sahip olmaları sürdürülebilirlik açısından çok önemlidir. Erdil (2019) rüzgarlı havada ilaçlama yapmayan operatörlerin % 82'lik bir kesimi temsil ettiği, Unakıtan ve ark., (2017) alışmasında da operatörlerin en yüksek katılım düzeyinin rüzgarlı havada ilaçlama yapmaması değişkeninde olduğu vurgulanmıştır.

2.1.4. Plverizatrlerin Kalibrasyonu Hakkında Alışkanlıklar

Kalibrasyon tarım ilaçlarının birim alana belirlenen miktarın dağıtılmasını sağlamak amacıyla sarf edilmesi gereken su miktarının saptanması açısından önemlidir. Her ilaçlama öncesinde yapılacak kalibrasyon, dozun homojen olarak dağıtılmasını sağlayarak ilaçlamanın etkinliğini arttıracak ve gereksiz ilaç kullanımının önüne geçilecektir. Operatörlerin kalibrasyon konusunda bilgi sahibi olmadıkları

belirlenmiş olup (Çizelge 4), kalibrasyon yaptığını beyan eden operatörlerinde kendi deneyimlerine göre göz kararı kalibrasyon yaptıkları sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. Operatörlerin pülverizatör kalibrasyonu hakkındaki alışkanlıkları

Table 4. Habits of operators about tools and equipman calibration

Kalibrasyon Hakkında Alışkanlıklar	Sıklık (adet)	Oran (%)
Hiç	194	32.9
Bazen	19	5.0
Nadiren	21	5.5
Sıklıkla	23	6.0
Her zaman	126	32.9
Toplam	383	100.0

2.1.5. Tarım İlaçlarını Hazırlamada Etiket Bilgisine Uyulması

Uygun doz seçiminde operatörlerin % 39.7'sinin zirai ilaç bayilerini, % 29.5'inin kendi deneyimlerini dikkate aldıkları görülmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Tarım ilaçlarının etiket bilgisine göre hazırlanması

Table 5. Preparation of pesticides according to label information

Tarım İlaçlarının Etiket Bilgisine Göre Hazırlanması	Sıklık (adet)	Oran (%)
Bayii	152	39.7
Kendi deneyimleri	113	29.5
Etiket bilgileri	73	19.1
Teknik danışmanlar	41	10.7
Toplam	383	100.0

Operatörlerin neredeyse %70'inin bu konuda bilinçsizce davrandıkları sonucuna varılabilir. Oysa Kılıç (2014)'in Giresun ilinde yürüttüğü çalışmada ise operatörlerin doz ayarlama % 69.74'ünün ilacın etiketinden, % 10.52'sinin ilaç bayisinden, % 9.21'inin kendi deneyimlerinden, % 7.89'unun teknik teşkilatlarından, % 1.32'sinin ise ziraat mühendisi ve komşunun önerilerinden faydalandığı bildirilmiştir. Bu durum 2014 yılından bu yana fındık hastalık ve zararlıları ile mücadelede kimyasal müdahalelerin artması ile açıklanabilir. Ayrıca çalışmada tavsiye edilen dozu uygulama eğilimleri incelenen operatörlerden %34.2'sinin tav-

siye edilen üzerinde kullanım yaptıkları görülmüştür. Operatörlerin % 62.9'unun önerilen doza uymaları sevindirici olsada doz seçimlerini zirai ilaç bayileri ve kendi deneyimlerinden yola çıkarak yapmaları ticari ve maddi kaygılar içerebilmesi açısından önemli bir problem olarak göze çarpmaktadır.

2.1.6. Kişisel Koruyucu Donanım Kullanımı

İlaç hazırlama ve uygulama esnasında kullanılması gereken kişisel koruyucu donanım durumları dikkate alındığında operatörlerin % 70'e yakınının eldiven kullandığı, % 50'den fazlasının koruyucu şapka kullandığı, % 60'ından fazlasının maske kullandığı, % 32.4'nün çizme/bot giydiği, % 22.7 sinin iş tulumu giydiği ve ancak % 17.8'nin korunmak için gözlük taktığı görülmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Operatörlerin KKD kullanım durumu

Table 6. PPE use case of operators

KKD	KKD kullanımı	Sıklık (adet)	Oran (%)
Eldiven	Bazen	14	3.7
	Kullanmam	117	30.5
	Her zaman kullanım	252	65.8
	Toplam	383	100.0
Koruyucu Şapka	Bazen	12	3.1
	Kullanmam	183	47.8
	Her zaman kullanım	188	49.1
	Toplam	383	100.0
Solunum Maskesi	Bazen	28	7.3
	Kullanmam	146	38.1
	Her zaman kullanım	209	54.6
	Toplam	383	100.0
Bot/Çizme	Bazen	30	7.8
	Kullanmam	229	59.8
	Her zaman kullanım	124	32.4
	Toplam	383	100.0
İş tulumu	Bazen	12	3.1
	Kullanmam	284	74.2
	Her zaman kullanım	87	22.7
	Toplam	383	100.0

Gözlük	Bazen	9	2.3
	Kullanmam	306	79.9
	Her zaman kullanım	68	17.8
	Toplam	383	100.0

*KKD: kişisel koruyucu donanım

Anket esnasında yapılan gözlemlerde, kullanılan kişisel koruyucu donanımların, ilacın toksik seviyesine göre seçilmeyip son derece basit koruyuculardan oluştuğu görülmüştür. Örneğin koruyucu olarak kullanılan maskelerin daha çok boyacıların kullandığı toz maskeleri olduğu, tulum olarak giyilen kıyafetin neopren olmadığı ve günlük iş kıyafetlerine benzer tekstil ürünlerden üretildiği görülmüştür. Kullanılan hiçbir koruyucu üzerinde “CE” işaretine rastlanmamıştır. Dolayısıyla operatörlerin kişisel koruyucu donanım konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmüştür. Çalışmaya katılan operatörler arasında en yaygın kullanılan kişisel koruyucu ekipmanın eldiven olduğu, bot/çizme, iş tulumu ve gözlük kullanımının çok düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür. İlaç uygulamalarında kişisel koruyucu donanım kullanımına yönelik yapılan birçok araştırmaya benzer sonuçlar ve endişeler çalışmamızda da görülmüştür. Keza, Jallow ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada 250 Kuveyt çiftçisinin %58’inin ilaç uygularken koruyucu ekipman kullanmadığı sonucuna varmışlardır. Şimşek ve ark. (2012) ise operatörlerin yaklaşık %70’inin ilaçlama maskesi takmadığını, %90’ının tulum/ilaçlama kıyafeti giymediğini bildirmişlerdir. Operatörlerin maske, eldiven ve gözlük vb. koruyucu ekipman kullanmama oranları, Karataş ve Alaoğlu (2011) çalışmalarında % 50 olarak bildirilirken, Damalas ve Hashemi (2011) çalışmalarında koruyucu ekipman kullanımının endişe verici düzeyde düşük olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca incelenen operatörlerin ilaçlama esnasında farklı bir elbise giymeleri konusunda risk algılarının yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır. İlaçlamada kullanılan kıyafetlerin ayrıca yıkanması durumu ile ilgili yöneltilen soruda ise operatörlerin % 47.8 (183)’ü hayır, % 47.5 (182) her zaman, % 4.7 (18)’si bazen cevabını verdikleri görülmüştür. Kişisel koruyucu ekipman kullanımı hakkında tam bir bilince sahip olunmasa da ilaçlama esnasında gündelik kıyafetlerin kullanılmama ve ilaçlamada kullanılan kıyafetlerin ayrıca yıkanması konusunda yüksek risk algısına sahip olunması operatörün ve yaşam çevresinin sağlığı açısından oldukça önemlidir. Uygulama sonrasında operatörlerin duş alma konusunda da oturmuş bir bilince sahip oldukları ilgili soruya verdikleri cevapların analizi neticesinde görülmüştür (Çizelge 7).

Çizelge 7. Uygulamadan sonra operatörün yıkanma alışkanlığı

Table 7. Take a shower habits of the operators after the control

İlaçlama Sonrası Operatörün Yıkanma Alışkanlığı	Sıklık (adet)	Oran (%)
Bazen	2	0.5
Hayır	15	3.9
Her zaman	366	95.6
Toplam	383	100.0

2.1.7. İlaç Kullanımı Sonrası Ambalaj ve Kutuların İmhası

Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, boşalan ilaç kutu ve ambalajlarının imha etmeden önce temizlenmesi durumu incelendiğinde, operatörlerin % 48.6 (186)'sının bir kez çalkalayarak ilaç deposuna eklediği, % 37.6 (144)'sının temizlemeden imha ettiği, % 7 (27)'sinin birkez çalkaladığı, % 5.7 (22)'sinin etikete göre, % 1 (4)'i ise üçte bir oranında su ile boş kutuları temizlediği görülmüştür (Çizelge 8).

Çizelge 8. Ambalaj ve Boş Kutuların İmhası

Table 8. Destruction of empty packaging

Operatörlerin Tarım İlacı Ambalajı Yönetme Biçimleri	Sıklık (adet)	Oran (%)
Evde Kullanıyor	2	0.5
Diğer Tarım İlaçlarını Dolduruyor	6	1.6
Ormana Akarsuya Atıyor	19	5.0
Toprağa Gömüyor	33	8.6
Bahçeye Atıyor	44	11.5
Çöpe Atıyor	60	15.7
Atık Toplama Alanına	71	18.5
Yakıyor	148	38.6
Toplam	383	100.0

2.1.8. Son İlaçlama ile Hasat Arasındaki Bekleme Süresi

Son ilaçlama ile hasat arasındaki bekleme süresinin kendileri için önemi hakkında verilen cevaplar analiz edildiğinde (Çizelge 9), operatörlerin, % 67.4 (258)'ü önemli değil, % 20.1 (77) çok önemli, % 7.3 (28)'ünün önemli, % 4.4 (17) bir fikrim yok % 0.8 (3) az önemli sınıflandırması yapmışlardır. Bekleme süresi sonunda bile

ürün üzerinde kalıntı bırakan ilaçların bekleme süreleri hakkında operatörlerin sahip oldukları düşük risk algısı çok önemlidir.

Çizelge 9. Son ilaçlama ile hasat arasındaki bekleme süresi

Table 9. Requiring time between last spraying and harvest

Bekleme Süresi	Sıklık (adet)	Yüzde (%)
Az önemli	3	0.8
Fikrim Yok	17	4.4
Önemli	28	7.3
Çok Önemli	77	20.1
Önemli değil	258	67.4
Toplam	383	100.0

2.1.9. Operatörlerin Tarım İlaçları Hakkındaki Eğitim Yayım Çalışmalarına Bakışı

Operatörler tarım ilaçlarının hazırlaması, uygulaması ve sonrası hakkında eğitim almanın kendileri için önemini sınıflandırmış, sonuçlara çizelge 10'de yer verilmiştir. Operatörlerin % 57.1'inin bu konu hakkında eğitim almanın çok önemli ya da önemli olduğunu beyan etmesi (Çizelge 10) yayım çalışmalarının etkinliği açısından değerlendirilebilir olsa da, % 42.3'ünün düzenlenen veya düzenlenebilecek eğitimlere bakışlarının az önemli yada önemli değil bakış açısında olması eğitim yayım çalışmaları konusunda farkındalığın olmadığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Çizelge 10. Operatörlerin tarım ilaçları hakkındaki eğitimlere bakışları

Table 10. Views of operators on agricultural extension

Operatörlerin Tarım İlaçları Hakkında Eğitimlere Bakışları	Sıklık (adet)	Oran (%)
Az Önemli	6	1.6
Çok Önemli	171	44.6
Fikrim Yok	2	.5
Önemli	48	12.5
Önemli Değil	156	40.7
Toplam	383	100.0

2.2. Operatörlerin Risk Algılarını Etkileyen Faktörler

2.2.1. Eğitim Alma-Risk Algısı İlişkisi

Yapılan analizler neticesinde operatörlerin % 72.6 (278)'sının daha önce tarım ilaçlarının hazırlanması, uygulanması ve sonrası ile ilgili bir eğitime katılmadıkları, % 27.4 (105)'ünün ise en az bir kez konu hakkında eğitim aldıkları sonucuna varılmıştır. Operatörlerin % 12.8 (49)'inin firmalar, % 7.8 (30) tarım danışmanları, % 6.8 (26)'inin Tarım ve Orman Bakanlığı taşra teşkilatları tarafından düzenlenen eğitimlere katıldığı görülmektedir. Eğitim alan operatörler ile daha önce tarım ilaçları konusunda hiç eğitim almamış operatörlerin risk algıları arasındaki farkın ortaya konulması amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmış ve iki grup arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$).

Daha önce eğitim alan operatörlerin risk algılarının eğitim almayan operatörlere göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Eğitim alan grubun risk algısı ortalamaları 31.28, eğitim almamış olan grubun risk algısı ortalaması ise 17.62'dir. Bu sonuçtan yola çıkarak tarım ilaçlarının seçimi, hazırlanması, uygulanması, atık yönetimi ve alet ekipman kalibrasyonu konularının ayrı ayrı ele alındığı demonstrasyonlarla destekli yayım çalışmalarının yapılması özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde fındık tarımından başka yetiştiriciliğe uygun olmayan toprak ve arazi yapısının sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir.

2.2.2. Fındık Üretimi Yapılan Alan-Risk Algısı İlişkisi

Karadeniz Bölgesi'nin tarımsal yapısı göz önünde bulundurularak, sahip oldukları alanlara göre operatörler 0-25 ile 26 ve yukarısı dekar alana sahip olanlar altında 2 gruba ayrılmıştır. Sahip olunan alanın risk algısı arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının test edilmesi amacıyla Mann-Whitney U testi uygulanmıştır.

Arazi varlığı gelir düzeyini, tarım teknolojilerini kullanmayı ve ürün ile ilgili alınacak kararları etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Ankete katılan operatörlerin sahip oldukları arazi büyüklükleri ile risk algıları arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$). >26 Dekar alana sahip olan operatörlerin risk algılarının, kendilerine göre daha küçük alanlara sahip operatörlerden yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. 0-25 Dekar alana sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması 20.52, >26 dekar alana sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması ise 22.56'dır. Yakut (1996)'ya göre bir ailenin geçinebilmesi için ortalama bahçe büyüklüğünün 30 dekar veya üzerinde olması öngörülmektedir. Çalışmamızda ortaya konulan sonuçlara göre operatörlerden % 58.23'ünün 26 dekardan daha az bahçeye sahip oldukları görülmektedir. Fındık alanları için yeter gelirli arazi yapısının 30 dekarın altında olmamasına karşın yasal tedbirlerin alınması gerekmektedir.

2.2.3. Fındık Tarımı Deneyimi-Risk Algısı İlişkisi

Operatörler fındık tarımı deneyimlerine göre, 0-25 yıl ile 26 ve yukarısı yıl deneyime sahip operatörler olarak 2 grup altında toplanmışlardır. Sahip olunan alan ve risk algısı arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının test edilmesi amacıyla Mann-Whitney U testi uygulanmış, fındık tarımı deneyimi ile risk algıları arasında istatistiksel açıdan $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

0-25 yıl deneyime sahip operatörlerin risk algılarının kendilerine göre daha uzun yıllardır fındık tarımı yapan operatörlerden daha yüksek risk algısına sahip oldukları sonucuna varılmıştır. 0-25 yıl deneyime sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması 23.40, >26 yıl deneyime sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması 20.43'tür. Fındık tarımında daha az deneyime sahip operatörlerin, kendilerine göre daha deneyimli olan operatörlerden daha yüksek risk algısına sahip olmaları yenilikleri takip etmeleri ve üretimde daha temkinli davranmaları ile açıklanabilir. Çalışmamızda operatörlerin %68.4'ünün fındık tarımında 26 yıldan daha fazla deneyime sahip oldukları görülmüş, düşük risk algısına sahip kesimin üretimdeki etkinliğini azaltmak adına, fındık tarımında refah seviyesini artıracak destekleme ve alım politikaları ile yüksek risk algısına sahip genç nüfusun fındık tarımına yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

2.2.4. Operatörlerin Tarım İlacı Kullanım Deneyimi-Risk Algısı İlişkisi

Araştırmada operatörlerin tarımsal mücadeleye ne kadar zaman önce başladığı belirlenmeye çalışılmış, 0-25 yıl ve 26 ve yukarısı yıl ilaçlama deneyimine sahip operatörler olarak 2 grup altında toplanmışlardır. Tarım ilacı kullanım deneyimi ile risk algısı arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının test edilmesi amacıyla Mann-Whitney U testi uygulanmış, tarım ilacı kullanım deneyimi ortalamaları ile risk algıları arasında $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Tarım ilacı kullanma deneyimi daha az olan operatörlerin risk algılarının, daha uzun yıllardır tarım ilacı kullanan operatörlere göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. 0-25 yıl tarım ilacı kullanım deneyimine sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması 21.82, >26 yıl deneyime sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması 19.22'dir. Tarım ilacı kullanımında daha az deneyime sahip operatörlerin, kendilerine göre daha deneyimli olan operatörlerden daha yüksek risk algısına sahip olmaları yenilikleri takip etmeleri ve ilaçlamada daha dikkatli davranmaları ile açıklanabilir.

2.2.5. Operatörlerin Öğrenim Düzeyi-Risk Algısı İlişkisi

Operatörler eğitim durumlarına göre, düşük (okuma yazma bilmiyor, okur-yazar, ilköğretim ve İlköğretim), orta (ortaokul ve lise) ve yüksek (yüksekokul ve

üniversite) olarak üç grup altında toplanmıştır. Öğrenim durumları ile risk algısı arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı test edilmesi amacıyla Kruskal Wallis-H testi uygulanmış, gruplar arasındaki farklılığın ortaya konulması amacıyla gruplar arasında Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Düşük öğrenim seviyesinde olan operatörlerin orta ve yüksek öğrenim seviyesine göre, orta öğrenim seviyesindeki operatörlerin de yüksek öğrenim seviyesindeki operatörlere göre $p < 0.05$ önem seviyesinde daha düşük risk algısına sahip oldukları saptanmıştır.

Düşük öğrenim düzeyine sahip olan operatör grubunun risk algısı ortalaması 19.33, orta öğretim düzeyine sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması 22.81, yüksek öğretim düzeyine sahip operatör grubunun risk algısı ortalaması ise 20.03'tür. Öğrenim seviyesi operatör davranışlarını etkileyen bir faktör olarak ele alınmaktadır. Gelişimleri takip etme, gerekli kaynaklara ulaşma, ilgili kuruluşlarla iletişim kurma, üretim faaliyetlerine karar verme ve uygulama gibi bir çok durumda en önemli etkenlerden biridir. Çelik (2000), Nevşehir-Niğde bölgesinde yürüttüğü çalışmada patates böceğine karşı daha az sayıda daha az ilaçlama yapan operatörlerin diğerlerine göre daha yüksek eğitim seviyesine sahip oldukları ve patates tarımıyla ilgili diğer bazı konularda da öğrenim seviyesi oransal olarak yüksek olan bireylerin daha bilinçli davrandığı bildirilmiştir.

3. SONUÇLAR

Çalışmada elde edilen sonuçlar özetlendiğinde; fındık operatörlerin önemli bir oranı ilaçlama kaynaklı insan ve çevresel riskleri dikkate almadan ilaçlamayı takvimsel olarak yürütmektedir. Hangi zararlı ya da hastalık için hangi ilacın kullanılacağı ve kalibrasyon konusunda bayilerin önerileri ön plana çıkmaktadır. İlaçlama sırasında ilacın toksik seviyesi dikkate alınmadan kişisel koruyucu donanım kullanımı söz konusu olup, kullanılan koruyucuların ilgili yönetmelik ve standartların ön gördüğü kalitede olmadığı anlaşılmıştır. Operatörlerin önemli bir bölümü tarım ilacı boş ambalajlarını doğrudan yaktıklarını beyan etmektedir. Hâlbuki tehlikeli atık olarak değerlendirilen bu ambalajların en az 3 aşamalı olarak temiz su ile yıkandıktan sonra tehlikeli atık yönetmeliğinde öngörülen kurallar çerçevesinde yönetiminin yapılması gerekmektedir. Operatörlerin önemli bir oranı tarım ilacı kullanımında eğitime ihtiyaç duyduklarını belirtmelerine rağmen, çalışmanın yapıldığı bölgelerde bu konuda kamusal anlamda bir programın olmadığı anlaşılmıştır. Operatörlerin tarım ilaçları konusundaki risk algıları dikkate alındığında; eğitim alan operatörlerin, büyük alanlarda fındık üretimi yapanların, daha genç ve daha az tarım ilacı kullanım geçmişi olanların risk algısı daha yüksek olmuştur. Operatörlerin eğitim durumu ve risk algısı ilişkisi arasında küçük farklılıklar görülmüştür. Yükseköğretim alanların risk algısının yüksek olması beklenirken bu çalışmada orta öğretimi tamamlamış olanların risk algısı daha yüksek çıkmıştır.

Çalışmanın sonucunda da belirtildiği üzere daha önce tarım ilaçları hakkında eğitim almış operatörlerin risk algılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Geleneksel tarımsal yayım tepeden tırnağa yeniden incelenmeli, operatörlerin ön yargısının kırılabileceği yeni yayım sistemleri devreye sokulmalıdır. Operatörlerin yerel bilgileri, araştırma merkezli, talep sahiplerine göre şekillendirilmiş ve özellikle operatörün bilgiye ulaşma çabasını arttırmaya öncelik veren, kişisel koruyucu ekipman kullanımı, etiket bilgileri ve ürün üzerindeki kısaltmaların anlaşılması, depolama, hazırlama, uygulama ve ilaçlama sonrası için ayrı ayrı planlanmış yayım sistemleriyle desteklenmelidir. Demonstrasyonlarla, makine ekipman kullanımı ve kalibrasyonu, doz seçimi, ekonomik zarar eşiği, uygulama zamanı ve yöntemi, makine temizliği, ambalaj ve atık suyun bertarafı konuları pekiştirilerek çiftçi eğilimleri değiştirilmelidir. İlaçlamada kullanılan alet ve makinelerin belirli aralıklarla kontrol edilmesi amacıyla denetim istasyonları kurulmalıdır. Tarımdan sorumlu kurumlar, çevre politikaları temelinde çevreyle uyumlu tarımsal mücadele sistemleri geliştirmek için kısa ve uzun vadeli planlar yapmalıdır. Entegre mücadele yöntemlerinin bölgenin tamamı tarafından benimsenmesi sağlanmalıdır.

Zirai ilaç bayilerinin teşhis ve tedavide etkinliklerinin düşürülmesi amacıyla reçete ve barkod sistemine geçilmeli ve ilaçlama kayıt altına alınmalıdır. Kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve ambalaj atıklarının toplanması için ilaç firmalarının da içinde olacağı bir teşvik ve yönetim sistemi oluşturulmalıdır. Kamu spotu uygulaması tarım ilacı kullanımı üzerinede planlanmalı, köy ve mahallelerde afişler ile desteklenmelidir.

Yüksek öğrenim seviyesine sahip ve genç operatörlerin risk algılarının yüksek olması göz önüne alındığında, fındık tarımında refah seviyesinin yükseltilerek eğitimli ve genç kesimin fındık tarımına yönlendirilerek profesyonelleşmeleri sağlanmalıdır.

Ülkemizin en çok yağış alan bölgesi olan Karadeniz bölgesinde zamanında ve etkin zirai mücadele için erken tahmin uyarı sistemi, rakım ve bölge farklılıkları gözetilip hayata geçirilmeli, operatörler ile haberleşme ağı kurulmalıdır. Uygulanacak tarım ilacının miktarının belirlenmesi ve selektif uygulamalar için teknoloji destekli sistemler geliştirilmelidir. Tarım ilaçlarının sürüklenmesi sebebiyle zarar görebilecek tarım dışı mera ve sulak alanlar için tampon bölgeler oluşturulmalı ve operatörler tarım ilaçlarının hedef dışı alanlara etkileri üzerine bilinçlendirilmelidir.

Temel önceliğimiz, tarım ilacı kullanım hacmini düşürmeye yönelik ve yeni teknolojiler ile desteklenmiş ekolojik politika modelleri geliştirmek olmalıdır.

Teşekkür:

Çalışmamızı destekleyen Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

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): E.T. (%30), A.B. (%70)

Veri Toplanması (Data Acquisition): E.T. (%100)

Veri Analizi (Data Analysis): E.T. (%70), A.B. (%30)

Makalenin Yazımı (Writing up): E.T. (%60), A.B. (%40)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): E.T. (%60), A.B. (%40)

KAYNAKLAR

- Akar, Ö., Tiryaki, O., 2018. Antalya ilinde üreticilerin pestisit kullanımı konusunda bilgi düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1) :60-70 ISSN 1304-9984, Isparta.
- Anonim, 2017. Fındık hastalık ve zararlıları www.arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=23 Erişim tarihi 26 Haziran 2020.
- Ayfer, M., Uzun, A. ve Baş, F., 1986. Türk fındık çeşitleri. Karadeniz Bölgesi Fındık ve Mamulleri İhracatçılar Birliği Yayınları, 95 s. Ankara, Türkiye.
- Balık, H.I., Balık, S.K., 2015. Fındıkta 2014 yılında meydana gelen don zararı üzerine bir araştırma. GAP VII. Tarım Kongresi, 291-294, 28 Nisan-1 Mayıs, Şanlıurfa.
- Beyhan, N. and Marangoz, D. 2007. An investigation of the relationship between reproductive growth and yield loss in hazelnut. *Scientia Horticulturae*, 113:2, 208-215.
- Botta R., Molnar T. J., Erdogan V., Valentini N., Marinoni D. T. ve Mehenbacher, S.A., 2019. Hazelnut (*Corylus spp.*) breeding. J.M. Al-Khayri et al. (eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops*, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5-6>.
- Çelik, H., 2000. Nevşehir-Niğde bölgesinde patates tarımında azotlu gübrelemeye ilişkin tarımsal bilgi akış sistemi üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Damalas, C. A., Hashemi, S. M., 2010. Pesticide risk perception and use of personal protective equipment among young and old cotton growers in Northern Greece. *Agrociencia*, 1 April - 15 May.
- Delen, D., Durmuşoğlu, E., Yıldırım, E.M., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C. ve Burçak, A., 2005. Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi. 21 s. Ankara.
- Demircan, V., Aktaş, A.R., 2003. Isparta ili kiraz üretiminde tarımsal ilaç kullanım düzeyi ve üretici eğilimlerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta.

- Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O., Canhilal, R., 2010. Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları. VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Bildiriler Kitabı 2:589-607, Ankara.
- Erdil, M. 2019. Manisa İl’inde çiftçilerin tarım ilaçları kullanımı konusunda ki bilinç düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78s. Çanakkale.
- Erdil, M., ve Tiryaki, O., 2020. Manisa İl’inde çiftçilerin tarım ilaçları kullanımı konusunda ki bilinç düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. Cilt 6, Sayı 1, Sayfa: 81-92, Çanakkale.
- Erdoğan, V. 2018. Hazelnut production in Turkey; current situation problems and future prospects. Acta Horticulturae, 1226:13-23.
- Erdoğan, O., Tohumcu, E., Baran M. F., Gökdoğan O., 2017. Adıyaman ili badem üreticilerinin zirai müdele uygulamalarının değerlendirilmesi. Türk-Tarım Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi, 5 (11): 1414-1421.
- FAO., (2019). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, www.fao.org Erişim tarihi: 26 Haziran 2020.
- Jallow, M.F.A., Awadh, G.D., Albaho, M.S., Devi, V.Y., Thomas, B.M., 2017. Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in Kuwait. Science of the Total Environment, 574, 490-498.
- Karataş, E., Alaoğlu, Ö., 2011. Manisa ilinde üreticilerin bitki koruma uygulamaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(3): 183-189.
- Kumral, N.A., Balta, P., Özdemir, B.N., Uludağ, G., Şahin, S. 2018. Bursa ilinde çiftçilerin pestisitleri uygulama davranışları üzerine bir survey çalışma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi 10. Tomurcuk Şenliği, Tarım ve Gıda Öğrenci Kongresi, 7-8 Mayıs, Bursa.
- Molnar, T.J., 2011. *Corylus*. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Forest Trees, Springer, 15-48, doi 10.1007/978-3-642-21250-5_2.
- Newbold, P., 1995. Statistics for business and economics, Prentice Hall Inc., USA. Pages 1016.
- Öncüer, C., 1995. Tarımsal zararlılarla savaş yöntemleri ve ilaçları, Ege Üniversitesi, Basımevi 326 s. İzmir.
- Özkan, B., Vuruş Akçaöz, H., Karadeniz F.C., 2003. Antalya ilinde turunçgil üretiminde tarımsal ilaç kullanımına yönelik üretici tutum ve davranışları. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 13 (2), 103-116 Mara.
- Tanrıvermiş, H., 2000. Orta Sakarya havzasında domates üretiminde tarımsal ilaç kullanımının ekonomik analizi. Ankara Üniversitesi, Proje Raporu-4. Ankara.
- Unakitan, G., Aydın, B., Azabağaoğlu, Ö., Hurma, H., Demirkol, C., Yılmaz, F., 2017. Bitkisel üretimde çiftçilerin girdi kullanım bilinç düzeylerinin analizi: Trakya Bölgesi örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1): 104-117. doi: 10.13002/jafag1054.
- Yakut, Y., 1996. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde fındık yetiştiriciliği. Doğu Karadeniz Bölgesi’nin zirai potansiyeli ve gelişme imkânları Paneli, 10 Ocak. Ordu.



Türkiye’de Biberde Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Belirlenmesi

Determination of Viruses Infecting Pepper in Turkey

İlyas DELİGÖZ¹, Abdullah BALTAÇI², Nejla ÇELİK³, Sabriye ÖZDEMİR⁴
Nesrin UZUNOĞULLARI⁵, Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ⁶

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

• ilyasdeligoz@yahoo.com • ORCID > 0000-0003-3646-300X

²Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

• zmabdullah@gmail.com • ORCID > 0000-0002-0309-5215

³Zirai Karantina Müdürlüğü, Antalya

• neclacelik32@hotmail.com • ORCID > 0000-0001-5459-6071

⁴Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, İzmir

• sabozdemir@yahoo.com • ORCID > 0000-0002-3313-3876

⁵Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova

• nesrinuzun01@gmail.com • ORCID > 0000-0001-6165-126X

⁶Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun

• nazlik@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7331-9109

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 13 Haziran / June 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 05 Ocak / January 2023

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 117-130

Atıf/Cite as: Deligöz, İ., Baltacı, A., Çelik, N., Özdemir, S., Uzunoğulları, N. ve Kutluk Yılmaz, N. D. "Türkiye’de Biberde Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 117-130.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İlyas DELİGÖZ

TÜRKİYE'DE BİBERDE ENFEKSİYON OLUŞTURAN VİRÜSLERİN BELİRLENMESİ

ÖZ:

Biber (*Capsicum annuum* L.)'de çok sayıda virüs enfeksiyona neden olmakta ve önemli ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu çalışma kapsamında, 2018 yılında Türkiye biber üretiminin büyük bir bölümünün gerçekleştirildiği Antalya, Manisa, Çanakkale, Samsun ve Bursa illerinde biber yetiştirilen alanlardan virüs-benzeri simptom sergileyen 616 adet biber örneği toplanmıştır. Bu örnekler daha sonra Alfalfa mosaic virus (AMV), Cucumber mosaic virus (CMV), Impatiens necrotic spot virus (INSV), Pepper mild mottle virus (PMMoV), Potato virus Y (PVY), Tobacco etch virus (TEV), Tobacco mosaic virus (TMV), Tomato chlorotic spot virus (TCSV), Tomato mosaic virus (ToMV) ve Tomato spotted wilt virus (TSWV) poliklonal antiserumları kullanılarak Double antibody sandwich-enzyme linked immunosorbent assay (DAS-ELISA) yöntemi ile test edilmiştir. Test sonuçlarına göre örneklerin % 55'inin TSWV, % 22.2'sinin CMV, %0.5'inin PMMoV, %0.5'inin PVY ve %0.3'ünün ise AMV ile tekli enfekteli olduğu belirlenmiştir. İncelenen örneklerin % 6.5'inin ise birden fazla virüs ile karışık enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Karışık enfeksiyonlu örnekler içerisinde en yaygın olarak TSWV+CMV ikili enfeksiyonuna (% 4.5) rastlanırken, bunu sırası ile; TSWV+PVY (% 0.6), TSWV+PMMoV (% 0.5), PMMoV+CMV (% 0.3) izlemiştir. Ayrıca, test edilen örneklerde TSWV+CMV+PVY (% 0.3) ve TSWV+CMV+PMMoV (% 0.2) üçlü karışık enfeksiyonu belirlenmiştir. Bununla birlikte, çalışmada test edilen biber örneklerinin hiçbirisinde ToMV, TMV, TEV, TCSV ve INSV tespit edilememiştir. Bu çalışmada tespit edilen PMMoV, Ege ve Marmara Bölgesi için ilk kayıt niteliindedir.

Anahtar Kelimeler: *Capsicum Annuum* L., Das-Elisa, Sürvey, Bulunma Oranı.



DETERMINATION OF VIRUSES INFECTING PEPPER IN TURKEY

ABSTRACT

Various viruses cause infection in pepper (*Capsicum annuum* L.) and can lead to significant crop losses. In this study, 616 pepper samples exhibiting virus-like symptoms were collected in 2018 from pepper production areas in Antalya, Manisa, Çanakkale Samsun and Bursa province, where most of Turkey's pepper production is carried out. Samples were tested using polyclonal antisera of Alfalfa mosaic virus (AMV), Cucumber mosaic virus (CMV), Impatiens necrotic spot virus

(INSV), Pepper mild mottle virus (PMMoV), Potato virus Y (PVY), Tobacco etch virus (TEV), Tobacco mosaic virus (TMV), Tomato chlorotic spot virus (TSCV), Tomato mosaic virus (ToMV) and Tomato spotted wilt virus (TSWV) by Double antibody sandwich-enzyme linked immunosorbent assay DAS-ELISA. Based on the serological test results, TSWV, CMV, PMMoV, PVY and AMV were detected in 55, 22.2, 0.5, 0.5 and 0.3 % of the total tested samples, respectively. Mixed infections involving different combination of viruses were found in 6.5 % of samples. TSWV+CMV dual infection was the most common (4.5 %) among mixed-infected samples, followed by TSWV+PVY (0.6 %), TSWV+PMMoV (0.5 %), PMMoV+CMV (0.3 %). Also, TSWV+CMV+PVY (0.3 %) and TSWV+CMV+PMMoV (0.2 %) triple infections were determined in the tested samples. However, ToMV, TMV, TEV, TCSV and INSV were not detected in any of the pepper samples tested in this study. To our knowledge, this is the first report of PMMoV on pepper in the Aegean and Marmara Regions of Turkey.

Keywords: *Capsicum Annuum* L., DAS-ELISA, Survey, Incidence.



1. GİRİŞ

Biber (*Capsicum annuum* L.), *Solanaceae* familyasının *Capsicum* cinsine ait bir bitki türü olup, gerek besin içeriği, gerekse ekonomik değeri yönünden yetiştirilen en önemli sebze türlerinden birisidir. *Capsicum* cinsi 30’dan fazla türü içermekte olup, dünyada bu türlerden beşinin (*C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* ve *C. pubescens*) yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Parisi ve ark., 2020). Türkiye, 2.265.669 ton biber üretimi ile Çin ve Meksika’dan sonra dünyada 3. sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Ülkemiz biber üretiminde ise Antalya ili, 501.213 tonluk üretim ile ilk sırada bulunmaktadır. Antalya ili ile birlikte, Bursa, Manisa, Çanakkale ve Samsun illeri Türkiye toplam biber üretiminin yaklaşık yarısını karşılamaktadır (TÜİK, 2020). Yetiştirme tekniklerinden kaynaklanan hatalar, hastalıklar ve zararlılar nedeniyle biberde verim ve kalitede önemli kayıplar ortaya çıkabilmektedir. Hastalık etmenleri içerisinde özellikle virüsler mücadelelerinin zor olması nedeni ile ön plana çıkmaktadır (Pernenzly ve ark., 2003).

Biber bitkisi virüs hastalıklarına karşı oldukça hassas olup dünyada 70’den fazla virüs türü biberde enfeksiyon oluşturmaktadır (Pernezny ve ark., 2003). Akdeniz ülkeleri biber üretim alanlarında başta Tobamovirus’lar olmak üzere, Potato virus Y (PVY), Tobacco etch virus (TEV), Cucumber mosaic virus (CMV) ve Orthospovirus’ların oldukça yaygın oldukları bildirilmiştir. Özellikle, son yıllarda Tomato spotted wilt virus (TSWV)’un başta Akdeniz ülkeleri olmak üzere birçok ülkede salgın oluşturduğu rapor edilmiştir (Moury ve Verdin, 2012). Bugüne kadar

yürütülen çalışmalar ile ülkemiz biber üretim alanlarında ise; Tomato mosaic virus (ToMV), Tobacco mosaic virus (TMV), PVY, CMV, TEV, TSWV, Potato virus X (PVX), Alfalfa mosaic virus (AMV), Pepper mild mottle virus (PMMoV), Pepper vein yellows virus (PeVYV), Pepper veinal mottle virus (PVMV) ve Pepper mottle virus (PepMoV)'un varlığı rapor edilmiştir (Yılmaz ve Davis, 1985; Erkan, 1986; Çiçek ve Yorgancı, 1991; Güldür ve ark., 1994; Arlı Sökmen ve ark., 2005; Buzkan ve ark., 2006; Özaslan ve ark., 2006; Özdemir ve Erilmez, 2007; Buzkan ve ark., 2013; Keleş Öztürk ve Baloğlu, 2019). Ayrıca, son yıllarda, domates alanlarında yaygın olarak görülen Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)'ün ülkemizde biberde de enfeksiyon oluşturduğu bildirilmiştir (Fidan ve ark., 2021).

Virüs enfeksiyonu sonucunda biberde oluşan semptomların görünüşü ve şiddeti; konukçu bitkinin türü, çeşidi, gelişme dönemi (fide, vejetatif, çiçeklenme, meyve dönemi vs.), iklim şartları (sıcaklık, ışık vs.) ve virüs irkına bağlı olarak değişebilmektedir (Adkins, 2000; Pernezny ve ark., 2003). Biberde enfeksiyon oluşturan virüsler genel olarak; cücelik, yapraklarda mozayik, kıvrıkcılık, deformasyon, klorotik ve nekrotik halkalı lekeler, meyvelerde ise renk açılmaları, halkalı lekeler ve şekil bozukluğu şeklinde belirtilere neden olmaktadır (Pernezny ve ark., 2003; Arlı Sökmen ve ark., 2005). Biberde virüs enfeksiyonları nedeni ile meyve kalitesi ve ağırlığında önemli oranda azalmalar olmakta ve % 80'e varan ürün kayıpları oluşabilmektedir (Green ve Kim, 1991; Avilla ve ark., 1997). Bununla birlikte, karışık viral enfeksiyonlar ise hastalığın şiddetinde ve ürün kayıplarında artışa yol açabilmektedir (Kenyon ve ark., 2014). Nitekim; yapılan çalışmalarda biberde CMV+PepMoV ikili enfeksiyonunun sözü edilen virüslerin tek enfeksiyonlarına göre daha şiddetli belirtilere yol açtığı, bitki büyümesinde ve bitki ağırlığında önemli ölçüde azalmalara neden olduğu ortaya konulmuştur (Murphy ve Bowen, 2006).

Bu çalışmada Türkiye biber üretiminin yaklaşık yarısının gerçekleştirildiği Samsun, Antalya, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinde biberde enfeksiyon oluşturan virüslerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Sürvey Çalışmaları

Çalışmada, Türkiye'nin dört farklı coğrafik bölgesinde yer alan Antalya (Akdeniz Bölgesi), Samsun (Karadeniz Bölgesi), Bursa ve Çanakkale (Marmara Bölgesi), Manisa (Ege Bölgesi) illerine ait ilçelerdeki biber üretim alanlarından 2018 yılı Nisan-Ekim ayları boyunca (üretim sezonu süresince) toplam 616 adet bitki örneği toplanmıştır (Şekil 1, Çizelge 1). Sürveylerde, virüs-benzeri semptom sergileyen biber yaprak ve meyve örnekleri toplanmış ve örnekler test edilinceye kadar -20°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. Survey çalışmalarında örnekleme yapılan iller

Figure 1. The provinces where survey studies are carried out

2.2. Double Antibody Sandwich-Enzyme Linked Immunosorbent Assay (DAS-ELISA)

Sürvey çalışmaları ile toplanan biber örnekleri, TSWV, PMMoV, CMV, AMV, PVY, ToMV, TMV, TEV, Impatiens necrotic spot virus (INSV) ve Tomato chlorotic spot virus (TCSV)’ye spesifik poliklonal antiserum kullanılarak Double antibody sandwich-enzyme linked immunosorbent assay (DAS-ELISA) yöntemi ile test edilmiştir. DAS-ELISA yöntemi, Clark ve Adams (1977) ve antiserumların temin edildiği firmaların açıklamaları göz önüne alınarak uygulanmıştır. Sonuçlar, Tecan Sunrise ELISA mikroyokluk okuyucusunda substrat ilavesinden 60-120 dk sonra 405 nm dalga boyunda absorbans değerlerinin alınmasıyla elde edilmiş, negatif kontrollerin absorbans değerlerinden 3 katı ve daha fazla değer veren örnekler pozitif olarak değerlendirilmiştir (Rodriguez-Alvarado ve ark., 2002).

3. BULGULAR

Bu çalışmada; Türkiye biber üretiminde önemli bir paya sahip olan Antalya, Manisa, Çanakkale, Samsun ve Bursa illerinde biber yetiştiriciliği yapılan alanlarda yürütülen sürvey çalışmaları ile virüs-benzeri belirti gösteren toplam 616 biber örneği toplanmıştır. Daha sonra, bu örnekler 10 farklı virüse (TSWV, CMV, PVY, TCSV, PMMoV, TMV, ToMV, TEV, INSV ve AMV) karşı DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir.

Test sonuçlarına göre il bazında virüslerin dağılımı incelendiğinde; Antalya ilinde ELISA ile testlenen 161 örneğin % 93.2'i (150 adet) tek olarak TSWV ile enfekteli bulunurken; % 1.2'sinin ise TSWV+CMV (2 adet) ve TSWV+PVY (2 adet) ile karışık olarak enfekteli oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1).

