

ISPEC

Journal of Agricultural Sciences Tarım Bilimleri Dergisi

CILT / VOLUME : 8

SAYI / ISSUE: 3

YIL / YEAR: 2024



**İktisadi Kalkınma ve
Sosyal Araştırmalar Enstitüsü**

The Institute of Economic
Development and Social Research



**Journal of
Agricultural Sciences**
Tarım Bilimleri Dergisi

YIL-YEAR
2024

CİLT-VOLUME
8

SAYI-ISSUE
3

BAŞ EDITÖR / EDITOR IN CHIEF

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU / Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOSOĞLU
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Siirt-TÜRKİYE

Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor

Doç. Dr. Arzu ÇİĞ / Assoc. Prof. Dr. Arzu CIG
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Süs Bitkileri Yetiştiriciliği ve
Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Ornamental Plants
Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

Dr. Shahid FAROOQ / Dr. Shahid FAROOQ
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim Dalı,
TÜRKİYE
Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Phytopathology
Program, TÜRKİYE

İstatistik Editörü / Statistics Editor

Prof. Dr. Emine KARADEMİR / Prof. Dr. Emine KARADEMİR
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Endüstri Bitkileri Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Industrial Plants Program, TÜRKİYE

Yayın ve Mizanpaj Editörü / Editorial Review and Layout

Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ / Assist. Prof. Dr. Yeter CİLESİZ
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve
Teknolojileri Bölümü, TÜRKİYE
Sivas University of Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences And Technologies,
Department of Herbal Production and Technologies, TÜRKİYE

ALAN EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Mustafa SÜRME / **Prof. Dr. Mustafa SURMEN**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çayır-Mera ve Yem Bitkileri
Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Meadow-Rangeland and
Forage Crops Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY / **Prof. Dr. Tolga KARAKÖY**

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma
Bölümü, TÜRKİYE
Sivas University of Science and Technology, Faculty of Agronomics And Agricultural
Technologies, Department of Plant Protection, TÜRKİYE

Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI / **Assoc. Prof. Dr. Gülen ÖZYAZICI**

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Endüstri Bitkileri Anabilim Dalı,
TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Industrial Plants
Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Gölgen BAHAR ÖZTEKİN / **Prof. Dr. Gölgen BAHAR ÖZTEKİN**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Örtü altı Yetiştiriciliği,
TÜRKİYE
Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Greenhouse Cultivation,
TÜRKİYE

Doç. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL / **Assoc. Prof. Dr. Melekber SULUSOĞLU
DURUL**

Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Meyve Yetiştirme ve Islahı
Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Kocaeli University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Fruit Growing and
Breeding Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Mehmet POLAT / **Assoc. Prof. Dr. Mehmet POLAT**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Meyve
Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture,
Fruit Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Ercan ÖZZAMBAK / Prof. Dr. Ercan ÖZZAMBAK

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Süs Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Ege Üniversitesi, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Ornamental Plants
Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Kazım MAVI / Prof. Dr. Kazım MAVI

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sebze
Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture,
Vegetable Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Nurhan KESKİN / Assoc. Prof. Dr. Nurhan KESKİN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bağ Yetiştirme ve
Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Grapevine
Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Meltem AVAN / Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN

Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim Dalı,
TÜRKİYE

Adıyaman University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection,
Phytopathology Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. M. Fırat BARAN / Prof. Dr. M. Fırat BARAN

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tarımsal Makine
Sistemleri Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Agricultural
Machinery Systems Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Neşe ÜZEN / Assoc. Prof. Dr. Neşe ÜZEN

Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tarımsal Yapılar ve
Sulama Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Dicle University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation,
Department of Agricultural Structures and Irrigation Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Abdullah SESSİZ / Prof. Dr. Abdullah SESSİZ

Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
TÜRKİYE

Dicle University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and
Technologies Engineering, TÜRKİYE

Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN / Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN

Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE
Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering,
TÜRKİYE

Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN / Assoc. Prof. Dr. Osman GÖKDOĞAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri
Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE
Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural
Machinery and Technologies Engineering, TÜRKİYE

Prof. Dr. Reyhan ERDOĞAN / Prof. Dr. Reyhan ERDOĞAN

Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Tasarımı
Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture,
Landscape Design Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Şevket ALP / Prof. Dr. Şevket ALP

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj
Mimarlığı Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape
Architecture, Landscape Architecture Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ / Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Planlama
ve Tasarım Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Çankırı Karatekin University, Faculty of Forest, Department of Landscape Architecture,
Landscape Planning and Design Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Hakan ALPHAN / Prof. Dr. Hakan ALPHAN

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Mimarlığı
Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture,
Landscape Architecture Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Sait ENGİNDENİZ / Prof. Dr. Sait ENGİNDENİZ

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tarım İşletmeciliği Anabilim
Dalı, TÜRKİYE
Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Farm
Management Program, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Özge CAN NİYAZ / Assist. Prof. Dr. Özge CAN NİYAZ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tarım
Politikası ve Yayım Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural
Economics, Department of Agricultural Policy and Extension Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Füsun GÜLSER / Prof. Dr. Füsun GÜLSER
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Toprak Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Sciences and Plant
Nutrition, Soil Sciences Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Mesut BUDAK / Assoc. Prof. Dr. Mesut BUDAK
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Bilimi
Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Sciences and Plant Nutrition, Soil
Sciences Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Mehmet Fatih ÇELEN / Prof. Dr. Mehmet Fatih ÇELEN
Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı,
TÜRKİYE
Usak University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Sciences, Animal Breeding
Department Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Elif BABACANOĞLU / Assoc. Prof. Dr. Elif BABACANOĞLU
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Hayvan Yetiştirme ve
Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Sciences, Animal
Breeding and Breeding Department Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Hakan İNCİ / Assoc. Prof. Dr. Hakan İNCİ
Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı,
TÜRKİYE
Bingol University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Sciences, Animal Breeding
Department Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Behçet İNAL / Assoc. Prof. Dr. Behçet İNAL
Siirt Üniveristesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Bitkisel Biyoteknoloji
Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Siirt Univeristy, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Plant
Biotechnology Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Özgecan KORKMAZ AĞAOĞLU / Prof. Dr. Özgecan KORKMAZ AĞAOĞLU
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni ve Hayvan Besleme
Bölümü, Genetik Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Veterinary, Department of Animal Science
and Animal Nutrition, Genetics Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Pınar AYVAZOĞLU DEMİR / Prof. Dr. Pınar AYVAZOĞLU DEMİR
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan
Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Kafkas University, Faculty of Veterinary, Department of Animal Science and Animal
Nutrition, Animal Health Economics and Management Department, TÜRKİYE

Prof. Dr. Tekin ŞAHİN / Prof. Dr. Tekin ŞAHİN

Siirt Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,
TÜRKİYE

Siirt University, Faculty of Veterinary, Department of Clinical Sciences, Internal Medicine,
TÜRKİYE

Prof. Dr. Levent AYDIN / Prof. Dr. Levent AYDIN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Bursa Uludag University, Faculty of Veterinary, Parasitology Department Program,
TÜRKİYE

Doç. Dr. Duygu UDUM / Assoc. Prof. Dr. Duygu UDUM

Bursu Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Biyokimya
Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Bursu Uludag University, Faculty of Veterinary, Department of Basic Sciences, Department
of Biochemistry Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Ebru BİLEN / Assoc. Prof. Dr. Ebru BİLEN

Siirt Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Doğum ve Jinekoloji
Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Siirt University, Faculty of Veterinary, Department of Clinical Sciences, Obstetrics and
Gynecology, TÜRKİYE

Dr. Maryam SAFFARIHA

University of Tehran, Department of Rangeland, College of Natural Resource, IRAN

Dr. Bharti CHAUDHRY

University of Delhi, Department of Botany, Ramjas College, INDIA

Dr. Muhammad Waqar Hassan

Islamia University of Bahawalpur, Faculty of Agriculture & Environment, Department of Entomology, PAKISTAN

Dr. Maryam JAVED

University of Veterinary and Animal Sciences, Institute of Biochemistry and Biotechnology, PAKISTAN

Dr. Elżbieta MIELNICZUK

University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Horticulture and Landscape Architecture, POLAND

Dr. Benyamin LAKITAN

Sriwijaya University, College of Agriculture, INDONESIA

Dr. Kristine MUSELIANI

Agricultural University of Georgia, Faculty of Agricultural Science, GEORGIA

Dr. Nino GIORGADZE

San Diego State University Georgia, Civil Engineering, Civil, Construction and Environmental Engineering Department, GEORGIA

Dr. Oluwaseun Aderonke ADELEKE

Univeristy of Ibadan, Department of Agricultural Extension and Rural Development, NIGERIA