Samsun ilinde test edilen 150 örneğin; % 44'ünün TSWV, % 30.6'sının CMV ve % 1.3'ünün PVY ile tek olarak bulaşık olduğu saptanmıştır. Bu ile ait karışık olarak enfekteli örnek oranları ise, TSWV+CMV'de % 10, TSWV+CMV+PVY'de % 1.3 ve TSWV+PVY'de ise % 0.7 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İllere göre virüsle enfekteli örnek sayıları ve oranları

Table 1. The number and rates of samples infected with the virus on the basis of provinces

İl	İlçe	Alınan Örnek Sayısı	TSWV	CMV	PVY	AMV	PMMoV	TMV	ToMoV	TEV	INSV	TCSV	TSWV+CMV	TSWV+PVY	TSWV+PMMoV	CMV+PMMoV	TSWV+CMV+PVY	TSWV+CMV+PMMoV	Enfekteli Örnek sayısı
Antalya	Serik	38	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	37
	Aksu	19	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	Demre	24	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
	Kumluca	80	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	77
Toplam	4	161	150 (93.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (1.2)	2 (1.2)	0	0	0	0	154
Samsun	Çarşamba	74	40	19	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	64
	Bafra	66	20	25	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	0	0	1	0	58
	Térme	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10
	Toplam	3	150	66 (44)	46 (30.6)	2 (1.3)	0	0	0	0	0	0	15 (10)	1 (0.7)	0	0	2 (1.3)	0	132
Manisa	Kırkağaç	27	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	24
	Saruhanlı	23	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	23
	Akhisar	32	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	32
	Ahmetli	16	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	16
	Gölmarmara	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	2	0	0	0	25
Toplam	5	123	103 (83.7)	0	0	0	1 (0.8)	0	0	0	0	11 (8.9)	1 (0.8)	3 (2.4)	0	0	1 (0.8)	0	120
Çanakkale	Yenice	56	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
	Ezine	10	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Biga	16	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Bayramiç	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Toplam	4	92	6 (6.5)	58 (63)	1 (1)	0	1 (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
Bursa	Karacabey	37	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	Yenişehir	45	0	27	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	30
	M.Kemalpaşa	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
Toplam	3	90	14 (15.5)	33 (36.6)	0	2 (2.2)	1 (1.1)	0	0	0	0	0	0	0	2 (2.2)	0	0	0	52
Genel Toplam	19	616	339 (55)	137 (22.2)	3 (0.5)	2 (0.3)	3 (0.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	28 (4.5)	4 (0.6)	3 (0.5)	2 (0.3)	2 (0.3)	1 (0.2)	524 (85)

*: Enfekteli örnek sayısı (enfekteli örnek yüzdesi)

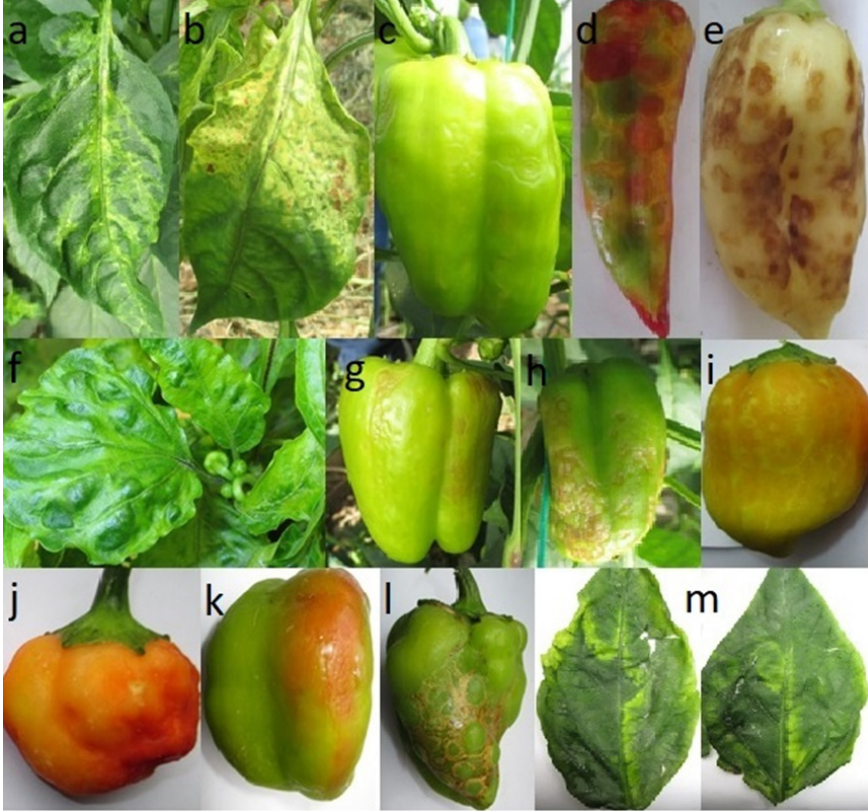
Manisa ilinde 123 örnek test edilmiş ve bu örneklerin tek olarak % 83.7'sinin (103 adet) TSWV, sadece bir tanesinin ise PMMoV ile (% 0.8) enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, % 8.9'unun (11 örnek) TSWV+CMV, % 2.4'ünün (3 örnek) TSWV+PMMoV, % 0.8'inin (1 örnek) TSWV+PVY ve % 0.8'inin (1 örnek) ise TSWV+PMMoV+CMV ile karışık olarak enfekteli oldukları saptanmıştır (Çizelge 1).

Çalışmada, Marmara Bölgesi'ne ait iki ilde (Çanakkale ve Bursa) örnekleme yapılmıştır. Diğer bölgelerdeki illerin aksine; bu bölgedeki her iki ilde de biberlerde CMV enfeksiyonunun TSWV'den daha yaygın olması dikkat çekmiştir. Nitekim, Çanakkale'de ELISA ile testlenen 92 örneğin; % 63'ünün CMV (58 örnek), % 6.5'inin (6 örnek) TSWV ile enfekteli olduğu saptanırken, birer örneğin ise tek olarak PVY (% 1) ve PMMoV (% 1) ile enfekteli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Bursa iline ait testlenen 90 örnekte ise; % 36.6 oranında CMV (33 örnek), % 15.5 oranında TSWV (14 örnek), % 2.2 oranında AMV (2 örnek) ve % 1.1 oranında PMMoV (1 örnek) enfeksiyonunun varlığı ELISA testi ile ortaya konulmuştur. Bu ile ait 2 örneğin ise PMMoV+CMV ile (% 2.2) karışık olarak enfekteli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Survey yapılan beş ilde ait ELISA testi sonuçları değerlendirildiğinde; biber üretim alanlarında en yaygın virüs türünün % 55 (339 adet) oran ile TSWV olduğu, bunu % 22.2 (137 adet) oran ile CMV'nin izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca, incelenen örneklerde bu virüsler dışında; düşük oranda tek olarak PVY (% 0.5), PMMoV (% 0.5) ve AMV (% 0.3) enfeksiyonları da belirlenmiştir (Çizelge 1). İncelenen örneklerin % 6.5'inin ise birden fazla virüs ile enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, en fazla % 4.5 (28 örnek) oran ile TSWV+CMV ikili enfeksiyonuna rastlanılmıştır. Bunu sırası ile; TSWV+PVY (% 0.6), TSWV+PMMoV (% 0.5), PMMoV+CMV (% 0.3) izlemiştir. Test edilen örneklerdeki üçlü enfeksiyon oranlarının ise sırasıyla; TSWV+CMV+PVY (% 0.3) ve TSWV+CMV+PMMoV (% 0.2) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, tüm illerde de test edilen biber örneklerinin hiçbirisinde ToMV, TMV, TEV, TCSV ve INSV enfeksiyonu saptanmamıştır (Çizelge 1).

Survey yapılan illerde genellikle bir ya da daha fazla virüse karşı (özellikle TSWV, TMV, ToMV, PMMoV ve CMV) dayanıklı veya toleranslı çeşitlerin yetiştirildiği dikkati çekmiş olup, hassas ve dayanıklı çeşitler arasında semptom farklılıkları gözlenmemiştir. ELISA testi pozitif olan örnekler semptomatolojik olarak değerlendirildiğinde; TSWV'nin genel olarak biber bitkilerinin yapraklarında mozayik ve şekil bozukluğu, klorotik ve nekrotik halkalı lekeler, meyvelerinde ise konsantrik halkalar, nekrotik halkalı lekeler ve şekil bozukluğu belirtileri sergilediği görülmüştür. CMV enfeksiyonu saptanan biberlerin yapraklarda mozayik, mottle ve şekil bozukluğu, meyvelerde ise çökük olmayan nekrotik halkalı lekelerin olduğu ve bu lekelerin daha ziyade güneş yanıklığı belirtisine benzer olduğu gözlenmiştir. Survey çalışmalarında yaygın olarak rastlanılan TSWV+CMV ikili virüs enfeksiyonunun biber meyvelerinde tek olarak TSWV ya da tek olarak CMV enfeksiyonuna göre daha şiddetli nekrotik çökük halkalı lekeler neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, PMMoV ile enfekteli meyve örneklerinde renk açılmaları, halkalı lekeler ve şekil bozukluğu, PVY ile enfekteli meyvelerde ise sadece renk açılmaları ve şekil bozukluklarının olduğu görülmüştür. Tek olarak AMV ile enfekteli bitkilerde genel olarak semptomlar yapraklarda gözlenmiş olup

virüs ile enfekteli bitkilerin yaprak damarlarının etrafında renk açılmaları dikkat çekmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. TSWV ile enfekteli biber yapraklarında oluşan mozayik, şekil bozukluğu (a), klorotik ve nekrotik halkalı lekeler (b), TSWV-enfekteli biber meyvelerinde konsantrik halkalar (c ve d), nekrotik halkalı lekeler ve şekil bozukluğu. CMV ile enfekteli biber yapraklarında mozayik, beneklenme ve şekil bozukluğu (f), CMV-enfekteli biber meyvelerinde nekrotik halkalı lekeler (g). TSWV+CMV ikili virüs enfeksiyonu sonucu biber meyvelerinde nekrotik halkalı lekeler (h). PMMoV ile enfekteli biber meyvelerinde renk açılmaları, halkalı lekeler (i) ve şekil bozukluğu (j). PVY ile enfekteli biber meyvelerinde renk açılmaları ve şekil bozukluğu (k ve l). AMV ile enfekteli bitkilerin yaprak damarları etrafında renk açılmaları (m)

Figure 2. Mosaic, deformity (a), chlorotic and necrotic ring spots (b) on pepper leaves, concentric rings (c and d), necrotic ring spots and deformity on pepper fruits infected with TSWV. Mosaic, mottle and deformity (f) on pepper leaves, necrotic ring spots on pepper fruits (g) infected with CMV. Necrotic ring spots on pepper fruits ca-

used by TSWV+CMV dual infection (h). Discoloration, ring spots (i) and deformity (j) on pepper fruits infected with PMMoV. Discoloration and deformity on pepper fruits infected with PVY (k and l). Discoloration around the leaf veins infected with AMV (m)

4. TARTIŞMA

Virüsler, biberde verim ve kalitede önemli kayıplara neden olabilen patojenlerin başında gelmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin majör biber üretim alanlarında (Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale ve Bursa) yürütülen sürvey çalışmaları ile 616 adet virüs-benzeri simptom gösteren biber örneği toplanmış ve takiben 10 farklı virüse (TSWV, CMV, PVY, TCSV, PMMoV, TMV, ToMV, TEV, INSV ve AMV) karşı DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. ELISA sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; incelenen örneklerde en yaygın olarak TSWV (% 55) belirlenirken, bu virüsü CMV (% 22.2) takip etmiştir (Çizelge 1).

Bu virüs türlerinden; TSWV, *Tospoviridae* familyasının *Orthospovirus* cinsine dahil olup, doğada dokuz trips türü ile propagatif (vektör bünyesinde çoğalma özelliği) olarak taşınmaktadır (Nilon ve ark., 2021). En önemli vektörünün ise bölgelere göre değişmekle birlikte, batı çiçek tripsi (*Frankniella occidentalis*) olduğu bildirilmiştir (Whitfeld ve ark., 2005). TSWV'nin kontrolünde, en etkili yöntemlerin başında dayanıklı çeşitlerin kullanılması gelmektedir. Günümüzde, dünyada ve ülkemizde ticari olarak yetiştirilen TSWV'ye dayanıklı biber çeşitleri *Tsw* geni içermekte olup, üreticiler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Parişi ve ark., 2020). Bununla birlikte, dayanıklılığın tek bir gen tarafından kontrol edilmesi, yüksek virüs popülasyon baskısı ve TSWV'nin vektör trips bünyesinde çoğalarak genomik yapısını değiştirebilmesi gibi faktörler, dayanıklılık kıran varyantların kolay oluşabilmesine imkan sağlamaktadır (Wijkamp, 1995; Margaria ve ark., 2007). Nitekim; yeni oluşan TSWV varyantları tarafından biberde *Tsw* geni dayanıklılığının kırıldığı farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur (Boiteux ve ark., 1993; Roggero ve ark., 2002; Margaria ve ark., 2004; Ferrand ve ark., 2015; Yoon ve ark., 2021). Ülkemizde ise; biberde dayanıklılık kıran TSWV izolatlarının varlığı ilk olarak 2014 yılında Samsun ilinde (Deligöz ve ark., 2014); takiben 2016 yılında ise Antalya'da belirlenmiştir (Fidan, 2016). Bu çalışmada, tekli ve karışık enfeksiyonlar birlikte değerlendirildiğinde TSWV enfeksiyonu en fazla Manisa ilinde (% 96.7) belirlenirken; bu ili sırasıyla Antalya (% 95.7) ve Samsun (% 56) illeri izlemiş; en düşük oranda ise Bursa (% 15.5) ve Çanakkale (% 6.5)'de tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yürütülen sürveylerde genel olarak biber alanlarında tripslerin yoğun olarak bulunduğu gözlenmiştir. Vektör trips türlerinin yoğunluğu ve incelenen örneklerde TSWV'nin yaygın olarak tespiti, bu zararlının biber üretim alanlarında etkili bir şekilde kontrol edilemediğini göstermektedir. Diğer taraftan, inceleme yapılan illerde biber yetiştiriciliğinde yoğun olarak TSWV'ye dayanıklı çeşitlerin

kullanılmasına rağmen, TSWV'nin yüksek oranda tespit edilmesi ülkemizdeki biber üretim alanlarında *Tsw* geni dayanıklılığının da büyük oranda kırıldığını işaret etmektedir. Tek gen dayanıklılığına sahip çeşitler yoğun olarak yetiştirildiğinde patojen üzerinde baskı oluşması ve patojen tarafından dayanıklılığın kırılması, pek çok patojen-konukçu ilişkisinde oluşan bir durumdur (Pink ve Hand, 2002; McDonald, 2010).

Çalışmada yaygınlık açısından 2. sırada yer alan CMV ise *Bromoviridae* familyası *Cucumovirus* cinsinin bir üyesi olup, biberde tohumla taşınabilmesinin yanı sıra afit vektörler ile de non-persistent olarak etkili bir şekilde taşınmaktadır (Palukaitis ve ark., 1992; Arogundade ve ark., 2019). Bu çalışmada, CMV en yaygın olarak sırasıyla; Çanakkale (% 63), Samsun (% 42) ve Bursa (% 38.5) illerinde tespit edilmiştir. Manisa ve Antalya illerinde ise sadece karışık enfekteli örneklerde daha düşük oranda (sırası ile % 9.8 ve % 1.2) saptanmıştır (Çizelge 1). Bu çalışmada, CMV'nin standart çeşitlerin üretiminin yapıldığı açık alanlarda (Çanakkale, Bursa illeri ve Samsun ili Bafra ilçesi) daha yaygın olması dikkat çekmiştir. Bunun nedeninin ise; açıkta biber yetiştiriciliğinde kullanılan fideleri daha çok üreticilerin kendi tohumlarından elde etmeleri ve CMV'nin biberde yüksek oranda tohumla taşınmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim; Arogundade ve ark. (2019) CMV'nin biber çeşitlerine göre değişmekle birlikte, doğada % 57-71 oranında tohumla taşındığını bildirmişlerdir. Bu çalışmanın bulgularına benzer şekilde, Keleş Öztürk ve Baloğlu (2019), Adana, Mersin, Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinde açıkta biber yetiştiriciliği yapılan alanlarda virüslerin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, % 33.68 oran ile CMV'yi en yaygın virüs olarak belirlemişler, bunu sırasıyla % 22.26 ile TEV, % 19.64 ile PVY, % 11.38 ile PVMV, % 4.66 ile TSWV, % 3.3 ile PepMoV, % 1.52 ile PMMoV, % 1.42 ile ToMV, % 1.08 ile TMV ve AMV'nin izlediğini ortaya koymuşlardır. Diğer taraftan Uzunogulları ve Gümüş (2015), daha çok açık alanda üretimin yapıldığı Bursa, Yalova, İstanbul, Bilecik ve Sakarya illerinden topladıkları 103 biber örneğini CMV'ye karşı ELISA yöntemi ile test etmişler ve örneklerde çok yüksek oranda % 68.9) CMV enfeksiyonu saptamışlardır.

Ülkemizde en fazla biber yetiştiriciliğinin yapıldığı Antalya ilinde daha önce yürütülen çalışmalarda da, bu araştırma sonuçlarına benzer şekilde biberde TSWV'nin yaygın olduğu rapor edilmiştir. Çelik ve ark. (2012), 2007 ve 2008 yıllarında Antalya ilinden elde ettikleri toplam 274 biber örneğinde, en yaygın virüsleri sırasıyla; TSWV (% 34.6), TMV (% 14.5), CMV (% 13.1), PMMoV (% 7.6) ve PVY (% 7.6) olarak bildirmişlerdir. Güneş ve Gümüş (2019), 2015 yılında Antalya ilinde 148 biber örneğini TSWV ve CMV'ye karşı ELISA ile testlemişler ve en yaygın olarak TSWV'yi (% 35.8) belirlerken, CMV'yi ise düşük oranda (% 7.3) saptamışlardır. Beşkeçili ve ark. (2021), 2019 yılında Antalya il Demre ilçesinde biberde 82 örnekte TSWV ve CMV'yi hem serolojik, hem de moleküler yöntemler ile araştırmışlar, ve bu örneklerin % 57'sinde tek olarak TSWV, % 12'sinde CMV ve

% 10'ununda ise TSWV+CMV ikili virüs enfeksiyonunu belirlemişlerdir. Samsun ilinde ise Arlı Sökmen ve ark. (2005), 1998 ve 1999 yıllarında biberde 313 örneği ELISA ile etmişler ve en yaygın virüsleri sırasıyla PVY (% 24.6), TMV (% 21.5), ToMV (% 8.4), AMV (% 6.9), TSWV (% 3.8) ve CMV (% 2.3) olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise, Samsun ilinde biber üretim alanlarında TSWV ve CMV'nin diğer virüslere oranla daha da yaygınlaştığı ortaya konulmuştur.

Test edilen biber örneklerinde TSWV ve CMV'ye ilave olarak; düşük oranda PVY (% 0.5), PMMoV (% 0.5) ve AMV (% 0.3) enfeksiyonları da belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, testlenen biber örneklerinin % 6.5'inde ikili veya üçlü karışık virüs enfeksiyonları tespit edilmiştir. En yüksek karışık enfeksiyon oranı % 4.5 oran ile TSWV+CMV'de belirlenmiş olup, bunu sırası ile TSWV+PVY (% 0.6), TSWV+PMMoV (% 0.5), PMMoV+CMV (% 0.3) ikili enfeksiyonları, TSWV+PVY+CMV (% 0.3) ve TSWV+PMMoV+CMV (% 0.2) üçlü enfeksiyonları takip etmiştir. AMV, yalnızca Bursa ilinde tespit edilirken; PVY, Antalya, Samsun, Manisa ve Çanakkale illerinde; PMMoV ise Çanakkale, Bursa ve Manisa illerinde saptanmıştır. Çalışma kapsamında saptanan PMMoV bugüne kadar ülkemizde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa ilinde (Güldür ve Çağlar, 2006), Akdeniz Bölgesi'nde Antalya (Sevik, 2011), Adana, Kahramanmaraş ve Mersin illerinde (Çağlar ve ark., 2013) ve Karadeniz Bölgesi'nde ise Samsun ilinde (Deligöz ve Arlı Sökmen, 2020) tespit edilmiş olup, bu çalışma ile Ege Bölgesi ve Marmara Bölgesi'nde de tespit edilmiştir.

Bununla birlikte; incelenen biber örneklerinin hiçbirisinde TMV, ToMV ve TEV tespit edilmemiştir (Çizelge 1). Ancak, bahsedilen bu virüslerin daha önce ülkemizde yürütülen farklı çalışmalarla biber alanlarında bulunduğu bildirilmiştir (Arlı Sökmen ve ark., 2005; Buzkan ve ark. 2006; Çelik ve ark., 2012; Keleş Öztürk ve Baloğlu, 2019). Ülkemizde biberde karantina listesinde olan ve daha önce ülkemizde rapor edilmeyen, *Orthotospovirus* cinsi üyelerinden INSV ve TCSV de bu çalışmada test edilen örneklerde saptanmamıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli biber üretim merkezlerinden Antalya, Samsun, Manisa, Çanakkale ve Bursa illerinde biberde enfeksiyona neden olan bazı virüslerin bulunma durumları araştırılmıştır. İncelenen örneklerde en yaygın olarak TSWV (% 55) ve CMV (% 22.2) enfeksiyonları tespit edilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ve mevcut çalışma dikkate alındığında; Türkiye'de TSWV ve CMV'nin biber üretimi için önemli bir tehdit oluşturduğu görülmektedir. TSWV kısa mesafelere vektörü olan tripslerle; uzak mesafelere ise bulaşık fide sevkiyatları ile yayılabilmektedir. Ayrıca, fide döneminde enfekte olan bitkiler virüsten daha çok etkilenmekte ve önemli oranda ürün kayıpları yaşanabilmektedir. Bu nedenle TSWV ile mücadelede ilk olarak erken dönemde tripslerin kontrol edilmesi ve enfekteli bitkilerin imha edilmesi önemlidir. Bununla birlikte, virüsle bulaşık fide

sevkiyatlarına yönelik daha sıkı önlemlerin alınması ile virüsün farklı bölgelere yayılmasının ve verim kayıplarının önüne geçilebilir. CMV ise biberde tohumla taşınabilmesinin yanı sıra vektör afit türleri ile non-persistent olarak etkin bir şekilde yayılabilmektedir. Çalışmada yapılan gözlemlerde CMV'nin daha çok standart biber çeşitleri kullanılan açık alanlarda yaygın olduğu görülmüştür. Tohumla taşınma, virüslerin ilk enfeksiyon kaynağını oluşturmaları bakımından önemlidir. CMV'nin yüksek oranda tohumla taşınabilmesi nedeni ile mücadelede virüsten arı sertifikalı tohumların kullanılması anahtar rol oynamaktadır. Bununla birlikte toleranslı çeşitlerin kullanılması ve vektör yaprak bitlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir.

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): İD (%30), AB (%15), NÇ (%15) SÖ (%15), NU (%15) NKY (%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): Author İD (%20), AB (%20), NÇ (%20) SÖ (%20), NU (%20)

Veri Analizi (Data Analysis): Author İD (%30), AB (%20), NÇ (%10) SÖ (%10), NU (%10), NKY (%20)

Makalenin Yazımı (Writing up): İD (%50), AB (%20), NÇ (%30)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): İD (%60) NÇ (%40)

Teşekkür:

Bu çalışma, TÜBİTAK 117O192 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adkins, S., 2000. Tomato spotted wilt virus -positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*, 1, 151-157.
- Arogundade, O., Balogun, O. S., Kumar, P. L. 2019. Seed transmissibility of Cucumber mosaic virus in Capsicum species. *International Journal of Vegetable Science*, 25(2): 146-153. doi:10.1080/19315260.2018.1487498
- Arlı-Sökmen, M., Mennan, H., Sevik, M.A., Ecevit, O., 2005. Occurrence of viruses in field- grown pepper crops and some of their reservoir weed hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*, 33(4): 347-358. doi:10.1007/BF02981301
- Avilla, C., Collar, J. L., Duque, M., Fereres, A., 1997. Yield of bell pepper (*Capsicum annuum*) inoculated with CMV and/or PVY at different time intervals/Ertrag von Paprika (*Capsicum annuum*). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 104(1):1-8.
- Beşkeçili, M., Güneş, N., Gümüş, M., 2021. Antalya ili Demre ilçesi biber yetiştiriciliğinde Tomato spotted wilt virus (TSWV) ve Cucumber mosaic virus (CMV) etmenlerinin yaygınlığının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3): 399-405. doi:10.20289/zfdergi.799432
- Boiteux, L.S., Nagata, T., Dutra, W.P., Fonseca, M.E.N., 1993. Sources of resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) in cultivated and wild species of Capsicum. *Euphytica*, 67, 89-94.
- Buzkan, N., Demir, M., Öztekin, V., Mart, C., Çağlar, B. K., Yılmaz, M. A., 2006. Evaluation of the status of capsicum viruses in the main growing regions of Turkey, *EPPD Bulletin*, 36(1): 15-19.
- Buzkan, N., Arpacı, B.B., Simon, V., Fakhfakh, H., Moury, B., 2013. High prevalence of poleroviruses in field-grown pepper in Turkey and Tunisia. *Archives Virology*, 158(4): 881-885. doi:10.1007/s00705-012-1553-y
- Clark, M.R., Adams, A.M., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, 34, 475-483. doi: 10.1099/0022-1317-34-3-475
- Çağlar, B. K., Fidan, H., Elbeaino, T., 2013. Detection and molecular characterization of Pepper mild mottle virus from Turkey. *Journal of Phytopathology*, 161(6). 434-438. doi: 10.1111/jph.12068
- Çelik, N., Özalp, R., Göçmen, M., 2012. Antalya ili örtü altı biber yetiştiriciliğinde Patates Y Virüsü (PVY) patotiplerinin belirlenmesi ve bazı biber çeşitlerinin PVY'ye karşı reaksiyonları. *Bitki Koruma Bülteni*, 52(3): 235-246.
- Çiçek, Y., Yorgancı, Ü., 1991. Studies on the incidence of Tobacco Mosaic Virus on certified seed of tomato, pepper and eggplant in Aegean Region. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 20(2-3): 57-65.
- Deligoz, I., Arlı Sokmen, M., Sari S., 2014. First report of resistance breaking strain of Tomato spotted wilt virus (Tospovirus; Bunyaviridae) on resistant sweet pepper cultivars in Turkey. *New Disease Reports*, 30, 26. doi: 10.5197/j.2044-0588.2014.030.026
- Deligoz, İ., Arlı Sökmen, M., 2020. Samsun ilinde biber alanlarında enfeksiyon oluşturan Potato virus Y patotiplerinin belirlenmesi ve moleküler karakterizasyonu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3): 483-495. doi:10.7161/omuanajas.697731
- Erkan, S., 1986. Potato virus Y on pepper in Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 26, 149-150.
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize (Erişim:27.05.2022).
- Ferrand, L., García, M. L., Resende, R. O., Balatti, P. A., Dal Bó, E., 2015. First report of a resistance-breaking isolate of Tomato spotted wilt virus infecting sweet pepper harboring the Tsw gene in Argentina. *Plant Disease*, 99(12): 1869-1870. doi:10.1094/PDIS-02-15-0207-PDN
- Fidan, H., 2016. Antalya'da örtü altı domates ve biber alanlarında dayanıklılık kıran Tomato spotted wilt virus (TSWV) izolatları. VI. Türkiye Bitki Koruma Kongresi, 560, 5-8 Eylül, Konya.
- Fidan, H., Sarıkaya, P., Yıldız, K., Topkaya, B., Erkiş, G., Calis, O., 2021. Robust molecular detection of the new Tomato brown rugose fruit virus in infected tomato and pepper plants from Turkey. *Journal of Integrative Agriculture*, 20 (8): 2170-2179. doi:10.1016/S2095-3119(20)63335-4
- Green, S. K., Kim, J. S., 1991. Characteristics and control of viruses infecting peppers: a literature review. *Asian Vegetable Research and Development Center. Technical Bulletin No:18*, 60p.
- Güldür, M.E., Ozaslan, M., Baloglu, S., Yılmaz, M.A., 1994. Pepper mild mottle virus in pepper in Turkey. *Proceedings of 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union*, 465-467. 18-24 September, Kusadasi.
- Güldür, M.E., Çağlar, B.K., 2006. Outbreaks of Pepper mild mottle virus in greenhouses in Sanlıurfa, Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 88(3): 337-340.
- Güneş, N., Gümüş, M., 2019. Detection and characterization of Tomato spotted wilt virus and Cucumber mosaic virus on pepper growing areas in Antalya. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(3): 259-271. doi: 10.15832/ankutbd.499144

- Keleş Öztürk, P., Baloğlu, S., 2019. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde açık alanda yetiştirilen biberlerde bazı virüslerin serolojik ve moleküler tanısı. *Alatırım*, 18(1): 1-11.
- Kenyon, L., Kumar, S., Tsai, W. S., Hughes, J. D. A., 2014. Virus diseases of peppers (*Capsicum* spp.) and their control. *Advances in Virus Research*, 90, 297-354. doi:10.1016/B978-0-12-801246-8.00006-8
- Margaria, P., Ciuffo, M., Turina, M., 2004. Resistance breaking strain of Tomato spotted wilt virus (Tospovirus, Bunyaviridae) on resistant pepper cultivars in Almeria. Spain, *Plant Pathology*, 53, 795. doi:10.1111/j.1365-3059.2004.01082.x
- Margaria, P., Ciuffo, M., Pacifico, D., Turina, M., 2007. Evidence that the nonstructural protein of Tomato spotted wilt virus is the avirulence determinant in the interaction with resistant pepper carrying the Tsw gene. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 20(5): 547-558. doi: 10.1094/MPMI-20-5-0547
- McDonald, B., 2010. How can we achieve durable disease resistance in agricultural ecosystems?. *New Phytologist*, 185 (1): 3-5. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.03108.x
- Moury, B., Verdin, E., 2012. Viruses of pepper crops in the Mediterranean basin: a remarkable stasis. In Loebenstein, G., Lecoq, H. (Eds). *Advances in virus research*. Academic Press, 84, 127-162. doi: 10.1016/B978-0-12-394314-9.00004-X
- Murphy, J. F., Bowen, K. L., 2006. Synergistic disease in pepper caused by the mixed infection of Cucumber mosaic virus and Pepper mottle virus. *Phytopathology*, 96(3): 240-247. doi: 10.1094/PHYTO-96-0240
- Nilon, A., Robinson, K., Pappu, H. R., Mitter, N., 2021. Current status and potential of RNA interference for the management of tomato spotted wilt virus and thrips vectors. *Pathogens*, 10(3): 320. doi:10.3390/pathogens10030320
- Özaslan, M., Baç, B., Aytakin, T., Sıgırcı, Z., 2006. Identification of pepper viruses by das-elisa assays in Gaziantep-Turkey. *Plant Pathology Journal*, 5(1): 11-14. doi: 10.3923/ppj.2006.11.14
- Özdemir, S., Erilmez, S., 2007. Denizli ilinde yetiştirilen biber, patlıcan ve marul üretim alanlarında bazı viral etmenlerin saptanması. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi*, 114, 27-29 Ağustos, Isparta.
- Palukaitis, P., Roossinck, M.J., Dietzgen, R.G., Francki, R.I.B., 1992. Cucumber mosaic virus. *Advances in Virus Research*, 41, 281-349. doi: 10.1016/S0065-3527(08)60039-1
- Parisi, M., Daniela, A., Pasquale, T., 2020. Overview of biotic stresses in pepper (*Capsicum* spp.): Sources of genetic resistance, molecular breeding and genomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7): 2587. doi: 10.3390/ijms21072587
- Pernezny, K., Robert, P.D., Murphy, J.F., Goldberg, N.P., 2003. Compendium of pepper diseases. *The American Phytopathological Society*, St. Paul, MN, 1, 24-25.
- Pink, D.A.C., Hand, P., 2003. Plant resistance and strategies for breeding resistant varieties. *Plant Protection Science*, 38, 9-14.
- Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S., Creamer, R., Liddell, C., 2002. Pepper mottle virus causing disease in chile peppers in southern New Mexico. *Plant Disease*, 86(6): 603-605. doi: 10.1094/PDIS.2002.86.6.603
- Roggero, P., Masenga, V., Tavella L., 2002. Field isolates of Tomato spotted wilt virus overcoming resistance in pepper and their spread to other hosts in Italy. *Plant Diseases*, 86(9): 950-954. doi:10.1094/PDIS.2002.86.9.950
- Sevik, M. A., 2011. Occurrence of pepper mild mottle virus in greenhousegrown pepper (*Capsicum annuum* L.) in the West Mediterranean region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(25): 4976-4979.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr. URL: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=926&locale=tr (Erişim Tarihi:6.06.2020).
- Uzunoğulları, N., Gümüş, M., 2015. Marmara Bölgesi'nde bazı kültür bitkilerinde doğal enfeksiyona neden olan hıyar mozaik virüsü (Cucumber mosaic virus, CMV) nün tespiti. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 16(1): 9-15.
- Whitfield, A.E., Ullman, D.E., German, T.L., 2005. Tospovirus thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 459-489. doi: 10.1146/annurev.phyto.43.040204.140017
- Wijkamp, I., 1995. Virus-Vector Relationships in The Transmission of Tospoviruses, Doctoral Thesis, Wageningen s.143.
- Yılmaz, M.A., Davis, R.F., 1985. Identification of viruses infecting vegetable crops along the mediterranean sea coast in Turkey. *Journal Turkish Phytopathology*, 14(1): 1-8.
- Yoon, J. Y., Her, N. H., Cho, I. S., Chung, B. N., Choi, S. K., 2021. First report of a resistance-breaking strain of Tomato spotted wilt orthotospovirus infecting *Capsicum annuum* carrying the Tsw resistance gene in South Korea. *Plant Disease*, 105(8): 2259. doi:10.1094/PDIS-09-20-1952-PD



Characterization of White, Yellow, Red, And Purple Colored Corns (*Zea Mays Indentata L.*) According to Bio - Active Compounds and Quality Traits

Beyaz, Sarı, Kırmızı ve Mor Renkli Mısırların (*Zea Mays Indentata L.*) Biyo - Aktif Bileşenler ve Kalite Özellikleri Bakımından Karakterizasyonu

Elif ÖZDEMİR¹, Rahime CENGİZ², Bayram SADE³

¹Crop Science Department, Agriculture Faculty, Selçuk University, Konya
• elifyetim@selcuk.edu.tr • ORCID > 0000-0003-3153-1739

²Crop Science Department, Agriculture Faculty, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya
• rcengiz24@gmail.com • ORCID > 0000-0001-6355-7496

³Energy Management Department, Faculty of Business and Administrative Sciences, KTO Karatay University, Konya
• bayram.sade@karatay.edu.tr • ORCID > 0000-0003-3245-9919

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 10 Haziran / June 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 01 Aralık / December 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 131-144

Atıf/Cite as: Özdemir, E., Cengiz, R., Sade, B. "Characterization of White, Yellow, Red, And Purple Colored Corns (*Zea Mays Indentata L.*) According to Bio - Active Compounds and Quality Traits" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(1), February 2023: 131-144.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Elif ÖZDEMİR

CHARACTERIZATION OF WHITE, YELLOW, RED, AND PURPLE COLORED CORNS (*ZEA MAYS INDENTATA L.*) ACCORDING TO BIO - ACTIVE COMPOUNDS AND QUALITY TRAITS

ABSTRACT

The study was conducted to highlight differences of colored corns according to bio — active compounds and quality traits in Selçuk University, Agriculture Faculty, Crop Science Department, Konya/Turkey. At the study we attempted to explain the impacts of grain color (white, yellow, red, and purple) factor on bio — active compounds as total antioxidant activity, total phenolic compounds, total flavonoids, total anthocyanin content, total carotenoids, and some quality traits as grain fat content, grain protein content, grain starch content and amylose — amylopectin rate. All analysis was practiced at three coincidentally chosen samples for each trait. Wide and significant variations were observed among the genotypes at all traits except grain fat content feature. While purple corn had the highest values at six (total antioxidant activity, total phenolic compounds, total flavonoids, total anthocyanin content, grain fat content and grain starch content) of nine characters; the red and the white ones had the highest values one of [total carotenoids (red corn), grain protein content (white corn)] nine characters in the study. Results of the study showed that grain color changes had remarkable effects on bio — activate contents and some quality features and exhibited possibility of using colored corns as bio – active resources in human and animal nutrition.

Keywords: Antioxidants, Phenolic Compounds, Flavonoids, Anthocyanins, Carotenoids.



BEYAZ, SARI, KIRMIZI VE MOR RENKLİ MISIRLARIN (*ZEA MAYS INDENTATA L.*) BİYO - AKTİF BİLEŞENLER VE KALİTE ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN KARAKTERİZASYONU

ÖZ:

Çalışma renkli mısırların bio — aktif bileşenler ve kalite özellikleri bakımından farklılıklarını belirlemek amacıyla Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya/Türkiye’ de yürütülmüştür. Bu çalışmada mısırdaki tane rengi faktörünün (beyaz, sarı, kırmızı ve mor) total antioksidanlar, total fenolik bileşenler, total flavanoidler, total antosiyaninler, total karotenoidler gibi biyo — aktif bileşenler ile, tane yağ içeriği, tane protein içeriği, nişasta içeriği ve amiloz —

amilopektin oranı gibi kalite özelliklerine etkileri belirlenmiştir. Tüm analizler her bir analiz için üç kez tesadüfen seçilmiş örneklerde yapılmıştır. Tane yağ içeriği karakteri dışındaki tüm özelliklerde istatistik olarak önemli varyasyonlar görülmüştür. Mor mısır dokuz karakterin altısında (total antioksidan aktivitesi, total fenolik bileşenler, total flavonoid, total antosiyanin içeriği, tane yağ içeriği ve tane nişasta içeriği) en yüksek değerlere sahip olurken; kırmızı ve beyaz renkli mısırlar dokuz karakterin birinde en yüksek değere sahip olmuşlardır [total karotenoid (kırmızı mısır); tane protein içeriği (beyaz mısır)]. Çalışmanın sonuçları tane rengindeki farklılığın biyo — aktif bileşenler ve bazı kalite özelliklerinde önemli değişikliklere neden olduğunu; renkli mısırların insan ve hayvan beslenmesinde biyo — aktif kaynaklar olarak da değerlendirilmesinin mümkün olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidanlar, Fenolik Bileşenler, Flavanoidler, Antosiyaninler, Karotenoidler.



1. INTRODUCTION

About 2 billion people suffer from micronutrient deficiency around the world. Although cereals are responsible 50% of human nutrition; they are deficient by essential minerals and vitamins. While yield increased nearby 530% with green revolution; new generation corn genotypes are still poor in micronutrients according to local populations and traditional varieties (Ashokkumar et al., 2020). The economic and nutritional value of maize grains is mainly due to its high starch (73%), protein (9%) and oil (4%) contents (Özdemir and Sade, 2019). Maize is also known with its wide range of grain color variation. Purple corn trade had been increased near by 467% between 1998 — 2002 years according to “United Nations Bio-Trade Facilitation Program”. Purple corn usage as a natural colorant is very common particularly in Germany, France, Italy and Japanese. Anthocyanins that are basic compounds of purple corn, decrease risky of cardiovascular diseases, obesity, diabetes, cancer and some chronic diseases (Fei et al., 2017). Oxidative stress is defined as corruption of redox balance against antioxidants (Lobo et al., 2010; Magaña-Cerino et al., 2020). Antioxidative defense is effective enough during normal metabolic conditions; but defense system sometimes must be supported artificially under unfavorable situations. Vitamin C, E, carotenoids, anthocyanins and flavonoids can balance redox cycle of plants and animals (Kasote et al., 2015). Human consumed anthocyanins rich fruits and vegetables have lower risks of having cancer, diabetes and cardiovascular diseases was reported in many epidemiological studies (Pandey and Rizvi, 2009). Anthocyanins get attention of especially food industry’s producers because of being colorants from natural resources and have a wide range of color spectrum. They are responsible of red, blue, and violet colors of plant tissues

and foods. Pharmacological and therapeutic effects of anthocyanins gained them properties as related humans' health beside their food colorant usage (Yang and Zhai, 2010). In many studies conducted so far anthocyanin's detoxifying effects of free radicals that cause chronically illnesses as atherosclerosis, aging, diabetes, and hypertension were reported as well (Fei et al., 2017; Kim et al., 2013; Long et al., 2013; Urias-Lugo et al., 2015). Anthocyanins are water soluble flavonoids of polyphenolic pigments. Corns that have colored grains are known as rich antioxidant resources as well. Being natural and reliable of plant sourced anthocyanins increased their popularity day by day. Anthocyanins from natural antioxidants have ability of detoxifying ROS (reactive oxygen species) that cause cell damage. It was reported that antioxidant enzymes in milk and plasma of ruminants that consumed anthocyanin rich purple corn were higher (Tian et al., 2019).

Carotenoids are important components for human nutrition. All these yellow and orange pigments are tetraterpenes. Those with C and H atoms in their structure are known as carotenes, those with C and H together with O atoms are collectively known as xanthophylls. The long — term conjugate bonds and elemental structures of all carotenoid forms determine their color, revealing their biological activities and antioxidant capacities. Previous research has identified a relationship between the intake of these ingredients and the prevention of cancer, heart disease, and age-related degeneration (Kahrıman et al., 2019).

The aim of the study is explaining the impacts of grain color (white, yellow, red, and purple) factor on bioactive compounds as total antioxidants, total phenolic compounds, total flavonoids, total anthocyanins, total carotenoids, and some quality traits as grain fat content, grain protein content, grain starch content and amylose-amylopectin rate.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

White, yellow, red, and purple seeds of dent corn variety group were used as materials that were obtained from "Sakarya Maize Research Institute". The seeds of each genotype were from long term self-pollinated populations and produced in Sakarya/Turkey at 2018 growing season.

2.2. Methods

Enough seed samples from each genotype were grinded with the grinder "BOS-CH TSM6A013B" at approximately 15% grain moisture. The moisture contents of the seed samples were detected by "Kett Grain Moisture Tester, Model PM 600".

The powder was sieved with 0.5 mm sieve. All analysis was practiced at three co-incidently chosen samples.

Total Antioxidant Activity (TAA)

DPPH (2,2 – Diphenyl – 1 – picrylhydrazyl) radical scavenging activity of phenolics was assessed by measuring the capacity of bleaching a black colored methanol solution of DPPH radical according to (Khampas et al., 2013). A 4.5 ml DPPH solution was added on 0.5 ml phenolic extract. The mixture was vortexed and left to stand for 30 minutes in dark. The absorbance values of samples were measured at 517 nm against solvent blank.

The scavenging rate on DPPH radicals was calculated according to the formula as follows:

$$\text{Scavenging rate (\%)} = \left[\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right] \times 100$$

where A_0 is the absorbance of the control (0.5 ml extraction solvent with 4.5 ml DPPH solution) and A_1 is the absorbance in the presence of phenolic extracts solution.

Total Anthocyanin Content (TAC)

Anthocyanins were analyzed following procedure of Cervilla et al. (2012). A 0.1 g DW (dry weight) sample was homogenized in 5 ml propanol and HCl solution. Homogenates were centrifuged at 5000 rpm. All samples were left at room conditions for 24 hours. Afterwards tubes were centrifuged at 6500 rpm. Absorbance readings at 535 nm were taken and corrected for background absorbance at 700 nm in a UV Spectrophotometer (Leticia et al., 2009).

Total Phenolic Compounds (TPC)

The total phenolic compounds of grinded corn grains were extracted using methanol according to Mohsen and Ammar (2005) with some modifications. Extraction was carried out using a shaking incubator at room temperature, followed by filtration through Whatman No.1 filter paper. The total phenolic compounds was determined according to the Folin – Ciocalteu method (Konrade and Klava, 2017) using gallic acid standard calibration curve.

Total Flavonoids (TF)

Grain total flavonoids concentrations were determined according to Jothy et al. (2011). 0.5 ml seed extract (1 mg ml⁻¹) (Konrade and Klava, 2017) was added

falcon tubes and mixed with 2 ml distilled water. Subsequently 0.15 ml aluminum trichloride was added and allowed to stand for 6 min; then 2 ml sodium hydroxide was added to reaction mixture. The final volume was completed up to 5 ml with distilled water. After 15 minutes absorbance of pink color was measured at 510 nm with UV spectrophotometer against blank. Total flavonoids were calculated according to Quercetin standard calibration curve.

Total Carotenoids (TC)

Total carotenoids were detected according to Rocha et al. (2015). Briefly, 2 g grain samples were ground with cold acetone (25 ml). The mixture was agitated for 10 min, followed by filtration using Whatman No. 1 filter paper. The filtrate was transferred into a separation funnel and partitioned with petroleum ether (20 ml). To remove the acetone, the filtrate was washed with distilled water (100 ml) and the lower phase was discarded. The procedure was repeated twice. The petroleum ether layer was filtrated by using Whatman No. 1 filter paper covered with 5 g of anhydrous sodium sulphate to remove residual water. The petroleum ether extracts were pooled, and the volume was adjusted to 25 mL with petroleum ether. The absorbance was measured at 450 nm to determine the total carotenoids content using the following formula:

$$\text{Total carotenoids } (\mu\text{g } \beta\text{-carotene } \text{g}^{-1}) = \frac{[A \times V (25 \text{ ml}) \times 10^4]}{[E\%1\text{cm} \times P (2\text{g})]}$$

Grain Starch Content (GSC)

Each sample was extracted with HCl (1%) then sedimented with phosphorus wolfram acid. Optical rotations of solutions were determined with polarimeter. Results were concerted and recorded according to Alan et al. (2015).

Amylose/Amylopectin

Amylose and amylopectin rate was determined according to Galicia et al. (2008) by using spectrophotometry. The calibration curve of standard potato amylose was used to modify the results.

Grain Fat Content (GFC)

Grain fat content was determined according to Khan et al. (2014) with soxhlet extractor. Fifteen gram of each sample was treated with n – hexane; after extraction, oil and n – hexan was evaporated from each other. Oil content was calculated and recorded as % oil content.

Grain Protein Content (GPC)

Grain protein content rate was detected according to Radha et al. (2013) with Lowry method then results were converted and recorded as % protein rate.

2.3. Statistical Analysis and Evaluation

All data shown are the mean values. Data were statistically analyzed according to “Completely Randomized Plot Design” with the analysis of variance [ANOVA (One – Way)] in MINITAB software, means were grouped by Tukey’ s multiple range test at the 0.05 level of significance. Correlation analyses were done in the MINITAB software at the 0.01 and 0.05 level of significance as well.