Dr. Djalel Eddine GHERISSI

University of Souk-Ahras, Laboratory of Animal Productions, Biotechnologies and Health, ALGERIA

Dr. Ivana ŠOLA

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, CROATIA

Dr. Omar MARDENLI

University of Aleppo, Faculty of Agriculture, Aleppo, Syria

Dr. Folasade Mary OWOADE

Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Crop Production and Soil Science, NIGERIA

Dr. Mourad DERRA

Ibn Zohr University, Faculty of Applied Sciences, MORROCO

Dr. Olesea COJOCARU

State Agrarian University of Moldova, Agronomy Faculty, Department of Agronomy & Environment, MOLDOVA

Dr. Gina Vasile SCAETEANU

University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine, Faculty of Agriculture, ROMANIA

Dr. Phan Thi Bich TRAM

Cantho University, Faculty of Agriculture and Applied Biology, Food Biotechnology Department, VIETNAM

Dr. Muhammad Ali Raza

Sichuan Agricultural University, College of Agronomy, CHINA

Dr. Akbar HOSSAIN

Bangladesh Wheat and Maize Research Institute (BWMRI), Dinajpur, BANGLADESH

Prof. Dr. Peter HRISTOV

Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Department of Animal Diversity and Resources, Bulgarian Academy of Sciences, BULGARIA

Dr. Gregor GORJANC

The University of Edinburgh, Biotechnical Faculty, The Roslin Institute and Royal (Dick) School of Veterinary Studies, Easter Bush, Midlothian, SCOTLAND, UK

Prof. Dr. Rafiq ALLAHVERDIYEV

Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Zooengineering, Department of Technology of Livestock Production, Ganja-AZERBAIJAN

Prof. Dr. Zaur HASANOV

Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Agronomy, Department of Hortaculture, Ganja-AZERBAIJAN

ÜRÜN BİLGİSİ / PRODUCT INFORMATION

Dergi Kapsamı: ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi uluslararası hakemli dergi olup, tarım ve bununla ilgili tüm bilimlerde yapılmış özgün araştırma makaleleri ile önemli bilimsel ve teknolojik yenilik ve yöntemleri açıklayan derleme niteliğindeki yazıları, bilimsel çalışmaların erişilebilirliğini, görünürlüğünü, kullanımını artırmak, bilime ivme kazandırmak ve bilim insanlarına fayda sağlamak amacıyla yayın hayatına başlamıştır.

Scope of the Journal: ISPEC Journal of Agricultural Sciences is international refereed journal and began publishing life in order to increase accessibility, visibility, use of scientific studies, to gain momentum and to benefit scientists and publishes the individual researches conducted about agricultural science which may be defined as a collection of significant scientific and technological advancements and innovations related to such researches.

Yayımlayan / Publisher	IKSAD / IKSAD
Yayın Dili / Language	Türkçe-İngilizce / Turkish-English
Basım Tarihi / Date of Publication	01/09/2024
Yayın Aralığı / Frequency	Yılda dört kez (Mart-Haziran-Eylül-Aralık) yayınlanır. Published four times a year (March-June- September December)

Tarandığı İndeksler / Indexed and
Abstracted in



Effect of Mycorrhiza Applications on Some Biochemical Properties of Soybean (<i>Glycine max</i> L.) Grown under Salt Stress Conditions Erol ORAL, Rüveyde TUNÇTÜRK, Murat TUNÇTÜRK, Lütfi NOHUTÇU Ezelhan ŞELEM.....	551
Determination of the Promising Advanced Bread Wheat Lines in Terms of Quality Traits in the Thrace Region Ozan ÇALIŞKAN, Alpay BALKAN.....	560
Evaluation of Heterosis and Heterobeltiosis for Spike-Related Traits in F1 and F2 Populations of Hexaploid Bread Wheat Hüseyin GÜNGÖR, Mehmet Fatih ÇAKIR, Ziya DUMLUPINAR.....	572
Characterization of Some Properties of Soils Formed on Basalt Parent Material Using Spectroradiometric and Geostatistical Techniques Fatma KAPLAN, Ali Volkan BİLGİLİ.....	583
<i>Salvia hypargeia</i> Fisch. & C.A Mey. Yapraklarının Vitamin, Fitosterol ve Yağ Asit İçeriğinin Belirlenmesi Mahire BAYRAMOĞLU AKKOYUN.....	604
Determination of Physiological, Quality and Yield Characteristics of Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotypes in Spring Sowing Seval ELİŞ, Ferhat KIZILGEÇİ, Emine SINIR, Mehmet YILDIRIM.....	612
Effects of Paclobutrazol, Prohexadione Calcium and Chlormequat Chloride Applications on Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.), Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) and Eggplant (<i>Solanum melongena</i> L.) Seedling Quality İbrahim DUMAN, Yahya NAS.....	637
Effect of Adding Different Ratios of Oat (<i>Avena sativa</i> L.) Cracks on the Silage Quality of Fodder Pea (<i>Pisum arvense</i> L.) Hazım Serkan TENİKECİER, Ertan ATEŞ.....	638
The Effect of Vermicompost, Mycorrhiza and Fertiliser Application Doses on Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>) Seedling Development Sezer ŞAHİN, Hakan KARTAL, Naif GEBOLOĞLU.....	647
A Review of Energy Use Efficiency in Apple Cultivation: Case Study of Kırklareli Province Cihan DEMİR.....	659
Modification of Branch Shredding Machine and Determination of Some Operational Values for Vineyard Pruning Residues İlyas DEMİREL, Abdullah SESSİZ.....	667

Determination of Bioactive Compounds in Different Parts of Sıyırma Gourd (<i>Lagenaria siceraria</i>) Ümit Haydar EROL.....	682
Increasing the Vase Life of Cut Carnation (<i>Dianthus caryophyllus</i> L. ‘Baltico’) by Reducing Xylem Congestion with Some Solutions Ezgi DOĞAN MERAL.....	698
Effects of Organic Fertilizers and Mowing Times on Grass Yield and Feed Value of Italian Grass (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) Vedat ESER, Zübeyir AĞIRAĞAÇ, Şeyda ZORER ÇELEBİ.....	709
Investigation of Some in vitro Biological Activities, Chemical and Pesticide Compositions of Extracts Obtained from <i>Amygdalus communis</i> (Almond) Fruit Cumali KESKİN, İbrahim Oğuz ARAS, Ayşe BARAN, Mehmet Fırat BARAN, Songül ÇETİK YILDIZ, Rozerin TARHAN.....	722
Chemical Composition and Antioxidant Potential of <i>Aristolochia maurorum</i> Aboveground Extract: Phenolic and Phytochemical Analysis Emine İncilay TORUNOĞLU, Erdi Can AYTAR, Alper DURMAZ, Betül AYDIN, Ayşen Melda ÇOLAK.....	737
Effects of Alternative Mutagens on Chromosome Doubling during the Germination Period of Maternal Haploids Merve ÇAKIR, Rahime CENGİZ.....	747
Investigation of the Effect of Boric Acid and Gibberellic Acid Priming on Rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.) Seeds Against Drought Stress Ferzat TURAN, Serap SAMUR.....	756
Determination of Yield Characteristics of Different Artichoke (<i>Cynara scolymus</i> L.) Varieties and Genotypes Turgut YAVAŞLAR, İbrahim DUMAN.....	766
Molecular Genetic Diversity of 12 <i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>hirtum</i> Genotypes: EST-SSR Marker Analyses Uğur TAN, Olcay ARABACI.....	780
Investigating the Impacts of Nitrogen Doses and Rhizobacteria on Sugar Beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) Yield and Quality Parameters for Sustainable Cultivation Ali SUSAR, Aziz ŞATANA.....	789
The Effect of Fe₃O₄ Nanoparticles Applied at Different Doses on the Growth Characteristics of Strawberry (<i>Fragaria × ananassa</i> Duch, cv. ‘Albion’) Plants Under Salt Stress Sinem ÖZTÜRK ERDEM.....	804

Evaluation of the Relationship between Harmonization Ratio and Some Yield Traits with Grain Yield in Oat Varieties

Abdulkadir TANRIKULU.....813

Determination of Physicochemical Properties of Organic and Conventionally Produced Preprocessing Type Tomato Fruits

Kıymet Pınar ÇALIM, İbrahim DUMAN.....822

Efficacy of Spinetoram Against Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Muhsin Yunus DERİCİ, Ahmet Güray FERİZLİ, Mevlüt EMEKCİ.....833