3. RESULTS AND DISCUSSION

This study was conducted to characterized different colored maize genotypes according to bioactive compounds and some quality traits. White, yellow, red, and purple corn grains were used as materials in the trial. Total antioxidant activity, TPC, TF, TAC, TC, GFC, GPC, GSC and amylose/amylopectin features were determined for this aim. According to the results of variance analysis, wide variations were observed among all genotypes at all traits except GFC (Table 1). While the highest TAA (10.24%) was obtained from purple corn; the lowest value was from the white one (1.57%). The red corn had more TAA (10.12%) than the yellow (6.43%) one but not as higher as the purple corn. It may be concluded that TAA results indicated a correlation between antioxidant levels and pigment concentrations because of increasing TAA level while grain’s color becomes darker (Figure 1, Table 2). Correlations of the traits were investigated as well. Total antioxidant trait had significant and positive correlations with TPC (0.63*), TF (0.83**) and GSC (0.58*) characters (Table 3). Antioxidants prevent oxidative degeneration and protect health in biological systems (Halliwell et al., 1992). Purple corn is rich in antioxidants; so detoxifying effects of it has been tried so far also in vivo and in vitro conditions. Results of these studies verified it’ s strong detoxifying effects (Fei et al., 2017). Results of this trial are also compatible with literature; Khampas et al. (2013) detected TAA levels between 13.2% – 68.9%.

Total anthocyanin contents of the genotypes were determined as well. According to the results purple corn (373.78 mg 100g⁻¹ C3G) had the highest TAC level and followed by red (16.14 mg 100g⁻¹ C3G), white (7.51 mg 100g⁻¹ C3G), and yellow (6.26 mg 100g⁻¹ C3G) ones respectively (Table 1, Figure 1, Table 2). While grain color concentration increased, TAC level increased as well like TAA, but the yellow corn left behind of the white one at this trait. Total anthocyanin content had significant and positive correlations with TPC (0.88**), TF (0.83**), GFC (0.59*) and GSC (0.61**) traits. Martínez-Martínez et al. (2019) stated TAC between 0.73

and 36.12 mg 100g⁻¹ C3G while Zilic et al. (2012) reported 2.50 – 696.7 mg C3G kg⁻¹ TAC levels. Navarro et al. (2018) detected in wide range of varying amounts anthocyanin levels; between 0.018 – 1600 mg 100g⁻¹ C3G in purple corn. Purple corn is known with its higher anthocyanin contents that indicates higher antioxidant potentials such that anthocyanin level of purple corn is higher than blueberry that is popular with high anthocyanin concentrations (1.3 – 3.8 mg g⁻¹ FW) (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2003; Li et al., 2008; Wu et al., 2006).

Total phenolic contents changed due to color concentrations; purple corn (188.99 mg 100g⁻¹ GAE) has garnered attention with its highest TPC as well (Table 1, Table 2, Figure 1). Méndez-Lagunas et al. (2020) determined average 307.57 mg 100g⁻¹ GAE TPC at purple corn samples; at another study Cuevas Montilla et al. (2011) detected TPC ranged from 311.00 mg 100g⁻¹ GAE to 817.60 mg 100g⁻¹ GAE. Martínez-Martínez et al. (2019) reported TPC between 68.19 and 137.39 mg 100g⁻¹ GAE at purple corn samples as well. Total phenolic concentrations represent significant and positive correlations with other traits as TF (0.82**) and GSC (0.59*) (Table 3). Phenolic compounds are second metabolism productions in plants and animals. There are soluble and non-soluble forms of them.

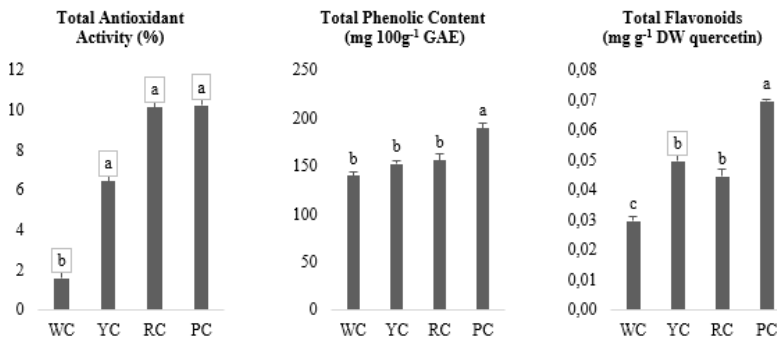
Table 1. Variance analysis results of all traits

Çizelge 1. Tüm özelliklere ait varyans analiz sonuçları

Source	DF	TAA	TAC	TPC	TC	TF	GFC	GPC	GSC	Amylose/Amylopectin
Genotype	3	285.67**	297968**	4041.50**	670.28**	0.0024**	1.90	9.00**	95.22**	0.09**
Error	8	28.69	1846	713.00	20.02	0.0001	2.56	0.35	46.91	0.01
Total	11	314.36	299814	4754.50	690.30	0.0025	4.64	9.35	142.13	0.09

**P<0.01
*P<0.05

TAA	: Total Antioxidant Activity (%)	TC	: Total Carotenoids (µg β – carotene g ⁻¹)	GPC	: Grain Protein Content (%)
TAC	: Total Anthocyanin Content (mg 100g ⁻¹ C3G)	TF	: Total Flavonoids (mg g ⁻¹ DW Quercetin)	GSC	: Grain Starch Content (%)
TPC	: Total Phenolic Compounds (mg 100g ⁻¹ GAE)	GFC	: Grain Fat Content (%)		



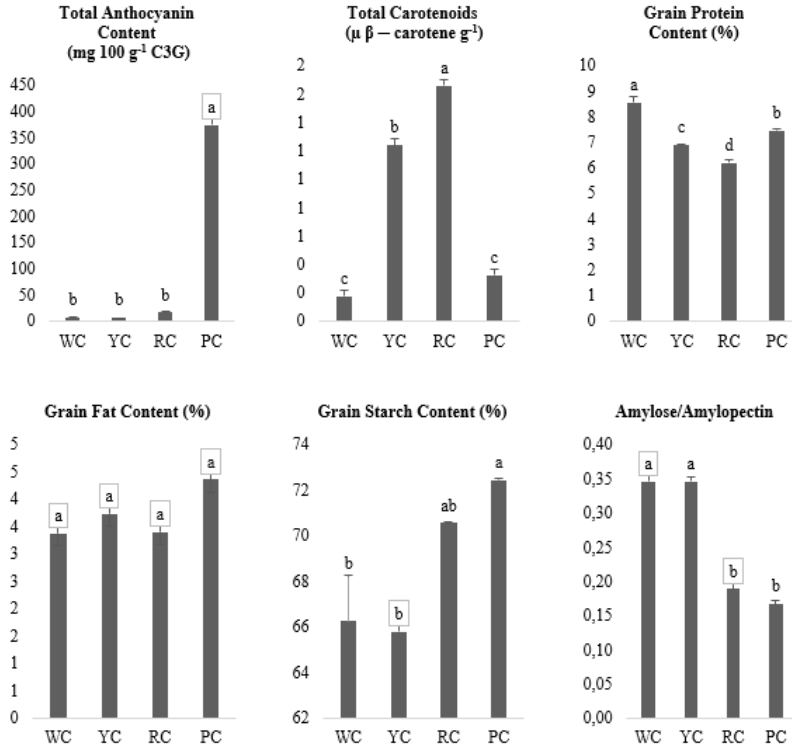


Figure 1. Means of TAA, TPC, TF, TAC, TC, GPC, GFC, GSC and Amylose/Amylopectin features

Şekil 1. TAA, TFB, TF, TAİ, TK, TPI, TYİ, TNİ ve Amiloz/Amilopektin özelliklerinin ortalamaları

Table 2. Comparison means of all features of each genotype

Çizelge 2. Tüm genotiplerin denemeye konu özelliklere ait ortalamalarının karşılaştırması

TAA	Purple > Red > Yellow > White
TAC	Purple > Red > White > Yellow
TPC	Purple > Red > Yellow > White
TC	Red > Yellow > Purple > White
TF	Purple > Yellow > Red > White
GFC	Purple > Yellow > Red > White
GPC	White > Purple > Yellow > Red
GSC	Purple > Red > White > Yellow
Amylose/Amylopectin	White = Yellow > Red > Purple

Table 3. Correlation coefficients of all traits with each other*Çizelge 3. Denemeye konu özelliklerin korelasyonları*

Features	TAA	TAC	TPC	TC	TF	GFC	GPC	Amylose/ Amylopectin
TAC	0.54							
TPC	0.63*	0.88**						
TC	0.52	-0.22	0.03					
TF	0.83**	0.83**	0.82**	0.04				
GFC	0.49	0.59*	0.43	-0.16	0.70**			
GPC	-0.65*	0.10	-0.21	-0.85**	-0.29	-0.01		
Amylose/Amylopectin	-0.74**	-0.64*	-0.66**	-0.50	-0.63*	-0.19	0.40	
GSC	0.58*	0.61*	0.59*	0.30	0.53	0.03	-0.24	-0.07**

**P<0.01

* P<0.05

Soluble phenolics that show a wide range of variation are effective on grain color formation (Liyama et al., 1994; Takanori et al., 1994). Total phenolic compounds are antioxidants, besides their responsibility of grain color formation; they are also effective on grain hardness of white corns. Effects of phenolic concentrations on grain hardness of white corn depends on ferulic acid concentrations of cell wall (Chalker – Scott, 1999). Purple corn is very rich in phenolic compounds and include anthocyanins and flavonoids as phenolics (Gonzalez – Manzano et al., 2008). Red grain corns are also very rich in phenolic compounds compared with uncolored genotypes (Chalker – Scott, 1999).

According to the results of TF concentration, purple corn (0.07 mg g⁻¹ DW Quercetin) had higher TF than all other genotypes of the trial. Yellow one followed purple corn with 0.05 mg g⁻¹ DW Quercetin flavonoid (Figure 1; Table 2). Martínez-Martínez et al. (2019) reported TF values ranged from 0.02 to 0.10 mg g⁻¹ DW Quercetin. Similar results were obtained from the study as previous. Total flavonoid feature has significant and positive correlations with GFC (0.70*) as summarized at Table 3. Plant resources natural compounds get attention of producers with being economic, bioavailability, reliability and minimum side effects (Navarro et al., 2018). Flavonoids have potential of acting as anti-cancer agents that triggers cytotoxic cancer cell apoptosis therewithal get attention of scientist with antioxidant and neuroprotective effects (Abotaleb et al., 2019).

A remarkable relation was not observed between color and carotenoid content because carotenoid concentration was lower at purple corn (0.32 µg β – carotene g⁻¹) that has the highest pigmentation. Red (1.66 µg β – carotene g⁻¹) and yellow (1.24 µg β – carotene g⁻¹) genotypes had higher TC concentrations although lower pigmentation than purple one (Figure 1; Table 2). Total carotenoids have significant

and negative relations with GPC (-0.85**) trait as represented at Table 3. There are limits to major and minor components in the literature to specify maize genotypes. These limits indicate that maize genotypes can be classified. For example, maize genotypes containing more than 6 – 7% fat are called high-fat maize, while those with carotenoids over 50 micrograms per gram are high carotenoids (Kahrıman et al., 2021). Messias et al. (2014) reported TC ranged from 10.03 to 61.50 $\mu\text{g g}^{-1}$ β – carotene while Khampas et al. (2013) revealed TC between 1.00 – 35.60 $\mu\text{g g}^{-1}$ β – carotene. Trono (2019) reported widely varying TC values and declared carotenoid concentrations between 1.60 and 156.14 $\mu\text{g g}^{-1}$ β – carotene at corn grain samples. Main carotenoids that are essential for human nutrition are α , β – caroten, β – cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin and lycopene and are metabolized to provitamin-A in human metabolism. Carotenoids cannot be produced in human body thus must be taken regularly in human diet otherwise deficiency of them can cause blindness and this is very common in some countries in the world (Ashokkumar et al., 2020; Davey et al., 2009; Fraser and Bramley, 2004). Phytochemicals of cereals are localized at outer part of the grains more than inner. Those kind of bio activated compounds have ROS detoxification, minimizing peroxidase forms and activating antioxidant enzymes (Smuda et al., 2018). To be rich in those kinds of bio-activated compounds of a genotype can gain it nutrition values as well.

A wide variation was observed among genotypes according to GSC in the trial (Figure 1; Table 2). Purple corn (72.43%) has the highest starch and followed by red (70.55%), white (66.26%), and yellow (65.79%) genotypes. It was supposed that grain massiveness is more effective on formation of this trait more than grain color because purple corn is the one that has the biggest grains in the trial.

Fluctuations were observed at GPC rates. The highest values were obtained from white corn (8.55%) and followed by purple (7.46%), yellow (6.90%) and red (6.18%) ones (Figure 1, Table 2). Purple corn (4.36%) was the genotype with the highest GOC and followed by yellow (3.73%), red (3.40%) and white (3.37%) genotypes (Figure 1, Table 2). Özdemir and Sade (2019) reported that a standard corn grain contains 73% starch, 9% protein and 4% oil. Findings of this trial are compatible with the previous knowledge as well (Table 1).

While amylose/amylopectin results were investigated it was observed that purple (0.17) and red corns (0.19) that are in the same color scale has lower rates than yellow (0.35) and white (0.35) ones. Amylose/amylopectin feature had significant and negative relations with some other traits as TAA (-0.74**), TAC (-0.64*), TPC (-0.66**) and TF (-0.63**) and GSC (-0.07**) (Table 3). This situation could indicate relation of color and amylose/amylopectin trait (Table 2). While common corn amylose/amylopectin rate is near by 0.38; this value goes up 1.94 at amylose maize according to Xie et al. (2020). Chen et al. (2021) revealed that amylose/amylopectin rates can increase till 4. Yalçın et al. (2020) reported that amylose/

amylopectin values were between 25 – 28% / 72 – 75%. Previous literatures support results of this study. Common starch has higher glycemic index because of easy digestion property. Starch digestion can be decreased with higher amylose content hence glycemic index of starch can be managed with this way. Amylose/amylopectin rate and structure; arrangement, form and position of starch molecule and interactions with other molecules determined physicochemical and functional properties of starch (Shevkani et al., 2017; Yalçın et al., 2020). Hogg et al. (2015) stated that high amylose pasta is richer in enzyme resistant starch that decreases glycemic reaction and prevent cardiovascular diseases compatible with this Yalçın et al. (2020) expressed that amylose/amylopectin is one of the main factors that effects starch digestion as well.

4. CONCLUSION

Results of the study showed distinct advantages of purple corn compared with others. Purple corn had the highest values at 6 (TAA, TAC, TPC, GFC, TF and GSC) of 9 traits. The red one also had higher values than others after the purple one. These results indicated a relation between color factor and features subjected of this study therefore it is possible claiming that colored corns can be used as source of bio – active compounds in animal and human nutrition. According to the results of the trial yellow and white corns amylose/amylopectin values were higher than the purple and red ones. These findings indicated higher amylopectin rates of purple and red corns. These genotypes can be used in breeding programs with the aim of decreasing starch digestion as well.

Conflict of Interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics:

This study does not require ethics committee approval.

Authors Contribution Rates:

Design of the Study: EÖ (60%), RC (20%), BS (20%)

Data Acquisition: EÖ (70%), RC (15%), BS (15%)

Data Analysis: EÖ (70%), RC (15%), BS (15%)

Acknowledgement:

This study was supported by SUSRP (Selcuk University Scientific Research Projects) with 20401021 coded project.

REFERENCES

- Abotaleb, M., Samuel Mathew, S., Varghese, E., Varghese, S., Kubatka, P., Liskova, A., Büsselberg, D., 2019. Flavonoids in cancer and apoptosis. *Cancers*, 11(1): 1-28.
- Alan, Ö., Kinacı, E., Kinacı, G., Başçıftçı, Z. B., Evrenosoğlu, Y., Sönmez, K., Kutlu, I., 2015. Determination of variations in sweet corn kernel quality in relation to post harvest usage. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2): 49-58.
- Ashokkumar, K., Govindaraj, M., Karthikeyan, A., Shobhana, V., Warkentin, T., 2020. Genomics-integrated breeding for carotenoids and folates in staple cereal grains to reduce malnutrition. *Frontiers in Genetics*, 11(414): 1-17.
- Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., Rodriguez, E. S., Rubio-Wilhelmi, M., Romero, L., Ruiz, J. M., 2012. Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of tomato plants. *J. Bot.*, 2012: 1-17.
- Cevallos-Casals, B., Cisneros-Zevallos, L., 2003. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweet potato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(11): 3313-3319.
- Chalker – Scott, L., 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology*, 70(1): 1-9.
- Chen, P., Zhang, Y., Qiao, Q., Tao, X., Liu, P., Xiw, F., 2021. Comparison of the structure and properties of hydroxypropylated acid-hydrolysed maize starches with different amylose/amylopectin contents. *Food Hydrocolloids*, 110(2021): 106-134.
- Cuevas Montilla, E., Hillebrand, S., Antezana, A., Winterhalter, P., 2011. Soluble and bound phenolic compounds in different Bolivian purple corn (*Zea mays L.*) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(13): 7068-7074.
- Davey, M., Mellidou, I., Keulemans, W., 2009. Considerations to prevent the breakdown and loss of fruit carotenoids during extraction and analysis in Musa. *Journal of Chromatography A*, 1216(30): 5759-5762.
- Fei, L., Sigurdson, G., Giusti, M., 2017. Health benefits of purple corn (*Zea mays L.*) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2): 234-246.
- Fraser, P., Bramley, P., 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 43(3): 228-265.
- Galicia, L., Nurit, E., Rosales, A., Palacios – Rojas, N., 2008. Amylose determination in maize grains. Maize Nutrition Quality and Plant Tissue Analysis Laboratory, Laboratory Protocols. CIMMYT International Maize and Wheat Improvement Center Publishes, Mexico.
- Gonzalez – Manzano, S., Perez – Alonso, J., Salinas – Moreno, Y., 2008. Flavanol-anthocyanin pigments in corn: NMR characterisation purple corn phenolic profile and assessment 213 and presence in diferent purple corn varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(7): 521-526.
- Halliwell, B., Gutteridge, J., Cross, C., 1992. Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now? *J Lab Clin Med* 119(6): 598-620.
- Hogg, A., Martin, J., Manthey, F.A., Giroux, M., 2015. Nutritional and quality traits of pasta made from SSIIa null high-amylose durum wheat. *Cereal Chemistry*, 92(4): 395-400.
- Jothy, S., Zuraini, Z., Sasidhara, S., 2011. Phytochemicals screening, DPPH free radical scavenging and xanthine oxidase inhibitory activities of *Cassia fistula* seeds extract. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(10): 1941-1947.
- Kahrıman, F., Onaç, İ., Mert, T., F. Öner, F., Egesel, C., 2019. Determination of carotenoid and tocopherol content in maize flour and oil samples using near-infrared spectroscopy. *Spectroscopy Letters*, 52(8): 473-481.
- Kahrıman, F., Sütal, A., Topçakıl, M., Gezer, Ö., 2021. Prototype near-infrared (NIR) reflectance spectrometer for the analysis of maize flour. *Instrumentation Science & Technology*, 49(5): 521-531.
- Kasote, D., Katyare, S., Hegde, M., Bae, H., 2015. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. *International Journal of Biological Sciences*, 11(8): 982-991.
- Khampas, S., Lertrat, K., Lomthaisong, K., Suriharn, B., 2013. Variability in phytochemicals and antioxidant activity in corn at immaturity and physiological maturity stages. *International Food Research Journal*, 20(6): 3149-3157.
- Khan, A., Asad, M., Azhar, I., Mahmood, R., 2014. Estimation of protein, carbohydrate, starch and oil contents of indigenous maize (*Zea mays L.*) germplasm. *European Academic Research*, 2(4): 5230-5242.
- Kim, T., Kim, J. K., Kang, Y. H., Lee, J. Y., Kang, I. J., Lim S. S., 2013. Aldose reductase inhibitory activity of compounds from *Zea mays L.* *BioMed Research International*, 2013 (727143): 1-8.
- Konrade, D., Klava, D., 2017. Total content of phenolics and antioxidant activity in crispbreads with plant by-product addition. *Rural Sustainability Research*, 38(333): 24-31.

- Leticia, X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C. H., Parkin, K. L., Garcia, H. S., 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *Food Science and Technology*, 42(6): 1187-1192.
- Li, C. Y., Kim, H. W., Won, S. R., Min, H. K., Park, K. J., Park, J. Y., Ahn, M. S., Rhee, H. I., 2008. Corn husk as a potential source of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23): 11413-11416.
- Liyama, K., Lam, T., Stone, B., 1994. Covalent cross-links in the cell wall. *Plant Physiology*, 104(2): 315-320.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N., 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8): 118-128.
- Long, N., Suzuki, S., Sato, S., Naiki-Ito, A., Sakatani, K., Shirai, T., Takahashi, S., 2013. Purple corn color inhibition of prostate carcinogenesis by targeting cell growth pathways. *Cancer Sci*. 104(3): 298-303.
- Magaña-Cerino, J., Peniche-Pavía, H., Tiessen, A., Gurrola-Díaz, C., 2020. Pigmented maize (*Zea mays L.*) contains anthocyanins with potential therapeutic action against oxidative stress – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70(2): 85-99.
- Martínez-Martínez, R., Vera-Guzmán, A. M., Chavez-Servia, J. L., Aquino-Balón, E. N., Carrillo-Rodríguez, J. C., Perez-Herrera, A., 2019. Bioactive compounds and antioxidant activities in pigmented maize landraces. *Interciencia*, 44(9): 549-556.
- Méndez-Lagunas, L., Cruz-Gracida, M., Barriada-Bernal, L., Rodríguez-Méndez, L., 2020. Profile of phenolic acids, antioxidant activity and total phenolic compounds during blue corn tortilla processing and its bioaccessibility. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12): 4688-4696.
- Messias, R., Galli, V., Dos Anjos e Silva, S., Rombaldi, C., 2014. Carotenoid biosynthetic and catabolic pathways: gene expression and carotenoid content in grains of maize landraces. *Nutrients*, 6(2): 546-563.
- Mohsen, S., Ammar, A., 2005. Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. *Food Chemistry*, 112(2009): 595-598.
- Navarro, A., Torres, A., Fernández-Aulis, F., Peña, C., 2018. Bioactive compounds in pigmented maize. *Corn-Production and Human Health in Changing Climate*: 69-91.
- Özdemir, E., Sade, B., 2019. Correlation of some of agro - morphological and physiological traits in maize inbred lines developed in Konya conditions. *Anadolu J Agr Sci.*, 34(2019): 73-77.
- Pandey, K., Rizvi, S., 2009. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5): 270-278.
- Radha, B. N., Channakeshava, B. C., Hullur, N., Pandurange, G. K. T., Bhanuprakash, K., Ramachandrappa, B. K., Munirajappa, R., 2013. Effect of seed ageing on protein quality and quantity in maize. *International Journal of Bioassay*, 3(1): 1708-1713.
- Rocha, A. S., Rocha, E. K., Alves, L. M., Moraes, B. A., Carvalho de Castro, T., Albarello, N., Siöoes-Gurgel, C., 2015. Production and optimization through elicitation of carotenoid pigments in the in vitro cultures of *Cleome rosea* Vahl (*Cleomaceae*). *J. Plant Biochem. Biotechnol.*, 24(1): 105-113.
- Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R., Kaur, A., 2017. Wheat starch production, structure, functionality and applications—a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(1): 38-58.
- Smuda, S., Mohsen, S., Olsen, K., Aly, M., 2018. Bioactive compounds and antioxidant activities of some cereal milling by-products. *Journal of Food Science and Technology*, 55(3): 1134-1142.
- Takanori, T., Watanabe, M., Oshima, K., Narinobu, S., Choi, Sang-Won, Kawakishi, S., Osawa, T., 1994. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O-beta-D-glucoside and cyanidin. *J. Agric. Food Chem.*, 42(11): 2407-2410.
- Tian, X. Z., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Chumpawadee, S., Ban, C., Thongpea, S., 2019. Purple corn (*Zea mays L.*) stover silage with abundant anthocyanins transferring anthocyanin composition to the milk and increasing antioxidant status of lactating dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 102(1): 413-418.
- Trono, D., 2019. Carotenoids in cereal food crops: composition and retention throughout grain storage and food processing. *Plants*, 8(12): 1-21.
- Urias-Lugo, D., Heredia, J., Serna-Saldivar, S., Muy-Rangel, M., Valdez-Torres, J., 2015. Total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity of native and elite blue maize hybrids (*Zea mays L.*). *CyTA-Journal of Food*, 13(3): 336-339.
- Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., Prior, R. L., 2006. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11): 4069-4075.

- Xie, F., Zhang, H., Xia, Y., Ai, L., 2020. Effects of tamarind seed polysaccharide on gelatinization, rheological, and structural properties of corn starch with different amylose/amylopectin ratios. *Food Hydrocolloids*, 105(105854): 1-13.
- Yalçın, E., Masatçioğlu, M., Cındık, B., 2020. Normal, waxy and high-amylose starches and their functional properties in foods. *Gıda*, 45(6): 1261-1271.
- Yang, Z., Zhai, W., 2010. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays L.*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1): 169-176.
- Zilic, S., Serpen, A., Akilloğlu, G., Gokmen, V., Vancetovic, J., 2012. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays L.*) kernels. *J Agric Food Chem* 2012(60): 1224-1231.



Yozgat İli Arıcılık Yapısının ve Arıcılık Faaliyetlerinin Belirlenmesi

Determination of Structure of Beekeeping and Beekeeping Activities in Yozgat

Elif CİLAVDAROĞLU¹, Zekiye GÜNDÜZ²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Samsun
• elif.cilavdaroglu@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-8258-2416

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Yozgat
• zgunduz053@gmail.com • ORCID > 0000-0003-4688-6399

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 18 Ekim / October 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 23 Aralık / December 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 145-162

Atıf/Cite as: Cilavdaroğlu, E., Gündüz, Z. "Yozgat İli Arıcılık Yapısının ve Arıcılık Faaliyetlerinin Belirlenmesi"
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 145-162.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Elif CİLAVDAROĞLU

YOZGAT İLİ ARICILIK YAPISININ VE ARICILIK FAALİYETLERİNİN BELİRLENMESİ

Öz:

Bu çalışma, Yozgat ilinde yapılan arıcılık faaliyetinin mevcut yapısının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma, Yozgat ilindeki 203 adet arı yetiştiricisi konakladıkları yerlerde ziyaret edilerek teknik arıcılık ile ilgili sorular içeren anket çalışması olarak yapılmıştır. Bu çalışmada veri toplama aracı olarak, çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan oluşan anket formu kullanılmıştır. Bu anket çalışmasında sorulan sorularla arıcıların kişisel bilgileri, eğitim durumları, arıcılığa başlama nedenleri, kaç yıldır arılık yaptıkları, arı hastalıkları ve zararlılarını tanıma durumları ve yetiştiriciliği yapılan arı ırkları gibi konularda veriler elde edilmiştir. Ankette kullanılan sorular ildeki arıcılık yapısının genel olarak anlamak ve arıcıların karşılaştıkları sorunları belirlenmeye çalışmak için hazırlanmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, ildeki arıcıların %96.05'nin erkek olduğu ve arıcılık yapan bireylerin yaş ortalaması 51.8 yıl olduğu belirlenmiştir. Arıcıların %35'inin eğitim düzeyinin ilkökul, arıcılık deneyim sürelerinin ortalama 14.07 yıl ve koloni sayıları ortalamalarının 52.63 adet olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda arıcıların ağırlıklı olarak Kafkas ırkı arı kullandıkları, büyük oranda temel petek ve süzme makinası kullandıkları belirlenmiştir. Yozgat ilinde arıcılık işletmelerinde büyük oranda yan gelir kaynağı olarak arıcılık yapmakta oldukları belirlenmiştir. Yaşanan pazarlama sorunları arıcılığı yörede temel geçim kaynağı olarak yapmayı olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle Yozgat ilinde arıcılığın daha ileri seviyelere taşınabilmesi için verimli ve yöreye uyumlu ırkların kullanılması, pazarlama sorunlarının çözülmesi ve arıcılara yönelik teknik bilgilendirme çalışmalarının daha fazla yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yozgat, Arıcılık, Bal Arısı, Anket.



DETERMINATION OF STRUCTURE OF BEEKEEPING AND BEEKEEPING ACTIVITIES IN YOZGAT

ABSTRACT

This study was conducted to determine the current structure of beekeeping activity in Yozgat province. The research was conducted as a survey study, including questions about technical beekeeping by visiting 203 beekeepers in Yozgat in their accommodation. This study used a questionnaire consisting of multiple-choice and open-ended questions as a data collection tool. With the questions asked in

this survey study, data were obtained on subjects such as the personal information of beekeepers, their educational status, the reasons for starting beekeeping, how many years they have been beekeeping, their recognition of bee diseases and pests, and the bee breeds cultivated. The questions used in the questionnaire were prepared to understand the structure of beekeeping in the province and determine the problems beekeepers faced. As a result of the evaluation of the data obtained from the study, it was determined that 96.05% of the beekeepers in the province were male, and the average age of the individuals engaged in beekeeping was 51.8 years. It was determined that 35% of the beekeepers had primary school education, an average of 14.07 years of beekeeping experience, and 52.63 colonies. As a result of the research, it was determined that beekeepers mainly use Caucasian bees, and they mostly use raw comb foundation and centrifugal extractor. It has been determined that beekeeping enterprises in Yozgat primarily use beekeeping as a source of side income. The experienced marketing problems negatively affect beekeeping as the primary source of income in the region. For this reason, to carry beekeeping to a higher level in Yozgat, it is necessary to use productive and locally compatible breeds to solve marketing problems and carry out more technical information studies for beekeepers.

Keywords: Yozgat, Beekeeping, Honey Bee, Questionnaire.



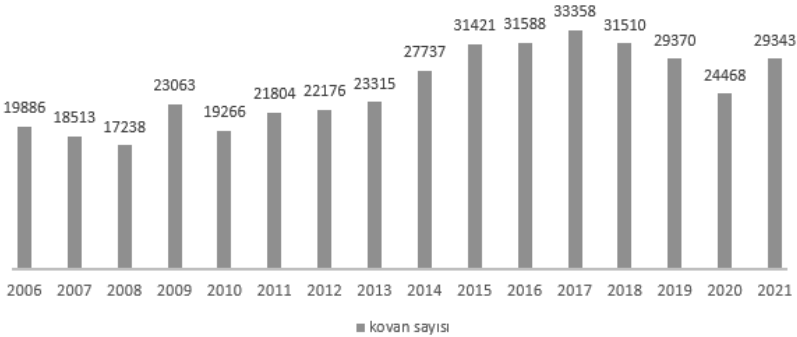
1. GİRİŞ

Bal, polen, arı sütü gibi ürünleriyle insan beslenmesinde, tozlaşmaya katkıları ile bitkisel üretimin devamlılığını sağlayan bal arıları, ekolojik ve ekonomik açıdan öneme sahiptir. Arıcılık, ülkemizde hem geleneksel hem de ticari olarak yürütülen bir hayvancılık faaliyetidir. Dünya arıcılığında Türkiye, sahip olduğu geniş coğrafyası ve zengin florası yanı sıra koloni varlığı ile de önemli bir yere sahiptir (Karlıdağ ve Köseman, 2015). 2019 yılı verilerine göre dünya toplam kovan miktarında ilk sırada yer alan Hindistan 12.3 milyon kovan ile %13.6'lık paya sahiptir. 9.1 milyon kovan ile %10.1'lik paya sahip olan Çin ikinci sırada ve 8.1 milyon kovan ile %9.0'lık paya sahip olan Türkiye ise üçüncü sırada yer almaktadır. 2019 yılında dünyada yaklaşık 1.9 milyon ton bal üretiminin, kovan başına verimi yaklaşık olarak 20.7 kg olarak gerçekleşmiştir. Dünya bal verimi 2019 yılında bir önceki yıla oranla %2.2'lik azalış göstermiştir (FAO,2020). TÜİK 2021 yılına ait verilere göre, Türkiye bal üretimi 2020 yılına göre %7.5 azalarak 96 344 ton, kovan başına verimi ise 11.03 kg olarak gerçekleşmiştir.

Ülkemiz genelinde arıcılık yapısı ve faaliyetlerinin tespiti amacıyla yürütülen anket çalışmalarının genel sonuçları incelendiğinde; arı yetiştiriciliği yapan

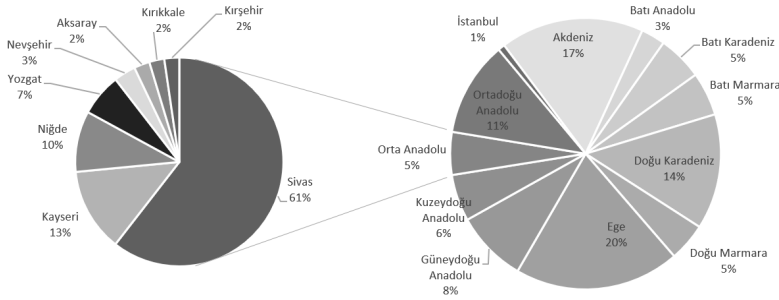
kişilerin yaş ortalamasının yüksek olduğu (Özbilgin ve ark., 1999; Erkan ve Aşkın, 2001; Şahinler ve Gül, 2005; Sıralı ve Doğaroğlu, 2005), teknik arıcılık bilgisinin yetersiz olduğu, kaliteli ana arı sağlamanın öneminin anlaşılmadığı ve sorun olduğu, (Sezgin ve Kara, 2011; Tunca ve Çimrin, 2012; Kekeçoğlu ve Rasgele, 2013; Karakaya ve Kızıloğlu, 2015), hastalık ve zararlılarla etkin ve doğru mücadele yapılamadığı, pazarlama konusunda aksaklıklar olduğu, özelliklede hileli, sahte bal sorunlarının olduğu, yapılan çalışmalarda öne çıkan ortak sonuçlar olarak ortaya çıkmıştır (Özmen Özbakır ve ark., 2016, Kösoğlu ve ark., 2019; Söğüt ve ark., 2019; Kutlu ve Kılıç, 2020).

Türkiye kovan varlığı ve bal üretimi bakımından değerlendirildiğinde dünyadaki gerçek yerini ancak arıcılık sektöründeki sorunların belirlenip gerekli tedbirlerin alınması durumunda, alacağı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Bunun da başlangıç noktası, bölgesel ve yerel düzeyde arıcılarımızın ve arıcılık faaliyetlerimizin yeterince bilinmesidir. şekil 1'de görüldüğu üzere Türkiye İstatistik Kurumu 2021 verilerine göre Yozgat ili kovan sayısı (29 343 adet) bakımından Türkiyede 67.sırada ve bal üretimi (337 ton) bakımından Türkiyede 59.sırada yer almaktadır.



şekil 1. Yozgat ilinin yıllara göre kovan varlığı (adet)

Figure 1. The number of beehives in Yozgat province by years (pieces)



Şekil 2. Orta Anadolu bölgesi illeri kovan varlığı (%) ve İBBS (İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması) düzey-1'e göre 2021 yılı Türkiye kovan varlığı (%)

Figure 2. The presence of beehives in the provinces of Central Anatolia (%) and the presence of beehives in Türkiye in 2021 according to NUTS (Statistical Regional Units Classification) level-1 (%)

TÜİK'in 2021 yılına ait verilere göre, 2020 yılında 234 258 kg olan bal üretimi %43'lük artış göstererek 336 852 kg, kovan başına verimi ise 11.5 kg olarak gerçekleşmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere 2021 yılında Akdağmadeni, Merkez ve Sarıkaya ilçelerindeki kovan başına verimi Yozgat ili genel ortalamasından ve diğer ilçelerden daha yüksektir. Yozgat'taki arıcılık faaliyetlerinin incelendiği bu çalışma ile bölgesel olarak mevcut durumun ortaya konulması amaçlanmıştır.

Çizelge 1. Yozgat iline bağlı ilçelerin arıcılıkla ilgili verileri (TÜİK,2021)

Table 1. Data on beekeeping of districts of Yozgat province (TSI, 2021)

İlçe	Kayıtlı İşletme Sayısı	Kovan Sayısı	Bal Üretimi (kg)	Kovan Başına Ortalama Bal Verimi (kg)
Akdağmadeni	66	3 496	59 561	17.04
Aydıncık	3	455	6	0.01
Boğazlıyan	9	890	600	0.67
Kadışehri	11	735	2 700	3.67
Merkez	145	8 500	134 145	15.78
Saraykent	5	200	1 400	7.00

Sarıkaya	16	1 972	25 350	12.85
Sorgun	42	4 122	36 500	8.85
Yenifaklı	2	45	400	8.89
Yerköy	15	3 033	32 730	10.79
Çandır	21	863	7 150	8.29
Çayıralan	55	2 850	18 300	6.42
Çekerek	30	1 860	17 900	9.62
Şefaati	5	322	110	0.34
Toplam	425	29 343	336 852	11.47

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini, Yozgat arı yetiştirici birliğine kayıtlı işletmeler ile Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden alınan işletme bilgileri bir araya getirilerek tespit edilen arıcılar ile yüz yüze yapılan anket verileri oluşturmuştur. Ankete katılan arıcılara çalışmanın tamamen araştırma amaçlı olduğu ifade edilerek sorulara net ve doğru cevaplar vermeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Örneklemde kullanılan işletmeler ili temsil edecek şekilde ilçelerdeki arıcılık faaliyetinin yoğunluğu dikkate alınarak rastgele belirlenmiştir.

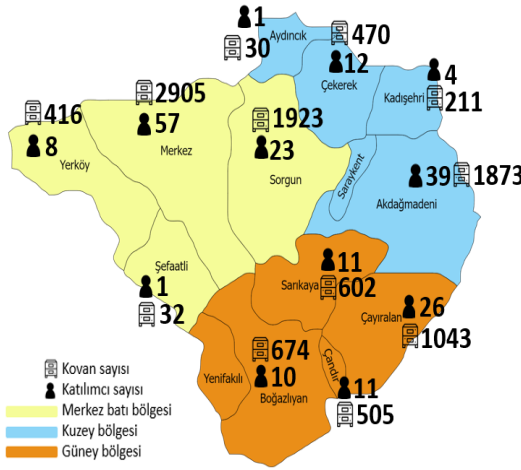
Yozgat ilinde 2021 Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerine göre; 2021 yılında arı yetiştiriciliği yapan Merkez ilçede 145, diğer ilçelerde 280 işletme olmak üzere toplam 425 işletme mevcuttur. Bu işletmelerde barındırılan arılı kovan sayısı ise 29 343 adettir. Anket çalışması ise, Şekil.3'de görüldüğü üzere Yozgat ili tüm ilçelerinde ulaşımın kolay olduğu ve anket çalışmasına katılmayı kabul eden toplam 203 arı yetiştiricisi ile karşılıklı görüşülerek yapılmıştır. Minimum örneklem büyüklüğü, il genelindeki arıcıların sayısının biliniyor olması nedeniyle aşağıdaki formülden yararlanarak saptanmıştır

$$n = (N * t_2 * p * q) / ((N-1) * d_2) + (t_2 * p * q)$$

Formülde; n=Örneklem alınacak birey sayısı, N=Hedef kitledeki birey sayısı (425), p=İncelenen olayın gerçekleşme olasılığı (0,50), q=İncelenen olayın gerçekleşme olasılığı (0,50), t=Standart normal dağılım değeri (1,96) ve d=Örneklem hatasıdır (0,05). Örnek hacminin (anket sayısı) tespitinde; %95

güven sınırları ve %5 hata payı ile çalışılmıştır. Yapılan hesaplama sonucu, örnek hacmi 202 olarak belirlenmiştir.

İl genelinde anket sonuçlarının değerlendirilmesi ve coğrafik koşullar göz önüne alınarak ilçeler merkez batı bölgesi, kuzey bölgesi, güney bölgesi olarak 3 bölgeye ayrılmıştır. Çizelge 2'de anket çalışmasına katılan arı yetiştiricileri ve ilçelere göre dağılımı belirtilmiştir.



Şekil 3. Yozgat ili ilçelere göre anket çalışmasında yer alan arı yetiştiricileri ve kovan sayıları

Figure 3. Beekeepers and the number of hives in the survey study by districts of Yozgat province

Anket formunda, arıcıların birliklerle olan ilişkilerini, arıcılığa başlama nedenlerini, arıcılığı öğrenme şekillerini, eğitim durumlarını, bal verimlerini, üretim çeşitliliğini (bal, arı sütü, arı zehri, propolis ve balmumu), sabit veya gezginci arıcılık durumu, arıcılıktan elde edilen gelir düzeyi, hastalık ve zararlılar ile mücadele yöntemlerini belirlemeye yönelik 30 soru yer almaktadır. Toplanan verilerin istatistiksel analizlerinde, SPSS v21 adlı paket programı kullanılmıştır. Toplanan verilerin değerlendirilmesinde aritmetik ortalama ve yüzde hesapları ile pasta ve çubuk grafikler, tek Yönlü Varyans (ANOVA) analizinden faydalanılmıştır. Tek Yönlü Varyans analizinde farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır.

Çizelge 2. Bölgede uygulanan anket formlarının merkez ve ilçelere göre dağılımı

Table 2. *Distribution of the questionnaires applied in the region by center and districts*

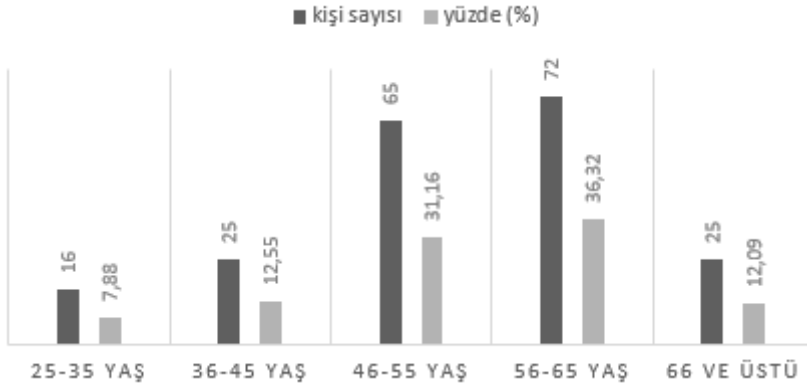
Bölgeler	İlçeler	Anket Sayısı	%	Kovan Sayısı	%
Merkez Batı Bölgesi	Merkez	57	43.84	2 905	49.38
	Sorgun	23		1 923	
	Yerköy	8		416	
	Şefaati	1		32	
Kuzey Bölgesi	Aydıncık	1	27.59	30	24.19
	Çekerek	12		470	
	Kadışehri	4		211	
	Akdağmadeni	39		1 873	
Güney Bölgesi	Sarıkaya	11	28.57	602	26.43
	Boğazlıyan	10		674	
	Çandır	11		505	
	Çayıralan	26		1043	
Toplam		203	100.00	10 684	100.00

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sosyo- Ekonomik Nitelikler

Ankete katılan arıcılar değerlendirildiğinde; Yozgat ilinde 203 katılımcı arıcıdan; 8 (%3.95) kişinin kadın, diğer 195 (%96.05) kişilerin ise erkek olduğu anlaşılmıştır. Adana ili kapsamında yapılan çalışmada ankete katılan 169 arıcıdan yalnızca 1 kişinin kadın diğer 168 kişinin ise erkek olduğu ortaya konmuştur (Güneşdoğdu ve Akyol, 2019). Düzce ilinde arıcılığın yapısı ve faaliyetleri üzerine yapılan araştırmada arıcılığın Düzce ilinde %98.8 oranında erkek bireyler tarafından yapıldığı saptanmıştır (Kekeçoğlu ve ark., 2014). Muğla ili ve Adıyaman illerinde yapılan anket çalışmalarında ise katılan katılımcıların sadece erkek olduğu ortaya konulmuştur (Öztürk 2017, Özbakır ve ark., 2016).

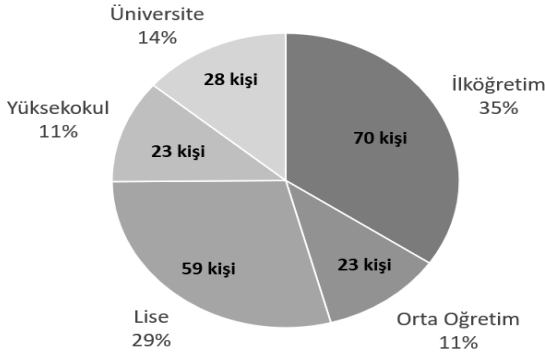
Yozgat ilinde ankete katılan arıcıların yaş ortalamalarının 53.03 olduğu bulunmuştur. Arıcılıkla uğraşan kişilerin 56-65 yaş aralığında kişi sayısının fazlaştığını göstermektedir, 25-35 yaş aralığında ise en az kişinin olduğu görülmektedir (Şekil.4).