Tuz Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesi (*Glycine max L.*)' nde Mikoriza Uygulamalarının Bazı Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Erol ORAL^{1*}, Rüveyde TUNÇTÜRK¹, Murat TUNÇTÜRK¹, Lütfi NOHUTÇU¹, Ezelhan ŞELEM²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Van

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): eroloral@yyu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, soya fasulyesinde (*Glycine max L.*) tuz stresi (kontrol, 50, 100, 150, 200 mM) altında mikoriza uygulamalarının (AMF) bazı biyokimyasal değişiklikler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada uygulanan faktörlerin etkisi doğrultusunda soya fasulyesinde klorofil (32.9-43.0 dx), yaprak alan indeksi (7.2-17.7 cm²), flavonol (0.36-0.70 dx), antosiyanin (0.01-0.03 dx) ve NBI (32.3-47.9 mg g⁻¹) gibi özellikler incelenmiştir. Çalışma sonucunda; tuz stresi altında klorofil, yaprak alan indeksi, azot balans indeksi (NBI) değerleri azalırken, flavonol ve antosiyanin değerleri ise artış göstermiştir. Bu sonuçlara göre tuz stresine karşı AMF uygulamalarının bazı biyokimyasal özellikler üzerinde meydana gelen olumsuz etkiyi azaltıcı ve düzenleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :01.04.2024

Kabul Tarihi :15.05.2024

Anahtar Kelimeler

AMF
biyokimyasal
soya fasulyesi
tuz stresi

Effect of Mycorrhiza Applications on Some Biochemical Properties of Soybean (*Glycine max L.*) Grown under Salt Stress Conditions

Abstract

This study was carried out to determine the effects of mycorrhizal applications (AMF) on some biochemical changes in soybeans (*Glycine max L.*) under salt stress (control, 50, 100, 150, 200 mM). At the end of the research, chlorophyll in soybeans was determined in line with the effects of the applied factors. Properties such as (32.9-43.0 dx), leaf area index (7.2-17.7 cm²), flavonol (0.36-0.70 dx), anthocyanin (0.01-0.03 dx) and NBI (32.3-47.9 mg g⁻¹) were examined. In the results of working, chlorophyll, leaf area index and nitrogen balans index (NBI) values decreased under salt stress, flavonol and anthocyanin values increased. According to these results, it has been determined that AMF applications against salt stress have a regulating and reducing effect on some biochemical properties.

Research Article

Article History

Received :01.04.2024

Accepted :15.05.2024

Keywords

AMF
biochemical
soybean
salt stress

1. Giriş

İnsanoğlu yer yüzünde var olduğu günden beri bitkileri farklı amaçlar için kullanmıştır. Bunlar arasında, hastalıkların tedavisinde, beslenme, barınma, savunma ve ısınma materyali olarak kullanımı en fazla dikkat çekmiştir. Günümüzde ise bu daha bilinçli bir şekilde yapılmakta ve gıda, kozmetik, ilaç, endüstri ve ziraat gibi pek çok alanda bitkiler kullanılmaktadır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Özellikle insan sağlığı göz önünde bulundurularak, yeni beslenme alışkanlıkları içerisinde birçok ürün yer almıştır. Protein oranı oldukça yüksek bir yağ bitkisi olan soya bunlardan biridir (Hartwig ve Kihl, 1979). Gen merkezi Kuzey Çin olan soya (*Glycine max* (L.) Merrill) baklagiller familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Bitki tohumlarında % 18-26 yağ ve % 40 protein içeren soya, insan ve hayvan beslenmesi açısından çok önemli bir yere sahiptir (İlker ve ark., 2010). Ayrıca, dünya yağlı tohum üretiminin % 50'sinden fazlası soya bitkisinden karşılanmaktadır (Arioğlu, 1994). Soya, kolesterol ve doymuş yağlar içermemesi nedeniyle, protein içeriği yüksek kalitede olup, çok yönlü kullanım alanı olan bitkisel gıda maddesidir. Soya yağı, B ve E vitaminleri ile demir, çinko, magnezyum açısından oldukça zengindir. Son 20 yılda uygulanan 2. ürün projesi ile Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin sulanabilir alanlarında yetiştirilmeye başlanmış olan soya tarımı günümüzde ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesi'nde yapılmaktadır. Soya üretiminin % 80-85'i Adana ve Osmaniye illerinde tarımı yapılmaktadır. Özellikle üreticilerimizin bu değerli ürünü 2. ürün olarak değerlendirmeleri ve yaygınlaşmasını sağlamaları önem arz etmektedir (Nazlıcan, 2017).

İç ve dış pazarda önemli bir yere sahip olan soya fasulyesi yetiştiriciliğinde kalite ve verim söz konusu olduğunda çevresel faktörlerin bitki üzerine etkilerinin bilinmesi önemlidir. Bitkiler normal yaşam süreçleri içerisinde büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyen, verimlerini sınırlandıran elverişsiz koşullarla karşılaşabilirler. Bu elverişsiz koşulların oluşmasına neden olan faktörlere 'stres' adı verilmektedir. Bitkisel üretimi etkileyen stres

faktörleri biyotik (bitkiler, funguslar, nematodlar, mikroorganizmalar, hayvanlar, antropojenik etkiler vb.) ve abiyotik stres faktörleri (kuraklık, tuzluluk, yetersiz beslenme, radyasyon, atmosfer kirliliği, yüksek veya düşük sıcaklık, yüksek veya düşük ışık şiddeti vb.) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Büyük ve ark., 2012). Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, bitkisel üretimde, bitkinin yetiştirildiği ortamdaki farklı etmenlerin tohumun çimlenmesinden başlayarak bitki gelişimini ve verimi olumsuz olarak etkilemesine yol açmaktadır. Tuzluluk, tarımsal üretkenliği azaltan ve tarımsal üretim alanlarını sınırlayan önemli bir çevresel etmendirdir (Rengasamy, 2010). Dünya üzerinde özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde global bir sorun haline gelen tuzluluk problemi tarım arazilerinin % 20'sini tehdit etmekte, önlem alınmaz ise bu oranın önümüzdeki 20 yıl içerisinde % 50'lere ulaşabileceği öngörülmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2013). Tuz stresi bitkilerde besin elementlerinin alınımını sınırlayarak iyon dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Ashraf ve Bhatti, 2000). Toprağın osmotik basıncını artırıp, fizyolojik kuraklığa neden olan tuzluluk (Parida ve Das, 2005), stomaların daralmasına ve bunun sonucunda CO₂ alımını azaltarak fotosentez oranının düşmesine neden olmaktadır. Tuzluluk stresi sonucu serbest oksijen radikallerinin oluşumu artarak (Tambussi ve ark., 2000), membran zararlanması ve lipid peroksidasyonu meydana gelmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Toplam klorofil, prolin, yaprak oransal su içeriği, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanı gibi özellikler tuz stresinden olumsuz etkilenmektedir (Öztekin, 2009). Tuzluluk sonucunda, bitkide gelişim ve büyüme gerilemekte, verim düşmekte, çok yüksek konsantrasyonlarda ise bitki ölümleri gerçekleşmektedir. Bitkiler karşılaştıkları stres faktörlerine karşı dayanıklılıklarını arttırmak, canlılıklarını devam ettirebilmek, gelişmelerini sürdürebilmek, nesillerinin devamını sağlayabilmek için yapılarında en az etkilenecek şekilde, anatomik, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler

meydana getirerek uyum mekanizmaları oluşturmaya çalışmaktadır (Öztürk, 2015).

Tuzluluk ile mücadelede mikrobiyal uygulamalar gerek uygulama pratikliği ve etkinliklerinin uzun süreli olması, gerekse de tuza toleransı önemli düzeyde arttırmaları nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak tercih edilmektedir. Mikrobiyal uygulamalar içerisinde en etkili alternatiflerden birisi de mikorizadır. Bitkiler doğal yaşamlarında birçok mikroorganizma ile iletişim halindedir ve bazıları ile simbiyotik yaşam sürerler (Smith ve Read, 1997). Bitki kökleri ile simbiyotik ilişki kurabilme yeteneğine sahip olan mikoriza fungusları, bitkiden kendisinin sentezleyemediği karbonhidratları hazır alırken, hifleri sayesinde bitkilerin kök etki alanını genişleterek daha fazla su ve besin elementi alabilmelerine katkı sağlamaktadır (Smith ve Read, 1997).

Mikorizanın olumlu etkisi sadece su ve besin elementlerinin alınımını arttırması olmayıp, bitkilerin abiyotik ve biyotik stres koşullarına toleransını da yükseltmektedir (Ruiz-Lozano, 2003; Carvalho ve ark., 2004). Mikoriza türleri, tuz stresine karşı yaprak alan indeksi, klorofil oranı, flavonol, antosiyanin ve azot balans indeksi içeriğine olumlu katkı yaptığı belirtilmiştir (Ruiz-Lozano, 2003; Çekiç ve ark., 2012).

Bu çalışmada tuzlu koşullarda yetiştirilen soya fasulyesi (*Glycine max* L.)' nde Arbüsküler Mikorizal Fungus (AMF) uygulamalarının bitkide bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkileri belirlenmiştir.

2. Material ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma, 2023 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait tam kontrollü bitki büyütme odasında yürütüldü. Çalışmada, kullanılan tohumlar Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' nden temin edildi.

2.2. Yöntem

Araştırmada, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' nden temin edilen *Glycine max* L. türüne ait yeşilsoy çeşidine ait

tohumlar kullanıldı. AMF izolatu, İran Urmiye Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü' ndeki kültür koleksiyonundan temin edildi. AMF izolatu olarak: *Glomus intraradices* çalışmada kullanıldı. İzolattaki spor sayıları: 455 spor/g inokulum toprağıdır. AMF aşısı, saksılara tohum ekimi sırasında % 20 oranında ilave edildi. Tohumlar, kabuk sterilizasyonunu yapmak amacıyla % 95' lik etanolde 5 dk tutulduktan sonra, % 3' lük hidrojen peroksit ile 5 dk. muamele edilip, distile su ile 6 kez yıkandı (Öğütçü ve ark., 2010). Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre 4 tekrarlamalı planlandı. Çalışmada, arbüsküler mikoriza fungusları (*Glomus intraradices*)' nın büyüme ortamına verildiği çalışmada farklı konsantrasyonlarda (kontrol, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) tuz çözeltileri uygulamaları ile tuz stresi oluşturuldu. Denemede % 40 kum, % 40 toprak ve % 20 mikoriza içeren inokulant karışımı ile doldurulan 500 cc' lik plastik bardak saksılara 5' şer adet oya fasulyesi tohumu ekildi. Ekimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 250±10 µmol m⁻² ışık yoğunluğunda, 25 °C sıcaklık ve % 65 neme sahip tam kontrollü iklim odasına yerleştirildi. Çıkıştan sonra tüm saksıların nem miktarı Field Scout dijital nem sensörü kullanılarak toprağın mevcut nem miktarı belirlenecek ve ihtiyaç halinde Hoagland besin solüsyonu ile sulama yapıldı. Hoagland besin solüsyonunda azot (210 mg l⁻¹), fosfor (31 mg l⁻¹), potasyum (234 mg l⁻¹), Mg (48 mg l⁻¹), Ca (200 mg l⁻¹), S (64 mg l⁻¹), Fe (2.5 mg l⁻¹), Mn ve Bor (0.5 mg l⁻¹), Cu, Zn ve Mo (0.01 mg l⁻¹) minareller yer almıştır. Hazırlanan Hoagland besin solüsyonunun pH (5.5-6.5) (Taiz ve Zeiger, 2002) kontrollü yapıldıktan sonra steril bir ortamda muhafaza edilmiştir. Bitki çıkışları tamamlandığında saksıda üçer adet bitki olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Bitkiler belirli bir olgunluğa geldiğinde (30±5 gün) tuz stresi uygulamalarına başlandı. Sulama suyu olarak farklı osmotik basınca sahip tuz solüsyonlarının verildiği çalışmada, kontrol uygulamalarına, saf su verildi. Bitkiler, tohum çıkışından hasada kadar iklim odasında kontrol altında tutulmuştur. Denemede fizyolojik

sorunların şiddeti arttığında (45±5 gün) hasattan hemen önce yaprak üzerinde klorofil ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), NBI (mg/g), flavonol (dx) ve antosiyanin içeriği (dx) sensörde bulunan yaprak klipsi sayesinde gerçek zamanlı ve tahribatsız olarak ölçüm yapabilen Dualex Scientific+(FORCE-A, Fransa) cihazı ile ölçülerek kaydedildi.

2.3 İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen veriler Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel hesaplamalar COSTAT (Versiyon 6.3) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi'ne göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Klorofil değeri

Araştırma sonunda bitkilerden elde edilen klorofil değerleri üzerine tuz dozları ve AMF uygulamalarının etkisi % 1, T x AMF interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Tuz dozları bakımından en yüksek klorofil değerleri 42.6 dx kontrol dozundan, en düşük değer ise T4 dozunda 33.2 dx olarak ölçülmüştür. Benzer bir çalışmada 4 soya çeşidinde 5 farklı tuz uygulaması sonucunda klorofil değerlerinin kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir (Özçınar ve ark., 2022). Bu konuda yürütülen çok sayıda çalışma sonuçlarına bakıldığında tuz stresi altında bitkilerdeki klorofil miktarı azalma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Franco ve ark., 1993). Soya üzerine yürütülen bir diğer çalışmada tuz stresi altında klorofil içeriğinin kontrol grubuna göre % 7.2 azaldığı görülmüştür (Kurt ve ark., 2023). Ayrıca tuz stresine maruz bırakılan fasulye bitkisinde de, belirli bir dozdan sonra bitkide klorofil içeriğinde azalmaların olduğu belirlenmiştir (Çirka ve ark., 2022). Diğer bir çalışmada toplam klorofil, prolin, yaprak oransal su içeriği, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanı gibi özellikler tuz stresinden olumsuz etkilenmektedir (Öztekin, 2009). AMF uygulamaları bakımından Tablo 1 incelendiğinde en yüksek klorofil değeri 38.2

dx ile M1, en düşük değer ise 37.8 dx ile M0 uygulamasından tespit edilmiştir. Tuz stresi altında bitkilerde AMF uygulamalarının koruyucu ve düzenleyici bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bulgularımız ile benzer bir çalışmada mikoriza türleri, tuz stresinin yaprak oransal su içeriği (RWC), klorofil ve karotenoid içeriğine olan olumsuz etkisini azalttığı belirtilmiştir (Çekiç ve ark., 2012).

3.2. Yaprak alan indeksi

Dualex değerleri incelendiğinde, yaprak alan indeksi üzerine Tuz dozları ve T x AMF interaksyonunun etkisi % 1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunurken AMF uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Tuz dozları arttıkça yaprak alan indeksinin azaldığı belirlenirken en fazla yaprak alan indeksi(YAI) (16.2 cm^2) bitkilerde kontrol uygulamalarından, en düşük ise (7.32 cm^2) T4 dozundan elde edilmiştir. Dört farklı fasulye çeşidinde tuz stresi sonrasında ciddi oranda yaprak alan indeksinin azaldığı belirtilmiştir (Ndakidemi ve Makoi, 2009). Fasulyede yapılan bir çalışmada, artan tuz oranlarına bağlı olarak yaprak alanında azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Çirka ve ark., 2022). Bir diğer çalışmada Farklı tuz konsantrasyonları uygulamaları sonucu, en yüksek yaprak alanı 6.66 cm^2 ile tuz uygulanmayan parsellerden sağlanırken, en düşük yaprak alanı değeri 5.46 cm^2 ile en yüksek tuz uygulamasından elde edilmiştir (Kurt ve ark., 2023). T x AMF interaksyonunda en yüksek YAI değeri 17.7 cm^2 (T0 x M1), en düşük değer ise 7.2 cm^2 (T4 x M0) olarak belirlenmiştir. Soya üzerine yürütülen benzer çalışmalarda bitkinin büyüme ve gelişmesine olumsuz etkisi olan tuz stresi; özellikle tuzun çeşidine, stresin seviyesine, maruz kaldığı süreye, stresle karşılaşan bitkinin çeşidine ve gelişim evrelerine göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Kereçin ve Öztürk, 2024). Bulgularımız ile benzer bir çalışmada Mikorizal birliktelik gerçekleştiren bitkiler, kontrollerine göre farklı düzeylerde tuz stresine maruz kaldıkları için daha iyi performans gösterdikleri belirlenmiştir (Geren ve ark., 2011).