Şekil 4. Ankete katılan arıcıların yaş aralıkları

Figure 4. Age ranges of beekeepers participating in the survey

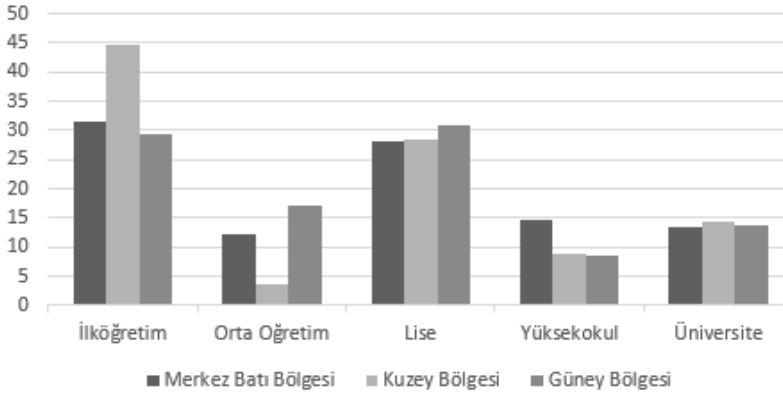
Çalışma sonuçları incelendiğinde ülkemizde arıcıların yaş ortalamalarının yüksek olduğu ve gençlerin arıcılık sektörünü pek fazla tercih etmediği söylenebilir. Iğdır ilinde (Çelik ve Yılmaz, 2019) yaptıkları çalışmada, üreticinin 51.8 yaş ortalamasına sahip olduğunu belirlemiştir.



Şekil 5. Ankete katılan arıcıların eğitim durumları

Figure 5. Educational status of the beekeepers participating in the survey

Yozgat genelinde ankete katılan arıcıların %35'inin ilköğretim mezunu olduğu, %29'unun ise lise mezunu olduğu ortaya konmuştur (Şekil.5). Gündoğdu ve Akyol (2019), Adana İlinde işletmecilerin %58.58'inin ilkokul mezunu olduğunu ortaya koymuştur. Karahan ve ark. (2021), Muğla ilinde %78'inin ilkokul mezunu, %13'ünün ortaokul, %5'inin lise, %4'ünün üniversite mezunu, Afyonkarahisar ilinde ise %66'sının ilkokul mezunu, %16'sının ortaokul, %8'inin lise, %10'unun üniversite mezunu olduğunu belirlemişlerdir.



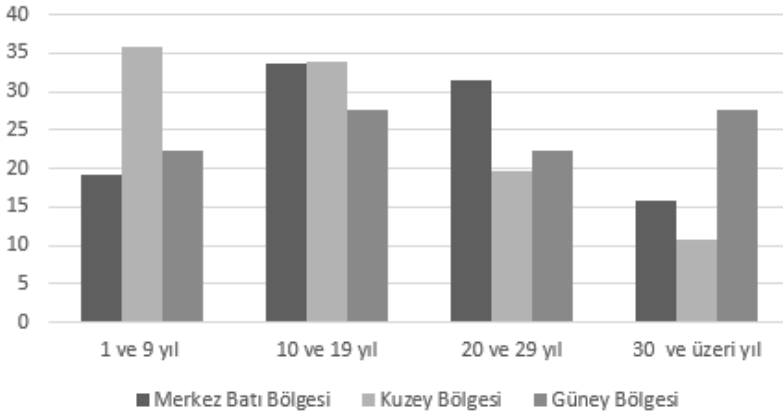
Şekil 6. Ankete katılan arıcıların bölgelere göre eğitim durumları

Figure 6. Educational status of the surveyed beekeepers by region

Yozgat ilinde incelenen işletmelerin %19.21'inin temel gelir kaynağı olarak, %20.20'sinin hobi olarak, %60.59'unun yan gelir kaynağı olarak arı yetiştiriciliği ile uğraştığı ortaya konmuştur. Arıcılık ülkemizde çok eski zamanlardan bu yana süregelen ve tarım sektöründe sosyoekonomik olarak yapılan bir faaliyettir. Arıcılığın ilerlemesinde teknik ve bilimsel çalışmalar, arıcılığın yapılması için gerekli olan bilgi ve tecrübe kadar önemlidir.

Sahip olduğu fiziki coğrafya, flora, iklim farklılıkları ve bitkisel biyoçeşitlilik gibi faktörler, arıcılığın yapıldığı bölgelerde etkilidir. Yozgat il merkezi ile çevresinde daha düşük yükseltilerde kurulmuş yerleşim yerleri arasında belirgin sıcaklık ve yağış farkları vardır. İlin yaygın formasyon tipi bozkırdır. Bununla birlikte, Akdağmadeni, Çekerek, Aydıncık ve Çayıralan ilçelerinde konifer, yaprak döken veya karışık ormanlara rastlanır. Akarsu kenarlarında kavak ve söğüt türlerinin baskın olduğu riparyan ormanlara rastlanır (Taştan, 2021). Bu unsurlar arıcılığın yapıldığı bölgelerde etkili olmaktadır. Yozgat, coğrafyası, su kaynakları ve iklim farklılıkları nedeniyle floral kaynaklar bakımından oldukça zengindir, il genelinde ilk verimli çiçeklenme dönemi olan nisan ayında havaların serin olacağı, son

verimli çiçeklenme dönemi olan ağustos ayından sonra çiçeklerin yaklaşık bir ay daha gözleneceği düşünüldüğünde, arıcılık için en elverişli dönemin mayıs–eylül ayları arası olacağı söylenebilir (Taştan, 2021). İl genelinde anket sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla ve coğrafik koşullar göz önüne alınarak ilçeler merkez batı bölgesi, kuzey bölgesi, güney bölgesi olarak 3 bölgeye ayrılmıştır ve arıcılık yapma nedeni ile bölgeler ilişkilidir ($p < 0.05$). Arı yetiştiriciliği ana gelir kaynağı olarak en fazla merkez batı bölgesinde, hobi olarak en fazla güney bölgesinde ve yan gelir kaynağı olarak en fazla kuzey bölgesinde yapılmaktadır (Çizelge.3). Bunun yansira işletmelerin %65.52'sinin önümüzdeki yıllarda mevcut kovan sayısını artırmak istediği ortaya konmuştur. Karahan ve ark. (2021), arıcıların Muğla ilinde %84'ünün, Afyonkarahisar ilinde %88'inin arıcılığı yan gelir kaynağı olarak yaptıklarını belirlemişlerdir. Tabur ve Gül (2019), çalışmalarında ankete katılan işletmelerin %55.9'unun arıcılığı yan gelir kaynağı olarak yaptığı, %5.4'ünün ise temel geçim kaynağı olarak yaptığını ortaya koymuşlardır.



Şekil 7. Ankete katılan arıcıların bölgelere göre arıcılık tecrübe durumları

Figure 7. Beekeeping experience of the surveyed beekeepers by region

Yozgat ilinde ankete katılan işletmelerin %32.02'sinin 10-19 yıl arası, %25.62'sinin 20-29 yıl arası, %24.63'ünün 1-9 yıl arası, %17.73'ünün 30 ve üzeri yıl arası arıcılık yaptığı tespit edilmiştir. Karahan ve ark. (2021), ankete katılan işletmelerin Muğla ilinde en fazla (%28) 10- 15 yıl arası arıcılık yaptığı, Afyonkarahisar'da ise en fazla (%33) 20 yıl ve üzeri arıcılık yaptığı ortaya koymuşlardır. Gündoğdu ve Akyol (2019), Adana İlinde 169 kişiden 37'sinin 10 yıldan daha az süredir, 33'ünün ise en az 30 senedir bu mesleği yaptığı ortaya koymuşlardır. Yozgat ilinde yürütülen başka bir çalışmada arıcıların yaşları 35 ile 70 arasında değişmekte olduğu, genelinen

ortalama yaşının 50 olduğu ortaya konmuştur, arıcılık yapma süresi ise ortalama 13.16 yıl olarak hesaplanmıştır (Yıldız et al.,2022).

Çizelge 3. Arıcılık yapma nedeninin merkez ve bölgelere göre dağılımı

Table 3. Distribution of the reason for beekeeping by center and regions

Arıcılık Yapma Nedeni	Merkez Batı Bölgesi	Kuzey Bölgesi	Güney Bölgesi	İl Genel
Ana Gelir Kaynağı	26 ^a	6 ^b	7 ^b	39
	29.2%	10.7%	12.1%	19.2%
Hobi	14 ^a	5 ^a	22 ^b	41
	15.7%	8.9%	37.9%	20.2%
Yan Gelir Kaynağı	49 ^a	45 ^b	29 ^a	123
	55.1%	80.4%	50.0%	60.6%
Toplam	89	56	58	203

*P<0.05, aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir.

Anket çalışmasına katılan arı yetiştiricilerinin işletmelerinin koloni sayısı bölgelere ayrılarak koloni sayısı bulunmuştur (Çizelge 4). Mevcut kovan sayısı ile bölgeler birbirleriyle istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ilişkilidir (p<0.05). 1-50 kovan sayısının oranı Merkez Batı bölgesinde en düşük; güney bölgesinde en yüksektir. Kuzeyde 50-100 adet kovan oranı daha fazla; 100'den fazla adet kovan oranı Merkez batıda en çok; güney bölgesinde en azdır.

Çizelge 4. Ana arı yenileme sıklığının merkez ve bölgelere göre dağılımı

Table 4. Distribution of queen replacement frequency by center and regions

Mevcut Kovan Sayısı	Merkez Batı Bölgesi	Kuzey Bölgesi	Güney Bölgesi	İl Genel
1-50	30 ^a	30 ^{ab}	33 ^b	93
	33.70%	53.60%	56.90%	45.80%
50-100	28 ^a	23 ^a	17 ^a	68
	31.50%	41.10%	29.30%	33.50%
100-200	21 ^a	1 _b	8 ^{ab}	30
	23.60%	1.80%	13.80%	14.80%
200 ve üzeri	10 ^a	2 ^{ab}	0 ^b	12
	11.20%	3.60%	0.00%	5.90%
Toplam	89	56	58	203

*P<0.05, aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir.

Yozgat ilinde çalışmaya katılan arıcıların %19.70'inin gezici, %80.30'unun ise sabit arıcı olduğunu ortaya koymuştur. Tabur ve Gül (2019), Uşak ilinde bulunan işletmelerin %60,8'inin sabit, %39.2'sinin ise gezginci arıcı olduğu tespit edilmiştir. Kekeçoğlu ve Rasgele (2013), Düzce İli, Yığılca İlçesi'nde yapmış olduğu çalışmada arıcıların %79.5'inin sabit arıcılık, %20.5'inin ise gezginci arıcılık yaptıklarını bildirmişlerdir.

Teknik özellikler

Yozgat ilinde araştırmaya katılan işletmelerin %95.57'sinin beş yıl ve üzeri süreçte kovan yenilediği, bununla birlikte %20'sinin iki yılda bir, %19'unun her yıl, %19'unun ise üç yılda bir ana arıyı yeniledikleri, %42'sinin ana arıyı hiç yenilemedikleri ortaya konmuştur. Ana arı yenileme sıklığı ile bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ($p<0.05$). Her yıl ana arı yenilme güney bölgesinde (%25.9), merkez batı bölgesine (%10.1) göre daha fazladır. Ayrıca hiç yenilememe oranı merkez batı bölgesinde (%30.3), güney bölgesine (%12.1) göre daha fazladır (Çizelge.5). Tabur ve Gül (2019), üreticilerin %30.1'inin iki yılda bir, %3.3'ünün ise her yıl ana arıyı değiştirdiği tespit edilmiştir. Düzce İl'inde yapılan bir çalışmada arıcıların %5.90'ının her yıl, %47.10'unun iki yılda bir, %27.50'sinin üç yılda bir ana arısını değiştirdiğini, %19.10'unun ise ana arısını hiç değiştirmediklerini bildirmişlerdir (Kekeçoğlu ve ark., 2013). Yozgat ilinde ankete katılan katılımcıların kullandıkları ana arıyı ise %68.47'sinin kendi arılığında, %21.67'sinin başka arıcılardan, %9.85'inin damızlık istasyonlardan temin ediyor oldukları tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Ana arı yenileme sıklığının merkez ve bölgelere göre dağılımı

Table 5. Distribution of queen bee replacement frequency by center and regions

Ana Arı Yenileme	Merkez Batı Bölgesi	Kuzey Bölgesi	Güney Bölgesi	İl Genel
Her Yıl	9 ^a	13 ^{ab}	15 ^b	37
	10.10%	23.20%	25.90%	18.20%
2 Yılda Bir	41 ^a	22 ^a	30 ^a	93
	46.10%	39.30%	51.70%	45.80%
3 Yılda Bir	10 ^a	3 ^a	6 ^a	19
	11.20%	5.40%	10.30%	9.40%
Hiç Yenilemiyorum	27 ^a	18 ^a	7 ^b	52
	30.30%	32.10%	12.10%	25.60%
Toplam	89	56	58	203

* $P<0.05$, aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir.

Yozgat ilinde incelenen işletmelerin %65.52'sinin Kafkas, %26.11'inin Karniyol, %25.62'sinin Anadolu ırkı, %14.29'unun Belfast ırkı ve geriye kalan işletmelerin ise melez ırklar kullandığı tespit edilmiştir. Karahan ve ark. (2021), Muğla ve Afyonkarahisar illerinde bulunan işletmelerde sırasıyla %66'sında ve %62'sinde Anadolu arısının, %22'sinde ve %24'ünde yerel ırk arıların, %21'inde ve %45'inde melez arıların, %13'ünde ve %10'nunda Karniyol arılarının tercih edildiği belirlenmiştir. Aydın, İzmir ve Muğla illerinde yapılan başka bir çalışmada ise işletmelerin %65.1'sinde, Muğla, %16.11'inde Anadolu, %12.75'inde melez, %2.01'inde Karniyol, %1.34'ünde İtalyan, %1.34'ünde Belfast arı ırkı kullanılmakta olduğu ortaya konulmuştur (Şengül, 2020). Yapılan çalışmada üreticilerin; %78.82'sinin bal verimi yüksek olduğu, %64.53'ünün ana arının uyum kabiliyeti iyi olduğu, %7'si sakin huylu karaktere sahip olduğu, geriye kalan işletmelerde ise kolay temin edilebilir olduğu, için kullandıkları arı ırklarını tercih etme sebepleri olarak tespit edilmiştir. Yozgat ilinde yürütülen başka bir çalışmada arıcılardan %77'sinin Kafkas ırka sahip olduğunu bildirmiştir. (Yıldız et al.,2022). Yapılan anket çalışmasında arıcıların, %93.10'unun temel petek, %90.64'ünün toz şeker, %54.68'inin arı keki, %17.73'ünün arı yemi kullandığı, %3.45'inin ise hiçbir malzeme kullanmadığı ortaya konmuştur. Bunun yansısı, arıcıların %80.79'inin bal süzme makinası, %15.27'sinin sağım çadırı, %23.15'inin dinlendirme kazanı, %41.38'inin ana arı ızgarası, %55.67'sinin polen tuzağı, %10.84'ünün ise hiç ekipman kullanmadıkları ortaya konulmuştur.

Yozgat ilinde incelenen işletmelerin %99.51'inin süzme ve petek bal, %52.22'sinin polen, %12.81'inin ana arı, %3.45'inin arı sütü, %29.56'sinin propolis ürünlerini ürettiği ortaya konmuştur. Elde edilen ürünlerin pazarlama şekli bakımından %93.10'unun kendisi pazarladığı, %0.49'unun aracılara verdiği, %6.40'ının ise kendi tüketimi için üretim yaptığı ortaya konmuştur.

Yozgat ilinde arıcıların %31.53'ünün kayıt tuttuğu, %68.47'sinin kayıt tutmadığı tespit edilmiştir. Yığılcada yürütülen bir çalışmada arıcılar ile yapılan ankette arıcıların %13'ünün kayıt tuttuğunu, %87'sinin ise kayıt tutmadığını belirtmiştir (Kekeçoğlu ve Rasgele, 2013). Malatya ilinde yapılan çalışmada ise işletmelerin %69.1'inin kayıt tutmadığı belirtilmiştir (Şeker ve ark., 2017). Karahan ve ark. (2021), tarafından yapılan çalışmaya katılan arıcıların Muğla ilinde %14'ünün, Afyonkarahisar ilinde %18'inin kayıt tutmadığını belirtmiştir.

Yapılan çalışmada kışlatma yeri olarak işletmelerin %90.64'ünün açık alanda, %5.91'inin sundurma altında, %3.45'inin depoda kovanlarının kışı geçirdiği ortaya konmuştur. Yozgat ilinde ankete katılan işletmelerin %80.30'unun sabit arıcılar olması sebebiyle ve Yozgat ili kış şartları düşünerek kışlatma yeri seçimi, coğrafik benzerliklere göre ayrılan bölgeler bazında değerlendirildiğinde; kışlatma yeri ile bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ($p < 0.05$). Açıkta kışlatma oranı diğer bölgelere göre merkez batı bölgesinde daha fazladır (Çizelge

6). Merkez-batı bölgesinde diğer bölgelere kıyasla hava sıcaklığı düşük olmasına rağmen havasızlık ve nem yoğunlaşmasının önüne geçilmediği takdirde bu tip kışlatmalarda gereken başarı sağlanamayabilir. Bunun yerine iyi bir izolasyon yapılması ve gerekli kış yiyeceğinin bırakılması koşulu ile açıkta kışlatma daha iyi sonuç vermektedir (Genç, 1993).

Çizelge 6. Kışlatma yeri seçiminin merkez ve bölgelere göre dağılımı

Table 6. Distribution of wintering place selection by center and regions

Kışlatma Yeri	Merkez Batı Bölgesi	Kuzey Bölgesi	Güney Bölgesi	İl Genel
Depo	1 ^a	2 ^a	4 ^a	7
	1.1%	3.6%	6.9%	3.4%
Sundurma Altı	1 ^a	5 ^{a,b}	6 ^b	12
	1.1%	8.9%	10.3%	5.9%
Açık Alan	87 ^a	49 ^b	48 ^b	184
	97.8%	87.5%	82.8%	90.6%
Toplam	89	56	58	203

*P<0.05, aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir.

Yapılan anket çalışması sonucunda yozgat ilinde kışlatma süresi boyunca %3.45'inin bir-üç çerçeve, %16.75'inin dört-beş çerçeve, %79.80'inin beş ve üzeri çerçeve bıraktığı belirlenmiştir. Yozgat ilinde yürütülen başka bir çalışmada ise kışlatma için arıcıların %72'sinin 6-7 çerçeve arı ile kışa girmekte olduğunu bildirmiştir (Yıldız et al., 2022). Kovan kontrol etme sıklığı ile bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır (p<0.05). Haftada bir kez kontrol etme oranı merkez batı bölgesinde diğer bölgelerden daha fazladır.

Koloni kayıplarında arı kışlatma çok önemli olup başarılı bir kışlatmanın yolu da öncelikle sonbaharda hastalık ve zararlıları etkin bir mücadele ve yeterli kış besin stoklarından geçmektedir. Yozgat ilinde yapılan anket çalışmasına katılan arıcıların kışlatma kayıplarına neden olan faktörleri tespit edemediği anlaşılmıştır (Çizelge 7). Bilinmeyen nedenden yaşanan kışlatma kayıpları ile bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır (p<0.05). Kuzey bölgesindeki sebebi bilinmeyen kayıp oranı merkez batı bölgesine göre daha fazladır.

Çizelge 7. Koloni kayıplarının merkez ve bölgelere göre dağılımı**Table 7.** Distribution of colony losses by center and regions

Kayıp	Merkez Batı Bölgesi	Kuzey Bölgesi	Güney Bölgesi	İl Genel
Varroa	68 ^a	12 ^b	30 ^c	110
	76.4%	21.4%	51.7%	54.2%
Yavru Çürüklüğü	53 ^a	19 ^b	29 ^{ab}	101
	59.6%	33.9%	50.0%	49.8%
Sebebi Bilinmeyen Kayıp	6 ^a	12 ^b	9 ^{ab}	27
	6.7%	21.4%	15.5%	13.3%
Toplam	89	56	58	203

*P<0.05, aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir.

Yozgat ilinde ankete katılan işletmelerde %54.19'unun varroa, %49.75'inin yavru çürüklüğü, %8.87'sinin nosema olduğu ortaya konulmuştur, Kars'ta yapılan araştırmada %100 oranında varroa tespit edilmiştir (Önk ve Kılıç, 2014). Düzce'de yapılan bir araştırmada en fazla görülen arı hastalıklarının %81.9'unun varroa, %17.9'unun nosema ve %9.7'sinin Amerikan yavru çürüklüğü olduğu bildirilmiştir (Kekeçoğlu ve ark., 2013). (Çakmak ve Çakmak, 2016), Türkiye'nin bazı bölgelerde %80'lere kadar varabilen koloni kayıplarını etkileyen faktörler olarak; varroa, nosema, yavru çürüklüğü, tarım ilaçları, ana arı yetersizliği, koloni yönetimi ve uzun mesafeli gezginci arıcılığın neden olduğunu bildirilmiştir.

Yozgat ilinde ankete katılan işletmelerin sorunlarının; %59.11'inin pazarlama sorunları, %24.14'ünün şeker, petek, çerçeve, ilaç gibi her sene kullanılan malzemenin pahalı olması, %17.24'ünün devlet desteğinin yetersiz olması, %13.79'unun bitkisel üretim için kimyasal ilaç kullanımı, %7.39'unun sahte ballardan dolayı tüketici güvensizliği, %4.93'ünün eğitim ve teknik bilgi eksikliği, %4.43'ünün yer, konaklama ve nakliye zorlukları, %0.49'unun örgütlenme sorunları, olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 8'de görüldüğü gibi sahte bal güvensizliği sorunu ile pazarlamada yaşanan sıkıntılar arı yetiştiricilerinin bulunduğu ilçelerin konumlarına bağlıdır (p<0.05). Merkez Batı bölgesindeki arı yetiştiricilerinin diğer bölgelerdekilere göre daha fazla bu sorunla karşılaştıklarını ortaya koymuştur. Arı yetiştiricilerinin eğitim ve teknik bilgi yetersizliği sorunun varlığı arı yetiştiricilerinin bulunduğu ilçelerin konumlarına bağlıdır (p<0.05). Kuzey bölgesindeki arı yetiştiricileri diğer bölgelerdekilere göre daha fazla eğitim ve teknik bilgi eksikliğine sahip olduklarını ve kendilerini daha fazla sahipsiz hissetmekte olduklarını ifade etmişlerdir.

Çizelge 8. İşletme sorunlarının merkez ve bölgelere göre dağılımı**Table 8.** Distribution of business problems by center and regions

Kayıp	Merkez Batı Bölgesi	Kuzey Bölgesi	Güney Bölgesi	İl Genel
Sahte Bal Güvensizliği	23 ^a	1 ^b	1 ^b	25
	25.8%	1.8%	1.7%	12.3%
Eğitim ve Teknik Bilgi Yetersizliği	1 ^a	6 ^b	0 ^a	7
	1.1%	10.7%	0%	3.4%
Toplam	89	56	58	203

*P<0.05, aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir.

Yapılan benzer çalışmalarda; Malatya ilinde karşılaşılan sorunlar sırasıyla konaklama, zirai ilaçlar, kredi, teşvik yetersizliği, yabancı arıcı, hırsızlık ve muhtarlar ile karşılaşılan sorunlardır (Kutlu ve Kılıç, 2020). Diyarbakır ilinde yapılan çalışmada arıcıların en önemli sorunları yer/konaklamadır (Kutlu ve Kılıç, 2020). Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak illerinde yapılan çalışmada arıcıların karşılaştıkları sorunlar sırasıyla ürünlerin pazarlanması, hastalıklarla mücadele, konaklama, kredi alma, bilgi eksikliği, örgütlenme, kışlatma ve nakliye olarak belirlenmiştir (Karahana ve Özbakır, 2020). Güneşdoğdu ve Akyol, 2019 tarafından Adana ilinde yapılan çalışmada arıcıların karşılaştığı en önemli sorunun konaklama olduğu ortaya konulmuştur. Adana ilinde yapılan diğer bir araştırmada ise işletmelerin karşılaştıkları en önemli sorunların sırasıyla %37'sinin balın pazarlanması, %23.8'sinin yüksek girdi fiyatları, %13.9'unun tarımsal ilaçlama, %7.9'unun konaklama, %1.65'inin eğitim eksikliği ve %1.25'inin destekleme politikasının yanlışlığı, olduğu olarak ortaya konmuştur (Seğmenoğlu, 2018). Çanakkale ilinde yapılan araştırmada üreticilerin arıcılık yaparken karşılaştıkları ilk beş sorunun sırasıyla; ürünlerin pazarlanması, hastalıklarla mücadele, konaklama yeri, nakliye ve örgütlenme olarak tespit edilmiştir (Aktürk ve Aydın, 2019). Denizli, Muğla, Aydın illerinde yapılan çalışmada işletmelerin birinci sorunu köy arazisine alınmama (%26.9), ikinci sıradaki sorun ulaşım (%17.7) olarak belirlenmiştir (Çevrimli ve Sakarya, 2018).

4. SONUÇ

Sosyo-ekonomik nitelikler, teknik özellikler ve üretim faaliyetleri ile karşılaşılan hastalıklar ve sorunlar bakımından Yozgat ilindeki çalışmaya katılan arıcılık işletmelerinin değerlendirildiği bu araştırma ile Yozgat ilinin mevcut arıcılık potansiyeli bakımından Türkiye geneline göre sıralamada gerilerde kaldığı görülmektedir. Elde edilen bulgulara göre karşılaşılan sorunlar bakımından devlet desteğinin az olması, sahte bal güvensizliği, eğitim ve teknik bilgi yetersizliği açısından istatistiksel

olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Buna göre kuzey bölgesinde bulunan yetiştiricilerin eğitim ve teknik desteğe ulaşamadıkları, arıcılık yapma nedenlerinin hobi amaçlı olarak kaldığını göstermektedir. Merkez- batı bölgesinde ana gelir kaynağı olarak yapılan arıcılık ise çoğunlukla sahte bal sorunu ile karşılaşılmasından dolayı pazarlama sorunları ile karşılaşıldığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte ana arı yenileme, kışlatma yeri seçimi, kovan kontrol sıklığı gibi teknik arıcılık konuları açısından da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Arıcılık işletmesinde genç ve kaliteli ana arılar tarafından yönetilen kolonilerle çalışmak, arıcının 2 yılda bir ana arılarını kaliteli genç bir ana arı ile değiştirmeleri işletmenin karlılığını ve sürekliliğini artıracaktır. Üretimde kullanılan arı ırkları, arıcılıkta kullanılan malzemeler ve ekipmanlar bakımından elde edilen veriler ildeki arıcılığın yapısını anlamak amacıyla ele alınmıştır. Araştırma sonucunda arıcıların ağırlıklı olarak Kafkas ırkı arı kullandıkları, büyük oranda temel petek ve süzme makinası kullandıkları belirlenmiştir. Yozgat ilinde arıcılık işletmelerinde büyük oranda yan gelir kaynağı olarak arıcılık yapmakta oldukları belirlenmiştir. Yaşanan pazarlama sorunları arıcılığı yörede temel geçim kaynağı olarak yapmayı olumsuz etkilemektedir.

Bu nedenle Yozgat ilinde arıcılığın daha ileri seviyelere taşınabilmesi için verimli ve yöreye uyumlu ırkların kullanması, işletme kayıtlarının tutulması, pazarlama sorunlarının çözülmesi ve arıcılara yönelik kurs, eğitim ve teknik bilgilendirme çalışmalarının daha fazla yapılması gerekmektedir.

Teşekkür:

Bu makale TÜBİTAK-2209A tarafından desteklenen 1919B012100763 nolu projeden üretilmiştir. Bu yüzden TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik:

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları:

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): EC (%90), ZG (%10),

Veri Toplanması (Data Acquisition): EC (%30), ZG (%70),

Veri Analizi (Data Analysis): EC (%90), ZG (%10),

Makalenin Yazımı (Writing up): EC (%100),

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EC (%100)

5. KAYNAKLAR

- Aktürk, D., Aydın, B., 2019. Structural characteristics of beekeeping enterprises and beekeeping activities in Çanakkale province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(10), 1618-1628.
- Çakmak İ., Çakmak S.S., 2016. Uludağ Arıcılık Dergisi, 16 (1): 31-48
- Çelik, H., Yılmaz, İ., 2019. İçdir İli Şartlarında Yetiştirilen Bal Arılarında Verimini Etkileyen Bazı Faktörler. *Journal Of Agriculture*, 2(1), 40-49.
- Çevrimli, M. B., Sakarya, E., 2018. Arıcılık işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları; Ege Bölgesi örneği. *Eurasian J Vet Sci*, 34(2), 83-91.
- Erkan, C., Aşkın, Y., 2001. Van İli Bahçesaray İlçesinde Arıcılığın Yapısı ve Arıcılık Faaliyetleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1): 19-28.
- FAO, 2020. Food And Agriculture Organization of The United Nations, Fao <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, Erişim: 01.07.2022.
- Genç, F., 1993. Arıcılığın Temel Esasları (Ders Notu). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:149, A.Ü. *Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi*
- Güneşdoğdu, M., Akyol, E., 2019. Adana İli Arıcılığının Yapısını Belirlemek Üzere Yapılan Bir Anket Çalışması. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(12), 2030-2037.
- Karahan, Ş., Özbakır, G. Ö., 2020. Güneydoğu Anadolu'da Arıcılık Faaliyetlerinin ve Bal Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1148-1158.
- Karahan, A., Kutlu, M. A., Karaca, İ., 2021. Muğla ve Afyonkarahisar İlleri Arıcılık Faaliyetleri, Sorunları ve Çözüm Önerileri (*Doktora Tezi, Adıyaman Üniversitesi*).
- Karakaya, E., Kızıloğlu, S., 2015. Bingöl İli Bal Üretimi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2): 25-31.
- Karlıdağ, S., Köseman, A., 2015. Türkiye ve Malatya'da Arıcılığın Yeri ve Önemi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 7:27-32.
- Kekeçoğlu, M., Rasgele, P. G., 2013. Düzce İli Yığılca İlçesindeki Arıcılık Faaliyetleri. Üzerine Bir Çalışma. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 13(1): 23-32.
- Kekeçoğlu M., Rasgele P. G., Acar F., Kaya S.T., 2013. Düzce İlinde Arıcılığın Yapısı ve Arıcılık Faaliyetleri Üzerine Bir Araştırma. *Düzce Üniv. Bilim Tekn. Derg.*, 2: 1-15.
- Kekeçoğlu, M., Rasgele, P. G., Filiz, A., Kaya, S.T., 2014. Düzce İlinde Arıcılığın Yapısı ve Arıcılık Faaliyetleri Üzerine Bir Araştırma. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 1-15.
- Kutlu, M., Kılıç, Ö., 2020. Malatya Arıcılık Faaliyetlerinin Genel Durum Tespiti Çalışması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (1), 737-745.
- Önk, K., Kılıç, Y., 2014. Kars Yöresindeki Bal Arılarında Varroosis'in Yaygınlığı. *Uludağ Bee Journal*, 14(2).
- Özbakır, G. Ö., Doğan, Z., Öztokmak, A., 2016. Adıyaman İli Arıcılık Faaliyetlerinin İncelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2), 119-126.
- Özbiçgin, N., Alataş, İ., Balkan, C., Öztürk, A. İ., & Karaca, Ü. 1999. Ege bölgesi arıcılık faaliyetlerinin teknik ve ekonomik başlıca karakteristiklerinin belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 149-170.
- Özmen Özbakır, G., Doğan, Z., Öztokmak, A., 2016. Adıyaman İli Arıcılık Faaliyetlerinin İncelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2): 119-126.
- Öztürk, A.İ., 2017. Muğla İli Ula İlçesi Arıcılığının Bazı Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Hayvansal Üretim*, 58(2), 52-57.
- Seğmenoğlu, N., 2018. Adana ilinde arıcılığın genel yapısı ve arıcılık faaliyetleri (*Yüksek lisans tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*).
- Sezgin, A., Kara, M., 2011. Arıcılıkta Verim Artışı Üzerinde Etkili Olan Faktörlerin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma: Trakya Bölgesi Örneği. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(4): 31-38.
- Sıralı, R., Doğaroğlu, M., 2005. Trakya Bölgesi Arı Hastalıkları ve Zararlıları Üzerine Anket Sonuçları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5: 71-78.
- Söğüt, B., Şeviş, H. E., Karakaya, E., İnci, H. Yılmaz H.Ş., 2019. Bingöl İlinde Arıcılık Faaliyetinin Mevcut Yapısı Üzerine Bir Araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 6(2): 168-177.
- Şahinler, N., Gül, A., 2005. Hatay Yöresinde Bulunan Arıcılık İşletmelerinde Arı Hastalıklarının Araştırılması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5: 27-31.
- Tabur, Z., Gül, A., 2019. Uşak İlinde Arı Yetiştiricilerinin Sosyo-Ekonomik Durumu ve Arıcılığın Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(2), 146-152.
- Taştan, F., 2021. Bal Arıları (Apis mellifera) İçin Yozgat Florasındaki Önemli Bitkiler. *Türler ve Habitatlar*, 2(2), 134-160.
- Tunca R. İ., Çimrin T., 2012. Kirşehir İlinde Bal Arısı Yetiştiricilik Aktiviteleri Üzerine Anket Çalışması. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2): 99-108.
- TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim: 01.07.2022.
- Yıldız A. K., Ayyıldız, M., Ayyıldız, B., Arslan, S., 2022. Technical and Socio-Economic Beekeeping Enterprises of Yozgat Province Investigation of Status. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(5), 846-852.



Effect of Diazepam on the Developmental Parameters of *Musca domestica*

Diazepamın Musca Domestica'nın Gelişimsel Parametreleri Üzerine Etkisi

Meltem KÖKDENER¹

¹Faculty of Health Sciences, Ondokuz Mayıs University, Samsun
• meltemk1972@hotmail.com • ORCID > 0000-0002-0107-3274

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 18 Kasım / November 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 22 Aralık / December 2022

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 38 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 163-172

Atıf/Cite as: Kökdener, M. " Effect of Diazepam on the Developmental Parameters of *Musca domestica*"
Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(1), February 2023: 163-172.

EFFECT OF DIAZEPAM ON THE DEVELOPMENTAL PARAMETERS OF MUSCA DOMESTICA

ABSTRACT

The objective of the present study was to investigate the some population dynamics and morphological parameters of *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae) under the influence of diazepam. For this purpose, larvae of *M. domestica* were reared on diet with different dose of diazepam. We evaluated effect of diazepam on the some life history parameters i.e., pupal, and adult weight, the number of adult and pupae, and developmental rate of *M. domestica*. This study was carried out at the Entomology Laboratory of Ondokuz Mayıs University in 2021. The obtained results showed the pupal and adult weight, the number of adult and pupae, and development durations, were negatively associated with diazepam concentration. The findings showed that diazepam accelerates larval and pupal development period. Rising from the results, special attention should be taken in the application the toxicological analysis of insect larva data of fatal diazepam or other drug-related cases. Also, when analyzing entomological evidence for drug or chemical-related death, it is important to keep in mind its effects on Postmortem Interval (PMI) prediction.

Keywords: Entomotoxicology, Flies, Forensic Entomology, Population Dynamics, *Musca domestica*.



DIAZEPAMIN MUSCA DOMESTICA'NIN GELİŞİMSEL PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ:

Bu çalışmanın amacı *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae)'nin diazepam etkisi altındaki bazı popülasyon dinamiklerini ve biyolojik parametrelerini araştırmaktır. Bu amaçla, *M. domestica* larvaları farklı dozlarda diazepam içeren besinle yetiştirilmiştir. Diazepamin *M. domestica*'nın bazı yaşam öyküsü parametreleri; pupa ve yetişkin ağırlığı, yetişkin ve pupa sayısı ve gelişim hızı gibi üzerindeki etkisini değerlendirdik. Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Entomoloji Laboratuvarı'nda 2021 yılında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar pupa ve ergin ağırlığı, pupa ve ergin sayısı ve gelişme sürelerinin diazepam konsantrasyonu ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir. Bulgular, diazepamın larva ve pupa gelişim sürecini hızlandırdığını göstermiştir. Sonuçlardan yola çıkarak,

diazepam veya diğeri uyuşturucuyla bağı ölüm olaylarında böcek larva verilerinin toksikolojik analizi uygulamasında özel dikkat gösterilmelidir.

Ayrıca, uyuşturucu veya kimyasala bağı ölüm için entomolojik kanıtları analiz ederken, bunun Postmortem Interval (PMI) tahmini üzerindeki etkilerini akılda tutmak önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Entomotoksikoloji, Sinekler, Adli Entomoloji, Populasyon Dinamiğı, *Musca Domestica*.



1. INTRODUCTION

Death investigations contain the analysis of gastric contents, blood, and urine. If it has been a long time since death, it can be difficult to use samples such as blood or urine. Insect evidence may be important tool in criminal investigations, particularly when examining suspected poisoning cases. A sample of the larval skin debris, maggots, and empty pupae, collected from the corpse can assist in forensic entomological investigations (Goff et al., 1988).

Insects, which have been on the planet for over 400 million years, are considered one of the most enduring and successful life forms, and constitute the basis of the global ecosystem (Amendt, 2004). Insects are colonized to the corpse immediately after death and generally used to estimate minimum Postmortem Interval (minPMI) and cause of death. Flies could also give evidence for the presence of toxins and drugs in the corpse (Kintz et al., 1990; Gautam et al., 2013). Insects generally involved in the forensic investigations are the Calliphoridae (blow flies), Sarcophagidae (flesh flies) and Muscidae (house flies) (Joseph et al., 2011). The larvae of carrion-feeding flies can metabolize chemical substances, poisons, and drugs and accumulate chemical substances ingested by the deceased people. These chemical substances may impact the growth rate and development of insects. Thus, entomological specimens collected from the corpse provide an alternative source of toxicological specimens that may assist in determining cause of death (El-Kady et al., 1994). The pharmacokinetics of chemicals and drugs in flies depend on their feeding behaviors, species, and developmental stages (Miller et al., 1994). Therefore, the knowledge of population dynamics, local insect communities, and growth rates is essential for entomotoxicological research (Gosselin et al., 2011).

Entomotoxicology, which is a new branch of forensic entomology, that allows qualitative and quantitative analysis of toxic substances, chemicals, and drugs in the corpse with the use of entomological evidence obtained from the crime scene (Hall et al., 1993; Liu et al., 2009; Dayananda and Kiran, 2013; Chopi et al., 2019).

Several studies have indicated that the presence of toxins and drugs could change the growth rates of insects and affect estimation of PMI (Carvalho et al., 2001; Elshehaby et al., 2019; Al-Keridis et al., 2022a; Al-Keridis et al., 2022b, Lamia et al., 2011; Bhandari et al., 2015; Al-Shuraym, 2021; Liu, 2009; Al-Shareef et al., 2021; Nuorteva et al., 1982; Kintz et al., 1990; Bourel et al., 2001; El-Samad et al., 2011; Baia et al., 2016).

Diazepam is a benzodiazepine and misuse of diazepam is associated with increased mortality (Pawar, 2021). Diazepam can help to treat seizures, anxiety, symptoms of alcohol withdrawal, and muscle spasms (Carvalho et al., 2001). Understanding the different impacts of drugs may have on cadaveric insects is of major importance because the impacts of drugs on flies' development vary from species to species.

The house fly *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae), is a opportunistic and, cosmopolitan species and found throughout the world in close association with human activities. *Musca domestica* is a mechanical vector of pathogens that affect both humans and animals (Graczyk et al., 2001; Förster et al., 2007; Scott et al., 2014; Asiri, 2017). Moreover, house flies are the most important pests in livestock and poultry production and could lead to the economic loss in the livestock industry, (Scott et al., 2014; Asiri, 2017; Hussein et al., 2017; Miranda et al., 2019). Several studies observed the presence larvae and adults of houseflies on carcasses. *M. domestica* usually arrives at corpses after the blowflies, thereby it may serve as a possible forensic indicator. *M. domestica* can cause myiasis. When myiasis caused by houseflies larvae is generally used as evidence of insufficient care or neglect of the elderly and children (Wang et al., 2018). This study aimed to evaluate the effect of diazepam on the development and some life history parameters of *M. domestica*.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Sample Collection and Insects Rearing

Adult of *Musca domestica* was collected from the campus land from June through August 2020 using aerial insect nets and traps and transferred to the Entomology laboratory of Ondokuz Mayıs University (41° 15' N, 36° 19' S) within 1 hour of collection. Adult flies (approximately 600) were cultured in clear rectangular plastic cages at a photoperiod of 14:10 (L:D) h, 50 ± 1.5% relative humidity (RH), and 26.2 ± 0.5°C. Adult flies were provisioned with table sugar, and water *ad libitum* (Hogsette and Coler, 2002). The houseflies were breeding method, with modifications proposed by (Holl and Gries, 2018). Males and females were held together in the same cages. The eggs collected were used to sustain the colony.

The larval oviposition substrates were a mixture of wheat bran, yeast, dry milk powder, and sugar, and water placed in a 100 ml plastic cups. We used flies from the same generation of the colony at all replicates to reduce the genetic variability among the samples. Larvae that hatched from the eggs were maintained under the same environmental conditions as the adult flies. The pupae were kept in 500 ml glass jar containing sawdust till the adult emerging out.

2.2. Experimental Design

Diazepam in tablet form (Nervium 5 mg tablet Saba Pharmaceuticals Industry and Trade Inc) was dissolved in 5 ml of distilled water (1 mg/ml Diazepam stock solution). To set the experiment, three plastic cups of different concentrations were prepared, and one cup was set as a control (an untreated diet). Three replicates of each concentration were used in each trial. From the stock solution, different amounts were mixed with diet to prepare different concentrations 1.5 ppm, 2 ppm, and 3 ppm, respectively. Forty first-instar larvae were added to 40 g of a diet composed of the different concentrations of diazepam inside 300 ml plastic cups. Larval and pupal durations, adult and pupal weight, larval and pupal survival were recorded.

2.3. Statistical Analysis

Statistical analysis was done using SPSS 22 software (SPSS Inc., Chicago, IL). One way ANOVA tests with Tukey post-hoc tests were used to evaluate differences between groups. $P < 0.05$ was achieved to indicate statistical significance.

3. RESULTS

3.1. Larval and Pupal Developmental Period

Results revealed that treatment with diazepam influenced the the larval and pupal development times of flies. We determined significant declines among larval ($F=12.770$; $p<0.000$) and pupal ($F=6.231$; $p<0.000$) development periods, with the shortest period at concentration 3 (3ppm) and the longest period at control group (Table 1).

Table 1. Larval and pupal development durations of *M. domestica* at different diazepam concentrations.

Concentration (ppm)	Larval Duration (days) (Mean \pm SE)	Pupal Duration (days) (Mean \pm SE)
Control	6.00 \pm 0.068 bc*	5.17 \pm 0.444 b
1.5	5.83 \pm 0.166 b	4.50 \pm 0.000 ab

2.0	5.33 ± 0.166 ab	4.00 ± 0.000 a
3.0	5.00 ± 0.000 a	4.00 ± 0.000 a
	F = 12.770; df = 3.8; P < 0.000	F = 6.231; df = 3.8 P < 0.000

*Means in the same column followed by different letters are significantly different by Tukey test at the 5% significant level.

3.2. Pupal and Adult Weight

Mean pupal weight and adult decreased with increasing drug concentration (Table 2). Significant differences were determined for pupal weight (F=171.621; p<0.00), female weight (F=53.189; p<0.000) and male weight (F= 11.365; p<0.000) of flies between the diazepam-treated and control group (Table 2). Female and male weight significantly decreased when the concentration increased.

Table 2. Pupal and adult weight (g) of *M. domestica* at different diazepam concentrations

Concentration (ppm)	Pupal Weight (Mean ± SE)	Female Weight (Mean ± SE)	Male Weight (Mean ± SE)
Control	0.0179 ± 0.002 d*	0.0028 ± 0.006 c	0.0020 ± 0.009 c
1.5	0.0148 ± 0.003 c	0.0019 ± 0.008 b	0.0019 ± 0.001 c
2.0	0.0111 ± 0.004 b	0.0018 ± 0.001 b	0.0017 ± 0.001 b
3.0	0.0076 ± 0.002 a	0.0013 ± 0.001 a	0.0011 ± 0.001 a
	F = 171.621; df=3.321; P < 0.000	F = 53.189; df = 3.137, P < 0.000	F = 11.365; df = 3.111; P < 0.000

*Means in the same column followed by different letters are significantly different by Tukey test at the 5% significant level.

3.3. Larval and Pupal Survival

The effects of diazepam treatment on survival rates of pupae and adults are presented in Table 3. Statistical analysis revealed a significant difference in the numbers of surviving pupae (F= 15.847; p<0.001), males (F= 4.632; p<0.000) and females (F=89.333, p<0.000) between diazepam-treated and control groups. In our study, pupal and adult mortality rates increased with increasing drug concentration (Table 3).

Table 3. Numbers of pupa and adult of *M. domestica* at different diazepam concentrations.

Concentration (ppm)	Number of Pupae (Mean±SE)	Number of Females (Mean±SE)	Number of Males (Mean±SE)
Control	37.33 ± 0.333 d*	20.66 ± 0.666d	14.00 ± 0.577 d
1.5	30.33 ± 0.881c	17.00 ± 1,000c	9.66 ± 1.666 c
2.0	22.33 ± 1,201b	5.33 ± 1. 201b	8.66 ± 1.027 b
3.0	15.66 ± 0. 484 a	5.00 ± 0.000 a	6.00 ± 1.527 a
	F = 15.847; df=3.8; P < 0.000	F = 89.333; df = 3.8 P < 0.000	F=4.632; df=3.8 P<0.000

*:Means in the same column followed by different letters are significantly different by Tukey test at the 5% significant level.

4. DISCUSSION

The current study was performed to investigate the effect of diazepam on the some life history parameters of *M. domestica*. In our study, the development time of *M. domestica* were affected by diazepam in a concentration-dependent manner. The duration of larval and pupal development of *Musca domestica* was significantly decreased compared to control. This was probably related to the drug interfering with the insect' physiology, metabolic processes, and therefore affecting their development (Introna et al., 2001). In the current experiment, relative to the developmental duration of control insects, the larval developmental duration was reduced by 4-24 h, pupal developmental duration was reduced by 16-28 h, and the total developmental duration was reduced by 20 h -2,17 days. Our result is consistent with Carvalho et al. (2001), who found that diazepam accelerate development rate of *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1830) and *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) (Diptera: Calliphoridae). In another study, Bhandari et al. (2015), observed that the development periods of Calliphoridae and Sarcophagidae species were shorter in high concentrations diazepam treated groups as compared. These results concur with Al-Shareef et al. (2021), who observed that the total development period of *C. albiceps* which, fed on the diazepam-containing rabbit tissue, developed faster than the control group.

Different chemicals and drugs may significantly disrupt the physiology of carion flies (Introna et al., 2001) and accelerate or delay developmental rates (Carvalho, 2010). In this respect, it is crucial to test the effects of different drugs on the fly's life cycle. For examples: Zolpidem tartrate also prolonged the developmental stages of *Sarcophaga ruficornis* Fabricius, 1794 (Diptera: Sarcophagidae) (Al-Keridis et al., 2022a), *Chrysomya rufifacies* (Macquart, 1842) (Diptera: Calliphoridae) and

Chrysomya indiana (Diptera: Calliphoridae) (Al-Keridis et al., 2022b) in a concentration-dependent manner.

Our study showed a significant negative relationship between drug concentrations and pupal and adult weight. Pupae, female and male weights decreased with increasing drug concentration. The heaviest pupae, female and male weights were recorded in the control group. These results are line with who Al-Keridis et al, (2022b), indicated that pupa and adult weights of *C. rufifacies*, *C.indiana* and *S. ruficornis* (Al-Keridis et al., 2022a), decreased as zolpidem concentration increased. Similarly, Al-Shuraym et al. (2021), who showed that the pupal and adult weight of *C. megacephala* and *Chrysomya saffrana* (Bigot,1877) (Diptera: Calliphoridae), decreased with increased concentration of zolpidem tartrate. This observation agreement with Baia et al. (2016), who found *C. megacephala* pupae of the 8 and 32 ng/g groups were heavier than the control, and 4 ng/g groups, and the adults of the 8, 16, and 32 ng/g groups were heavier than the 4 ng/g and control groups.

In our study, there is a negative relationship between pupa and adult numbers and drug concentrations. As the drug concentration increased, the number of pupae and adults decreased. Baia et al. (2016), showed that the mortality of *C. megacephala* larvae was increased when fed on Flunitrazepam treated compared to the control culture. Carvalho et al. (2001), found that pupae, adult rate, and mortality rates were significantly affected when larvae of *C. putoria* and *C. albiceps* were fed with diazepam-treated rabbit tissues.

5. CONCLUSION

In this study, the effects of different concentrations of diazepam on some life history parameters and development periods were investigated. The findings showed that diazepam accelerates development period and and as such can influence the colony of such insects. This drug also decreased the values of some life history parameters, the weight of pupae and adult, number of pupae and adult, depending on the drug concentrations. Thus, these morphological parameters can be considered important measurements that may provide useful data for postmortem interval estimation. Based on the results of the present study, it is clear that further analysis is needed, including different fly species, drugs, and concentrations, to establish a systematic database to support criminal investigations.

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 the Study: MK (100%).

Data Collection: MK (100%).

Data Analysis: MK (100%).

Writing of the Article: MK (100%)

Submission and Revision of the Article: MK (100%)

REFERENCES

- Amendt, J., Zehner, R., Krettek, R., 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, 91: 51-65.
- Al-Keridis, L.A., Al Galil, F.M.A., Al-Mekhlafi, F.A., Wadaan, M.A., Al-Khalifa, M.S., 2022a. Impact of Hypnotic Drug Zolpidem Tartrate on the Development of Forensic Fly *Sarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae). *Journal of Medical Entomology*;59(3), 1-6 <https://doi.org/10.1093/jme/tjac010>
- Al-Keridis, L.A., Al-Mekhlafi, F.A., Al Galil, F.M.A., Wadaan, M.A., Al-Khalifa, M.S., El Hadi, M. R.A., Al-Shuraym, L.A., Alhag, S.K., Wadaan, M.A., Al-Khalifa, M.S., Zambare, S.P., 2022b. Effect of the sedative drug zolpidem tartrate on the immature and mature stages of carrion flies *Chrysomya rufifacies* and *Chrysomya indiana*. *Journal of Medical Entomology* ,34(1): 1-6 doi: 10.1093/jme/tjab071.
- Al-Shareef, LO, Alazwari OM, Al-Ghamdi SS. 2021. Effect of Diazepam on the Growth of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819). (Diptera: Calliphoridae) in Rabbit Carcass. *Entomology and Applied Science Letters*, 8(2): 100-108.<https://doi.org/10.51847/171rmSia0M>.
- Al-Shuraym, L.A., Al-Mekhlafi, F.A., Al Galil, F.M.A., Alhag, S.K., Al-Keridis, L.A., Mohamed, R.A.E.H., Wadaan, M.A., Al-Khalifa, M.S., 2021. Effect of Zolpidem Tartrate on the Developmental Rate of Forensically Important Flies *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and *Chrysomya saffranae*. *Journal of Medical Entomology*, 58(6):1-6 doi: 10.1093/jme/tjab071.
- Asiri, B. M. 2017. The influence of environmental factors on biological parameters of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *International Journal of Chinese Medicine*
- Baia, T.C., Campos, A., Wanderley, B.M.S., Gama, R.A., 2016. The Effect of Flunitrazepam (Rohypnol) on the Development of *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) and its Implications for Forensic Entomology. *Journal of Forensic Science*, 61(4): 1112-1115. doi: 10.1111/1556-4029.13104
- Bhandari, D., Kaldhone, D., Wavhal, S., 2015. Forensic Significance of The Effect of Sedatives on The Life Cycle of Calliphoridae And Sarcophagidae. *Journal of Science*, 5(1): 9-12.
- Bourel, B., Tournel, G., Hedouin, V., Deveaux, M., Goff, M.L., Gosset, D., 2001. Morphine extraction in necrophagous insects remains for determining antemortem opiate intoxication. *Forensic Science International*, 120 (1-2), 127-131.
- Carvalho, L.M.L., Linhares, A.X., Trigo, J.R., 2001. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. *Forensic Science International*, 120:140-144.
- Carvalho, L. M. L., 2010. Toxicology and forensic entomology, pp. 163-178. In J.Amendt, M. L. Goff, C. P. Campobasso, M. Grassberger (eds.), *Current concepts in forensic entomology*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
- Chophi, R., Sharma, S., Sharma, S., Singh, R., 2019. Forensic entomotoxicology: current concepts, trends and challenges. *Journal of Forensic Legal Medicine*, 67: 28-36.
- Dayananda, R., Kiran, J., 2013. Entomotoxicology. *International Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine*, 3: 71-74.
- El-Kady, E., Essa, Y., Shalaby, O., 1994. Variations in the blow and flesh flies succession on rabbit carrions killed by different methods. *Journal of Egypt German Society Zoology*, 13: 451-489.
- El-Samad, L. M., El-Moaty, Z.A. Makemer, H. M., 2011. Effects of Tramadol on the Development of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) and Detection of the Drug Concentration in Postmortem Rabbit Tissues and Larvae. *Journal of Entomology*, 8 (4): 353-364. doi: 10.3923/je.2011.353.364.

- Elshehaby, M.I., Tony, M.F., Abdellah, N., 2019. Effects of tramadol on *Chrysomya albiceps* larvae and its concentration in postmortem tissues and larvae. *Egypt Journal of Forensic Science Application Toxicology*, 19(3): 11–24.
- Förster, M., Klimpel, S., Mehlhorn, H., Sievert, K., Messler, S., Pfeffer, K., 2007. Pilot study on synanthropic flies (eg *Musca*, *Sarcophaga*, *Calliphora*, *Fannia*, *Lucilia*, *Stomoxys*) as vectors of pathogenic microorganisms. *Parasitology Research*, 101: 243–246.
- Gautam, L., Pathak, R., Danlami, H.S., Cole, M.D., 2013. Entomotoxicology: Alternative Matrices for Forensic Toxicology. *International Journal of Medical Toxicology Forensic Medicine*, 3 (2):
- Goff, M.L., Omori, A.I., Gunatilake, K., 1988. Estimation of postmortem interval by arthropod succession. Three case studies from the Hawaiian Islands. *American Journal of Forensic Medicine Pathology*, 9 (3): 220–225.
- Gosselin, M., Wille, S., Fernandez, M.D., di Fazio, V., Samyn, N., de Boreck, G., Bourel, B., 2011. Entomotoxicology, experimental set-up and interpretation for forensic toxicologists. *Forensic Science International*; 208:1–9.
- Graczyk, T. K., Knight, R., Gilman, R. H., Cranfield, M. R. 2001. The role of non-biting flies in the epidemiology of human infectious diseases. *Microbes Infection*, 3: 231–235.
- Hall, R.D., Doisy, K.E., 1993. Length of time after death: effect on attraction and oviposition or larviposition of midsummer blowflies (Diptera: Calliphoridae) and flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) of medicolegal importance in Missouri. *Annual Entomological Society of America*, 86:589–593.
- Holl, M. V., Gries, G. 2018. Studying the “fly factor” phenomenon and its underlying mechanisms in house flies *Musca domestica*. *Insect Science*, 25: 137–147, doi: 10.1111/1744-7917.12376.
- Hogsette, J. A., Farkas, R., Coler, R. R. 2002. Development of *Hydrotaea aenescens* (Diptera: Muscidae) in manure of unweaned dairy calves and lactating cows. *Journal of Economic Entomology* 95: 527–530.
- Hussein, M., V. V. Pillai, J. M. Goddard, H. G. Park, K. S. Kothapalli, D. A. Ross, Q. M. Ketterings, J. T. Brenna, M. B. Milstein, H. Marquis, Johnson, P. A., Nyrop, J. P., Selvaraj, V. 2017. Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. *Plos One*. 12: e0171708.
- Introna, F., Campobasso, C.P., Goff, M.L., 2001. Entomotoxicology. *Forensic Science International*, 120: 42–47.
- Carvalho L.M.L. Toxicology and forensic entomology. In: *Current concepts in forensic entomology*. 1st ed., Dordrecht: Springer; 2010. p. 163–178.
- Joseph, I., Mathew, D. G., Sathyan, P., Vargheeset, G. 2011. The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 3(2) :89–91. doi: 10.4103/0975-1475.92154.
- Kintz, P., Tracqui, A., Mangin, P., 1990. Toxicology and fly larvae on a putrefied cadaver. *J Forensic Science Society* 30: 243–246.
- Lamia, M.E., Zeinab, A.E., Hassan, M.M., 2011. Effects of Tramadol on the Development of *L. sericata* and the Detection of the Drug Concentration in the Post-mortem Rabbit Tissues and Larvae. *Journal of Entomology*, 8:353–365.
- Liu, X., Shi, Y., Wang, H., Zhang, R., 2009. Determination of malathion levels and its effect on the development of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) in South China. *Forensic Science International*, 192: 14–18.
- Miller, M.L., Lord, W.D., Goff, I., Donnelly, B., McDonough, E.T., Alexis, J.C., 1994. Isolation of amitriptyline and nortriptyline from fly puparia (Phoridae) and beetle exuviae (Dermestidae) with mummified human remains. *Journal of Forensic Science*, 39:1305–1313.
- Miranda, C. D., Cammack, J. A., Tomberlin, J. K. 2019. Interspecific competition between the house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) and black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). When reared on poultry manure. *Insects* 10: 440.
- Nuorteva, P., Nuorteva, S.L., 1982. The fate of mercury in sarcosaprophagous flies and in insects eating them. *Ambio Journal of Hum Environmental*, 11: 34–37.
- Pawar, H. M. 2021. Effect of Diazepam on the development of *Lucilia cuprina* (Diptera: Calliphoridae). *JETIR*, 8 (3):1947–1954.
- Scott, J. G., Warren, W. C., Beukeboom, L. W., Bopp, D., Clark, A. G., Giers, S. D., Hediger, M., Jones, A. K., Kasai, S., Leichter, C. A., Li, M., Meisel, R. P., Minx, P., Murphy, T. D., Nelson, D. R., Reid, W. R., Rinkevich, F. D., Robertson, H. M., Sackton, T. B., Sattelle, D. B., Thibaud-Nissen, F., Tomlinson, C., van de Zande, L., Walden, K. O., Wilson, R.K., Liu, 2014. Genome of the house fly, *Musca domestica* L. a global vector of diseases with adaptations to a septic environment. *Genome Biology*, 15: 466.
- Wang, Yu., Yang, L., Zhang, Y., Tao, L., Wang, J., 2018. Development of *Musca domestica* at constant temperatures and the first case report of its application for estimating the minimum postmortem interval. *Forensic Science International* 285: 172–180.



Antalya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen 4 Avokado (*Persea americana* Mill.) Çeşidinin Meyve Özellikleri ile Farklı Dokularının Bazı Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi

Determination of Fruit Characteristics and Some Biochemical Contents of Different Tissues of 4 Avocado (*Persea americana* Mill.) Cultivarss Grown in Antalya Ecological Conditions

Civan ÇELİK¹, Selçuk BİNİCİ², Adnan Nurhan YILDIRIM³, Bekir ŞAN⁴
Fatma YILDIRIM⁵, Süleyman BAYRAM⁶

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Isparta
• civancelik@isparta.edu.tr • ORCID > 0000-0002-1696-5902

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• d.selcukbinici@gmail.com • ORCID > 0000-0002-2373-3990

³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• adnanyildirim@isparta.edu.tr • ORCID > 0000-0003-2526-040X

⁴Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• fatmayildirim@isparta.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7304-9647

⁵Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
• bekirsan@isparta.edu.tr • ORCID > 0000-0002-2373-3990

⁶Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya
• stymnbayram@gmail.com • ORCID > 0000-0001-8476-6553

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 17 Haziran / June 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 13 Aralık / December 2022

Yıl / Year: 2023 | **Cilt - Volume:** 38 | **Sayı - Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 173-186

Atıf/Cite as: Çelik, C., Binici, S., Yıldırım, A.N., Şan, B., Yıldırım, F., ve Bayram, S. "Antalya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen 4 Avokado (*Persea americana* Mill.) Çeşidinin Meyve Özellikleri ile Farklı Dokularının Bazı Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 173-186.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Civan ÇELİK

ANTALYA EKOLOJİK KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN 4 AVOKADO (PERSEA AMERICANA MILL.) ÇEŞİDİNİN MEYVE ÖZELLİKLERİ İLE FARKLI DOKULARININ BAZI BİYOKİMYASAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZ:

Dünyada meyvesi yenen ürünlerin tarımsal üretimi yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Bu ürünler içerisinde avokado da yer almaktadır. Avokadonun çoğunlukla meyve eti tüketilmekte ve yan ürünleri (meyve kabuğu, tohumu vb.) israf edilmektedir. Fakat bu ürünlerin kimyasal bileşenler açısından zengin olduğu ve değerlendirilmesi gerektiği sıklıkla vurgulanmaktadır. Özellikle avokado tohumlarının bol miktarda antioksidan madde içerdiği ve son yıllarda çay olarak tüketiminin arttığı gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmada, Antalya ilinin Alanya ilçesinde yetiştirilen “Bacon”, “Fuerte”, “Zutano” ve “Hass” avokado çeşitlerinin meyve özelliklerinin ve farklı dokularının (meyve, yaprak ve tohum) biyokimyasal içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Meyve ağırlığı 253.9 g ile 123.0 g, meyve eni 68.0 mm ile 56.4 mm, meyve boyunun 107.9 mm ile 77.9mm, tohum ağırlığının 39.5 g ile 20.7 g, tohum eninin 31.9 mm ile 26.5 mm, tohum boyunun 51.3 mm ile 31.9 mm ve meyve eti sertliğinin 20.3 N ile 14.1 N arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fiziksel görünüş olarak değerlendirildiğinde “Zutano” çeşidine ait meyvelerin diğer çeşitlerden daha parlak olduğu saptanmıştır. “Bacon” ve “Hass” çeşitlerine ait meyvelerin daha mat bir görüntüye sahip olduğu, renk değerlerinin de en düşük sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Meyve hasat kriterleri arasında yer alan suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH değerleri incelendiğinde tüm çeşitlerin birbirine yakın asitlik değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Araştırma bulgularında meyve özellikleri ve biyokimyasal içerik bakımından “Bacon” çeşidi öne çıkarken diğer çeşitlerin de tüketim için uygun besin kaynağı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırma bulgularının konu ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalar, tüketim, yetiştiricilik ve sağlık ile ilgili soruların cevabı için de uygun bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan Aktivite “Bacon”, Pomolojik Özellikler, Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid Madde.



DETERMINATION OF FRUIT CHARACTERISTICS AND SOME BIOCHEMICAL CONTENTS OF DIFFERENT TISSUES OF 4 AVOCADO (*PERSEA AMERICANA* MILL.) CULTIVARSS GROWN IN ANTALYA ECOLOGICAL CONDITIONS

ABSTRACT

Agricultural production of the products whose fruit is eaten is widely carried out in the world. These products include avocado. Mostly fruit pulp of avocado is consumed and its by-products (fruit peel, seeds, etc.) are wasted. However, it has been frequently emphasized that these products are rich in chemical components and should be evaluated. It has been observed that especially avocado seeds contain plenty of antioxidant contents and their consumption as tea has increased in recent years. Fruit weight 253.9 g to 123.0 g, fruit width 68.0 mm to 56.4 mm, fruit length 107.9 mm to 77.9 mm, seed weight 39.5 g to 20.7 g, seed width 31.9 mm to 26.5 mm, seed length 51.3 mm to 31.9 mm, and fruit firmness of it was determined to vary between 20.3 N and 14.1 N. When evaluated in terms of physical appearance, it was determined that the fruits of the “Zutano” variety were brighter than the other cultivars. It was determined that the fruits of “Bacon” and “Hass” cultivars had a duller appearance and the color values gave the lowest results. When total soluble sugar contents, titratable acidity and pH values, which are among the fruit harvest criteria, were examined, it was determined that all varieties had acidity values close to each other. In the research findings, while the “Bacon” cultivar is out in terms of fruit characteristics and biochemical content, it has been determined that other cultivars are suitable food sources for consumption. In addition, it is thought that the research findings will be a suitable source for future studies on the subject, and answers to questions about consumption, agriculture, and health.

Keywords: Antioxidant Activity “Bacon” Pomological Properties, Total Phenolic Content, Total Flavonoid Content.



1. GİRİŞ

Avokado (*Persea americana* Mills), Amerika ve Güney Asya orjinli olup, Lauraceae familyasına ait çift çekenekli bir bitki türüdür (Yahia, 2011). Yüksek lipit içeriği ile gıda, farmasötik ve kozmetik gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca çeşitli hastalıklar için geleneksel tıpta da kullanıldığı bilinmektedir (Mensah ve ark. 2009). Avokado karbonhidrat, yağ, protein, lif, mineral ve diğer çeşitli biyoaktif bileşikler açısından zengin bir besin kaynağıdır (Araujo ve ark., 2020). Hidroksisünamik asitler, hidroksibenzoik asitler, organik asitler, fenolik-al-

kol türevleri, flavonoidler gibi bileşikler de içerdiği farklı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Obob ve ark., 2016; Fitriani Abubaka ve ark., 2017; Figueroa ve ark., 2018; Alkhalf ve ark., 2019). Olgun avokado meyvesi vitaminler, mineraller, potasyum, fosfor, magnezyum ve demir içermektedir. Ayrıca antioksidan ve radikal süpürücü aktiviteler sergileyen E vitamini, karotenoidler ve steroller dahil olmak üzere yüksek seviyelerde lipofilik, biyoaktif fitokimyasallar da içermektedir (Lee ve ark., 2004). Tüm bu besin içerikleri çeşide, olgunluk derecesine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Schaffer ve ark., 2013).

Atılan avokado yan ürünlerinin, kimyasal bileşenler açısından zengin olduğu ve değerlendirilmesi gerektiği sıklıkla vurgulanmaktadır. Ayrıca avokado meyvesinin içerdiği biyoaktif bileşiklerin oksidatif stresi ve inflamatuvar süreçleri azalttığı, kanser hücrelerini nötralize ettiği bildirilmiştir (Melgar ve ark., 2018; Tremocoldi ve ark., 2018; Ramos Athaydes ve ark., 2019). Avokado tohumları tek başına toplam meyve ağırlığının neredeyse %25'ini oluşturmakta ve meyve tüketildikten sonra çoğu zaman atılmaktadır. Oysaki tohumların polifenoller açısından zengin olduğu ve yüksek antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir (Raymond Chia ve Dykes, 2010).

Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelerde en çok çalışılan fitokimyasallar grubunu oluşturmaktadır (Domínguez- Avila ve ark., 2017; Septembre-Malaterre ve ark., 2018). Fenolik maddeler avokado kabuk ve tohumunda bol miktarda bulunmaktadır (Rodriguez-Carpena ve ark., 2011). Özellikle fenolik asitler, flavonoidler ve tanenler avokado meyvesinde en çok bulunan fenolik bileşikler arasında yer almaktadır (Di ve ark., 2017; Tremocoldi ve ark., 2018). Bu bileşiklerden biri olan flavonoidler, vakuollere ek olarak mezofilik hücrelerin çekirdeğinde ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşum bölgelerinde bulunmaktadır (Kumar ve Pandey, 2013). Fenolik asitlere benzer şekilde avokado meyvesindeki flavonoidler, güçlü serbest radikal stabilizatörleri olarak işlev görmektedir (Burda ve Oleszek, 2001). Örneğin, taksifolin, rutin, quersetin gibi bileşiklerin DPPH'ı (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) %94 oranında nötralize ettiği bilinmektedir (Burda ve Oleszek, 2001). İçerdiği fenolik ve antioksidan maddelerden dolayı avokado tıp, eczacılık, kozmetik ve gıda sanayisinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu araştırma, Antalya ilinin Alanya ilçesinde yetiştirilen "Bacon", "Fuerte", "Zutano" ve "Hass" avokado çeşitlerinin farklı dokularının (meyve, yaprak ve tohum) pomolojik ve biyokimyasal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.2.1. Çalışmada İncelenen Pomolojik Özellikler

Analizler 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 12 meyve olacak şekilde toplamda 144 adet meyvede gerçekleştirilmiştir. Çalışmada meyve eni (mm), meyve boyu (mm), tohum eni (mm) ve tohum boyu (mm) dijital kumpas ile ortalama meyve ağırlığı (g) ve tohum ağırlığı (g) dijital tartı ile meyve eti sertliği (N) dijital penetrometre ile ve meyve kabuk rengi dijital refraktometre ile ölçülmüştür (Öztürk ve ark., 2013; Butar, 2013).

2.2.2. Çalışmada İncelenen Biyokimyasal Analizler

Çalışma kapsamında çeşitlerin meyve dokularından elde edilen meyve suyundan, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH, titre edilebilir asit (TEA) miktarları, meyve, tohum ve yaprak dokularından elde edilen ekstraktlarda ise toplam fenolik, toplam flavonoid madde ve DPPH süpürücü aktivite belirlenmiştir. Ekstraksiyon işlemi Singleton ve Rossi (1965)'nin belirttiği yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Buna göre 2 g örnek tartılmış ve 10 ml %60 etanol (EtOH) içerisinde homojenitör yardımıyla parçalanmıştır. Daha sonra elde edilen edilen homojenat ultrasonik banyoda 15 dakika inkübasyona tabi tutulmuş ve ardından 4000 g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Tüp içerisinde kalan katı kısım üzerine tekrar 10 ml %60 EtOH eklenmiş ve yukarıdaki aşamalar takip edilmiştir.

2.2.2.1. Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde Miktarı (SÇKM %)

Suda çözünebilir toplam kuru madde miktarı Öztürk ve ark. (2013) ve Butar (2013) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir.

2.2.2.2. Meyve Suyunun pH'sı

Çeşitlerden elde edilen meyve sularının pH'sı dijital pH metre yardımıyla ölçülmüştür (Öztürk ve ark., 2013; Butar, 2013).

2.2.2.3. Meyve Suyunda Titre Edilebilir Asit Miktarının Belirlenmesi (%)

Titre edilebilir asitlik miktarı Öztürk ve ark. (2013) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir.

2.2.2.4. Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi (Mg Gallik Asit Eşdeğeri) (GAE) 100g⁻¹)

Toplam fenolik miktarı Singleton ve Rossi (1965)'nin belirttiği Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir.

2.2.2.5. Toplam Flavonoid İçeriği (mg kateşin/100g⁻¹)

Toplam flavonoid içeriği Zhishen ve ark. (1999) tarafından belirtilen yöntemle belirlenmiştir.

2.2.2.6. DPPH Süpürücü Aktivite (mg Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite (TE) 100g⁻¹)

DPPH süpürücü aktivite Braca vd. (2001) tarafından bildirilen DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

2.2.2.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada tüm analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Minitab paket programı (MINITAB 17 inc) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile belirlenmiş ve farklı harfler ile gösterilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Avokado meyvesinin çeşitlere göre meyve ağırlığı (g), meyve eni (mm), meyve boyu (mm), tohum ağırlığı (g), tohum eni (mm), tohum boyu (mm) ve meyve eti sertliği (N) Çizelge 1'de sunulmuş ve çeşitler arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemli olduğu ($p < 0.05$) saptanmıştır. Araştırmada, en yüksek meyve ağırlığının "Bacon" (235.9 g) ve "Fuerte" (213.6 g) çeşitlerinde en düşük meyve ağırlığının ise "Hass" (123.0 g) çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Kaplankıran ve Tuzcu (1994), Toplu ve ark. (1998) ve Shepherd (1984) avokado meyvelerinin ağırlıklarının 100 g ile 300 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla araştırmacıların verileri, çalışmamızda elde edilen veriler ile benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde en yüksek meyve eni "Bacon" (65.6 mm) ve "Fuerte" (68.0 g) çeşitlerinde en düşük meyve eni ise "Hass" (56.4 mm) çeşidinde tespit edilmiştir. Araştırmada en uzun meyvelerin "Bacon" (104.2 mm) ve "Zutano" (107.9 mm) çeşitlerine en kısa meyvenin ise "Hass" (77.9 mm) çeşidine ait olduğu tespit edilmiştir. Bayram ve Demirkol (2003) çalışmalarında meyve ağırlığı, meyve boyu ve meyve enini "Bacon" çeşidinde sırasıyla, 257.42 g, 105.05 mm, 69.14 mm, "Fuerte" çeşidinde sırasıyla, 295.79 g, 129.09 mm, 69.93 mm, "Hass" çeşidinde sırasıyla, 164.31 g, 91.82 mm, 61.13 mm ve "Zutano" çeşidinde 286.57 g, 118.74 mm, 70.98 mm olarak tespit etmişlerdir. Avoka-

do çeşitlerinin meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyunun çeşide ve yetiştirme koşullarına göre farklılık gösterebileceği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Young ve Lee, 1978; Zilkah ve Klein 1987; Undurraga ve ark., 1987; Olaeta ve ark., 2007; Bayram ve Aşkın, 2006; Bayram ve ark., 2016). En yüksek tohum ağırlığı ve tohum boyu yine “Bacon” ve “Zutano” çeşitlerinde (sırasıyla, 39.5 g ve 48.0 mm) en düşük tohum ağırlığı ve tohum boyunun “Hass” çeşidinde (sırasıyla, 20.7 g ve 31.9 mm) olduğu belirlenmiştir. Tohum eni bakımından çeşitler incelendiğinde “Bacon” ve “Fuerte” çeşitlerinin tohumlarının diğer çeşitlere kıyasla daha enli olduğu (31.9 mm ve 29.7 mm) saptanmıştır. “Zutano” meyvesinin tohum boyu en uzunlar arasında yer alsada tohum eninin diğer çeşitlere kıyasla daha düşük olduğu (28.4 mm) tespit edilmiştir. En düşük tohum eni “Hass” çeşidinde elde edilse de (26.5 mm) istatistiksel olarak incelendiğinde “Zutano” çeşidi ile aynı istatistik grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Tüm pomolojik özellikler bakımından en düşük değerlerin elde edildiği “Hass” çeşidinde, meyve etinin diğer çeşitlere kıyasla daha sert olduğu (20.3 N) saptanmıştır.

Çizelge 1. Avokado çeşitlerinin meyve ağırlığı (g), meyve eni (mm), meyve boyu (mm), tohum ağırlığı (g), tohum eni (mm), tohum boyu (mm) ve meyve eti sertliği (N)

Table 1. Fruit weight (g), fruit width (mm), fruit length (mm), seed weight (g), seed width (mm), seed length (mm) and fruit firmness (N) of avocado cultivars

Çeşitler	Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Eni (mm)	Meyve Boyu (mm)	Tohum Ağırlığı (g)	Tohum Eni (mm)	Tohum Boyu (mm)	Meyve Eti Sertliği (N)
“Bacon”	235.9 a	65.6 ab	104.2 ab	39.5 a	31.9 a	48.0 a	14.1 c
“Fuerte”	213.6 a	68.0 a	102.5 b	29.2 b	29.7 ab	40.5 b	19.4 ab
“Zutano”	185.0 b	60.0 bc	107.9 a	33.6 ab	28.4 bc	51.3 a	16.8 bc
“Hass”	123.0 c	56.4 c	77.9 c	20.7 c	26.5 c	31.9 c	20.3 a

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

Avokado meyvelerinin çeşitlere göre renk, SÇKM, titre edilebilir asitlik ve pH değerleri Çizelge 2’de sunulmuştur. Araştırmada incelenen L^* değeri parlaklığı, a^* değeri kırmızılık ve yeşilliği, b^* değeri ise sarılık ve maviliği belirtmektedir (Üren, 1999). En yüksek L^* , a^* ve b^* değerleri “Zutano” çeşidinde elde edilmiştir (sırasıyla, 44.5-19.5-30.0). Dolayısıyla fiziksel görünüş olarak değerlendirildiğinde “Zutano” çeşidine ait meyvelerin diğer çeşitlerden daha parlak olduğu tespit edilmiştir. “Bacon” ve “Hass” çeşitlerine ait meyvelerin daha mat bir görüntüye sahip olduğu renk değerlerinin de en düşük sonuçlar verdiği saptanmıştır. Meyve hasat kriterleri arasında yer alan SÇKM, titre edilebilir asitlik ve pH değerleri incelendiğinde tüm çeşitlerin birbirine yakın asitlik değerlerine sahip olduğu belirlense de aralarındaki küçük farkların istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek SÇKM içeriği “Zutano” çeşidinde (%10.3) en düşük ise “Hass” çeşidinde

(%7.5) elde edilmiştir. Martínez-Hernández ve ark. (2013), hasattan sonra SÇKM miktarında çeşitler arasında değişmelerin olduğunu bu değişimin metabolik aktivite sonucunda, SÇKM'nin solunumda kullanılmasına bağlamışlardır. Titre edilebilir asitlik değerleri incelendiğinde “Fuerte” çeşidinin en yüksek (%0.091) “Hass” ve “Bacon” çeşitlerinin en düşük (sırasıyla, %0.083 ve %0.083) titre edilebilir asitlik değerlerine sahip oldukları saptanmıştır. Özdemir ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada en yüksek pH ve titre edilebilir asit miktarlarını “Hass” çeşidinde en düşük ise “Zutano” çeşidinde elde etmişlerdir. Çalışmamızda ise “Fuerte” çeşidinin en yüksek asitlik derecesine, “Hass” ve “Bacon” çeşitlerinin ise en düşük asitlik derecesine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu farklılığın, hasat zamanı ve olgunluk derecesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Echeverria ve Valich, 1989; Doğan ve ark., 2017) Meyve suyu pH değerleri kıyaslandığında “Fuerte” ve “Zutano” çeşitlerine ait meyvelerinin daha asidik oldukları (7.0) belirlenmiştir.

Çizelge 2. Avokado meyvelerinin L, a, b, SÇKM, titre edilebilir asitlik ve pH değerleri

Table 2. L, a, b TSS, titratable acidity and pH values of avocado fruits

Çeşitler	L	a	b	SÇKM (%)	Titre Edilebilir Asitlik (%)	pH
“Bacon”	32.9 c	12.3 c	16.1 c	7.7 b	0.082 b	6.8 b
“Fuerte”	38.5 b	14.1 b	19.5 b	8.9 ab	0.091 a	7.0 a
“Zutano”	44.5 a	19.5 a	30.0 a	10.3 a	0.087 ab	7.0 a
“Hass”	33.0 c	12.9 d	16.3 c	7.5 b	0.083 b	6.8 b

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

Araştırmada kullanılan meyve örneklerine ek olarak yaprak ve tohumlarının da biyokimyasal içerikleri karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 3, 4 ve 5'te sunulmuştur. Yaprak örneklerinde gerçekleştirilen analiz sonucunda en yüksek fenolik madde içeriği “Bacon” çeşidinde ($275.3 \text{ mg GAE } 100\text{g}^{-1}$) en düşük ise “Hass” çeşidinde ($136.1 \text{ mg GAE } 100\text{g}^{-1}$) belirlenmiştir. Meyve etinde gerçekleştirilen toplam fenolik madde içeriği analizinde çeşitler arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilemese de en yüksek fenolik madde içeriği “Fuerte” ($215.0 \text{ mg GAE } 100\text{g}^{-1}$), en düşük ise “Hass” ($186.3 \text{ mg GAE } 100\text{g}^{-1}$) çeşidinde elde edilmiştir. Araştırmada tohumların, yaprak ve meyve etinden daha fazla fenolik madde içerdiği tespit edilmiştir. Tohumda en fazla fenolik madde içeriği “Fuerte” çeşidinde ($424.3 \text{ mg GAE } 100\text{g}^{-1}$) en düşük ise “Hass” çeşidinde ($228.8 \text{ mg GAE } 100\text{g}^{-1}$) belirlenmiştir. Murathan ve Kaya (2020) avokado yapraklarının farklı düzeyde fenolik madde içerdiğini en yüksek fenolik maddenin “Fuerte” en düşük ise “Hass” çeşidinde tespit edildiğini saptamışlardır. Çalışmamızda ise en yüksek yaprak fenolik madde içeriği “Bacon” çeşidinden elde edilirken araştırmacıların sonucuna benzer şekilde en düşük yaprak fenolik madde içeriği “Hass” çeşidinde belirlenmiştir. Tremocoldi ve ark. (2018) “Hass” ve “Fuerte” çeşitlerinin tohumlarının fenolik madde içeriklerini sırasıyla, 57.3 , $59.2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2010) farklı

trabzon hurması meyve dokularında toplam fenolik madde ve DPPH süpürücü aktiviteyi araştırmışlardır. Avokado tohumlarında yaptıkları analiz sonucunda en düşük toplam fenolik madde içeriğinin Slimcado çeşidinde (19.2 mg GAE g⁻¹) en yüksek ise “Hass” çeşidinde (51.6 mg GAE g⁻¹) olduğunu saptamışlardır. Meyve dokusunda en yüksek toplam fenolik maddenin Choquette çeşidinde (13.9 mg GAE g⁻¹) en düşük ise Tonnage çeşidinde (4.3 mg GAE g⁻¹) olduğunu belirlemişlerdir. Yine araştırmacılar tohumda en yüksek DPPH süpürücü aktivitenin Simmonds çeşidinde (240.2 µmolTE g⁻¹) en düşük ise Choquette çeşidinde (157.8 µmolTE g⁻¹) olduğunu tespit etmişlerdir. Uzmanlar, avokado meyve, yaprak ve tohumlarının yüksek oranda fenolik madde içerdiğini ve sıklıkla tüketilmesi gerektiğini bildirilmiştir. Bu nedenle geçmişten günümüze avokadonun farklı dokuları ile çok fazla çalışma yürütülmüştür (Soong ve Barlow, 2004; Wang ve ark. 2010; Rodriguez-Carpena ve ark., 2011; Gómez ve ark., 2014; Rotta ve ark. 2016; Segovia ve ark. 2018; Jimenez ve ark., 2021).

Çizelge 3. Avokado çeşitlerinin yaprak, meyve eti ve tohumlarının toplam fenolik madde (mg GAE 100g⁻¹) içerikleri

Table 3. Total phenolic contents (mg GAE 100g⁻¹) of leaves, fruit and seeds of avocado cultivars

Çeşitler	Yaprak	Meyve Eti	Tohum
“Bacon”	275.3 a	203.4	318.4 ab
“Fuerte”	189.1 ab	215.0	424.2 a
“Zutano”	230.9 ab	213.5	250.8 b
“Hass”	136.1 b	186.3	228.8 b

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark p≤0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4. Avokado çeşitlerinin yaprak, meyve eti ve tohumlarının toplam flavonoid madde (mg kateşin 100g⁻¹) içerikleri

Table 4. Total flavonoid contents (mg catechin 100g⁻¹) of leaves, fruit and seeds of avocado cultivars

Çeşitler	Yaprak	Meyve Eti	Tohum
“Bacon”	58.3	38.0	54.8
“Fuerte”	70.3	43.4	44.7
“Zutano”	73.4	43.2	41.6
“Hass”	50.0	41.7	39.8

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark p≤0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 5. Avokado çeşitlerinin yaprak, meyve eti ve tohumlarının DPPH süpürücü aktivite (mg TE 100g⁻¹) içerikleri

Table 5. DPPH scavenging activity (mg TE 100g⁻¹) of leaves, fruit and seeds of avocado cultivars

Çeşitler	Yaprak	Meyve Eti	Tohum
“Bacon”	85.2	82.2 a	55.1 b
“Fuerte”	78.4	72.7 ab	61.3 b
“Zutano”	78.7	65.0 b	79.5 a
“Hass”	82.8	78.1 a	59.7 b

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark p≤0.05 düzeyinde önemlidir.

Avokado çeşitlerinin yaprak, meyve eti ve tohum dokularından elde edilen ekstraktların flavonoid içeriklerinde istatistiksel olarak bir farklılık (p<0.05) tespit edilmemiştir. Analiz sonuçları aynı istatistik grubunda yer alsa da en yüksek yaprak flavonoid madde içeriği “Zutano” (73.4 mg kateşin 100g⁻¹) en düşük ise “Hass” (50.0 mg kateşin 100g⁻¹) çeşidinde elde edilmiştir. Meyve etinde en yüksek flavonoid madde içeriği “Fuerte” (43.4 mg kateşin 100g⁻¹) en düşük ise “Bacon” (38.0 mg kateşin 100g⁻¹) çeşidinde elde edilmiştir. Tohumlarda en yüksek flavonoid madde içeriği “Bacon” (54.8 mg kateşin 100g⁻¹) en düşük ise “Hass” (39.8 mg kateşin 100g⁻¹) çeşidinde saptanmıştır. Murathan ve Kaya (2020) avokado yapraklarının toplam flavonoid içeriklerinde istatistiksel olarak farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

Diğer yandan avokado meyve ve yapraklarının yüksek oranlarda flavonoid madde içerdiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Owolabi ve ark., 2010; Yamasaki ve ark., 2017; Murathan ve Kaya, 2020).

Avokado çeşitlerinin yaprak, meyve eti ve tohum dokularından elde edilen ekstraktların içeriklerinin farklı düzeyde DPPH süpürücü aktiviteye sahip oldukları ve yaprak dokusundan elde edilen sonuçlar dışında verilerin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.05$) saptanmıştır. Çeşitlerin farklı dokularının yüksek oranda DPPH süpürücü aktiviteye sahip olduğunu söyleyebiliriz. Meyve etinde en yüksek DPPH süpürücü aktivite “Bacon” çeşidinde ($82.2 \text{ mgTE } 100\text{g}^{-1}$) en düşük ise “Zutano” çeşidinde ($65.0 \text{ mgTE } 100\text{g}^{-1}$) elde edilmiştir. Tohumda ise en yüksek DPPH süpürücü aktivite “Zutano” ($79.5 \text{ mgTE } 100\text{g}^{-1}$) çeşidinde elde edilirken diğer çeşitlerin aynı istatistik grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. Farklı doku ekstraktlarının farklı düzeyde antioksidan aktivite göstermesinin olağan bir durum olduğu; bitkinin oksidatif stres ve hücrel oksidasyon reaksiyonlarını katalize etme durumuna bağlı olarak sonuçların değişebileceği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Abdulazeez ve Ponnusamy, 2016; Wang ve ark., 2016). Owolabi ve ark. (2010) avokado yapraklarının yüksek oranda antioksidan aktiviteye sahip olduğunu (%33.17-98.34 DPPH süpürücü aktivite) bildirmişlerdir. Kumar ve Cumbalı (2016) avokadonun farklı dokularından elde edilen ekstraktların farklı düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Tremocoldi ve ark. (2018) “Hass” ve “Fuerte” çeşitlerinin yüksek oranda DPPH süpürücü etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

4. SONUÇ

Avokado, vitaminler (A, B, D ve E) ve besin içeriği yönünden oldukça zengin bir meyve türüdür. İçerdiği antioksidan, yağ asitleri ve fenolik bileşikler nedeniyle halk arasında “hayatın meyvesi” olarak adlandırılmaktadır. Hayatın neredeyse her alanında kullanım olanağına sahip olmasına rağmen yan ürünleri (kabuk, tohum vb.) çoğunlukla israf edilmektedir. Hâlbuki tohumu, yaprakları ve kabuğu zengin besin ve fitokimyasal kaynağıdır. Son zamanlarda avokado tohumlarından çay elde edilmekte ve farklı amaçlarla tüketilmektedir. Çalışmamızda, avokado meyvesinin yenilen kısımları kadar atılan kısımlarının da antioksidan aktiviteye sahip oldukları; öyle ki tohumların, meyve etinden daha fazla fenolik madde içerdiği ve mutlaka değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Çeşitler arası değerlendirme yapılacak olursa “Bacon” çeşidinin tüm özellikler bakımından ön plana çıktığı ancak diğer çeşitlerin de tüketim için uygun besin kaynağı olduğunu söylemek mümkündür.

Çalışmamızda sağlık ve endüstri için önem arz eden avokadonun meyve, tohum ve yapraklarının farklı özellikleri araştırılmaya çalışılmıştır. Araştırma bulgu-

larının konu ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalar, tüketim, yetiştiricilik ve sağlık ile ilgili soruların cevabı için de uygun bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

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): CÇ (%20), SB (%20), ANY (%20)
BŞ (%15), FY (%15), SB (%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): CÇ (%20), SB (%20), ANY (%20)
BŞ (%15), FY (%15), SB (%10)

Veri Analizi (Data Analysis): CÇ (%20), SB (%20), ANY (%20), BŞ (%15)
FY (%15), SB (%10)

Makalenin Yazımı (Writing up): CÇ (%20), SB (%20), ANY (%20), BŞ (%15)
FY (%15), SB (%10)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): CÇ (%20)
SB (%20), ANY (%20), BŞ (%15), FY (%15), SB (%10)

KAYNAKLAR

- Abdulazeez, S.S., Ponnusamy, P., 2016. Antioxidant and hypoglycemic activity of strawberry fruit extracts against alloxan induced diabetes in rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29(1): 255-261.
- Alkhalif, M.I., Alansari, W.S., Ahmed, E., Elhalwagy, M.E.A., 2019. Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. *Journal of King Saud University - Science*, 31: 1358-1362. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.10.010>.
- Araujo, R.G., Rodriguez-jasso, R.M., Ruiz, H.A., Govea-salas, M., Pintado, M.E., Aguilar, C.N., 2020. Process optimization of microwave-assisted extraction of bioactive molecules from avocado seeds. *Industrial Crops Products*, 154: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112623>.
- Bayram, S., Aşkın, M.A., 2006. Bazı avokado çeşitlerinde harvest zamanının belirlenmesinde yağ ve kuru ağırlık parametrelerinin kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(2): 38-48.
- Bayram, S., Demirkol, A., 2003. Antalya koşullarında yetiştirilen bazı avokado çeşitlerinin meyve özelliklerinin saptanması üzerine araştırmalar. *Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 95, 98.
- Bayram, S., Tepe, S., Toker, R., 2016. Determination of some physical and chemical changes in fruits of "Hass" avocado cultivar during harvesting time. *Derim*, 33 (1): 14-26. <https://doi.org/10.16882/derim.2016.11216>
- Braca, A., De Tommasi, N., Di Bari, L., Pizzi, C., Politi, M., Morelli, I., 2001. Antioxidant principles from *Bauhinia t. arapontensis*. *Journal of natural products*, 64(7), 892-895. <https://doi.org/10.1021/np0100845>
- Burda, S., Oleszek, W., 2001. Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 2774-2779. <https://doi.org/10.1021/jf001413m>
- Butar, S. 2013., AVG (aminoethoxyvinilglycine)'nin Jersey Mac elma çeşidinde hasat önü meyve dökümü, hasat zamanı ve meyve kalitesi üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 74s, Aydın.