3.3. Falavanol

Tablo 1’de görüldüğü gibi flavanol içeriği üzerinde Tuz ve AMF etkisi %1 seviyesinde önemli, Tuz x AMF uygulamalarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Bitkilerde stres karşısında bir savunma mekanizmasının bir ürünü olarak ortaya çıkan flavanol dozları artan dozlara paralel olarak artmıştır. Aspir bitkisi üzerine yürütülen bir çalışmada flavanol içeriğinin tuz stresi sonrasında % 12 oranında arttığı bildirilmiştir (Golkar ve ark., 2019). Çörek otu üzerine yürütülen bir başka çalışmada strese karşı bitkinin kendini koruma amaçlı olarak flavanol içeriğini artırdığı tespit edilmiştir (Aghajanzadeh-Gheshlaghi ve ark., 2021). Flavonoller tuz ve kuraklık sonrası

oluşan strese karşı bitkilerde soğutma mekanizmasını tetikleyerek çok fazla zarar görmesini engellediği bildirilmiştir (Agati ve ark., 2012). Tuz dozu uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek Flavonol içeriği 0.66 dx ile T4, en düşük ise 0.38 dx olarak T0 uygulamasından elde edilmiştir. AMF uygulamaları sonucunda elde edilen flavanol içeriği M1 (0.53 dx) uygulamasından elde edilen sonuçlar M0 (0.48 dx)’a göre daha yüksek ölçülmüştür. Bu konuda yürütülen bir çalışmada Flavonollerin AMF’ler ile simbiyotik bir ilişki içerisinde oldukları (Pei ve ark., 2020) ve mantar sporlarının çimlenmesinde ve dallanmasında etkili oldukları belirtilmiştir (Steinkellner ve ark., 2007).

Tablo 1. Tuz stresinin soya fasulyesinde AMF uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkisi

Uygulamalar		Klorofil (dx)	YAI (cm ²)	Flavonol (dx)	Antosiyanin (dx)	NBI (mg/g)
Tuz Dozları	AMF Uygulamaları					
Kontrol (T0)	Kontrol (M0)	42.3	14.8 ab	0.36	0.00	44.5 ab
	AMF (M1)	43.0	17.7 a	0.40	0.03	47.9 a
T0 Ort.		42.6 A	16.2 A	0.38 D	0.01 BC	46.2 A
T1 50 (T1)	Kontrol (M0)	39.6	12.3 b	0.39	0.00	43.2 b
	AMF (M1)	41.2	12.2 b	0.43	0.01	46.4 a
T1 Ort.		40.4 B	12.2 B	0.41 C	0.00 C	44.8 A
T 100 (T2)	Kontrol (M0)	38.6	10.5 c	0.48	0.03	40.5 c
	AMF (M1)	39.0	10.3 c	0.52	0.02	41.6 bc
T2 Ort.		38.8 C	10.4 C	0.50 B	0.02 B	41.1 B
T150 (T3)	Kontrol (M0)	35.6	8.9 d	0.54	0.02	35.9 d
	AMF (M1)	35.4	8.6 d	0.59	0.03	36.7 cd
T3 Ort.		35.5 D	8.75 D	0.56 AB	0.02 B	36.3 C
T 200 (T4)	Kontrol (M0)	32.9	7.2 ef	0.63	0.03	32.3 e
	AMF (M1)	33.6	7.4 e	0.70	0.04	35.2 de
T4 Ort.		33.2 E	7.32 E	0.66 A	0.03 A	33.7 D
AMF Uygulamaları	Kontrol (M0)	37.8 B	10.7	0.48 B	0.02 B	39.3 B
	AMF (M1)	38.2 A	11.2	0.53 A	0.03 A	41.6 A
Tuz dozları (T)		**	**	**	*	**
AMF		**	öd	**	*	**
T x AMF		öd	**	öd	öd	**
VK (%)		1.62	6.79	6.20	12.5	3.44
LSD (0.05)		0.75	0.90	0.04	0.03	1.68

*P<0.05 düzeyinde, ** P<0.01 düzeyinde önemli. öd: önemli değil.

3.4. Antosiyanin

Bu çalışmada antosiyanin içeriği üzerinde Tuz ve AMF etkisi % 5 seviyesinde önemli, Tuz x AMF uygulamalarının etkisi ise önemsiz

bulunmuştur (Tablo 1). Tuz dozu uygulamaları sonucunda elde edilen en yüksek antosiyanin içeriği 0.03 dx ile T4, en düşük ise 0.00 dx olarak T1 uygulamasından elde edilmiştir.

Flavonoidlerin bir üyesi olan antosiyaninler bitkilerde çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığın artırılmasına katkıda bulunur (Chalker-Scott 1999). Bulgularımızı destekleyen bir diğer çalışmada tuz stresi domates ve kırmızı lâhanada antosiyanin miktarını artırmıştır (Eryılmaz, 2003). Örneğin çördük (*Hyssopus officinalis* L.) bitkisinde antioksidan enzimler (CAT, SOD ve peroksidaz), prolin, fenol, ve antosiyanin, tuz stresi karşısında bitkide senzetinin arttığı tespit edilmiştir (Jahantigh ve ark., 2016). AMF uygulamaları sonucunda elde edilen antosiyanin içeriği M1 (0.03 dx) uygulamasından elde edilen sonuçlar M0 (0.02 dx)'a göre daha yüksek ölçülmüştür. Benzer çalışmalarda tuz stresine karşı mikorizal aktivitenin bio-düzenleyici olarak kullanıldığı ve flavonol, prolin ve antosiyanin değerleri üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Al-Karaki, 2000; Ruiz-Lozano, 2003; Tain ve ark., 2004; Çekiş ve ark., 2012; Altunlu, 2019).

3.5. Azot balans indeksi

Çalışmada azot balans indeksi (NBI) üzerine Tuz, AMF ve T x AMF interaksiyonunun etkisi % 1 dü zeyinde önemli bulunmuştur. Tuz uygulamaları sonucunda en yüksek NBI değeri 46.2 mg g⁻¹ ile T0 uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer ise 33.7 mg g⁻¹ ile T4 dozundan elde edilmiştir (Tablo 1). T1 dozundan elde edilen sonuçlar (44.8 mg g⁻¹) T0 uygulaması sonucu elde edilen bulgular ile aynı grupta yer almıştır (Tablo 1). Bulgularımız ile benzer bir çalışmada çemen bitkisinde NBI değerinin kuraklık stresinde 54.5-59.85 mg g⁻¹ aralığında değişerek azaldığı bildirilmiştir (Yolci ve ark., 2022). Soyada stress bağlı olarak NBI değerinin değişiklik gösterdiği ve bu değer 70.64 ile 82.90 mg g⁻¹ aralığında olduğunu belirtmişlerdir (Oral ve ark., 2021). AMF uygulamaları bakımından en yüksek değer 41.6 mg g⁻¹ ile M1 uygulamalarından, kontrol grubundan ise 39.3 mg g⁻¹ olarak daha düşük belirlenmiştir. T x AMF interaksiyonunda en yüksek değer 47.9 mg g⁻¹ ile T0 x M1 uygulamalarından tespit edilmiştir. Bu özellik açısından en düşük değer ise 32.3 mg g⁻¹ ile T4 x M0 uygulamasından elde edilmiştir (Tablo

1). Bazı mikoriza türlerinin bitkide azot fiksasyonunda etkili oldukları ve bitki gelişimini teşvik ettikleri bildirilmiştir (Arcak ve Güder, 2004). Bir diğer çalışmada abiyotik stres şartlarında AMF uygulamalarının konukçu bitkiye azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve kükürt dahil olmak üzere mineral besinleri sağlarken, konukçu bitkiden organik bileşikler elde ettiği bildirilmiştir. (Razvi ve ark., 2023).

4. Sonuç

Bu çalışmada soya fasulyesinde (*Glycine max* s L.) tuz stresine karşı AMF uygulamalarının bazı biyokimyasal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Soya fasulyesinde kontrol uygulamasına göre 200 mM tuz dozu ile oluşturulan stres sonucunda klorofil miktarı, yaprak alan indeksi ve NBI içeriğinde azalma sırasıyla, % 22.1, % 54.8 ve % 27.1 oranında azalmıştır. Tuz stresi sonucunda flavonol ve antosiyanin değerlerinde kontrol grubuna göre sırasıyla % 42.4 ve % 33.3 oranında artışlara neden olmuştur.

Bitkide kontrol uygulamasına göre AMF uygulamalarının tuz stresi karşısında klorofil, flavonol, antosiyanin ve NBI değerlerinde (sırasıyla % 1.2, % 9.4, % 33.3 ve % 5.5) biyokimyasal zararı iyileştirici ve düzenleyici etkisi olduğu görülmüştür. Yaprak alan indeksi üzerine ise istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Bu sonuçlara göre; soya fasulyesinde tuz stresıyla ortaya çıkan hasarların AMF uygulamalarıyla azaldığı görülmüştür. Ancak daha gerçekçi sonuçlara ulaşabilmek için bu çalışmanın tarla şartlarında test edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmanın tuz stresine karşı benzer çalışmaların yürütülmesine literatür ve problemin çözümüne katkı sağlayacağı fikrine varılmıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2023-10654 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Arnoğlu, H., 1994. Yağ Bitkileri (Soya ve Yerfıstığı). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:35, 354 s.