- Di, V., Avellone, G., Bongiorno, D., Indelicato, S., 2017. Quantitative evaluation of the phenolic profile in fruits of six avocado (*Persea americana*) cultivars by ultra-high-performance liquid chromatography-heated electrospray-mass spectrometry. *International Journal of Food Properties*, 20(6): 1302-1312. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1208225>
- Doğan, A., Kurubaş, M.S., Erkan, M., 2017. The effects of different doses of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of "Hass" avocado fruit. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2): 71-78.
- Domínguez-Avila, J.A., Wall-Medrano, A., Velderrain-Rodríguez, G.R., Chen, C.O., Salazar-López, N.J., Robles-Sánchez, M., González-Aguilar, G.A., 2017. Gastrointestinal interactions, absorption, splanchnic metabolism and pharmacokinetics of orally ingested phenolic compounds. *Food Function*, 25(8): 15-38. <https://doi.org/10.1039/c6fo01475e>.
- Echeverría, E., Valich, J., 1989. Enzymes of sugar and acid metabolism in stored Valencia oranges. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*.
- Figuroa, J.G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., 2018. Comprehensive identification of bioactive compounds of avocado peel by liquid chromatography coupled to ultra-high-definition accurate-mass Q-TOF. *Food Chemistry*, 245(2017): 707-716. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.011>.
- Fitriani Abubaka, A.N., Setiati Achmadi, S., Herawati Suparto, I., 2017. Triterpenoid of avocado (*Persea americana*) seed and its cytotoxic activity toward breast MCF-7 and liver HepG2 cancer cells. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(5), 397-400. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.010>.
- Gómez, F.S., Sánchez, S.P., Iradi, M.G.G., Azman, N.A.M. ve Almajano, M.P., 2014. Avocado seeds: extraction optimization and possible use as antioxidant in food. *Antioxidants* 3(2): 439-54. <https://doi.org/10.3390/antiox3020439>
- Gomez-Flores, R., Arzate-Quintana, C., Quintanilla-Licea, R., Tamez-Guerra, P., Tamez-Guerra, R., Monreal-Cuevas, E., Rodríguez-Padilla, C., 2008. Antimicrobial activity of *Persea americana* Mill (Lauraceae)(Avocado) and *Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less (Asteraceae) leaf extracts and active fractions against *Mycobacterium tuberculosis*. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 3(2): 188-194.
- Jimenez, P., García, P., Quiral, V., Vasquez, K., Parra-Ruiz, C., Reyes-Farias, M., Soto-Covasich, J., 2021. Pulp, leaf, peel and seed of avocado fruit: a review of bioactive compounds and healthy benefits. *Food Reviews International*, 37(6), 619-655. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1717520>
- Kaplanıran, M., Tuzcu, Ö., 1994. Bazı avokado çeşitlerinin adana koşullarında gösterdikleri özellikler. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 103-112.
- Kumar, B., Cumbal, L., 2016. UV-Vis, FTIR and antioxidant study of *Persea americana* (Avocado) leaf and fruit: a comparison. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (14): 13-20.
- Kumar, S., Pandey, A.K., 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
- Lee, J., Koo, N., Min, D.B., 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3(1): 21-33. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2004.tb00058.x>
- Martínez-Hernández, G.B., Artés-Hernández, F., Gómez, P.A., Artés, F., 2013. Comparative behaviour between kailan-hybrid and conventional fresh-cut broccoli throughout shelf-life. *LWT- Food Science and Technology*, 50(1): 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.010>
- Melgar, B., Dias, M. I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez- Lopez, A. D., Ferreira, I. C.R.F., 2018. Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 111: 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.024>.
- Mensah, J.K., Okoli, R.I., Turay, A.A., Ogie-Odia, E. A., 2009. Phytochemical analysis of medicinal plants used for the management of hypertension by Esan people of Edo state, Nigeria. *Ethnobotanical Leaflets*, 2009(10): 7.
- Murathan, Z.T., Kaya, A., 2020. Alanya ekolojik koşullarında yetiştirilen "Hass" ve "Fuerte" avokado çeşitlerinin bazı fitokimyasal içerikleri ile antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6): 1435-1440. <https://10.18016/ksturimdogavi.674647>
- Oboh, G., Odubanjo, V.O., Bello, F., Ademosun, A.O., Oyeleye, S.I., Nwanna, E.E., Ademiluyi, A.O., 2016. Aqueous extracts of avocado pear (*Persea americana* Mill.) leaves and seeds exhibit anti-cholinesterases and antioxidant activities in vitro. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 27(2): 1-10. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2015-0049>.
- Olaeta, J.A., Undurraga, P., Jaque, R., 2007. Effect of size and height of fruit within the tree on content of oil in "Hass" and "Fuerte" avocados (*Persea americana* Mill.). In *Proceeding VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial Del Aguacate)* (Vol. 12, No. 16, pp. 1-10).

- Owolabi, M.A., Coker, H.A.B. Jaja, S.I., 2010. Bioactivity of the phytoconstituents of the leaves of *Persea americana*. Journal of Medicinal Plants Research, 4(12): 1130-1135. <https://doi.org/10.5897/JMPR09429>
- Özdemir, F., Topuz, A., Demirkol, A., Gölükçü, M. 2004. Hasat zamanı ve hasat sonrası olgunluğa bağlı olarak bazı avokado (*Persea americana* mill) çeşitlerinin bileşimindeki değişimler. Gıda, 29(2).
- Öztürk, B., Altuntaş, E., Yıldız, K., Özkan, Y., Saracoğlu, O., 2013. Effect of methyl jasmonate treatments on the bioactive compounds and physicochemical quality of 'Fuji' apples. Ciencia e investigación agraria, 40(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-16202013000100018>
- Ramos Athaydes, B., Alves, G.M., Assis, A.L.E.M. de, Gomes, J.V.D., Rodrigues, R.P., Campagnaro, B.P., Gonçalves, R. de C.R., 2019. Avocado seeds (*Persea americana* Mill.) prevents indomethacin-induced gastric ulcer in mice. Food Research International, 119: 751-760. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.057>
- Raymond Chia, T. W., Dykes, G. A., 2010. Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (*Persea americana*) of three cultivars. Pharmaceutical biology, 48(7), 753-756. <https://doi.org/10.3109/13880200903273922>
- Rodriguez-Carpena, J.G., Morcuende, D., Estévez, M., 2011. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. Meat Science, 89(2): 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.013>
- Rotta, E.M., de Moraes, D.R., Biondo, P.B.F., dos Santos, V.J., Matsushita, M., Visentainer, J.V., 2016. Use of avocado peel (*Persea americana*) in tea formulation: a functional product containing phenolic compounds with antioxidant activity. Acta Scientiarum. Technology, 38(1): 23-29. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i1.27397>
- Schaffer, B., Wolstenholme, B.N., Whiley, A.W., 2013. The Avocado Botany, Production and Uses, 2nd ed.; CABI Publishing: New York.
- Segovia, F.J., Hidalgo, G.I., Villasante, J., Ramis, X., Almajano, M.P., 2018. Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. Molecules, 23(10): 2421. <https://doi.org/10.3390/molecules23102421>
- Septembre-Malaterre, A., Remize, F., Poucheret, P., 2018. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. Food Research International, 104: 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.031>
- Shepherd, J.S., 1984. Average weights of selected avocado cultivars. Yearbook-California Avocado Society (USA), 68: 109-119.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.
- Soong, Y.Y., Barlow, P.J. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. Food chemistry, 88(3): 411-417. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.003>
- Toplu, C., Demirköser, T.H., Kaplankıran, M., Demirkol, A., Baturay, S.G., Yanar, M., 1998. Bazı avokado çeşitlerinin İskenderun koşullarında gösterdikleri verim durumları ve kalite parametreleriyle büyüme şekilleri. Derim, 15(2): 50-57.
- Tremocoldi, M.A., Rosalen, P.L., Franchin, M., Massarioli, A.P., Denny, C., Daiuto, É.R., Alencar, S.M.D., 2018. Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. PloS one, 13(2), e0192577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577>
- Undurraga, P., Oleata, J., Gardiazabal, F., 1987. Seasonal changes on chemical and physical parameters in six avocado (*Persea americana* Mill) cultivars grown in Chile. South African Avocado Growers Association Yearbook, 10: 138-140
- Üren, A., 1999. Üç boyutlu renk ölçme yöntemleri. Gıda, 24(3): 193-200.
- Wang, W., Bostic, T.R., Gu, L., 2010. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. Food Chemistry, 122: 1193- 1198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.114>
- Wang, M., Zheng, Y., Khuong, T., Lovatt, C.J., 2016. Developmental differences in antioxidant compounds and systems in normal and small-phenotype fruit of "Hass" avocado (*Persea americana* Mill.). Scientia Horticulturae, 206, 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.029>
- Yahia, E. M., 2011. Avocado, Chapter 8 in Rees D., Farrell G. and Orchard J. E. (eds), Crop Postharvest: Science and Technology, Volume 3, Perishables, Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, UK. In press .
- Yamassaki, F.T., Campestrini, L.H., Zawadzki-Baggio, S.F.Maurer, J.B.B., 2017. Avocado leaves: Influence of drying process, thermal incubation, and storage conditions on preservation of polyphenolic compounds and antioxidant activity. International Journal of Food Properties, 20(2): 2280-93. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1369105>

- Young, R.E., Lee, S.K., 1978. Avocado fruit maturity. California Avocado Society Yearbook, 62: 51-57.
- Zhishen, J.M., Jianming, W., 1999. La determinación del contenido de flavonoides en la morera y sus efectos depuradores sobre los radicales superóxidos. Food Chemistry, 64(1), 555-559.
- Zilkah, S., Klein, I., 1987. Growth kinetics and determination of shape and length of small and large avocado fruits cultivars "Hass" on the tree. Scientia Horticulturae, 32:195-202. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(87\)90086-0](https://doi.org/10.1016/0304-4238(87)90086-0)



Kurutma Yöntemi ve Sıcaklık Değerlerinin Mor Reyhanın Kuruma Kinetiği ve Renk Kalitesi Üzerine Etkisi

The Effect of Drying Method and Temperature Values
on Drying Kinetics and Color Quality of Purple Basil

Burcu AKSÜT¹, Emircan DİNÇER², Onur SARAÇOĞLU³, Hakan POLATCI⁴

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sürdürülebilir Tarım Programı, Tokat
• burcu.aksutt@gmail.com • ORCID > 0000-0002-2732-5388

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sürdürülebilir Tarım Programı, Tokat
• emircan.dincer1@gmail.com • ORCID > 0000-0002-4793-4770

³Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat
• onur.saracoglu@gop.edu.tr • ORCID > 0000-0001-8434-1782

⁴Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat
• hakan.polatci@gop.edu.tr • ORCID > 0000-0002-2071-2086

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 18 Ağustos / August 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 18 Kasım / November 2022

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 38 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 187-198

Atıf/Cite as:Aksüt, B., Dinçer, E., Saraçoğlu, O. ve Polatçı, H. "Kurutma Yöntemi ve Sıcaklık Değerlerinin Mor Reyhanın Kuruma Kinetiği ve Renk Kalitesi Üzerine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 187-198.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Burcu AKSÜT

KURUTMA YÖNTEMİ VE SICAKLIK DEĞERLERİNİN MOR REYHANIN KURUMA KİNETİĞİ VE RENK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ:

Reyhan dünyada ve Türkiye’de önemli derecede üretimi yapılan tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Hasat döneminde içerdiği yüksek nem sebebiyle mikrobiyolojik bozulmalara elverişli olup uzun dönemli muhafaza edilmesi için güvenle depolama nem seviyesine düşürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, etüvde, iklimlendirme test kabininde ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılarak mor reyhan bitkisinin kalite değerleri ve kuruma kinetiği açısından en uygun kurutma yönteminin bulunması amaçlanmıştır. Kurutma denemeleri gölgede, etüvde 45, 50 ve 55 °C kurutma sıcaklıklarında ve iklimlendirme test kabininde 50 °C sıcaklıkta % 20 Rh, % 35 Rh ve % 50 Rh bağıl nemde çalışılmıştır. Mor reyhan bitkisinin kuruma sürelerine bakıldığında; en uzun kuruma süresi 82,5 saat ile gölgede kurutma yönteminde, en kısa kuruma süresi ise 10 saat olarak etüv de 55 °C sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Kurutma sonuçlarını matematiksel olarak tanımlamak için en uygun üç kurutma matematiksel modeli seçilmiş ve aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Bu modelleme eşitlikleri Lewis, Midilli Küçük ve Yağcıoğlu’dur. Tüm modellerin belirtme katsayısının ($p < 0.05$) uygun olduğu belirlenmiştir. Belirlenen R^2 değerleri arasında en yüksek eşitlik Midilli Küçük modelinde tespit edilmiştir. Renk kriteri açısından da tüm kurutma yöntemleri arasında taze mor reyhanın özelliklerini en iyi muhafaza eden yöntemin iklimlendirme cihazı 50 °C % 20 Rh olduğu belirlenmiştir. Kimyasal özellikler açısından (SÇKM, pH ve titre edilebilir asitlik) ise en uygun kurutma yönteminin etüv kurutucuda 55 °C sıcaklıkta yapılan kurutma olduğu bulunmuştur. Yapılan mor reyhan kurutma işleminde iklimlendirme test kabininde 50 °C etüvde ise 55 °C kurutma sıcaklığının elde edilen sonuçlara göre uygun olduğu ve bu sıcaklık değerlerinin mor reyhan gibi tıbbi aromatik bitkiler için kullanılabilir olacağı önerilmektedir.

Anahtar Kelime: Kurutma, Modelleme, Mor Reyhan, Kalite.



THE EFFECT OF DRYING METHOD AND TEMPERATURE VALUES ON DRYING KINETICS AND COLOR QUALITY OF PURPLE BASIL

ABSTRACT

Reyhan is a medicinal and aromatic plant that is produced significantly in the world and in Turkey. Due to the high humidity it contains during the harvest period, it is suitable for microbiological deterioration and must be safely reduced to

the storage humidity level for long-term preservation. In this study, it was aimed to find the most suitable drying method in terms of quality values and drying kinetics of purple basil plant by using drying methods in an oven, air-conditioning test cabinet and in the shade. Drying experiments were carried out in the shade, at drying temperatures of 45, 50 and 55 °C in an oven, and at a temperature of 50 °C in a climate test cabinet at 20% Rh, 35% Rh and 50% Rh relative humidity. Considering the drying times of the purple basil plant; The longest drying time was determined in the shade drying method with 82.5 hours, and the shortest drying time was determined as 10 hours in the drying process performed in an oven at 55 °C. In order to describe the drying results mathematically, the three most suitable drying mathematical models were selected and compared between them. These modeling equations are Lewis, Midilli Küçük and Yağcıoğlu. The coefficient of determination ($p < 0.05$) for all models was found to be appropriate. The highest equality among the determined R2 values was found in the Midilli Küçük model. In terms of color criteria, it was determined that among all drying methods, the method that best preserved the properties of fresh purple basil was the air conditioner 50 °C 20% Rh. In terms of chemical properties (SSKM, pH and titratable acidity), the most suitable drying method was found to be drying in an oven dryer at 55 °C. In the purple basil drying process, it is suggested that the drying temperature of 50 °C in the air-conditioning test cabinet and 55 °C in the oven is suitable according to the results obtained and these temperature values will be usable for medicinal aromatic plants such as purple basil.

Keywords: Drying, Modeling, Purple Basil, Quality.



1. GİRİŞ

Türkiye tıbbi ve aromatik bitki bakımından zengin ülkelerden birisidir. Türkiye'de doğal olarak yetişen 12.000 bin tür ve bunlar arasında endemik olarak bulunan 3.750 bin tür tıbbi ve aromatik bitkiler bulunmaktadır. Türkiye'de başta endemik türler olmak üzere tıbbi ve aromatik bitkilerin ekonomik değeri yüksektir (Ceylan, 1995; Baytop, 1999; Baydar, 2013). Reyhan (*Ocimum Basilicum* L.), *Lamiaceae* familyasında yer alan önemli bir tıbbi aromatik bitkidir. Çok değerli bir uçucu yağ ve baharat bitkisidir. Reyhan bitkisinin hem taze olarak hem de kurutulmuş halinin baharat değeri oldukça yüksektir. Kuru reyhanın Uzakdoğu ve Akdeniz mutfağında önemli bir yeri vardır. Salata, çorba, pizza, sirke, peynir ve sos aroması gibi gıdaların yapımında kullanılır (Baydar, 2013; Kulan, 2013).

Türkiye'de yapılan bir araştırmada taze ve kuru reyhan yapraklarında gallik, rosmarinik ve sisorik asit değerli fenolik maddeler bulunmasından dolayı reyhan fenolik madde bakımından zengin bir tıbbi aromatik bitkidir. Ayrıca rehan bit-

kisinin antioksidan aktivitelerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir (Telci ve ark., 2015). Türkiye de ve Dünyada üretimi oldukça fazla olan mor reyhan bitkisinin muhafazası oldukça önemlidir. Ülkemizde tarım ürünlerinin önemli bir kısmı kurutularak muhafaza edilmektedir (Gülçimen, 2008).

Tıbbi ve aromatik bir bitki olan reyhan genellikle çiçeklenme döneminde hasat edildiği için yüksek nem içeriğine sahiptir. Mikrobiyolojik ve biyokimyasal bozuşma reaksiyonlarını durdurmak için hasat edilen taze bitki aksamının (dal ve yaprakların) güvenli depolama nem seviyesine ulaşana kadar kurutulmaları gerekmektedir. Kurutma sırasında ürün kalite değerlerinin (rengi, uçucu yağ içeriği, vd.) korunması ve enerji tüketiminin azaltılması için uygun kurutma şartları ve yöntemleri oluşturulması gerekmektedir (Ertuğrul ve ark., 2017). Literatürde mor reyhan üzerine yapılan çalışmalarda genellikle bu bitkinin uçucu yağ bileşenleri özelliklerine bakılmıştır (Akı, 2022; Özer, 2022; Güzeldere, 2022). Çalışmamızda ise diğer kalite kriterleri olan SÇKM, pH ve TA özellikleri incelenmiştir.

Tarım ürünlerinin kurutulmasında birçok kurutma yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan en ekonomik olanı güneşte kurutma yöntemidir. Ancak güneşte kurutma yöntemi güneş ısıyla gerçekleşmekte olduğundan sıcaklık değerlerinin kontrol edilememesi ve dış ortam çevre şartlarının olumsuz etkileri (toz, toprak hayvan kalıntıları) sebebiyle kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması olanaksızdır. Bu nedenle alternatif sıcak hava ile çalışan kurutuculardan yararlanmak gerekmektedir (Doymaz ve Pala., 2000; Tuğrul ve ark., 2001).

Bu çalışmada, etüvde, iklimlendirme test kabininde ve gölgede kurutma yöntemleri kullanarak reyhan bitkisinin kuruma kinetiği ve renk kriteri açısından en uygun kurutma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Bitki Materyali

Bu çalışmada tıbbi ve aromatik bitki olan mor reyhan kullanılmıştır. Kurutma işlemleri Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.2. Nem Tayini İşlemi

Taze mor reyhanın ilk nem içeriğinin belirlenmesi için ortalama $17 \pm 1g$ örnek kullanılmıştır. Nem tayini işlemi etüvde $70 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ağırlıklar sabit oluncaya kadar devam etmiştir (Yağcıoğlu, 1999). Yaş ve kuru baza göre nem içeriği değerleri 1 ve 2 numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$N_y = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (1)$$

$$N_k = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

Burada; N_y : Yaş baza göre nem (%), N_k : Kuru baza göre nem (%), W_i : Yaş örneğin ağırlığı (g) W_s : Kuru örneğin ağırlığı (g).

2.3. Kurutma Denemeleri

Kurutma işlemleri gölgede, Oven marka etüvde ST 120 model cihazda 45, 50 ve 55 °C sıcaklıklarda ve Nüve marka ID 300 model iklimlendirme test kabininde 50 °C +% 20 Rh, 50 °C +% 35 Rh ve 50 °C +% 50 Rh bağıl nemde yapılmıştır.

Kurutma işlemi belirli aralıklarda tartılarak mor reyhan bitkisi son nem değerine ulaşıncaya kadar devam etmiştir. Kurutma işlemi başlamadan önce ve sonra bitki materyali olan mor reyhandan renk değerleri alınmıştır. Her kurutma yöntemi için ayrı ayrı yapılmıştır. Taze ve kurutulmuş ürünlere titre edilebilir asit (TA), pH ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) kimyasal analizleri yapılmıştır.

2.4. Renk Analizi

Mor reyhanın kurutma işlemi öncesi taze ürünlerin, kurutma işlemi sonrası kuru ürünlerin renk ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin kuruma öncesi ve sonrası yapılmasının nedeni kurutma sırasında uygulanan bağıl nemin kurutma yöntemlerinin ve sıcaklıkların renk üzerindeki etkisini taze ürün ile kıyaslamaktır. Çalışmada materyalin renk ölçümü (Minolta CR-300 model) renk ölçüm cihazı ile yapılmış ve ölçümlerin sonucu L, a, b türünden saptanmıştır. L, a ve b değeri sırasıyla parlaklık, kırmızılık ve sarılığın temsil etmektedir. Ayrıca a ve b değerlerinin negatif değerleri sırasıyla yeşil ve mavi rengi belirtmektedir (McGuire, 1992). C (kroma), Hue, AE (toplam renk değişimi) ve BI (kahverengileşme indeksi) değerleri sırasıyla rengin doygunluğunu, renk radyantını, toplam renk değişimini ve kuruma sonrası kahverengilik değerini belirtmektedir. Kroma değeri yüksek olursa ürünler canlı, düşük olursa solgun olmaktadır. Kroma değeri eşitlik 3, hue açısı eşitlik 4, toplam renk değişimi eşitlik 5 ve kahverengileşme indeksi eşitlik 6-7 ile hesaplanmaktadır (Plou ve ark., 1999; Çelen ve ark., 2015).

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$h^0 = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_{taze} - L)^2 + (a_{taze} - a)^2 + (b_{taze} - b)^2} \quad (5)$$

$$X = \frac{a+(1,75 \times L)}{[(5,645 \times L)+(a-(3,012 \times b))]} \quad (6)$$

$$BI = \frac{[100(x-0,31)]}{0,17} \quad (7)$$

2.5. Kimyasal analizler

Mor reyhan bitkisinin taze ve kuru örneklerine TA, pH ve SÇKM analizleri yapılmıştır.

2.5.1. Toplam Asitlik Miktarı ve pH Ölçümü

Bitkinin asitliği sitrik asit cinsinden, titrasyon asitliği metoduyla gerçekleştirilerek % olarak ifade edilmiştir. Homojenize edilmiş meyve örneklerinden 5 g tartılıp, 95 ml saf su ilave edilerek pH değeri, pH metre yardımıyla ölçülmüştür. Daha sonra pH değeri 8,1 ulaşınca kadar 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilmiştir. pH değeri ise homojenize edilmiş meyve örnekleri pH-metre ile doğrudan cam elektrot daldırılarak ölçülmüştür (Ergun, 2016).

2.5.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM)

Püre haline getirilmiş mor reyhan homojen hale getirildikten sonra santrifüj cihazına konularak suları çıkarılmıştır. Suyu çıkarılmış örnekler ilk damlalar saf su baz alınarak kalibre edilmiş el refraktometresi (0-53 ölçekli, Refractometer PAL-1) üzerine alınıp sonuçlar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

2.6. Meyve Ağırlık Ölçümü

Belirli aralıklarda bitki materyalinin ağırlıkları ölçülmüştür. Ağırlıklar 0.01g hassasiyetindeki ANDGF300 model terazi ile ölçülmüştür

2.7. Matematiksel Modelleme

Kurutulan mantar örneklerinin süreye bağlı olarak ayrılan nem oranı değeri 16 numarada verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (8)$$

ANO: Ayrılabilir nem oranı

M : Kurutulan materyalin anlık nem içeriği (g nem g kurumadde⁻¹)

Me: Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi (g nem g kurumadde⁻¹)

M0: Kurutulan materyalin ilk nem içeriği (g nem g kurumadde⁻¹)

Kurutma için literatürde yaygın olarak kullanılan model eşitlikleri seçilmiş ve aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Bu model eşitlikleri Lewis, Midilli Küçük ve Yağcıoğlu'dur.

2.8. İstatistiksel Analiz

Denemeden elde edilen sonuçları değerlendirmek için SPSS23 programında işlenerek çoklu karşılaştırma testi (Duncan) yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kurutma denemeleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

3.1. Kuruma Verileri

Çizelge 1. Mor reyhan bitkisinin kuruma süreleri

Table 1. Drying times of purple basil plant

	Kurutma Yöntemleri	Ortalama Son Nem Değerleri (% y.b.)	Kurutma Süreleri (saat)
Etüv	45 °C	11.59	18
	50 °C	10.28	16
	55 °C	13.46	10
İklimlendirme Cihazı	50 °C / % 20 Rh	11.58	15.5
	50 °C / % 35 Rh	9.15	16
	50 °C / % 50 Rh	13.73	18
Gölge	-	13.02	82.5

Çizelge 1'e bakıldığında en uzun kuruma süresi 82.5 saat ile gölgede kurutma yönteminde, en kısa kuruma süresi ise etüv 55 °C yönteminde olduğu tespit edilmiştir. Kuruma süreleri sıcaklık ile doğru, bağıl nem ile ters orantılıdır. Yani sıcaklık arttıkça kuruma süreleri azalmış, bağıl nem arttıkça kuruma süreleri artmıştır. Polatçı (2008), etüv de 35 °C, 45 °C ve 55 °C sıcaklıkta reyhan bitkisini kurutmuştur. Kuruma süreleri sırasıyla 52, 50 ve 34 saattir. Bulgular karşılaştırıldığında kuruma süreleri daha düşüktür. Bunun sebebinin ise kurutulan reyhan bitkisi miktarının Polatçı (2008) e göre daha az olmasıdır.

3.2. Renk parametreleri

Taze ve kurutulmuş mor reyhan bitkisine ait ölçülen ve hesaplanan renk değerleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Mor reyhan bitkisinin ölçülen renk değerleri

Table 2. Measured color values of purple basil plant

	Kurutma Yöntemi	L	a	b
Taze	-	2.32±23.38 ^d	0.72±4.52 ^{cde}	0.68±-1.57 ^a
	45 °C	1.35±22.06 ^b	1.39±5.26 ^e	2.15±-0.32 ^{abc}
Etüv	50 °C	2.24±21.85 ^{cd}	1.23±4.26 ^{bcd}	1.78±2.27 ^f
	55 °C	4.16±21.91 ^{cd}	0.85±4.07 ^{bc}	2.75±2.37 ^f
İklimlendirme Cihazı	50 °C / % 20 Rh	3.86±22.04 ^{cd}	1.37±4.46 ^{cde}	2.33±1.06 ^{cdef}
	50 °C / % 35 Rh	2.21±20.97 ^{cd}	0.69±3.52 ^b	1.29±1.26 ^{def}
	50 °C / % 50 Rh	2.40±21.14 ^{cd}	0.73±-3.59 ^a	1.56±1.73 ^{ef}
Gölge	-	0.98±18.65 ^a	0.62±4.38 ^{bcd}	0.67±-0.15 ^{bc}

* Ortalama değerler ($p < 0.05$) önem seviyesine göre kıyaslanmıştır.

Taze ve kurutulmuş mor reyhan bitkisine ait L, a, b değerleri ölçülerek ikincil renk değerleri olan kroma, hue açısı ve kahverengileşme indeks değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca taze ve kurutulmuş mor reyhan ait renk değerlerinin istatistiksel açıdan aralarında farkın olup olmadığını belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde taze ürünün parlaklık (L) değeri kuruma sonrası tüm yöntemlerde kuru ürünün parlaklık değerleri azalmıştır. Polatçı ve ark (2018), şeftali (*Prunus persica* L.) posası kurutma çalışmasında taze ürünün parlaklık değerinin kurutma sonrası azaldığını belirtmişlerdir. Bunun nedeninin sıcaklığın parlaklığı azaltan bir etkisi olduğu düşünülmektedir. L değerleri incelendiğinde tazeye kıyasla gölgede kurutma yöntemi dışında diğer yöntemlerin tazeye yakın olduğu bulunmuştur. a değerinde ise tazeye en yakın yöntemin iklimlendirme cihazı 50 °C / % 20 Rh yöntemi olduğu belirlenmiştir. Renk kriterleri açısından taze mor reyhanın renk parametrelerini en iyi koruyan iklimlendirme cihazı 50 °C / % 20 Rh yönteminin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Mor reyhan bitkisine ait hesaplanan renk değerleri**Table 3.** Calculated color values of purple basil plant

	Kurutma Yöntemi	C	b/a	Hue	ΔE	BI
Taze	-	4.79	-0.35	-19.13	-	-
Etüv	45 °C	5.27	-0.06	-3.48	17.62	15.00
	50 °C	4.82	0.53	28.01	17.52	24.62
	55 °C	4.71	0.58	30.25	17.65	24.51
İklimlendirme Cihazı	50 °C / % 20 Rh	4.58	0.24	13.42	17.98	19.05
	50 °C / % 35 Rh	3.74	0.36	19.72	17.54	17.98
	50 °C / % 50 Rh	4.02	-0.51	-26.99	17.74	-4.05
Gölge	-	4.39	-0.03	-1.93	14.94	15.43

Çizelge 3'e göre kurutulmuş mor reyhan bitkisinin hesaplanan renk değerleri tazeye kıyasla önemli bir farklılık olduğu bulunmuştur. Kuru ürünlerin kalitesi hakkında önemli bilgi veren ve ölçülen renk değerleri ile hesaplanan kroma, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeksi mor reyhan bitkisi için önemli bir renk kriteridir. Taze mor reyhanın kroma değeri 4.79 olarak hesaplanmıştır. En düşük kroma değeri iklimlendirme cihazı 50 °C %35 Rh yöntemi ile 3.74 olarak tespit edilirken en yüksek kroma değer ise etüv 45°C ile 5.27 olarak belirlenmiştir. BI (kahverengileşme indeksi) yapılan denemelerde en yüksek değer etüv 50 °C yöntemi ile 24.62 olarak bulunmuştur. Toplam renk değişim değeri ise en fazla iklimlendirme cihazı 50 °C % 20 Rh kurutma işlemi 17.98 iken en az ise gölgede kurutma yönteminde 14.94 olarak tespit edilmiştir.

3.3. Kimyasal Analiz Değerleri

Mor reyhanın taze ve kuru örneklerinin pH, TA ve SÇKM analiz değerleri Çizelge 6'de verilmiştir.

Çizelge 4. Mor reyhan bitkisine ait kimyasal analiz değerleri**Table 4.** Chemical analysis values of purple basil plant

	Kurutma Yöntemi	SÇKM	pH	TA
Taze	-	1.15±16.67 ^d	0.03±5.53 ^e	0.07±1.40 ^d
Etüv	45 °C	2.31±26.67 ^{bc}	0.09±6.01 ^d	0.33±2.91 ^a
	50 °C	0.00±28.00 ^{bc}	0.07±6.14 ^{cd}	0.22±2.72 ^{ab}
	55 °C	2.31±26.67 ^{bc}	0.02±6.06 ^d	0.25±2.63 ^{ab}

İklimlendirme Cihazı	50 °C / % 20 Rh	2.31±29.33 ^{ab}	0.06±6.12 ^{cd}	0.19±2.30 ^{bc}
	50 °C / % 35 Rh	2.31±29.33 ^{ab}	0.20±6.29 ^{abc}	0.56±2.93 ^a
	50 °C / % 50 Rh	2.31±29.33 ^{ab}	0.27±6.38 ^a	0.23±2.36 ^{bc}
Gölge	-	2.31±30.67 ^{ab}	0.02±6.34 ^{ab}	0.25±2.36 ^{bc}

* Ortalama değerler ($p<0.05$) önem seviyesine göre kıyaslanmıştır.

Çizelge 4'e göre, kurutulan mor reyhan bitkisi için belirlenen SÇKM, pH ve TA değerleri taze örnekler ile istatistiki açıdan ($p<0.05$) kıyaslandığında bütün kurutma denemelerinde farklı bulunmuştur. Polatçı ve Aksüt (2021) nane bitkisinde yapmış oldukları çalışmada SÇKM, pH ve TA değerlerinin taze örneklerle kıyaslamasında kurutma denemelerinin artış sağladıklarını ve daha yüksek değerler elde ettiklerini bildirmişlerdir. SÇKM değerleri incelendiğinde diğer kurutma yöntemleri kendi aralarında benzerlik göstermektedir. pH değerinde ise istatistiki açıdan tazeye kıyasla etüv de 45-55 °C kurutma sıcaklığında yapılan denemelerde yakın olduğu tespit edilmiştir. Tüm yöntemler değerlendirildiğinde en iyi sonucu veren yöntemin etüv 55 °C olduğu belirlenmiştir.

3.4. Matematiksel Model Verileri

Matematiksel model verileri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5'e göre, en yüksek R² değeri Midilli Küçük model eşitliğinin iklimlendirme cihazı 50 °C % 50 Rh yönteminde 0.9997 olarak bulunurken, en düşük R² değeri ise Lewis model eşitliğinin iklimlendirme cihazı 50 °C % 20 Rh yönteminde 0.9202 olarak belirlenmiştir. Taşova (2018), düşük ve yüksek sıcaklıklarda patlıcan kurutma çalışmasında Page, Midilli Küçük ve Yağcıoğlu modelleri kullanmıştır. Literatürde benzer olarak tüm kuruma modelleri içerisinde en yüksek R² değeri Midilli-Küçük modelinde tespit etmiştir.

Çizelge 5. Modelleme eşitliklerine ait hesaplanan değerler

Table 5. Calculated values of modeling equations

Model Eşitlikleri	Kurutma Yöntemi	k	R ²	p		
Midilli Küçük $f=h \cdot \exp(j \cdot (t \cdot k)) + (m \cdot t)$	Etüv	45 °C	0.7679	0.9994	<0.0001	
		50 °C	1.1046	0.9982	<0.0001	
		55 °C	1.1235	0.9991	<0.0001	
	İklimlendirme Cihazı	50 °C / % 20 Rh	0.8157	0.9981	<0.0001	
		50 °C / % 35 Rh	0.8119	0.9983	<0.0001	
		50 °C / % 50 Rh	0.9640	0.9997	<0.0001	
	Gölge	-	0.7825	0.9996	<0.0001	
	Yağcıoğlu $f=k \cdot \exp(-h \cdot t) + j$	Etüv	45 °C	0.9588	0.9953	<0.0001
			50 °C	1.1582	0.9982	<0.0001
55 °C			1.0952	0.9989	<0.0001	
İklimlendirme Cihazı		50 °C / % 20 Rh	0.9443	0.9944	<0.0001	
		50 °C / % 35 Rh	0.9569	0.9942	<0.0001	
		50 °C / % 50 Rh	0.9836	0.9996	<0.0001	
Gölge		-	0.9349	0.9934	<0.0001	
Lewis $f=\exp(-k \cdot t)$		Etüv	45 °C	0.1890	0.9910	<0.0001
			50 °C	0.5717	0.9870	<0.0001
	55 °C		0.3139	0.9959	<0.0001	
	İklimlendirme Cihazı	50 °C / % 20 Rh	0.3093	0.9202	<0.0001	
		50 °C / % 35 Rh	0.4042	0.9921	<0.0001	
		50 °C / % 50 Rh	0.3543	0.9992	<0.0001	
	Gölge	-	0.0602	0.9886	<0.0001	

R²: Kararlılık katsayısı, p: Önemlilik seviyesi, k-h-j-m: Model katsayıları

4. SONUÇ

Bu çalışmada; etüvde, iklimlendirme test kabini ve gölgede kurutma yöntemleri kullanarak mor reyhan bitkisinin kuruma kinetiği ve renk kriteri açısından en uygun kurutma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler sonucunda bazı kalite özellikleri (pH, TA, SÇKM) incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Mor reyhan bitkisinin kuruma sürelerine bakıldığında; en uzun kuruma süresi 82,5 saat ile gölgede kurutma yönteminde, en kısa kuruma süresi 10 saat ile etüv 55 °C yönteminde olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen R² değerleri arasında en yüksek

eşitlik Midilli Küçük modelinde belirlenmiştir. Renk kriteri bakımından da taze mor reyhanın özelliklerini en iyi koruyan yöntemin iklimlendirme cihazı 50 °C % 20 Rh olduğu belirlenmiştir. Kimyasal özellikler açısından ise (SÇKM, pH ve titre edilebilir asitlik) etüv de 55 °C yönteminin daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Yapılan mor reyhan kurutma işleminde iklimlendirme test kabini de 50 °C etüvde ise 55 °C kurutma sıcaklığının elde edilen sonuçlara göre uygun olduğu ve bu sıcaklık değerlerinin mor reyhan gibi tıbbi aromatik bitkiler için kullanılabilir olacağı önerilmektedir.

Çıkar Çatışması:

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik:

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları:

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): BA (%25), ED (%25), OS (%25) HP (%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): BA (%30), ED (%30), OS (%20), HP (%20)

Veri Analizi (Data Analysis): BA (%20), ED (%20), OS (%30), HP (%30)

Makalenin Yazımı (Writing up): BA (%40), ED (%20), OS (%20), HP (%20)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): BA (%20) ED (%40), OS (%20), HP (%20)

KAYNAKÇA

- Akı, K., 2022. Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen reyhan (*Ocimum basilicum L.*) bitkisinde çiçeklenme periyodu boyunca tarımsal özellikler ile uçucu yağ oranı ve bileşenlerindeki değişimlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, 100s, Bursa.
- Baydar, H., 2013. Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi (Genişletilmiş 4. Baskı), Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No:51, 14-16, 20, 206-208 s, Isparta.
- Baytop, T., 1999. Türkiye'de bitkiler ile tedavi (Geçmişte ve Bugün), Nobel Tıp Kitabevleri 2.Baskı, İstanbul, 3, 137, 237 s. Cemeroglu, B. 2007. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Yayınları, 682 s, Ankara.
- Ceylan, A., 1995. Tıbbi bitkiler I (III. Basım), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:312, 23 s, İzmir.
- Çelen, İ.H., Çelen, S., Moralar, A., Buluş, H. N., Önter, E., 2015. Mikrodalga bantlı kurutucuda patatesin kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi. Electronic Journal of Vocational Colleges- Special Issue: The Latest Trends in Engineering, 5(4): 242- 287.
- Doymaz, İ., Pala, M., 2000. Kahramanmaraş kırmızı biberinin kuruma karakteristiklerinin incelenmesi. IV. Kimya Mühendisliği Kongresi, TA45, 31 Ağustos- 4 Eylül, Avcılar, İstanbul.
- Ergun, B., 2016. Farklı olgunluk aşamalarındaki bazı Avrupa eriklerinin (*Prunus Domestica*) pomolojik ve fitokimyasal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77s, Tokat.
- Ertuğrul, M., Tarhan, S., 2017. Farklı kurutma havası sıcaklık profillerinin melisa (*Melissa officinalis L.*) bitkisinin

- kuruma kinetiği ve enerji tüketimine etkisi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6, 1-10.
- Gülçimen, F., 2008. Yeni tasarlanan havalı kollektörler yardımı ile reyhan ve nane kurutulması. Doktora Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, 169s, Elâziğ.
- Güzeldere, H.K.B., 2022. *Ocimum basilicum* L. ve *Ocimum sanctum* bitkilerinin farmakolojik etkileri. Sağlık Bilim Medikal Araştırmalar, 69.
- Kulan, E.G., 2013. Eskişehir koşullarında yetiştirilen reyhan (.) bitkisinin bazı bitkisel özelliklerin ve diurnal varyabilitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 98s, Eskişehir.
- Lewis, W.K., 1921. The rate of drying of solid materials. Industrial Engineering Chemistry, 13, 427-443.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27: 1254-1255.
- Özer, P.C., 2022. Bursa ekolojik koşullarında reyhan (*Ocimum basilicum* L.)'ın tarımsal özellikleri, uçucu yağ oranı ve kompozisyonu üzerine farklı organik ve inorganik gübrelerin etkileri. Yüksek Lisans Tezi. 151s, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Plou, E., Lopez-Malo, A., Barbosa-Canovas, G.V., Welti-Chanes, J., Swanson, B.G., 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of Food Science, 64, 42-45.
- Polatçı, H., 2008. Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61s, Tokat.
- Polatçı, H., Taşova, M., Saraçoğlu, O., Taşkın, O., 2018. Şeftali (*Prunus persica* L.) posasının farklı sıcaklıklarda kuruma parametrelerin belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi, 14 (3), 149-156.
- Polatçı, H., Aksüt, B., 2021. Nane bitkisine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin kuruma kinetiği ve kalite özelliklerine etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 18(1), 1-8.
- Taşova, M., 2018. Düşük ve yüksek sıcaklıklarda kurutulan patlıcan (*Solanum melongena* L.) dilimlerinin kurutma kinetiği ve renk değerleri açısından en uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2), 84-93.
- Telci, İ., Elmastaş M., Demirtaş, İ., Kacar, O., Aytaç, Z., Yılmaz, E., 2015. Türkiye'de kültürü yapılan reyhanlarda (*Ocimum basilicum* L.) flavonoid ve fenolik asit kompozisyonlarının araştırılarak farklı kemotiplerin belirlenmesi, önemli bileşiklerin ekolojilere göre değişimi ve antioksidan potansiyellerinin karşılaştırılması. 1110677 Nolu Proje, TÜBİTAK.
- Tuğrul, N., Doymaz, İ., Pala, M., 2001. Dereotunun kuruma karakteristiklerinin incelenmesi, Gıda, 26(6): 403-407.
- Yağcıoğlu A., 1999. Tarımsal ürünleri kurutma tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları No: 536. Bornova, İzmir.



Characterization of Catalase Enzyme from Leaf Tissue of Aronia (*Aronia melanocarpa*) Plant

Aronia (*Aronia Melanocarpa*) Bitkisinin Yaprak Dokusundan Katalaz Enziminin Karakterizasyonu

Ömer TAŞ¹, Betül MİTROVİCA², Deniz EKİNCİ³

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, 55139, Samsun
• omer.tas@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0003-1782-8210

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, 55139, Samsun
• betullmitrovica@gmail.com • ORCID > 0000-0002-6229-6172

³Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, 55139, Samsun
• deniz.ekinci@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7849-4117

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 27 Aralık / December 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 25 Ocak / January 2023

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 38 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 199-208

Atıf/Cite as: Taş, Ö., Mitrovica, B. ve Ekinci, D. "Characterization of Catalase Enzyme from Leaf Tissue of Aronia (*Aronia melanocarpa*) Plant" *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 38(1), February 2023: 199-208.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Deniz EKİNCİ

CHARACTERIZATION OF CATALASE ENZYME FROM LEAF TISSUE OF ARONIA (ARONIA MELANOCARPA) PLANT

ABSTRACT

Aronia is among the most antioxidant containing plants which is found commonly around the world. Aronia cultivation started in Turkey for the first time in 2012 at the Atatürk Central Research Institute of Garden Cultures, and a plantation was constructed in the experimental area. Since antioxidants help to preserve food by blocking oxidation processes and contributing to the health promotion provided by numerous dietary supplements, nutraceutical and functional food additives, antioxidant capacity of these plants should be well characterized. To assess and evaluate the antioxidant content of foods and plant products, many approaches are utilized. In this study, catalase (CAT) enzyme was partially purified from aronia plant leaf tissue and characterization was carried out. Purification process consisted of homogenate preparation, ammonium sulfate precipitation and dialysis. The optimal ionic strength, pH, substrate concentration and enzyme quantity were examined. These values were found to be 300 mM Tris, pH:8.0, 12 mM H₂O₂ and 75 µl, respectively, for the catalase enzyme of the Aronia plant leaf tissue. This study is the first in the literature dealing with the characterization of antioxidant enzyme from Aronia plant.

Keywords: Antioxidant, Aronia, Catalase, Characterization.



ARONIA (ARONIA MELANOCARPA) BİTKİSİNİN YAPRAK DOKUSUNDAN KATALAZ ENZİMİNİN KARAKTERİZASYONU

ÖZ:

Aronia, dünya çapında yaygın olarak bulunan en çok antioksidan içeren bitkilerden biridir. Türkiye’de ilk kez 2012 yılında Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsünde Aronia yetiştiriciliğine başlanmış ve deneme alanına ağaçlandırma yapılmıştır. Antioksidanlar, oksidasyon süreçlerini bloke ederek ve çok sayıda diyet takviyesi, nutrasötik ve fonksiyonel gıda katkı maddesi tarafından sağlanan sağlığın önemine katkıda bulunarak gıdaların korunmasına yardımcı olduklarından, bu bitkilerin antioksidan kapasiteleri iyi karakterize edilmelidir. Gıdaların ve bitkisel ürünlerin antioksidan içeriğini değerlendirmek ve belirlemek için birçok yaklaşım kullanılmaktadır. Bu çalışmada aronia bitkisinin yaprak dokusundan katalaz (CAT) enzimi kısmen saflaştırılmış ve karakterizasyonu yapılmıştır. Saflaştırma işlemi, homojenat hazırlama, amonyum sülfat çöktürme ve

diyalizden oluşmaktadır. Optimum iyonik kuvvet, pH, substrat konsantrasyonu ve enzim miktarı incelenmiştir. Bu değerler Aronia bitki yaprak dokusunun katalaz enzimi için sırasıyla 300 mM Tris, pH:8.0, 12 mM H_2O_2 ve 75 μ l olarak bulunmuştur. Bu çalışma Aronia bitkisinden elde edilen antioksidan enzimin karakterizasyonu ile ilgili literatürdeki ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Aronya, Katalaz, Karakterizasyon.

1. INTRODUCTION

A native plant of North America, *Aronia melanocarpa* (aronia) is commonly known as black chokeberry and is now cultivated worldwide. The aronia plant, which belongs to the Rosaceae family, is very rich in anthocyanins and other phenolic compounds and has a dark purple color. With its high total polyphenol and anthocyanin content and DPPH radical scavenging activity, Aronia is known to have powerful antioxidant features compared to many other fruits (Jakobek et al., 2007; Benvenuti et al., 2004).

Aronia has a wide range of phenolic chemicals, including phenolic acids, flavonols, anthocyanins, and flavan-3-ols (Taheri et al., 2013). So far, it has been shown that aronia berry decreases systolic blood pressure and cholesterol levels (Hawkins et al., 2021), which reduces the risk of chronic illnesses (Jurikova et al., 2017) and provides strong antioxidant protection (Kardum et al., 2014).

O_2 is generally not reactive to most cellular components, but ROS (reactive oxygen species) causes oxidation of lipids, proteins, RNA, DNA and many small molecules in the cell. ROS have a high reactivity to these biological components due to their changed chemistry as compared to O_2 , which permits them to donate an electron or transfer an excited energy state to an acceptor molecule (Halliwell and Gutteridge, 2015). Hydrogen peroxide (H_2O_2), superoxide (O_2^-), singlet oxygen (1O_2), the hydroxyl radical (HO \cdot) and different types of organic and inorganic peroxides are the principal forms of ROS in cells, which vary widely in their characteristics and chemical reactivity (Halliwell and Gutteridge, 2015; Mittler, 2017; Waszczak et al., 2018; Smirnoff and Arnaud, 2019; Sies and Jones, 2020). Since ROS is very reactive and is produced independently in nearly all cell compartments, its levels must be controlled to prevent undesired cellular oxidation.

A group of polyphenolic compounds commonly found in fruits, vegetables and other food products and produced as secondary metabolites in plants are called flavonoids. In addition to other bioactivities (eg, anti-inflammation, anti-aging), flavonoids have beneficial biochemical effects on certain diseases (eg, anti-glaucoma, anti-cancer) by affecting certain enzymes (Güven et al., 2019; Williamson et al., 2018; Gentile et al., 2018). Their principal biological function is antioxidant

protection. Flavonoid antioxidant activity can protect against free radical damage by scavenging reactive oxygen species, activating antioxidant enzymes, inhibiting oxidases (e.g., xanthine oxidase [XO], cyclooxygenase [COX], lipoxygenase and phosphoinositide 3-kinase [PI3K]), and reducing α -tocopheryl radicals. To decrease oxidative stress, flavonoid antioxidant activity can raise uric acid levels, metal-chelating activity, and low-molecular-weight antioxidant activity (Williamson et al., 2018).

Antioxidants have been promoted as helpful agents in improving plant stand and minimizing the impacts of biotic and abiotic stressors.

Plants have many enzymatic and non-enzymatic defensive strategies against oxidative stressors caused by ROS. The antioxidant enzymes of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and guaiacol peroxidase (GPX) have an important place in the enzymatic defense systems of plants to remove ROS (Azevedo Neto et al., 2004). SOD is the primary $O_2\cdot^-$ scavenger and results in the formation of H_2O_2 and O_2 by enzymatic reaction. The H_2O_2 generated is subsequently removed by CAT (Azevedo Neto et al., 2006). Catalase (H_2O_2 : H_2O_2 oxidoreductase E.C.1.11.1.6) is a kind of antioxidant enzyme found in all aerobic organisms. It is known that H_2O_2 is converted into water and oxygen in the cell in the presence of catalase with the realization of environmental stress. Catalase is found in all major locations of H_2O_2 generation in higher plants' cellular environments (such as peroxisomes, mitochondria and cytosol) (Sharma and Ahmad, 2014).

Due to the importance of catalase in plant defense system, we aimed in this study to purify the enzyme from *Aronia melanocarpa* leaves for the first time and to determine optimum buffer, optimum ionic strength, optimum pH and optimum substrate amount in order to find new potential natural antioxidant sources.

2. METHODS

2.1. Chemicals

Sigma-Aldrich supplied the chemicals utilized in the purifying process Aldrich (St. Louis, Mo, USA). Merck supplied the other compounds used (Darmstadt, Germany).

2.2. Preparation of the Homogenate and in Vitro Enzyme Assay

Leaf tissue was obtained from the aronia plant. The leaves were crushed into small pieces and then thoroughly crushed and homogenized with liquid nitrogen (approximately $-196^\circ C$), then 300 mM Tris (2-Amino-2-(hidroksimetil)-1,3-propanediol) buffer was added and centrifuged at $4^\circ C$, 15.000 xg. After centrifugation

step, the supernatant was filtered and enzyme activity was measured. The activity was measured at 240 nm using a Shimadzu UV-1800 spectrophotometer.

Hydrogen peroxide (H₂O₂) was used as the substrate for catalase. 100 µl of H₂O₂ in 0.3 M Tris buffer (pH 8.0) was transferred to the cuvette. The enzymatic reaction was initiated by adding 100 µl of supernatant containing catalase enzyme to the cuvette, and the final volume was reduced to 1 ml with distilled water; the absorbance value at the commencement of the reaction was then measured in a spectrophotometer at 240 nm.

2.3. Ammonium Sulfate Precipitation and Dialysis

Ammonium sulfate precipitation was performed for the prepared homogenate. Accordingly, the homogenate was adjusted at different intervals with solid ammonium sulfate at a salt concentration of 0-100%. The precipitate was dissolved with a minimal amount of Tris buffer 0.3 M, Tris. The maximum enzyme activity was found at concentrations ranging from 20-40%.

To remove salts from protein solutions, dialysis was performed. A dialysis bag with a semi-permeable membrane, typically composed of cellulose acetate and having a porous structure, is utilized for this procedure. The prepared solution was placed in this bag and slowly mixed by passing it through the suitable buffer. Small molecules go across the membrane until the osmotic pressure was adjusted. The buffer outside the membrane was altered multiple times during this procedure.

2.4. Characterization of the Enzyme With Kinetic Parameters

To characterize the enzyme, different pH, substrate, and ionic strength parameters were examined. The enzyme's characterization parameters were calculated as optimum ionic strength: 300 mM Tris, pH: 8.0 and substrate concentration: 12 mM.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Catalase enzyme was partially purified and characterized from aronia plant leaf tissue in this work. The high antioxidant content of the aronia plant and its favorable effects on human health highlight the significance of our work. Throughout history, people have used the leaves of many plants to make herbal tea. These teas contain high levels of phytochemicals derived from polyphenols, flavonoids and chlorophyll. Phytochemicals are secondary metabolites found in plants that have been extensively studied in terms of different bioactivities such as anticancer, anti-inflammatory and antibacterial, and so on (Gawron-Gzella et al., 2012; Do Thi and Hwang, 2014). Quercetin, rutin, and chlorogenic acid are the most abundant polyphenols in aronia leaves (Pirvu et al., 2014). Polyphenols are the most abun-

dant antioxidant chemicals in plants which can reduce inflammation, cancer, and aging by quenching reactive oxygen species (Tsuda, 2012).

The characterization research is critical for determining and selecting the ideal values for the importance and antioxidant characteristics of the aronia plant-derived catalase enzyme. As previously stated, in addition to the relevance of the aronia plant's leaf content, the characterisation of the catalase is critical for both the plant and the enzyme.

Because of the strong antioxidant content of aronia, the purification and characterisation of the catalase enzyme demonstrates the study's uniqueness.

Catalase enzyme was partially purified from aronia plant and characterized in this work for the first time. After homogenization, the enzyme's precipitate saturation with solid $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ was determined to be 20-40%. This finding demonstrates that the purification process is consistent with previous investigations and will serve as a model for future research. Both potassium phosphate and Tris buffer measurements were made for optimum ionic strength optimization. The ideal ionic strength was evaluated between 10 mM and 600 mM Tris buffer as a result of the optimization experiments, and the optimum ionic strength was identified in 300 mM Tris (Table 1).

Table 1. Activity measurements of aronia fruit leaf tissue catalase enzyme optimal ionic strength TRIS buffer

[mM]	10	20	50	100	150	200	300	400	500	600
%Activity	22.8	74.8	64.5	58.2	84	70,8	100	53,7	74,8	63,4

pH was adjusted between 5.0 and 8.5 to find the optimal pH, which was determined to be 8.0 (Table 2).

Table 2. Activity measurements of aronia fruit leaf tissue catalase enzyme optimal pH value Tris (300 mM) buffer

pH	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
%Activity	95.2	62.8	56.2	68.8	82.0	100	90.4

In addition, the optimum substrate concentration was measured between 3 and 15 mM and the optimum substrate concentration was found to be 12 mM H_2O_2 (Table 3).

Table 3. Optimum substrate concentration 300 mM TRIS (pH=8) buffer activity measurements for aronia fruit leaf tissue catalase enzyme

H_2O_2 (mM)	3	6	9	12	15
%Activity	25	50	75	100	125

Many studies on the inhibition of CAT and other antioxidant enzymes have been done in the literature, and the results showed similar results with our study.

In a study by Dinçler and Aydemir, catalase enzyme was purified from the chard plant. As a result of the study, a wide optimum pH range was found to be 6.0-8.0. At the same time, the precipitation range of ammonium sulfate was found to be 45% (Dinçler and Aydemir, 2001).

In another study, catalase enzyme was purified from sprouted black gram (*Vigna mungo*) seeds and optimum pH and temperature were found to be 7.0 and 40 °C, respectively (Kandukuri et al., 2012).

In the purification and characterization study of the catalase enzyme carried out in Turkey Van apple, the optimum pH value was found to be 5.0 and the optimum temperature was 50 °C (Yoruk et al., 2005).

In the study of partial purification of catalase enzyme from red cabbage, the optimum pH was found to be 7.0 at an optimum temperature of 30 °C (Adnan et al., 2018).

Agaricus bisporus is a well-known and extensively consumed mushroom. The best pH value for the purification and characterisation of the catalase enzyme from this fungus was determined to be 7.5, while the optimum ammonium sulfate precipitation range was 45-90% (Susmitha et al., 2013).

In another study, the catalase enzyme from the seaweed *Porphyra yezoensis* was characterized and the optimum pH value was found in the range of 6.0 to 11.0 at an optimum temperature of 30 °C (Nakano et al., 1995).

Catalase enzyme is found not only in plants but also in animals and the purification process takes place. Purification and characterization studies from different animals and different tissues have also found similar results with our study.

In the study on the purification and partial characterization of catalase from chicken erythrocytes, the optimum pH was 7.0 and the optimum temperature was 25 °C (Aydemir and Kuru, 2003).

The optimal pH and temperature in the Purification and Properties of Liver Catalase in Water Buffalo (*Bubalus bubalis*) investigation were determined to be 7.5 and 30 C, respectively (Nadeem et al., 2015).

In a research comparing purification and characterisation of liver catalase with normal dog liver catalase in the acatalasemic beagle dog, the activities of wild type and acatalasemic dog liver catalases revealed distinct pH profiles in the pH range of 3.0 to 11.0. Catalase activity purified from wild type dog liver did not alter significantly across a large pH range, although it did demonstrate activity even at pH 11.0. Catalase activity isolated from acatalasemic dog liver, on the other hand, was only stable in a restricted pH range of 6.0-9.0 (Nakamura et al., 2000).

In a study, it was found that the aronia plant has high antioxidant activity. These results demonstrated the high antioxidant activity of chokeberry berries with a large variation ranging from 127.45 (juice) to 301.89 (pomace) for DPPH radical equivalents per μM Trolox/100 g dry weight and from 314.05 (juice) for ABTS radical to 779.58 (pomace) μM Trolox/100 g dry weight (Oszmiański and Wojdyło, 2005).

Catalase enzyme has been isolated from many tissues of both plants and mammals, as observed in our work and other investigations, and characterisation tests have been performed. We think that the results obtained from our study will contribute to catalase enzyme purification and characterization studies to be carried out in the future.

4. CONCLUSIONS

As a result, catalase enzyme was characterized from leaf tissue of aronia plant. This study is the first to reveal the partial purification and characterization of the catalase enzyme of aronia, which is an economically important plant and has high antioxidant value in both the leaf and fruit part. Our findings will help to promote the emergence of novel aronia plant characteristics as well as the consumption of the plant.

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: ÖT (%40), BM (%20), DE (%40)

Data Acquisition: ÖT (%40), BM (%20), DE (%40)

Data Analysis: ÖT (%40), BM (%30), DE (%30)

Writing Up: ÖT (%30), BM (%30), DE (%40)

Submission and Revision: ÖT (%40), BM (%20), DE (%40)

REFERENCES

- Adnan, A. M., & GhalebAL-Dabbagh, R., 2018. Examination Of Catalase Enzyme In Green Cabbage And Some Characters Of It. *European Journal of Sport Sciences and Public Health*, 5, 1.
- Aydemir, T., Kuru, K., 2003. Purification and partial characterization of catalase from chicken erythrocytes and the effect of various inhibitors on enzyme activity. *Turkish Journal of Chemistry*, 27(1), 85-98.
- Azevedo Neto, A. D. D., Prisco, J. T., Enéas-Filho, J., Lacerda, C. F. D., Silva, J. V., Costa, P. H. A. D., & Gomes-Filho, E., 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16, 31-38.
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. A., & Bertelli, D., 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of food science*, 69(3), 164-169.
- de Azevedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Enéas-Filho, J., de Abreu, C. E. B., & Gomes-Filho, E., 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 56(1), 87-94.
- Dinçler, A., Aydemir, T., 2001. Purification and characterization of catalase from chard (*Beta vulgaris* var. cicla). *Journal of enzyme inhibition*, 16(2), 165-175.
- Do Thi, N., Hwang, E. S., 2014. Bioactive compound contents and antioxidant activity in aronia (*Aronia melanocarpa*) leaves collected at different growth stages. *Preventive nutrition and food science*, 19(3), 204.
- Gawron-Gzella, A., Dudek-Makuch, M., & Matlawska, I., 2012. DPPH radical scavenging activity and phenolic compound content in different leaf extracts from selected blackberry species. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 54(2).
- Gentile, D., Fornai, M., Pellegrini, C., Colucci, R., Blandizzi, C., & Antonioli, L., 2018. Dietary flavonoids as a potential intervention to improve redox balance in obesity and related co-morbidities: a review. *Nutrition Research Reviews*, 31(2), 239-247.
- Guven, H., Arici, A., & Simsek, O., 2019. Flavonoids in our foods: a short review. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*, 3(2), 96-106.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M., 2015. Free radicals in biology and medicine. Oxford university press, USA.
- Hawkins, J., Hires, C., Baker, C., Keenan, L., & Bush, M., 2021. Daily supplementation with aronia melanocarpa (chokeberry) reduces blood pressure and cholesterol: A meta analysis of controlled clinical trials. *Journal of dietary supplements*, 18(5), 517-530.
- Jakobek, L., Šeruga, M., Medvidović-Kosanović, M., & Novak, I., 2007. Antioxidant activity and polyphenols of Aronia in comparison to other berry species. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(4), 301-306.
- Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., Snopek, L., & Orsavova, J. 2017. Fruits of black chokeberry *Aronia melanocarpa* in the prevention of chronic diseases. *Molecules*, 22(6), 944.
- Kandukuri, S. S., Noor, A., Ranjini, S. S., & Vijayalakshmi, M. A., 2012. Purification and characterization of catalase from sprouted black gram (*Vigna mungo*) seeds. *Journal of Chromatography B*, 889, 50-54.
- Kardum, N., Takić, M., Šavikin, K., Zec, M., Zdunić, G., Spasić, S., & Konić-Ristić, A., 2014. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women. *Journal of Functional Foods*, 9, 89-97.
- Mittler, R., 2017. ROS are good. *Trends in plant science*, 22(1), 11-19.

- Nadeem, S. M. S., Khan, J. A., Murtaza, B. N., Muhammad, K., & Rauf, A., 2015. Purification and properties of liver catalase from water buffalo (*Bubalus bubalis*). *South Asian Journal of Life Sciences*, 3(2), 51-55.
- Nakamura, K., Watanabe, M., Sasaki, Y., & Ikeda, T., 2000. Purification and characterization of liver catalase in acatalasemic beagle dog: comparison with normal dog liver catalase. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 32(1), 89-98.
- Nakano, T., Watanabe, M., Sato, M., & Takeuchi, M. 1995. Characterization of catalase from the seaweed *Porphyra yezoensis*. *Plant Science*, 104(2), 127-133.
- Oszmiański, J., & Wojdyło, A., 2005. Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 221(6), 809-813.
- Pirvu, L., Hlevca, C., Nicu, I., & Bubueanu, C., 2014. Comparative studies on analytical, antioxidant, and antimicrobial activities of a series of vegetal extracts prepared from eight plant species growing in Romania. *JPC-Journal of Planar Chromatography-Modern TLC*, 27(5), 346-356.
- Sharma, I., Ahmad, P., 2014. Catalase: a versatile antioxidant in plants. In *Oxidative damage to plants* (pp. 131-148). Academic Press.
- Sies, H., Jones, D. P., 2020. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nature reviews Molecular cell biology*, 21(7), 363-383.
- Smirnoff, N., Arnaud, D., 2019. Hydrogen peroxide metabolism and functions in plants. *New Phytologist*, 221(3), 1197-1214.
- Susmitha, S., Ranganayaki, P., Vidyamol, K. K., & Vijayaraghavan, R., 2013. Purification and characterization of catalase enzyme from *Agaricus bisporus*. *International Journal of Current Microbiology*, 2(12), 255-263.
- Taheri, R., Connolly, B. A., Brand, M. H., & Bolling, B. W., 2013. Underutilized chokeberry (*Aronia melanocarpa*, *Aronia arbutifolia*, *Aronia prunifolia*) accessions are rich sources of anthocyanins, flavonoids, hydroxycinnamic acids, and proanthocyanidins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(36), 8581-8588.
- Tsuda, T., 2012. Dietary anthocyanin-rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Molecular nutrition & food research*, 56(1), 159-170.
- Waszczak, C., Carmody, M., & Kangasjärvi, J., 2018. Reactive oxygen species in plant signaling. *Annual review of plant biology*, 69, 209-236.
- Williamson, G., Kay, C. D., & Crozier, A., 2018. The bioavailability, transport, and bioactivity of dietary flavonoids: A review from a historical perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(5), 1054-1112.
- Yoruk, I. H., Demir, H., Ekici, K., & Sarvan, A., 2005. Purification and properties of catalase from Van Apple (Golden Delicious). *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(1), 8-10.



Evaluation of Greenhouse and Field Performances of Depar F1 Tomato Variety Grafted on Different Rootstocks

Farklı Anaçlar Üzerine Aşıl原因an Depar F1 Domates Çeşidinin Sera ve Açığıtaki Performanslarının Değerlendirilmesi

Aslıhan ÇİLİNGİR TÜTÜNCÜ¹, Andaç Kutay SAKA², Abdurrahman AY³,
Mehtap ÖZBAKIR ÖZER⁴, Harun ÖZER⁵

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
• aslihancilingir6155@gmail.com • ORCID > 0000-0002-7752-8976

²Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Ordu
• andacsaka@gmail.com • ORCID > 0000-0001-5550-1978

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

⁴Department of Horticulture, Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun
• mehtap_ozbakir@hotmail.com • ORCID > 0000-0002-9519-2169

⁵Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
• haruno@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-9106-383X

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 15 Kasım / November 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 25 Ocak / January 2023

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 38 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 209-220

Atrif/Cite as: Tütüncü Çilingir, A., Saka, A. K., Ay, A., Özer Özbakır M. ve Özer, H. "Evaluation of Greenhouse and Field Performances of Depar F1 Tomato Variety Grafted on Different Rootstocks" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 38(1), February 2023: 209-220.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Harun ÖZER

EVALUATION OF GREENHOUSE AND FIELD PERFORMANCES OF DEPAR F1 TOMATO VARIETY GRAFTED ON DIFFERENT ROOTSTOCKS

ABSTRACT

In this study, the effects of rootstocks on yield and some quality parameters of *Solanum Lycopersicum* cv. Depar F1 tomato variety grafted on three different rootstocks (Kudret, Hamarat, Pençe) were investigated in open field and greenhouse conditions. According to the results obtained, while the plants grown in greenhouses grew up 42.3% faster than those grown in the open, an increase in yield was achieved by 265%. While TA and vitamin C values, among the fruit quality characteristics, came to the fore in the plants grown in the greenhouse, the fruit firmness values came to the fore in the tomatoes grown in the field. Kudret rootstock came to the fore regarding yield and fruit quality characteristics. When the nutrient contents of the fruits were examined, the highest N, Ca and Mg were measured in greenhouse-grown tomatoes, while the highest O.M and Mn were measured in field plants. Hamarat rootstock has come to the fore in terms of fruit nutritional content. As a result, the importance of growing conditions for grafted plants to show their performance has been demonstrated again. However, it has been demonstrated for the first time that such successful results can be obtained, especially with organic plant nutrition methods.

Keywords: Grafted Seedling, Compost, Tomato, Organic Growing.



FARKLI ANAÇLAR ÜZERİNE AŞILANAN DEPAR F1 DOMATES ÇEŞİDİNİN SERA VE AÇIKTAKİ PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ:

Bu çalışmada, üç farklı anaç (Kudret, Hamarat, Pençe) üzerine aşılanarak açıkta ve sera koşullarında yetiştirilen *Solanum lycopersicum* cv. Depar F1 domates çeşidinde anaçların verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre serada yetiştirilen bitkilerde, açıktakilere göre ortalama %42.3 daha hızlı bir büyüme meydana gelirken, verimde %265 artış sağlanmıştır. Meyve kalite özelliklerinden TA ve C vitamini değerleri serada yetiştirilen bitkilerde ön plana çıkarken, meyve eti sertliği değerleri açıkta yetiştirilen domateslerde ön plana çıkmıştır. Genel olarak verim ve meyve kalite özellikleri

bakımından Kudret anacı ön plana çıkmıştır. Meyvelerin besin içeriği değerleri incelendiğinde en yüksek N, Ca ve Mg serada yetiştirilen domates meyvelerinde ölçülürken, en yüksek O.M ve Mn açıkta yetiştirilen bitkilerde ölçülmüştür. Meyve besin içerikleri yönünden Hamarat anacı ön plana çıkmıştır. Sonuç olarak, aşılı bitkilerin performanslarını gösterebilmeleri için yetiştirme koşullarının önemi birkere daha ortaya konmuştur. Bununla birlikte, özellikle organik bitki besleme yöntemleri ile bu derece başarılı sonuçlar alanabileceği ilk defa bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Aşılı Fide, Kompost, Domates, Organik Yetiştiricilik.



1. INTRODUCTION

The use of grafted seedlings aims to increase earliness and yield by providing resistance against diseases and pests. In general, the presence of abiotic and biotic stress conditions in vegetable cultivation has made the use of grafted seedlings a common practice in vegetable growing (Yetişir et al., 2003; Yetişir et al., 2004; Yarşı et al., 2008; Şen and Özenç, 2017). Grafted plants have also been used to improve plant growth and yield, provide earliness, extend the harvesting period, influence product quality, improve water and nutrient use efficiency, etc. (Oztekin and Tüzel, 2017).

In addition, using rootstocks that are resistant/tolerant to diseases and pests ensures more substantial development of plants. Reducing the use of pesticides by providing tolerance to vigorous plants, especially soil-borne diseases, and tolerance to low soil temperatures, salinity and excessive moisture are among the advantages of grafting in vegetable growing. The use of grafted seedlings in Turkey is increasing due to soil-related problems. The fact that grafted plants have a strong root structure increases the resistance of the plants to soil-based problems and increases productivity. (Lee, 1994; Tüzel et al., 2005; Yarşı et al., 2008; Ece ve Çimen, 2013).

Especially today, the use of grafted seedlings has become widespread due to the spread of monoculture in vegetable cultivation. However, the widespread use of grafted seedlings increases the costs of producers. Monoculture vegetable production, soil-borne diseases, and nematodes cause significant yield and quality loss (Ece and Çimen, 2013; Sarıbaş, 2019). However, it has been reported by the studies that the soil structure is improved, especially in terms of soil microorganisms and significant advantages are provided in the use of seedlings without grafting and planting on the raised-beds (Öztürk and Özer, 2019; Alagöz et al., 2019).

In order to provide tolerance/resistance to soil-borne diseases in organic agriculture, grafting is an acceptable practice, especially in organic greenhouse vege-

table production, as grafting contributes to sustainable agriculture by reducing the number of chemicals in agriculture (Oztekin and Tüzel, 2017).

It is reported that grafted plants continue to develop at low soil temperatures and take more plant nutrients because they have strong root structures (Yetişir et al., 2004; Yarşı and Sarı, 2006). Grafted plants show rapid growth because they are grafted on vigorous rootstocks (Tüzel et al., 2009). However, this strong growth is possible with the suitability of growing conditions and high fertilization. There are limited studies on the different growing conditions (greenhouse and field) and especially organic cultivation of grafted seedlings in tomato cultivation. This study aimed to determine the effects of greenhouse and field conditions of tomato seedlings grafted on different rootstocks on yield and some quality parameters of tomato plants.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Experimental Site and Plant Materials

The study was carried out in greenhouses (glass and polycarbonate covered) and in an open field located in Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture Research and Implementation area (41° 37' 24.71" N, 36° 21' 11.02" E and 137 m altitude) between April 15 and July 1, 2022. In the research, Depar F1 tomato seedlings were grafted on three different rootstocks (*Solanum Lycopersicum* cv. 'Kudret, Hamarat, Pençe').

2.2. Experimental Design and Treatments

In the study, seeds of tomato rootstocks (Kudret, Hamarat, Pençe) and scion (Depar F1) were sown in 210-well viols with 2.6 x 2.6 cm diameter cells. These viols are filled with peat. The seeds of the rootstocks were sown on April 15, 2022, while the scion was sown on April 20, 2022. The viols, in which the seeds were sown, were placed on the growing benches in the heated-glass greenhouse, and five-minute irrigations were applied three times a day (hours: 10.00, 14.00, 16.00) until transplanting date. Depar F1 seedlings were grafted on to rootstocks on May 24, 2022 using the tube grafting method. After grafting, tomato seedlings were kept in the intensive care unit created in the glass greenhouse for ten days in an environment containing 25/21 °C and 85% relative humidity. Then the grafted seedlings were transplanted in the greenhouse and open field.

Planting sites were prepared in greenhouses and open fields where tomatoes were not grown in previous years. 2 kg m⁻² of animal manure was added to the raised-beds prepared with a height of 20 cm and a width of 1 m as the planting site. Drip irrigation pipes with a dripper spacing of 25 cm were placed in the prepared

planting places (raised-beds) in a way suitable for double-row planting. Irrigation was carried out with a system that can irrigate according to soil moisture throughout the growing period. Then, black PE mulch was applied over the planting areas. Grafted Depar F1 tomato seedlings were transplanted 50 x 50 cm between and within the row spacing in double row transplanting system in the glasshouse and open field. Texture analysis of soil samples belonging to the experimental area (greenhouse and field); pH, electrical conductivity, organic matter content, nitrogen, available phosphorus and potassium values were determined according to Kaçar and İnal (2008) (Table 1). Greenhouse and field temperature (°C) and relative humidity (%) (KT100, Kimo, France) values were measured during the seedling growing period (Table 2).

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the soil.

	pH	E.C. (dS m ⁻¹)	O.M. (%)	N (%)	P (ppm)	K (me/100g)
Greenhouse	7.3 b	0.31 a	5.2 b	0.18 b	12.3 a	437
Field	8.0 a*	0.25 b	6.1 a	0.24 a	11.4 b	426

*: P<0.05

Table 2. Temperature (°C) and relative humidity values in the greenhouse and field.

	Greenhouse		Field	
	Temperature (°C)	Humidity (%)	Temperature (°C)	Humidity (%)
Lowest	16.1	45.6	13.1	26.4
Highest	47.3	89.2	38.3	79.8
Average	28.7	64.4	24.3	62.3

Additional organic fertilization has been made since planting. Organically grown tomato plants were fertilized with the organic plant nutrients (compost water fertilizer) that we prepared. Irrigation was carried out with compost water (500 ml/plant-EC; 1.4 dS m⁻¹) as one application for 15 days. The compost used for fertilization was prepared in the compost pool using the heap method (Inckel et al., 2005). While preparing the compost, tomato stalk waste (25 cm) was used as the primary material. On top of the tomato waste layer, 10 cm high burnt farm manure was added. As the third layer, 2 cm of the garden soil was added. This process was repeated in 3 rows and as a result, a pile of 1.6x0.9x1m was obtained. The resulting heap was watered and covered with the lid on it. Since the compost pool in which the heap is formed is ventilated, the humidity of the heap is constantly controlled. The compost water from the compost prepared in December 2021 became ready for use within three months. Compost water fertilizer analysis; pH, E.C., nitrogen,

phosphorus, potassium and sodium values were determined according to Kaçar and İnal (2008) (Table 3).

Table 3. Some chemical characteristics of compost water fertilizer.

		Values
pH		7.73
EC	dS m ⁻¹	3.58
Nitrogen	%	0.4
Phosphorus	ppm	6.9
Potassium	ppm	441
Sodium	ppm	25.5

Stem diameter (mm), plant height (cm), and the number of leaves and clusters were measured at 20 day measurement intervals from planting to tomato plants. The final measurement values obtained are given in Table 4.

Weights of fruits harvested from the first to last harvest were measured with a precise balance (± 0.1 g). Resultant fresh fruits were used to determine the yield per plant. For fruit firmness (N) measurements, a 1 cm diameter peel was cut shallowly from the firm sections of both sides of the harvested fruits. The resistance against the 7.4 mm penetration of the 5 mm penetrometer (4301, Instron, USA) tip from the cut sections of the fruits was taken as the fruit firmness of the fruit. Soluble solids (SSC) content was measured in fruit juice of ripened fruits with a hand refractometer (ATC-I, Atago, Japan) and expressed as present (%). To determine the titratable acidity (T.A., %) of the fruits, 10 ml fruit juice was diluted with 10 ml distilled water, then 0.1 N sodium hydroxide (NaOH) solution was added until the pH value of 8.1. T.A. was determined in terms of citric acid (g 100 ml⁻¹) equivalent considering the amount of NaOH spent in titration. For the vitamin C content of fruits, 5 g fresh fruit samples were taken, and 0.4% oxalic acid solution was added to make the final volume of the mixture 50 ml. Then the mixture was filtered through a filter paper and the resultant assay was read at 520 nm wavelength in a spectrometer (Kılıç et al., 1991) (Table 5).

In order to analyze the nutrients in fruits, the harvested fruits were sliced and dried by placing them in an oven at 65 °C. The drying process was carried out for at least 64 hours. It was decided whether the drying process was completed by applying the weight change method on the samples that did not complete their drying in this period. Then, 0.5 g of the ground samples were weighed and the ash obtained was dissolved in hydrochloric acid after dry burning at 550 °C for 4-8 hours in the muffle furnace. Fruits nutrient analyses (O.M, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn) were performed following the methods specified in Jones (2001).

2.3. Statistical Analysis

The study was conducted in a Randomized Complete Block Design in split-plot arrangements with three replications. Planting system treatments were placed in blocks and rootstock treatments were placed in plots. In total, 18 plants were measured for each treatment, including six tomato plants in each plot. SPSS 17.0 statistical software was used to analyze experimental results using two-way ANOVA (planting applications \times rootstock). Duncan's multiple comparison test compared the differences between treatment means.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Stem Diameter, Plant Height, Number of Leaves and Number of Clusters

Significant effects of different cultivation practices (greenhouse and field) and different rootstock practices on tomato growth were determined. According to the results obtained, significant differences were determined between the plants grown in the greenhouse compared to those grown in the open field ($P < 0.05$). When we examine Table 4, an increase of 16% in stem diameter, 67% in plant height, 44% in the number of leaves and 78% in the number of clusters was detected in greenhouse-grown tomato plants compared to the field.

Table 4. The effects of different planting applications (greenhouse and field) and using different rootstocks (Kudret, Hamarat and Pençe) on tomato stem diameter, plant height, number of leaves, and number of clusters values.

Application	Rootstock	Stem Diameter (mm)	Plant Height (cm)	Number of leaves	Number of Clusters
Greenhouse	Kudret	17.4 a	239 a	44 a*	15 a*
	Hamarat	13.3 ab	241 a*	39 a	11 b
	Pençe	18.1 a*	235 a	42 a	12 ab
Field	Kudret	16.6 ab	160 b	30 b	8 c
	Hamarat	14.2 ab	129 c	28 b	7 c
	Pençe	11.2 b	140 c	28 b	7 c
Main Effects					
Application	Greenhouse	16.3 a*	238 a*	42 a*	12.6 a*
	Field	14.1 b	143 b	29 b	7.1 b
Rootstock	Kudret	16.9 a*	200 a*	37 a*	11.2 a*
	Hamarat	13.8 b	185 b	34 b	8.8 b
	Pençe	14.7 b	187 b	35 ab	9.5 ab

*: $P < 0.05$

It has been significant in different studies that temperature has important effects on leaf and plant height, which has important effects on yield (Uzun, 1996; Kandemir, 2005; Özer, 2012). In the studies carried out, it is significant that the light intensity has important effects on the stem diameter and the number of clusters. However, it is reported that light and temperature must be balanced for plant growth. This balance is disrupted in the absence of light and temperature simultaneously or in the absence of one of them. It has been reported that the highest yield, high stem diameter and plant height at a particular optimum are obtained (Cocksull et al., 1992; Uzun, 1996; 2000; 2001; Kandemir, 2005; Özer, 2012). In our study, similar results were obtained. The fact that the plants grown in the greenhouse were grown in higher temperature conditions since the light conditions were the same significantly contributed to the faster growth of the plants. In particular, the higher stem diameter and the number of leaves increased the number of clusters and, therefore the yield significantly (Table 4; 5). When the performances of the rootstocks were examined, it was determined that the Kudret rootstock stood out in all growth parameters compared to the others (Table 4).

3.2. Yield, firmness, SSC, TA and vitamin C

While different growing conditions had significant effects ($P < 0.05$) on yield values, no significant differences were found between rootstocks. According to the results obtained, the highest yield was determined as $9.3 \text{ kg plant}^{-1}$ in the plants grown in the greenhouse, while Kudret rootstock came to the fore. In the study where the Depar F1 variety was grown without grafting, the yield values showed a change in the ratio of $1.63\text{-}1.78 \text{ kg plant}^{-1}$ (Alagöz and Özer, 2019). The yield values of Monroe and Belle tomato varieties grafted on two different rootstocks (P.G. 3 and Beaufort) in greenhouse cultivation were determined as $3.1\text{-}4.8 \text{ kg plant}^{-1}$ (Maršić and Osvald, 2004). Our study measured it as $3.4\text{-}3.6 \text{ kg plant}^{-1}$ in the field, while it was determined as $9.1\text{-}9.7 \text{ kg plant}^{-1}$ in the greenhouse (Table 5).

Table 5. The effects of different planting applications (greenhouse and field) and the use of different rootstocks (Kudret, Hamarat and Peñçe) on tomato yield, fruit firmness, soluble solids (SSC), titratable acidity (T.A.) and vitamin C values.

Application	Rootstock	Yield (kg plant ⁻¹)	Firmness (kg cm ⁻²)	SSC %	TA %	Vitamin C (mg 100 g ⁻¹)
Greenhouse	Kudret	9.7 a	24.9 b	4.2 b	0.17 a	11.1 d
	Hamarat	9.1 a	23.5 ab	4.8 a*	0.16 a	17.0 b
	Peñçe	9.2 a	24.8 b	4.3 b	0.16 a	13.0 c
Field	Kudret	3.6 b	26.2 a*	4.0 b	0.14 ab	16.0 b
	Hamarat	3.7 b	21.9 c	4.2 b	0.12 b	22.4 a*
	Peñçe	3.4 b	27.1 a	4.1 b	0.11 b	19.5 A

		Main Effects				
Application	Greenhouse	9.3 a*	24.3 b	4.4	0.17 a*	13.5 b*
	Field	3.5 b	25.2 a*	4.1	0.12 b	19.3 a
Rootstock	Kudret	6.6	25.5 a	4.1	0.15	13.3 c
	Hamarat	6.4	22.7 b	4.5	0.14	19.7 a*
	Pençe	6.3	26.0 a	4.2	0.14	16.3 b

*: $P < 0.05$

While the values of titratable acid and vitamin C, among the fruit quality parameters, were measured higher in the greenhouse, the fruit firmness values came to the fore in the field. Significant differences were found between rootstocks in firmness and vitamin C values ($P < 0.05$). In vitamin C values, Hamarat rootstock stood out with $197 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. In a study examining the effects of grafted and un-grafted tomato cultivation on fruit quality, the contents of SSC varied between 4.17% and 4.86%. The fruit SSC contents of grafted plants were lower than those of un-grafted plants (Turhan et al., 2012). In another study, it was reported that the content of SSC in tomato plants grafted on Beaufort rootstock increased significantly compared to un-grafted ones (Mohammed et al., 2009; Turhan et al., 2012). According to our results, SSC contents showed a change between 4-4.8% and similarity with the studies conducted.

The amount of fruit T.A. in the grafted tomato plants changed between 0.12 and 0.17 % in the greenhouse and open field. No significant difference was detected between rootstocks. On the other hand, Turhan et al. (2012) found significant differences in T.A. values in grafted and un-grafted tomatoes and reported that the values varied between 0.3% and 0.39%. In a study with similar results, T.A. values varied between 0.25-0.7%. The study reported that higher values were obtained in grafted tomato plants (George et al., 2004). Iliç et al. (2014) reported that fruit quality was characterized by titratable acidity increased with high air temperatures. In the study, similar results were obtained. It is thought that T.A. values increase with high temperatures in the greenhouse.

Vitamin C contents in tomatoes were determined at different rates in different studies. Generally, it varies between 7 and $40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Ünlü and Padem, 2009, Turhan et al., 2012; Özer, 2012; Özer, 2017; ; Öztürk and Özer, 2019; Alagöz and Özer, 2019). It is reported that the vitamin C content decreases with grafted seedlings in tomato cultivation (Turhan et al., 2012). They report that using rootstock increases the SSC, TA and Vitamin C values in tomatoes, especially under stress conditions, especially salinity (Francisco et al., 2010). In our study it is obtained similar results for vitamin C values but different for SSC and T.A. (Table 5). It is thought that these results are because the climatic conditions in the field are not optimal for tomato cultivation and the temperature difference between day and night is high.

In addition, this difference in the findings may have been caused by the preferred variety, maturity stage and vegetative development stage of conventionally grown tomatoes (Pieper and Barrett, 2008).

According to the results, the effect of rootstock and growing conditions on fruit firmness values was found to be significant ($P < 0.05$). When the rootstocks were examined, the highest firmness was obtained from the Pençe rootstock with 26.0 kg cm^{-2} , while the highest field-grown plants came to the field with 25.2 kg cm^{-2} compared to the ones in the greenhouse (Table 5). Leafing increases with the formation of solid roots in grafted plants. The increase in leafing accelerates water and nutrient uptake (Haberal et al., 2016). They reported that as the water intake increases in plants, the cell size increases in epidermal tissues and the firmness of fruit flesh decreases in tomatoes (Ünlü and Padem, 2009). In the study, we obtained similar results. The foliation rate was high under greenhouse conditions. The increased foliation rate may have accelerated plant water uptake and decreased fruit flesh firmness.

3.3. Some Chemical Characteristics of the Fruit

Significant effects of grafting tomato plants grown in the greenhouse and field on different rootstocks on O.M, N, Ca, Mg, Fe and Mn of tomato fruits were determined ($P < 0.05$). According to the results obtained, the highest N (1.66%), Ca (249 ppm), Mg (242 ppm) and Fe (56.3 ppm) contents in tomato fruits were measured in greenhouse-grown plants, while the highest O.M (91.2%) and Mn (10.8 ppm) contents were determined in open-grown plants. When we examined the rootstocks, the highest Fe (64 ppm) content was in the Kudret rootstock, the highest N (1.71%), Ca (232 ppm) and Mg (257 ppm) content in the Hamarat rootstock and the highest Mn (11.3 ppm) content in Pençe rootstock determined in fruits (Table 6).

Table 6. Different planting applications (greenhouse and field) and rootstocks (Kudret, Hamarat and Pençe) affect tomato O.M, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn values.

Application	Rootstock	%					ppm				
		O.M	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Greenhouse	Kudret	89.9 c	1.35 c	0.17	3.9 c	227 b	258 a*	90.1 a*	19.7 b	8.6 cd	38.2 c
	Hamarat	88.3 d	1.78 a	0.20	4.5 a*	287 a*	241 a	38.3 b	22.3 ab	11.7 b	41.8 a
	Pençe	89.8 c	1.84 a*	0.19	4.2 b	233 b	227a	40.4 b	23.9 a*	9.5 c	40.8 ab
Field	Kudret	91.3 ab	1.42 c	0.20	3.6 d	227 b	58 b	37.9 b	21.1 ab	11 b	4.2 ab
	Hamarat	90.9 b	1.64 b	0.24	3.7 d	177 d	272 a	29.3 b	22.6 ab	8.3 cd	40.1 b
	Pençe	91.5 a*	1.32 c	0.26	3.5 e	202 c	252 a	57.4 ab	21 ab	13.1 a*	32.2 c
Main Effects											
Application	Greenhouse	89.4 b	1.66 a	0.19	4.2	249 a	242 a	56.3 a	21.9	9.9 b	40.3
	Field	91.2 a	1.46 b	0.23	3.6	202 b	195 b	41.5 b	21.5	10.8 a	39.5
Rootstock	Kudret	90.6	1.38 b	0.18	3.8	227 a	158 b	64.0 a	20.4	9.8 b	39.7
	Hamarat	89.6	1.71 a	0.22	4.1	232 a	257 a	33.8 c	22.5	9.9 b	40.9
	Pençe	90.6	1.58 ab	0.23	3.9	218 b	240 s	48.9 b	22.5	11.3 a	38.9

*: $P < 0.05$, organic matter; O.M,

Grafting has been reported to affect the absorption of minerals in plants. It was determined that nitrate, phosphate, calcium and magnesium amounts were higher in cucumber plants grafted on the pumpkin. It has been reported that phosphate absorption decreases at 10 °C in un-grafted cucumber plants, while the oxygen consumption in the roots of grafted cucumber plants is 1.5 times higher than in un-grafted plants (Ertok and Padem, 2007). The effects on plant nutrient uptake were investigated in the Falez F1 melon cultivar grafted on 12 different pumpkin rootstocks. According to the results obtained, it was determined that the grafted plants took more macro and micro elements than the control, except for Mn and K (Yarşı and Sarı, 2006). In their study, Mohammed et al. (2009) determined the significant effects of grafting the Cecilia F1 cultivar on three different rootstocks on fruit nutrient contents. Unlike our study, a significant decrease was found in Ca, Mg, K, Fe, Zn and Mn contents in un-grafted plants for control purposes compared to grafted plants. A study that showed the opposite results of these studies stated that using grafted plants did not significantly affect the nutrient content of tomato fruits (Geboloğlu et al. 2011).