Arcak, S., Güder, N., 2004. Biyolojik gübrelemenin sürdürülebilir ekosistemdeki önemi. *Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi*, Tarım Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim, s: 837-844.

Ashraf, M.Y., Bhatti, A.S., 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content in rice. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 43(2): 130-131.

Aghajanzadeh-Gheshlaghi, S., Peyvandi, M., Ahmad, M.A.J.D., Abbaspour, H., 2021. Alterations in leaf anatomy, quality, and quantity of flavonols and photosynthetic pigments in *Nigella sativa* L. subjected to drought and salinity stresses, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(3): 12398-12398.

Al-Karaki Ghazi, N., 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54.

Altunlu, H. 2019. Tuzlu koşullarda mikoriza uygulamasının kopya biberde (*Capsicum annuum* L.) fide gelişimi ve antioksidant enzimler üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2): 139-146.

Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S., 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology*, 69 (2): 97-110.

Jahantigh, O., Najafi, F., Badi, H.N., Khavari-Nejad, R.A., Sanjarian, F., 2016. Changes in antioxidant enzymes activities and proline, total phenol and anthocyanine contents in (*Hyssopus officinalis* L.) plants under salt stress. *Acta Biologica Hungarica*, 67: 195–204.

Chalker-Scott, L., 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology*, 70(1): 1–9.

Çekiç, F.Ö., Ünyayar, S., Ortaş, İ., 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on biochemical parameters in *Capsicum annuum* grown under long term salt stress. *Turkish Journal of Botany*, 36(1): 63-72.

Çirka, M., Tunçtürk, R., Kulaz, H., Tunçtürk, M. 2022. Effects of salt stress on some growth parameters and biochemical changes in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 21(3): 53–63.

Eryılmaz, F., 2003. Yüksek bitkilerde tuz stresi ile antosiyanin içeriği arasındaki ilişkiler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Franco, J.A., Esteban, C., Rodriguez, C., 1993. Effect of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Sciences*, 68: 899-904.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate saltinduced damages, In: *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress* (Eds: Ahmad P, Prasad MNV, Azooz MM), Springer-Verlag, New York. pp 25-87.

Hartwig, E.E., Kihl, R.A.S., 1979. Identification and utilization of delayed flowering character in soybean for short day conditions. *Field Crops Research*, 2: 145-151.

- Kerecin, G., Öztürk, F., 2024. Salisilik asit ve tuz stresi uygulamalarının bazı soya (*Glycine max*. L.) çeşitlerinin fide gelişimi üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 25-35.
- Kurt, C.H., Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., 2023. Tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen soya (*Glycine max* L.) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerine salisilik asit uygulamalarının etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(1):91-101.
- Geren, H., Okkaoğlu, H., Avcıoğlu, R., 2011. Mikorizanın farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarında kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*)'nün verim ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1): 31-37.
- Golkar, P., Taghizadeh, M., Yousefian, Z., 2019. The effects of chitosan and salicylic acid on elicitation of secondary metabolites and antioxidant activity of safflower under in vitro salinity stress, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 137: 575-585.
- Göktaş, Ö., Gıdık, B., 2019. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 145-151.
- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., 2021. The effect of rhizobacteria in the reducing drought stress in soybean (*Glycine max* L.). *Legume Research*, 44: 1172-1178.
- Öğütçü, H., Algur, Ö.F., Güllüce, M., Adıgüzel, A., 2010. Mikrobiyal gübre olarak kullanılan ve yabancı bitkilerden izole edilen *Rhizobium* suşlarının farklı sıcaklık şartlarında azot bağlama potansiyellerinin Araştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 47-52.
- Özçınar, A.B., Arslan, H., Arslan, D., 2022. Soya (*Glycine max*. L. Merill) 'da tuz uygulamasının fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisinin incelenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 762-776.
- Öztekin, G.B. 2009. Aşılı domates bitkilerinde tuz stresine karşı anaçların etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 342s.
- Öztürk, N.Z., 2015. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5): 307-315.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhizal symbiosis 1997 San Diego, CA Academic press.
- Steinkellner, S., Lenzemo, V., Langer, I., Schweiger, P., Khaosaad, T., Toussaint, J.P., Vierheilig, H., 2007. Flavonoids and strigolactones in root exudates as signals in symbiotic and pathogenic plant-fungus interactions. *Molecules*, 12: 1290-1306.
- Rengasamy, P., 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Australian Journal of Soil Research*, 37:613-620.
- Ruiz-Lozano, J.M., Azcón R., Gómez M., 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiologia Plantarum*, 98:767-772.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Pei, Y.C., Siemann, E., Tian, B.L., Ding, J.Q., 2020. Root flavonoids are related to enhanced AMF colonization of an invasive tree. *AoB Plants* 12.
- İlker, E., Tatar, Ö., Gökçöl, A., 2010. Konvansiyonel ve organik tarım koşullarında bazı soya çeşitlerinin performansları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1): 87-96.
- Razvi, M.M., Singh, N., Mushtaq, A., Shahnawaz, D., Shabber, H., 2023. Arbuscular mycorrhizal fungi for salinity stress: Anti-stress role and mechanisms. *Pedosphere*, 33(1): 212-224.

- Nazlıcan, A.N., 2017. Soya fasulyesi yetiştiriciliği. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soya-yetistiriciligi_1.pdf (Erişim tarihi: 12.20.2019).
- Tambussi, E.A., Bartoli, C.G., Beltrano, J., Guiamet, J.J., Araus, J.L., 2000. Oxidative damage to thylakoid proteins in water-stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiologia Plantarum*, 108: 398–404.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2002. *Plant Physiology* (3rd ed.) Sinauer Associates, ISBN: 0878938230, Massachusetts, USA.
- Yolci, M.S., Tuncturk, R., Eryigit, T., Tuncturk, M., 2022. Boron toxicity and PGPR phytoremediation effects on physiological and biochemical parameters of medical sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Elementology*, 27(4): 1021-1036.

Atıf Şekli	Oral, E., Tunçtürk, R., Tuntürk, M., Nohutçu, L., Şelem, E., 2024. Tuz Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesi (<i>Glycine max</i> L.)’nde Mikoriza Uygulamalarının Bazı Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 551-559. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12576435 .
To Cite	Oral, E., Tunçtürk, R., Tuntürk, M., Nohutçu, L., Şelem, E., 2024. Effect of Mycorrhiza Applications on Some Biochemical Properties of Soybean (<i>Glycine max</i> L.) Grown under Salt Stress Conditions. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 551-559. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12576435 .



Determination of the Promising Advanced Bread Wheat Lines in Terms of Quality Traits in the Thrace Region

Ozan ÇALIŞKAN¹, Alpay BALKAN^{2*}

¹ Tekirdag Namik Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tekirdag

² Tekirdag Namik Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdag

*Corresponding author: abalkan@nku.edu.tr

Abstract

This study was carried out in Tekirdağ-Hayrabolu and Edirne locations in order to investigate some advanced bread wheat lines in terms of some quality traits under the conditions of Thrace Region during 2020-2021 wheat growing period. The study also aimed to identify promising advanced bread wheat lines with product quality suitable for the Thrace Region, which are suitable for registration and have gene source potential. In the experiments, 10 advanced bread wheat lines (NZFE 197, NZFE 199, NZFE 200, NZFE 201, NZFE 202, NZFE 204, NZFE 209, NZFE 213, NZFE 215 and NZFE 218) and 5 standard bread wheat varieties (Gelibolu, Selimiye, Rumeli, NKÜ Lider and Esperia) were used as materials. The experiments were conducted in a randomized complete block design with 3 replications. Protein ratio, wet gluten content, gluten index, zeleny sedimentation value and delayed sedimentation value were investigated in the study. It was determined that protein ratio 11.95%-14.98, wet gluten content 26.83-34.83 %, gluten index 85.33-96.00 %, zeleny sedimentation value 33.17-55.50 ml and delayed sedimentation value 42.33-69.83 ml were varied. The best results after our standard varieties were obtained from advanced lines. In conclusion, it can be said that NZFE 204 and NZFE 213 advanced lines for quality traits are promising variety candidates for Thrace Region. These lines were taken into registration experiments for re-testing.