4. CONCLUSION

In the literature, it is stated that grafting increases tomato yield and fruit quality by growing strongly depending on the relationship between rootstock/scion. Vigorous plants take in more nutrients from the soil. This situation increases the inputs. This brings an additional cost as grafted seedlings are already higher than un-grafted ones. Our results in the literature and our study are that grafted plants have high resistance to stress conditions and diseases. This situation supports that it may be better to produce grafted plants using organic farming methods. However, it is stated in the literature that plant nutrition methods in organic agriculture can limit this situation. Our study has detected that grafted plants have shown that they can demonstrate high yield and quality with the use of organic plant nutrients. The yield and quality results we obtained show similar values in soil cultivation using many chemical fertilizers. Researchers should work on increasing the diversity of organic nutrients for successful vegetable cultivation and enrichment of soil vitality/microorganisms. This way, the use of inputs in agriculture will be reduced to reasonable levels and profitability will increase. In addition, the situations that may occur when strongly growing grafted plants are grown in the field and greenhouse have been demonstrated by this study. As a result, it was determined that grafted seedlings should definitely be grown greenhouse.

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: AÇT (%20), AKS (%20), AA (%20), MÖÖ (%20), HÖ (%30),

Data Acquisition: AÇT (%30), AKS (%20), AA (%10), MÖÖ (%20), HÖ (%20)

Data Analysis: AÇT (%20), AKS (%20), AA (%20), MÖÖ (%20), HÖ (%20)

Writing up: AÇT (%20), AKS (%30), AA (%10), MÖÖ (%10), HÖ (%30)

REFERENCES

- Alagöz, G., Özer, H., 2019. The effects of planting systems on soil biology and quality attributes of tomatoes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(3): 421-433.
- Cockshull, K.E., Graves, C.J., Carol, R.J., 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal Horticultural Science* 67(1): 11-24.
- Ece, A., Çimen, D., 2013. Domates (*Lycopersicon lycopersicum* L.)'te aşılı ve aşısız fide kullanımı ve çift gövde uygulamasının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 6 (1): 123-127.
- Ertok, R., Padem, H., 2007. Sebzelerde aşılama fizyolojisi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 24(2): 20-26.
- Francisco B.F., Sanchez-Bel, P., María T.E., Martínez-Rodríguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., Juan, F. Campos, J.O., García-Abellán, M.I., Fernández-García, E.N., Romojaro, F., Bolarín, M.C., 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125(3): 211-217. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026>.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S., Kapoor, H.C., 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84:45-51.
- Geboloğlu, N., Yılmaz, E., Çakmak, P., Aydın, M., Kasap, Y., 2011. Determining of the yield, quality and nutrient content of tomatoes grafted on different rootstocks in soilless culture. *Scientific Research and Essays*, 6(10): 2147-2153. DOI: 10.5897/SRE10.1079
- Häberal, M., Körpe, D.A., İşeri, Ö.D., Iffet, F., 2016. Grafting tomato onto tobacco rootstocks is a practical and feasible application for higher growth and leafing in different tobacco-tomato unions, *Biological Agriculture & Horticulture*, 32:4, 248-257, DOI: 10.1080/01448765.2016.1169218
- IlíC, Z.S., Milenkovi, L., Sunic, L., Fallik, E., 2014. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. *Journal of the Science Food Agriculture*, 95(13): 2660-2667.
- Inckel, M., De Smet, P., Tersmette, T., Veldkamp, T., 2005. The preparation and use of compost; *Trans. E.W.M. verheij. Wageningen*, s. 65, Netherlands.
- Jones, Jr. J.B., 2001. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC Press, New York, USA. 363p.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın No 1241, Ankara, 892 p.
- Kandemir, D., 2005. Sera Şartlarında Sıcaklık ve Işığın Biber'de (*Capsicum annum* L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Kantitatif Etkileri. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 149s, Samsun.
- Kılıç, O., Çopur, U.Ö., Görtaş, Ş., 1991. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları.
- Lee, J.M., 1994. Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status Grafting Methods and Benefits. *Hort Science*, 29(4): 235-239.

- Maršić, N.K., Osvald, J., 2004. The influence of grafting on yield of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta agriculturae slovenica*, 83(2): 243-249.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *Hortscience*, 27: 1254-1255.
- Mohammed, S.T.M., Humidan, M., Boras, M., Abdalla, O.A., 2009. Effect of grafting tomato on different rootstocks on growth and productivity under glasshouse conditions. *Asian Journal of Agricultural Research* 3: 47-54.
- Özer, H., 2012. The effect of different raised beds, mulch types and organic manures on the growth, development, yield and quality of organically grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Ondokuz Mayıs University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Samsun, 427527.
- Özer, H., 2017. Effects of shading and organic fertilizers on tomato yield and quality. *Pakistan Journal of Botany*, 49(5): 1849-1855.
- Öztekin, G.B., Tüzel, Y., 2017. Grafted organic seedling production of tomato and Watermelon. *Acta Hortic.* 1164. ISHS 2017. Proc. III International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture DOI 10.171660/ActaHortic.2017.1164.9
- Öztürk, B., Özer, H., 2019. Effects of grafting and green manure treatments on postharvest quality of tomatoes. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19(4): 780-792. DOI: 10.1007/s42729-019-00077-0.
- Pieper, J.R., Barrett, D.M., 2008. Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 89, 177-194.
- Sarıbaşı, H.Ş., 2019. Aşılı patlıcan üretiminde genetik kaynakların anaç ıslah programında değerlendirilmesi ve yerli hibrit anaçların geliştirilmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 188s, Samsun.
- Şen, O., Özenç, B.D., 2017. Farklı gelişim dönemlerinde uygulanan deniz yosunu gübresinin domates bitkisinin gelişim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6 (Özel Sayı): 235-242.
- Turhan, A., Özmen, N., Şerbecil, M.S., Şeniz, V., 2012. Domateslerde anaç kullanımının verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. 9. Ulusal Sebze Tarimi Sempozyumu, 166-174, 12-14 Eylül 2012, Konya.
- Tüzel, Y., Duyar, H., Öztekin, G.B., Gül, A., 2009. Effects of tomato rootstocks on plant growth, temperature sum requirements, yield and quality in different planting dates. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 46 (2): 79-92.
- Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H. Y., Özgür, M., Özçelik, N., Boyacı, H. F., Ersoy, A., 2005. Örtüaltı yetiştiriciliğinde gelişmeler. *Türkiye Ziraat Müh. VI. Teknik Kongresi* Ankara.
- Ünlü, H. and H. Padem. 2009. Effects of farm manure, microbial fertilizer and plant activator uses on yield and quality properties in organic tomato growing. *Ekoloji*, 19(73): 1-9
- Uzun, S., 1996. The quantitative effects of temperature and light environment on the growth, development and yield of Tomato and Aubergine (Unpublished PhD Thesis). The Univ. Of Reading, England.
- Uzun, S., 2000. Sıcaklık ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme ve Verimine Etkisi (III. Verim). *O.M.Ü. Ziraat Fak. Dergisi* 15 (1): 105-108.
- Uzun, S., 2001. Serada domates ve patlıcan yetiştiriciliğinde bazı büyüme ve verim parametreleri ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkiler. 6. Ulusal Seracılık Sempozyumu. 5-7 Eylül, Fethiye-Muğla.
- Yarşı, G., Rad, S., Çelik, Y., 2008. Farklı anaçların Kybele F1 hıyar çeşidinde verim, kalite ve bitki gelişimine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1): 27-34.
- Yarşı, G., Sarı, N., 2006. Aşılı Fide Kullanımının Sera Kavun Yetiştiriciliğinde Beslenme Durumuna Etkisi. *Alatırım*, 5 (2): 1-8.
- Yetişir, H., Sarı, N., Yücel, S., 2003. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31(2): 163- 169.
- Yetişir, H., Yarşı, G., Sarı, N., 2004. Sebzelelerde aşılama. *Bahçe*, 33(1-2): 27- 37.



İskorpit Balığı Solungaç Dokusundan Glutatyon Redüktaz Enziminin Safılaştırılması ve Metal İnhibisyonunun İncelenmesi

Purification and Metal Inhibition of Glutathione Reductase Enzyme from Gill Tissue of Scorpion Fish

Kübra IŞIK¹, Ercan SOYDAN²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Atakum, Samsun
• kubraisik684@gmail.com • ORCID > 0000-0002-7743-817X

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Atakum, Samsun
• esoydan@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7849-4117

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 29 Aralık / December 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 25 Ocak / January 2023

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 38 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 221-233

Atf/Cite as: Işık, K., Soydan, E. "İskorpit Balığı Solungaç Dokusundan Glutatyon Redüktaz Enziminin Safılaştırılması ve Metal İnhibisyonunun İncelenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(1), Şubat 2023: 221-233.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ercan SOYDAN

İSKORPİT BALIĞI SOLUNGAÇ DOKUSUNDAN GLUTATYON REDÜKTAZ ENZİMİNİN SAFLAŞTIRILMASI VE METAL İNHİBİSYONUNUN İNCELENMESİ

ÖZ:

Bu çalışmada iskorpit balığı solungaç dokusundan glutatyon redüktaz enzimi literatürde ilk kez kısmi olarak saflaştırılmış ve ağır metal iyonlarının enzim aktivitesi üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Saflaştırma işlemi homojenat hazırlanması, amonyum sülfat çöktürmesi ve diyaliz olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda optimum pH 6.5, optimum substrat konsantrasyonu 2 mM NADPH ve optimum tampon 400 mM KH_2PO_4 olarak bulunmuştur. Kısmi saflaştırma sonrasında ağır metal iyonları olarak Ni^{2+} , Zn^{2+} ve Cd^{2+} 'nin inhibisyon etkileri araştırılmış ve ağır metallerin IC_{50} değerleri sırasıyla 31 μM , 56 μM ve 74 μM olarak hesaplanmıştır. En güçlü inhibitörün çinko oldu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelime: Enzim Saflaştırılması, Glutatyon Redüktaz, İskorpit Balığı, Metal İyonları.



ABSTRACT

PURIFICATION AND METAL INHIBITION OF GLUTATHIONE REDUCTASE ENZYME FROM GILL TISSUE OF SCORPIONFISH

In this study, glutathione reductase enzyme was partially purified from gill tissue of scorpion fish and the effects of heavy metal ions on enzyme activity were determined. The purification process was achieved in three steps as preparation of homogenate, ammonium sulfate precipitation and dialysis. As a result of the study, optimum pH 6.5, optimum substrate concentration 2 mM NADPH and optimum buffer 400 mM KH_2PO_4 were determined. After partial purification, the inhibition effects of Cd^{+2} , Ni^{+2} , Zn^{+2} as heavy metal ions were investigated. The IC_{50} values of heavy metals were calculated as 74 μM , 31 μM , and 56 μM , respectively. The most potent inhibitor was determined to be zinc.

Keywords: Enzyme Purification, Glutathione Reductase, Metal İon, Scorpion Fish.



1. GİRİŞ

İskorpit balığı (*Scorpaena porcus*), Scorpaenidae familyasının bir üyesi arasında yer almaktadır. Ülkemizde en yaygın olarak Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde yaşam göstermektedir. 1000 m'ye kadar derinliklerde yaşayan İskorpit balığı sığ ve alglerle kaplı bölgeleri tercih etmektedir (Akşiray, 1987). Denizlerdeki kirlilik esas olarak deniz canlılarında ve tortullarda birikmektedir. Bu nedenden dolayı besin zinciri yoluyla da insanlara geçmektedir (Aksakal ve ark., 2021). Balıklar en yüksek trofik seviyeyi en yüksek sucul ekosisteminde işgal etmektedir (Hisar ve ark., 2006). En önemli kirletici faktörlerden biri olan ağır metaller, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir ve oksidatif strese neden olan reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini indükleyebilmektedir. Reaktif oksijen türleri lipitler, proteinler ve DNA gibi hücre bileşenlerine zarar vermektedir (Siktar ve ark., 2011). Sonuç olarak canlı vücudunda reaktif oksijen türleri tarafından oluşturulan oksidatif hasarı gidermede en önemli ajan antioksidanlardır (Bayir ve ark., 2011).

Antioksidanlar, reaktif oksijen türlerinin oluşumunu önleyen ve neden oldukları hasarı tamir eden savunma sisteminin en önemli üyesi olarak bilinirler (Sen ve ark., 2010). Canlı hücrelerin yaşamının devamlılığı, karmaşık biyokimyasal reaksiyonların dengesine bağlıdır. Bu dengeyi bozacak faktörlerden kaynaklanan endojen/eksojen bileşikler hücre yıkımına neden olmaktadır (Demirdağ ve ark., 2012).

Doğal bir indirgeyici molekül olan glutasyon (GSH), hücreler tarafından oksidatif strese karşı kendilerini korumak için kolayca kullanılabilir. ROS'a karşı bu koruyucu etki, glutasyon peroksidaz ve glutasyon redüktaz gibi enzimlerle etkileşime girerek sağlanmaktadır (Mate, 2000). GSH, bir antioksidan olmasının yanı sıra hücrenin detoksifikasyon sisteminde, gen ekspresyonunda ve regülasyonunda da rol oynamaktadır (Townsend, 2003).

Glutasyon metabolizmasında önemli bir enzim olan glutasyon redüktaz (EC 1.8.1.7; GR), birçok reaktif elektrofil için güçlü bir şekilde nükleofilik olan indirgenmiş glutasyon formunun korunması için önemlidir (Calberg ve Mannervik, 1975; Şentürk ve ark., 2009). Flavin bir enzim olan GR, glutasyon disülfiti (GSSG) indirgenmiş formuna (GSH) indirgeyerek hücreleri oksidatif stresten korumak için bir antioksidan görevi görmektedir (Meister ve Anderson, 1983). Özellikle karaciğerde önemli bir role sahip olan indirgenmiş glutasyonun (GSH), ilaç ve detoksifikasyonu ve hidrojen peroksitlerin uzaklaştırılması reaksiyonlarında önemli bir etkiye sahiptir. Bunun nedeni detoksifikasyon olaylarının karaciğer mikrozomlarında bulunan sitokrom P-450 sistemi tarafından sağlanmasıdır (Beutlar, 1963). GR enziminin katalizlediği reaksiyonların bilinen en önemli hedeflerinden biri, hücre ortamındaki GSH/GSSG oranını korumasıdır (Kocaoğlu ve ark., 2019). Glutasyon peroksidaz enziminin katalizlediği, hidroperoksitlerin detoksifikasyonu ve diğer bazı bileşiklerin indirgenmesiyle oluşan GSSG için glutasyon redüktaz

hücre içi glutatyonun indirgenme-yükseltgenme olayında önemli bir role sahiptir (Toribio ve ark., 1996). Bu katalitik süreçte kullanılan NADPH kaynağı, NADP+ bağımlı malat dehidrogenaz ve pentoz fosfat yolundan kaynaklanmaktadır (Ekinci ve Beydemir, 2009; Levy, 1979). Pentoz fosfat döngüsünün önemli bir ürünü olan NADPH, indirgeyici biyosentezde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, hücrenin oksidatif hasara karşı korunmasına da yardımcı olmaktadır (Townsend ve ark., 2003).

GR ve GSH eksikliği hücrede oksidatif hasara neden olmaktadır. Bu eksiklik Alzheimer, Parkinson, karaciğer ve akciğer hastalıkları, orak hücreli anemi, HIV, AIDS, kanser, inme, şizofreni ve diyabet gibi birçok hastalığa neden olmaktadır (Townsend ve ark., 2003; Wu ve ark., 2004).

Çevremizde doğal olarak ve su kütlelerinde bulunan metaller doğal ve antropojenik nedenlerden kaynaklanmaktadır. Çeşitli metaller ve kimyasallar, inhibitör etkileri açısından çeşitli enzimler üzerinde test edilmiştir (Durdağı ve ark., 2016). Çok fazla endüstriyel problemler nedeniyle çevredeki ağır metal birikimi ciddi bir sorun haline gelmiştir (Bewley, 1980). Düşük miktarlarda bile toksik etki gösteren ağır metaller vücuda ağız, solunum ve deri yoluyla girmektedir. Böbrek, karaciğer, barsak, akciğer ve deri gibi boşaltım yollarına özel bir müdahale olmadığı sürece atılamazlar. Bunun sonucunda ağır metallerin neredeyse tamamı biyolojik organizmalarda birikmektedir. Bu metaller canlı bünyesinde birikerek tiroid nörolojik hastalıkları, otizm ve kısırlık gibi önemli hastalıklara yol açmaktadır. Yüksek konsantrasyonlara sahip ağır metaller hayvanları, bitkileri ve insanları olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle ağır metaller, akuatik canlılarda serbest radikallerin oluşumunu başlatmakta ve arttırmaktadır. Bu yüzden serbest radikallerin oluşturduğu hasarı önlemek amacıyla kontrol altında tutulmalıdır (Işık ve ark., 2015; Fidan ve ark., 2015; Taş ve ark., 2019; Keleştemur, 2012; Valavanidis ve ark., 2006). Ağır metaller ve metal iyonlarının enzim-substrat ve kofaktör afinitesini etkileyen değişkenler üzerinde de etkisi bulunmaktadır. GSH'ın geçici olarak tükenmesine ve antioksidan enzimlerin inhibisyonuna neden olan metal iyonlarının da enzim aktivitesini etkilediği bilinmektedir (Tandoğan ve Ulusu, 2010). Ayrıca Glutatyon redüktaz enziminin, GSSG konsantrasyonu düşük olduğunda metal iyonlarına oldukça duyarlı olduğu bilinmektedir (Garcia ve ark., 1993).

Bu çalışmada çeşitli hastalıkların tedavisinde hedef gösterilen glutatyon redüktaz enziminin İskorpit balığı (*Scorpaena porcus*) solungaç dokusundan kısmi saflaştırması ve çevrede bol miktarda bulunan ağır metallerin inhibisyon kinetiğinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kimyasallar

Saflaştırma işlemi için kullanılan tüm kimyasallar Sigma-Aldrich'ten satın alınmıştır. Diğer tüm dereceli kimyasallar Merck'ten temin edilmiştir.

2.2. Glutatyon Redüktaz Enzim Aktivitesi

5 farklı balık örneğinden solungaç dokuları alındı (Şekil 1 ve 2). Alınan solungaç dokularından 5.935 g tartılarak havanda sıvı azot içerisinde parçalandı. Fiziksel parçalama işlemine tabi tutulduktan sonra 50 ml falkon tüp içerisine alınarak üzerine 1mM EDTA + 0,15 M KCl içeren 0,1 M KH_2PO_4 pH (7,6) tamponu eklenerek 45 ml'ye tamamlandı. Daha sonra +4°C 'de 10000 xg de 60 dk boyunca santrifüj işlemi yapıldı. Santrifüj işleminden sonra süzgeç kağıdından süpernatant ve çökelek kısmı birbirinden ayrılarak enzim aktivitesine bakıldı. Enzim tayini spektrofotometrik yöntemle NADPH'nin oksitlenmesine bağlı olarak, 340 nm'de absorbans azalışına göre belirlendi. Ölçümler Kinetics rate'de 340 nm'de 3 dk boyunca yapıldı (Calberg ve Mannervik, 1985).



Şekil 1. İskorpit balığı (*Scorpaena porcus*)

Figure 1. Scorpion fish (*Scorpaena porcus*)



Şekil 2. İskorpit balığı solungaç dokusu

Figure 2. Gill tissue of scorpion fish

2.3. Amonyum Sülfat Çöktürme ve Diyaliz

İlgili proteinin başka proteinlerden ayrılması işlemlerinde ya da proteinlerin deriştirilmesi işlemi için amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) çöktürme işlemi yapılmıştır. İskorpit balığı solungaç dokusu ekstratı %0-100 çöktürme aralığına tabi tutuldu (Şekil 3). Yapılan çöktürme sonucunda %60-80 aralığında doygunluğa ulaşarak enzimin aktif olduğu aralık belirlendi. Çökelti KH_2PO_4 (400 mM; pH:6.5) tamponu içinde çözüldü. Belirlenen aralıktan sonra protein çözeltisinin tuzlardan arındırılması için diyaliz işlemi yapıldı (Şekil 4). Daha sonra 40 mM KH_2PO_4 (pH: 6.5) tamponu içinde 2 saat boyunca diyaliz edildi.



Şekil 3. Amonyum sülfat işlemi

Figure 3. Ammonium sulfate process



Şekil 4. Diyaliz işlemi

Figure 4. Dialysis process

2.4. Enzimin Kinetik Parametrelerinin Karakterizasyonu

Saflaştırılmış enzim üzerinde kinetik özellikleri belirlemek için farklı pH, substrat ve iyonik şiddet koşulları incelenmiştir. Enzimin kinetik parametrelerinde optimum iyonik şiddet 400 mM KH_2PO_4 tamponu, optimum pH 6,5 ve optimum substrat konsantrasyonu 2 mM NADPH olarak bulundu.

2.5. Ağır Metallerin in Vitro Etkileri

Ağır metallerin iskorpit balığı solungaç dokusu GR üzerindeki etkilerini değerlendirmek için reaksiyon ortamına çeşitli konsantrasyonlarda ağır metaller ilave edildi. Enzim aktivitesi değerlendirildi ve ağır metal içermeyen bir deney kontrol olarak kullanıldı (%100 aktivite).

Farklı konsantrasyonlardaki $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ tuzlarının solungaç dokusu GR enzim aktivitesiuzerindeki etkileri spektrofotometrik olarak ölçüldü. Tipik polinom regresyon yazılımı kullanılarak, her bir ağır metal için aktivite yüzdesine karşı inhibitör konsantrasyon grafiği çizilmiştir. Enzim aktivitesini %50 oranında engelleyen ağır metal konsantrasyonları (IC_{50}) belirlenmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. İskorpit balığı (*Scorpaena porcus*) ağır metal iyonları ile GR enzim inhibisyon verileri

Table 1. Scorpion fish (*Scorpaena porcus*) GR enzyme inhibition data with heavy metal ions

Metal ion	IC ₅₀ (µM)
Ni+2	31
Zn+2	56
Cd+2	74

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

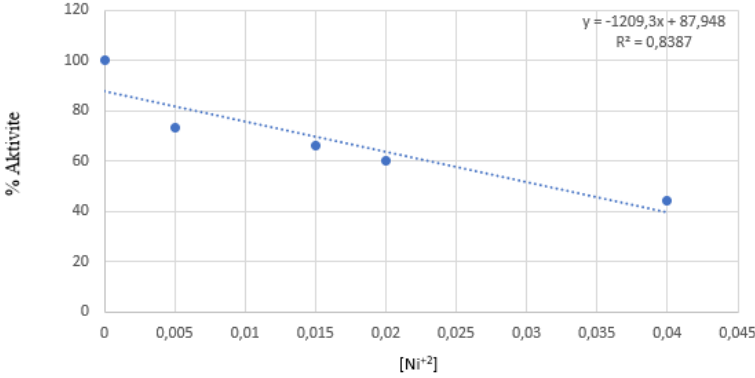
Glutasyon (GSH), karaciğerde üretilen ve hücrenin sitozolü, çekirdeği ve mitokondrisinde bulunan bir tripeptittir (Liebman ve Greenberg, 1988). Glutasyonun önemi, bitkilerde, memelilerde, mantarlarda ve bazı prokaryotik organizmalarda yaygın olarak kullanılmasından anlaşılmaktadır (Anderson, 1988). GSH, detoksifikasyona ek olarak, glioksalaz sistemi, ribonükleotitlerin indirgenmesi, tiyol:disülfit değişim reaksiyonları yoluyla protein ve gen ekspresyonunun düzenlenmesi dahil olmak üzere diğer hücrel reaksiyonlarda rol oynamaktadır (Mullineaux, 1997). Glutasyon redüktaz (GR), hücreleri serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyan hücre içi antioksidan sisteminin temel enzimlerinden biri olan düşük veya yüksek moleküler ağırlıklı disülfit substratları ile indirgenmiş piridin nükleotitleri arasındaki elektron transferini katalize etmektedir (Toribio ve ark., 1996). NADPH aracılığıyla glutasyon disülfürün (GSSG) indirgenmesi GR enzimi tarafından katalize edilir (Çakmak ve ark., 2011). GR enziminin katalizlediği reaksiyonda en önemli hedef hücre ortamındaki GSH/GSSG oranını korumaktır. Eritrosit hücrelerinde yaklaşık bu oran 500/1'dir (Keha ve Küfrevioğlu, 2012). Bundan dolayı sadece GSH/GSSG oranını korumakla kalmaz, aynı zamanda reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu gibi hücrenin önemli görevlerinin devam etmesine de destek olmaktadır (Çakmak ve ark., 2011). Serbest radikaller ve antioksidanlar arasında bir denge söz konusudur. Serbest radikaller ve antioksidan savunma sistemi arasında bir denge söz konusudur. Fazla üretilen serbest radikaller sonucunda antioksidan savunma mekanizmalarında bir hasar oluşmaktadır. Bu yüzden serbest radikaller ve antioksidan sistemi arasında bozulan denge sonucunda hücre oksidatif strese maruz kalmaktadır (Townsend ve ark., 2003).

Proteinlerin indirgenmiş formda kalmalarını sağlayan GSH eritrositlerde küresel yapının korunmasında rol oynamaktadır. Oksidatif hasara karşı duyarlı eritrositlerin GSH eksikliği sonucunda yaşam süreleri kısalmakta ve hemolitik kaynaklı anemiye neden olmaktadır (Chang ve ark., 1978).

Günümüzde hızlı nüfus artışı, kentsel atıklar, endüstriyel atıklar, tarımda bilinçsizce kullanılan gübre ve ilaçlar ağır metallerin oluşmasına sebep olmaktadır. Toprak, deniz ve akarsulara karışan bu ağır metaller canlıların maruz kalmasıyla hücrede antioksidan enzimlerin inhibisyonuna ve oksidatif hasara bağlı olarak organizmalarda birtakım sorunlar ortaya çıkarmaktadır.

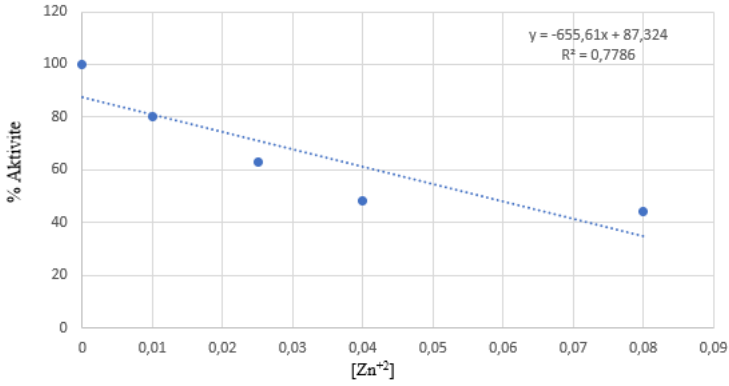
Bu makalede iskorpit balığı (*Scorpaena porcus*) solungaç dokusundan glutasyon redüktaz enzimi kısmi saflaştırma işlemine tabi tutulup bazı karakteristik özellikleri incelenmiştir. Kısmi saflaştırma işlemi sırasında homojenat hazırlama, amonyum sülfat çöktürme işlemi ve son olarak diyaliz işlemi ile gerçekleştirilmiştir.

Saflaştırma işlemi ilk olarak homojenat hazırlama işlemiyle gerçekleşti. Hazırlanan solungaç dokusu homojenatlarına %0-100 aralıklarında amonyum sülfat çöktürme işlemi yapıldı. Yapılan çöktürme işleminde GR enziminin %60-80 aralığında çöktüğü belirlendi. Kısmi bir saflaştırma yöntemi olan amonyum sülfat çöktürme işleminde birçok safsızlıklar giderilerek proteinler daha derişik hale getirildi. Erat (2002) sığır ve insan eritrositlerinden GR enzimi için amonyum sülfat aralığını %30-70, Acan ve Tezcan (1989) koyun beyni için GR enziminin amonyum sülfat aralığını %35-55, Ulusu vd. (2005) koyun karaciğerinden %0-60 aralıklarında bulmuştur. Çöktürme işleminden sonra ortamdaki iyonları uzaklaştırmak amacıyla diyaliz işlemi gerçekleştirildi. Kısmi olarak saflaştırılan enzim üzerine Zn^{+2} , Ni^{+2} , Cd^{+2} ağır metalleri uygulanmıştır. Uygulanan ağır metallerin IC_{50} değerleri sırasıyla 56 μM , 31 μM , 74 μM olarak hesaplanmıştır. IC_{50} değerlerinin grafikleri Şekil 5-7 ve Tablo 1 de belirtildi.



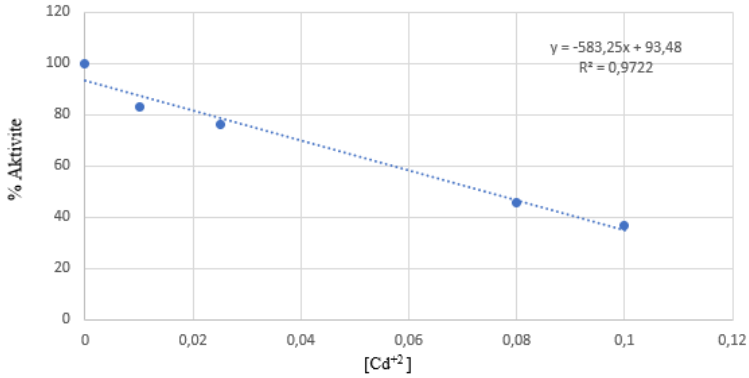
Şekil 5. Farklı ağır metal konsantrasyonlarında iskorpit balığı GR enzimi için % aktivite- $[Ni^{+2}]$ regresyon analiz grafikleri

Figure 5. Activity % $[Ni^{+2}]$ regression analysis graphs for Scorpionfish (*Scorpaena porcus*) GR enzyme in the presence of different heavy metal concentrations.



Şekil 6. Farklı ağır metal konsantrasyonlarında iskorpit balığı GR enzimi için % aktivite-[Zn²⁺] regresyon analiz grafikleri

Figure 6. Activity %-[Zn²⁺] regression analysis graphs for Scorpionfish (*Scorpaena porcus*) GR enzyme in the presence of different heavy metal concentrations



Şekil 7. Farklı ağır metal konsantrasyonlarında iskorpit balığı GRenzimi için %aktivite-[Cd+2] regresyon analiz grafikleri

Figure 7. Activity %-[Cd+2] regression analysis graphs for Scorpionfish (*Scorpaena porcus*) GR enzyme in the presence of different heavy metal concentrations

Yapılan çalışmada karakterizasyon işlemi gerçekleştirildi. GR enziminin optimum pH:6.5, optimum substrat 2 mM NADPH ve optimum tampon 400 mM KH₂PO₄ olarak bulunmuştur. Literatürde sığır eritrosit GR enzimi için optimum iyonik şiddet 435 mM fosfat tamponu, koyun karaciğeri için 50 mM Tris olarak bulunmuştur (Erat, 2002; Uluşu vd, 2005). Farklı türlerden yapılan çalışmalarda

ise GR'lerin optimum pH'sının 6.5-8.5 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Açan, 1990; Öğüs ve Özer, 1991; Oğus ve Ozer, 1998; Willmore ve Storey, 2007; Tekman vd, 2008).

Doğada bulunan ağır metallerin etki ettiği zararlar çalışmanın önemini göstermektedir. Çünkü çevresel problemler sonucu ortaya çıkan ağır metaller toprak, su ve denizlere karışarak canlı ekosistemine zarar vermektedir. Özellikle denizlerde ve akarsularda biriken ağır metaller sucul canlıların maruz kalmasına neden olmaktadır. Sucul canlıların maruz kalması sonucunda bu ağır metaller besin alımı vasıtasıyla da insanlara geçmektedir.

Ekinci ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, gökkuşuğı alabalığının karaciğerinden izole ettikleri GR enziminin Co^{+2} , Zn^{+2} , Ca^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Cr^{+3} , Sn^{+2} ve Mg^{+2} ağır metalleri ile inhibisyon etkileşimini incelemiştir. Ağır metallerin IC50 değerleri sırasıyla 42.2 μM , 63.1 μM , 357 μM , 486 μM , 508 μM , 592 μM , 657 μM olarak bulunmuştur. Tekman ve ark., (2008) yaptıkları bir çalışmada ise Gökkuşuğı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) karaciğerinden saflaştırdıkları GR enzimi üzerine uygulanan Cd^{+2} , Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Fe^{+3} ve Al^{+3} ağır metallerinin inhibisyon kinetiği incelenmiştir. IC50 değerleri sırasıyla 65.5 μM , 82 μM , 122 μM , 509 μM , 797 μM ve 804 μM olarak bulunmuştur. Yusuf ve Çiftçi, (2017) tarafından tavuk böbreğinden saflaştırılan GR enzimi üzerinden yapılan çalışmada ise Ni^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Ag^{+} ve Al^{+3} ağır metallerin enzim üzerinde inhibisyon etkilerini belirlemiştir. IC50 değerleri ise sırasıyla 337 μM , 191 μM , 168 μM , 187 μM , 289 μM olarak bulunmuştur.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre GR enzim aktivitesi üzerinde metal iyonlarının IC50 değerleri küçükten büyüğe doğru $Cd^{+2} > Zn^{+2} > Ni^{+2}$ şeklindedir. Dolayısıyla enzimi en güçlü inhibe eden metal, Ni^{+2} iyonu olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışmada solungaç dokusu GR enziminin metal iyonları ile düşük mikromolar konsantrasyonlarda inhibe olduğu saptanmıştır. Canlı hücrelerde antioksidan savunma sisteminin önemli bir enzimi olan GR, çeşitli ağır metallerle inhibisyonu organizmada olumsuz etki bırakmıştır. Bu nedenle birçok patolojik durumun ortaya çıkışında etkin rol oynamaktadır. İskorpit balığı solungaç dokusundan kısmi olarak saflaştırılan GR enzimi hayati öneme sahip olan GSH/GSSG oranını kontrol altında tutmaktadır. GR enzimini inhibe ederek bu dengeyi bozabilecek bu metallerin kullanımında dikkatli olunmalı ve kullanımı kontrol altında tutulmalıdır. Bu çalışma, İskorpit balığı solungaç dokusundan GR enziminin kısmi saflaştırılması, karakterizasyonu ve kinetik özelliklerinin belirlenmesi bakı-

mından literatürde ilk kez gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular antioksidan enzim çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

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): KI (30), ES (70)

Veri Toplanması (Data Acquisition): KI (30), ES (70)

Veri Analizi (Data Analysis): KI (30), ES (70)

Makalenin Yazımı (Writing up): KI (30), ES (70)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): KI (30), ES (70)

KAYNAKÇA

- Açan, L., 1990. Koyun beyini glutatyon redüktazının saflaştırılması ve bazı özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aksakal, E., Ekinci, D., Supuran, C.T., 2021. Dietary inclusion of royal jelly modulates gene expression and activity of oxidative stress enzymes in zebrafish. *J Enzyme Inhib Med Chem*, 36(1): 885-894. doi: 10.1080/14756366.2021.1900167.
- Akşiray, F., 1987. Türkiye deniz balıkları ve tayin anahtarı. Kardeşler basımevi, No.2, 811 s, İstanbul.
- Anderson, M.E., 1998. Glutatyon: biyosentez ve modülasyona genel bir bakış, Kimyasal-biyolojik etkileşimler, 111: 1-14.
- Bayir, A., Sirkecioglu, A.N., Haliloglu, H.I., Aksakal, E., Gunes, M., Aras N.M., 2011. Influence of season on antioxidant defense systems of *Silurus glanis* Linnaeus (Siluridae) and *Barbus capito capito* Guldenstädt (Cyprinidae), *Fresen Environ Bull*, 20(1): 3-11.
- Beutler, E., 1963. Effect of flavin compound on Glutathione Reductase Activity, In vivo and in vitro studies.
- Bewley, R.J.F., 1980. Effect of heavy metal pollution on oak leaf microorganism, *App. Environ. Microbiol*, 40: 1053-1059.
- Carlberg, I., Mannervik, B., 1975. Purification and characterization of the flavoenzyme glutathione reductase from rat liver, *J Biol Chem*, 250:5475-5480.
- Carlberg, I., Mannervik, B., 1985. Glutathione reductase. In *Methods in Enzymology*, Vol. 113, pp. 484-490.
- Chang, S. S., Peterson, R. J., and Ho, C. T. (1978). Chemical reactions involved in the deep fat frying of foods1. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(10), 718-727.
- Çakmak, R., Durdagi, S., Ekinci, D., Şentürk, M., Topal, G., 2011. Design, synthesis and biological evaluation of novel nitroaromatic compounds as potent glutathione reductase inhibitors, *Bioorganic and medicinal chemistry letters*, 21(18): 5398- 5402.
- Demirdağ, R., Yerlikaya, E., Aksakal, E., Küfrevioğlu, Ö.I., Ekinci, D., 2012. Influence of pesticides on the pH regulatory enzyme, carbonic anhydrase, from European Seabass liver and bovine erythrocytes, *Environ Toxicol Pharmacol*, 34(2): 218-222. doi: 10.1016/j.etap.2012.04.007.
- Durdagi, S., Senturk, M., Guney, M., Ekinci, D., Aksoydan, B., Erol, I., Kantarcioglu, I., Cavdar, H., 2016. Design of novel uracil derivatives as inhibitors of carbonic anhydrase I and II, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, and glutathione reductase using in silico, synthesis and in vitro studies, *FEBS Journal*, 283:106.

- Ekinci, D., Beydemir, S., 2009. Effect of some analgesics on paraoxonase-1 purified from human serum, *J Enzyme Inhib Med Chem*, 24(4): 1034-1039.
- Ekinci, D., Ceyhan, S. B., Şentürk, M., Erdem, D., Küfrevioğlu, Ö. İ., and Supuran, C. T. (2011). Characterization and anions inhibition studies of an α -carbonic anhydrase from the teleost fish *Dicentrarchus labrax*. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 19(2), 744-748.
- Ekinci, D., Şentürk, M., 2013. Assesment of metal inhibition of antioxidant enzyme glutathione reductase from rainbow trout liver, *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 28 (1): 11-15.
- Erat, M., 2002. İnsan ve siğir eritrosit glutatyon redüktaz enziminin saflaştırılması, bazı ilaç ve kimyasal maddelerin inhibisyon veya aktivasyon etkilerinin araştırılması. Doktora tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Fidan, I., Salmas, R.E., Arslan, M., Senturk, M., Durdagi, S., Ekinci, D., Senturk, E., Cosgun, S., Supuran, C.T., 2015. Carbonic anhydrase inhibitors: design, synthesis, kinetic, docking and molecular Dynamics analysis of novel glycine and phenylalanine sulphonamide derivatives, *Bioorg Med Chem*, 23:7353.
- Garcia-Alfonso, C., Martinez-Galisteo, E., Llobell, A., Barcena, J.A., Lopez-Barea, J., 1993. Horse-liver glutathione reductase: purification and characterization, *Int J Biochem*, 25(1): 61-68.
- Hisar, O., Erdogan, O., Aksakal, E., Hisar, S.A., 2006. Authentication of fish species using a simple PCR-RFLP method, *Isr J Aquac - Bamidgeh*, 58 (1): 62-65.
- Isık, S., Vullo, D., Durdagi, S., Ekinci, D., Senturk, M., Cetin, A., Senturk, E., Supuran, C.T., 2015. Interaction of carbonic anhydrase isozymes I, II and IX with some pyridine and phenol hydrazinecarbothioamide derivatives, *Bioorg Med Chem Lett*, 25: 5636.
- Karağözoğlu, Y., Çiftçi, M., 2017. Bazı ağır metal iyonlarının tavuk böbreğinden saflaştırılan glutatyon redüktaz enzimi üzerine in vitro etkilerinin araştırılması, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, Vol. 6, No. 1
- Keha, E.E., Küfrevioğlu, Ö.İ., 2012. *Biyokimya, Aktif yayınları*, Erzurum.
- Keleştemur, T.G., 2012. Physiological effects created on fish of hypoxic waters (in Turkish with English abstract), *Turkish Journal of Scientific Reviews*, 5(1): 87-90.
- Kocaoglu, E., Talaz, O., Cavdar, H., Senturk, M., Supuran, C.T., Ekinci, D., 2019. Determination of the inhibitory effects of N-methylpyrrole derivatives on glutathione reductase enzyme, *J Enzyme Inhib Med Chem*, 34:51.
- Levy, H.R., 1979. Glucose-6-phosphate dehydrogenase, *Adv.Enzymol*, 48, 97-192.
- Liebman, J.F., Greenberg, A., VCH Publishers, 1988. New York.
- Mate, S., J.M., 2000. Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology, *Toxicology*, 153, 83-104.
- Meister, A., Anderson, M.E., 1983. Glutathione, *Annu. Rev. Biochem*, 52, 711-760.
- Mitchell, J.B., Russo, A., 1987. *Br. J. Cancer*, 8:96
- Mullineaux, P.M., 1997. Glutathione reductase: regulation and role in oxidative stress, *Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defence*, 667-713.
- O 'Hara, J., 1973. Cadmium uptake by fiddler crabs exposed to temperature and salinity stress, *J. Fish. Res. Board Can*, 30: 846-848.
- Ogus, I.H., Ozer, N., 1998. Purification of NADPH-free glutathione disulfide reductase from human erythrocytes, *Protein Expr Purif*, 13(1): 41-44. doi:10.1006/prep.1997.0865.
- Öğüs, H., Özer, N., 1991. Human jejunal glutathione reductase: purification and evaluation of the NADPH-and glutathione-induced changes in redox state, *Biochemical medicine and metabolic biology*, 45(1): 65-73
- Sen, S., Chakraborty, R., Sridhar, C., Reddy, Y.S.R., De, B., 2010. Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines, Current status and future prospect, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(1): 91-100.
- Senturk, M., Talaz, O., Ekinci, D., Cavdar, H., Kufrevioğlu, O.İ., 2009. In vitro inhibition of human erythrocyte glutathione reductase by some new organic nitrates, *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 19:3661.
- Siktar, E., Ekinci, D., Siktar, E., Beydemir, S., Gulcin, I., Gunay, M., 2011. Protective role of L-carnitine supplementation against exhaustive exercise induced oxidative stress in rats, *Eur J Pharmacol*, 668(3): 407-413. doi: 10.1016/j.ejphar.
- Tandogan, B., Uluşu, N.N., 2010. Purification and kinetics of bovine kidney cortex glutathione reductase, *Protein Pept Lett*, 17(5): 667-674.
- Tas, M., Senturk, E., Ekinci, D., Demirdag, R., Comakli, V., Bayram, M., Akyuz, M., Senturk, M., Supuran, C.T., 2019. Comparison of blood carbonic anhydrase activity of athletes performing interval and continuous running exercise at high altitude, *J Enzyme Inhib Med Chem*, 34:219.

- Tekman, B., Ozdemir, H., Senturk, M., Ciftci, M., 2008. Purification and characterization of glutathione reductase from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver and inhibition effects of metal ions on enzyme activity, *Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology*, 148(2): 117-121. doi: 10.1016/j.cbpc.2008.04.005.
- Toribio, F., Martinet, L.E., Pascual, P., Lopez, B.J., 1996. Methods for purification of glutathione peroxidase and related enzymes, *Journal of Chromatography B*, 684: 77-97.
- Townsend, D.M., Tew, K.D., Tapiero, H., 2003. The importance of glutathione in human disease, *Biomed Pharmacother*, 57(3-4): 145-155.
- Ulusu, G., Erat, M., Ciftci, M., Sakiroglu, H., Bakan, E., 2005. Purification and characterization of glutathione reductase from sheep liver, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(5): 1109-1117.
- Valavanidis, A., Vlahogianni, T., Dassenakis, M., Scoullou, M., 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants, *Ecotoxicol. Environ.*, 64: 178-189. doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.03.013.
- Willmore, W.G., Storey, K.B., 2007. Purification and properties of glutathione reductase from liver of the anoxia-tolerant turtle, *Trachemys scripta elegans*. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 297(1-2): 139-149.
- Wu, G., Fang, Y.Z., Yang, S., Lupton, J.R., Turner, N.D., 2004. Glutathione metabolism and its implications for health, *The Journal of nutrition*, 134(3): 489-492.