Research Article

Article History

Received :08.04.2024
Accepted :20.05.2024

Keywords

Triticum aestivum L.
protein
gluten
sedimentation

1. Introduction

Wheat (*Triticum* spp.) is a strategic crop plant that is the most cultivated among the cereal species both in the world and in Türkiye. It is the staple food of about 50 countries in the world today due to its wide adaptability, its ability to be grown in many different climatic conditions, the high nutritional value of its grain, and the ease of transportation, storage and processing. It is also a cereal species that plays an important role in the nutrition of more than 35 % of the world's population (Khakwani et al., 2011). Türkiye ranks among the prominent wheat-consuming countries in the world with a wheat consumption of approximately 177 kg per capita (TUIK, 2021). Of Türkiye's 23.9 million hectares of agricultural land, 49% is allocated to cereals. Among cereals, wheat is the most important genus with a ratio of 60 % (FAO, 2022).

Today, the world's population is rapidly increasing, while cultivation areas are rapidly decreasing due to errors in cultural processes such as tillage, irrigation, fertilization, erosion, industrialization and urbanization. Estimates show that the world population will be 9.7 billion in 2050 and 11.2 billion in 2100 (Anonymous, 2015). The only solution to produce the wheat required by the world population is to increase the yield per unit area. Therefore, yield increase has been the primary target in wheat breeding studies to present day and yield increase has been achieved in new varieties (Yağdı, 2002). However, the production of quality grain and quality flour has been a major problem in recent years. Quality wheat imports are needed to supply quality flour (Karaman et al., 2012).

Grain quality in bread wheat is controlled by a large number of genes and the degree to which each trait is affected by the environment is different. On the other hand, the interaction between grain yield and quality traits may occur at different levels (Kılıç et al., 2014). Quality parameters in wheat are significantly dependent on grain protein content and protein content is significantly affected by genotype and environment (Koca et al., 2011). However, there is generally a negative relationship

between grain yield and protein content in wheat, and while grain yield increases, protein content and flour quality are negatively affected. Güngör et al. (2022) also determined that protein ratio, Zeleny sedimentation value and gluten content were negatively related with grain yield in wheat. In wheat breeding studies until today, obtaining high-yielding varieties has been determined as the primary target and quality has remained in the second rank (Karaman et al., 2012). Most of the quality wheat required by flour and bakery product industrialists is met through imports in our country. For this purpose, depending on the years, payments between 689 million dollars-1.2 billion dollars are paid (Gençtan et al., 2020). Therefore, the combination of grain yield and quality should be one of the most important breeding targets in wheat (Karaman et al., 2012). By determining the changes in yield and quality under different environmental conditions, it is possible to evaluate lines that are stable in terms of desired yield and quality characteristics and whose performance is better than the existing standard varieties as variety candidates (Yazar et al., 2013).

In this study, 10 bread wheat advanced lines developed by Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops were tested with 5 commercial bread wheat varieties grown in Thrace Region at two different locations (Tekirdağ-Hayrabolu and Edirne) in terms of some quality traits and it was aimed to determine promising advanced lines with superior traits.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

A total of 15 bread wheat genotypes, including 10 bread wheat advanced lines developed by Tekirdağ Namık Kemal University (TNKU), Faculty of Agriculture, Department of Field Crops and 5 commercial bread wheat varieties grown in Thrace Region, were used as material in the study. The advanced lines and varieties used in the study are given in Table 1.

Table 1. The advanced lines and varieties used in the study

Advanced Lines	Pedigree/Registration year	Origins
NZFE 197	Harmankaya / Flam85//Flemenko / Bez	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 199	Lira/IBWSN4//Litera/3/Sana/Çetinel	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 200	Nina / Esperia//Flemenko / Flam85	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 201	Esperia/Lira//Musik/3/F80/Sbosna/4/Bez/Sbosna/5/Dropia	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 202	GK Hunyad/GK Tisza	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 204	Flemenko / Musik//Flemenko / Flam85	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 209	Sana / Krasunia//Nina / Esperia	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 213	Renan/Lira//Garcia/3/Lira/IBWSN4/4/Music	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 215	GK Ati/Capo//GK Tisza	TNKU Agricultural Faculty
NZFE 218	Flemenko / Flam85//Flemenko / Golia	TNKU Agricultural Faculty
Varieties		
Gelibolu	2005	Türkiye
Selimiye	2009	Türkiye
Rumeli	2012	Türkiye
NKU Lider	2016	Türkiye
Esperia	2011	Italy

2.2. Soil and climate properties of the experimental areas

The experiment was conducted in two different locations in the farmers' fields of Hayrabolu District of Tekirdağ Province and

Sarayakpınar Village of Edirne Province during the 2020-2021 wheat growing period. Some climatic data obtained from Tekirdağ and Edirne Meteorological Stations for the 2020-2021 wheat growing period are given in Table 2.

Table 2. Some climate data of Tekirdağ and Edirne provinces during the 2020-2021 growing period

Months	Provinces	Precipitation (mm)		Mean temperature °C	
		Monthly	Long-term	Monthly	Long-term
October-2020	Tekirdağ	51.8	55.2	18.2	15.2
	Edirne	64.0	56.7	17.2	14.2
November-2020	Tekirdağ	1.2	81.3	11.6	11.4
	Edirne	6.6	68.8	9.2	9.3
December-2020	Tekirdağ	38.7	86.2	10.1	7.2
	Edirne	92.6	75.2	8.4	4.5
January-2021	Tekirdağ	127.8	69.9	7.8	4.4
	Edirne	201.4	62.9	5.9	2.0
February-2021	Tekirdağ	53.5	54.7	7.3	5.3
	Edirne	55.4	50.8	6.7	5.2
March-2021	Tekirdağ	45.3	55.6	7.0	6.8
	Edirne	44.2	46.2	6.5	7.1
April-2021	Tekirdağ	43.6	42.9	10.7	11.5
	Edirne	76.6	49.9	11.2	12.7
May-2021	Tekirdağ	57.6	37.6	17.5	16.6
	Edirne	65.0	49.2	18.5	17.9
June-2021	Tekirdağ	54.7	37.8	20.8	28.9
	Edirne	82.2	48.9	21.5	22.0
Total	Tekirdağ	474.2	521.2	-	-
	Edirne	688.0	508.6	-	-
Mean	Tekirdağ	-	-	12.3	11.9
	Edirne	-	-	11.7	10.5

It is noteworthy that the total precipitation (474.2 mm) received during the wheat growing season at the Tekirdağ location where the experiment was conducted was 47 mm lower than the long-term average (521.2 mm) (Table 2). The amount of precipitation received in April and May, which includes the heading and grain filling periods in wheat, is very effective

on yield and quality. It is understood that the precipitation received in April (43.6 mm) was similar to the long-term mean (42.9 mm) and the precipitation received in May (57.6 mm) was 20.0 mm higher than the long-term mean (37.6 mm). The average temperature during the wheat growing season at Tekirdağ location

was measured as 12.3 °C, 0.4 °C above the long-term average (Table 2).

From Table 2, it is understood that the total precipitation received during the wheat growing season at Edirne location (688.0 mm) was 179.4 mm higher than the long-term mean (508.6 mm). When the amount of precipitation received in April and May, which include the heading and grain filling periods at Edirne location, it is observed that the precipitation received in April (76.6 mm) is 26.7 mm higher than the long-term average (49.9 mm) and the precipitation received in May (65.0 mm) is 15.8 mm higher than the long-term average. The mean temperature during the wheat growing season at Edirne location was measured as 11.7 °C, 1.2 °C above the long-term average (Table 2).

According to the results of the analysis of the soil samples of the experimental areas where the field experiments were carried out in Edirne Commodity Exchange Soil Laboratory, it is understood that the soil of the experimental area in Tekirdağ location is clay-loamy, neutral, limeless, high in phosphorus, sufficient in calcium, magnesium, potassium, manganese and zinc, high in iron and low in organic matter. It was determined that the soil of the experimental area in Edirne location was clay-loamy, slightly acid, limeless, high in phosphorus, sufficient in calcium, magnesium, potassium, manganese and manganese, high in iron, low in zinc and low in organic matter.

2.3. Methods

Field experiments were established in Tekirdağ-Hayrabolu location on November 13, 2020 and in Edirne location on November 14, 2020 with 3 replications according to the randomized block experiment design. The seeds of the bread wheat advanced lines and varieties used in the experiment were sown by a parcel sowing machine in plots consisting of 6 rows of 6 meters and each row was 0.17 m apart. Sowing density was 500 seeds m⁻². In the experiment, 4 kg da⁻¹ of pure nitrogen and 4 kg da⁻¹ of pure phosphorus as 20.20.0 compound fertilizer at the sowing stage, 9.2 kg da⁻¹ of pure nitrogen as urea fertilizer (46 % nitrogen) at the tillering stage and 3.9 kg da⁻¹ of pure

nitrogen as calcium ammonium nitrate fertilizer (26 % nitrogen) at the stem elongation stage were applied. Weeds were controlled chemically in the experimental area. 50 g L⁻¹ Pinoxaden +12.5 g L⁻¹ Cloquintocet-mexyl and 452.42 g L⁻¹ (300 g a.e. L⁻¹) 2,4-D EHE + 6.25 g L⁻¹ Florasulam were used to prevent narrow-leaved and broad-leaved weeds, respectively.

In the study, protein ratio (%), wet gluten content (%), gluten index (%), Zeleny sedimentation value (ml) and delayed sedimentation value (ml) were investigated. These investigated traits were measured by Near Infrared (NIR) spectroscopy (Thermo Fisher Scientific).

2.4. Statistical analysis

After checking the homogeneity of variance in the data obtained from the experiment, variance analysis (ANOVA) was performed by combining the locations according to the randomized complete block design. The statistical significance of the differences between the mean values of the investigated traits was determined according to the least significant difference (LSD) test using JUMP 5.0 package program (Düzgüneş et al., 1987).

3. Results and Discussion

The results of ANOVA showed that the protein ratio (PR), wet gluten content (WGC), gluten index (GI), zeleny sedimentation value (ZSV) were affected by location, genotype and location x genotype interaction, but delayed sedimentation value (DSV) was affected by genotype and location x genotype interaction. Data on the investigated characteristics are given separately below.

3.1. Protein ratio

In terms of protein ratio, location, genotype and location x genotype interactions were found statistically significant at 0.01 level. Table 3 shows that the mean protein content of the genotypes varied between 11.95-14.98 %. The highest mean protein content was measured in Rumeli standard variety, followed by Esperia standard variety (14.40 %) and NZFE 213 advanced line (14.32 %). The

lowest protein ratio was determined in NZFE 200 advanced line, followed by NZFE 201 (12.40 %) and NZFE 218 (12.43 %) advanced lines. The mean protein ratio of standard varieties was determined as 13.91 %. Among the advanced lines, NZFE 213 (14.32 %) had a higher protein ratio than the mean of the standard varieties and NZFE 204 (13.92 %) had a protein ratio similar to the mean of the standard varieties (Table 3). In the study, it was determined that the mean protein ratio of Edirne location (14.47 %) was higher than the mean protein ratio of Hayrabolu location

(12.47 %) (Table 3). In the location x genotype interaction, the mean protein ratio varied between 10.97-16.33 %. The highest mean protein ratio was determined in Rumeli standard variety at Edirne location, followed by Esperia standard variety at the same location with 15.46 %. The lowest average protein ratio was found in NZFE 200 and NZFE 201 advanced lines with the same value at Hayrabolu location, followed by NZFE 218 advanced line at Hayrabolu location with 11.20 % (Table 3).

Table 3. Mean values and significance groups for PR

Genotypes	Locations		
	Edirne	Hayrabolu	Mean
NZFE 197	15.03 bc	12.17 k	13.60 cd
NZFE 199	14.63 bcd	12.60 ijk	13.62 cd
NZFE 200	12.93 g-k	10.97 l	11.95 g
NZFE 201	13.83 def	10.97 l	12.40 fg
NZFE 202	14.53 cd	12.70 ijk	13.62 cd
NZFE 204	15.03 bc	12.80 h-k	13.92 bc
NZFE 209	14.43 cde	12.57 ijk	13.50 cd
NZFE 213	14.96 bc	13.67 efg	14.32 b
NZFE 215	13.83 def	12.40 jk	13.12 d
NZFE 218	13.66 efg	11.20 l	12.43 fg
Gelibolu	13.23 f-j	12.47 jk	12.85 ef
Rumeli	16.33 a	13.63 e-h	14.98 a
NKÜ Lider	14.66 bcd	13.07 f-j	13.87 bc
Esperia	15.46 b	13.33 f-i	14.40 ab
Selimiye	14.43 cde	12.47 jk	13.45 cd
MSV	14.82	12.99	13.91
Mean	14.47 A	12.47 B	
LSD	Location (L): 0.218** Genotyp (G): 0.596** LxG: 0.836**		

PR: Protein ratio, MSV: Mean of standard varieties, *: significant at %5 level, **: significant at %1 level

It is known that protein amount and composition are the most important factors determining grain quality in wheat and protein amount varies depending on genetic structure, cultivation techniques and environmental factors (Mladenow et al., 2001). In our research, it was determined that there were significant differences between the mean protein ratio values obtained from the locations where the experiments were conducted. This may be due to the different climatic characteristics of the locations. Our results are in accordance with the results of Naneli et al. (2015), Karaman and Aktaş (2020), Öztürk (2022), Sirat (2022), Erdem and Sakin (2023) who determined that the protein ratio in wheat varies according to years and locations. The differences between the mean protein content

of bread wheat genotypes were also significant. This may be due to the different genetic characteristics of the bread wheat genotypes used in the study. Our results obtained as genotype mean for protein ratio were similar to the results of Öztürk et al. (2009) (11.7-15.2%), Koca et al. (2011) (110-16.1%) and Güçlü (2015) (10.82-17.37%).

3.2. Wet gluten content

In study, the effect of location, genotype and location x genotype interaction on the wet gluten content was statistically significant at 0.01 level. The mean wet gluten content of the genotypes varied between 26.83-34.83 % (Table 4). The highest mean wet gluten content was determined in NZFE 213 advanced line, followed by Rumeli with 34.17 %, Selimiye

standard variety with 33.83 % and NZFE 202 advanced line. The lowest wet gluten content was determined in NZFE 200 advanced line, followed by NZFE 218 (27.33 %) and NZFE 201 (28.17 %) advanced lines in the same statistical group. The mean wet gluten content of standard varieties was determined as 32.56 %. Among the advanced lines, NZFE 202 and NZFE 213 had higher wet gluten content than the mean of standard varieties (Table 4). In our study, the mean wet gluten content of Edirne location (36.36%) was higher than Hayrabolu

location (26.44%) (Table 4). In the location x genotype interaction, the mean wet gluten content varied between 21.66-40.33 %. The highest mean wet gluten content was found in Rumeli standard variety at Edirne location, followed by Selimiye standard variety at the same location in the same statistical group with 40.00%. The lowest mean wet gluten content was found in NZFE 201 advanced line at Hayrabolu location, followed by NZFE 200 and NZFFE 218 advanced lines at Hayrabolu location with 22.33 % (Table 4).

Table 4. Mean values and significance groups for WGC

Genotypes	Locations		
	Edirne	Hayrabolu	Mean
NZFE 197	37.33 a-d	23.66 lmn	30.50 cd
NZFE 199	35.33 cde	29.33 ghi	32.33 bc
NZFE 200	31.33 gh	22.33 mn	26.83 e
NZFE 201	34.66 def	21.66 n	28.17 e
NZFE 202	38.66 ab	29.00 hij	33.83 ab
NZFE 204	36.33 bcd	26.00 jkl	31.17 c
NZFE 209	36.00 bcd	26.00 jkl	31.00 cd
NZFE 213	38.00 abc	31.66 fgh	34.83 a
NZFE 215	36.33 bcd	28.00 ijk	32.17 bc
NZFE 218	32.33 efg	22.33 mn	27.33 e
Gelibolu	32.33 efg	25.33 klm	28.83 de
Rumeli	40.33 a	28.00 ijk	34.17 ab
NKÜ Lider	38.00 abc	29.33 ghi	33.67 ab
Esperia	38.33 abc	26.33 i-l	32.33 bc
Selimiye	40.00 a	27.66 ijk	33.83 ab
MSV	37.79	27.33	32.56
Mean	36.36 A	26.44 B	
LSD	Location (L): 0.829** Genotype (G): 2.271** LxG: 3.191**		

WGC: Wet gluten content, MSV: Mean of standard varieties, *: significant at %5 level, **: significant at %1 level

The amount of wet gluten, which is an indicator of protein quality in wheat, generally varies according to genotype, cultivation techniques and climatic conditions during the maturing period. In our study, significant differences were observed between the mean wet gluten content obtained from the locations where the experiments were conducted. This may be due to the different ecological characteristics of the locations. Our results are consistent with the results of Bilgin (2001), Işık (2011), Güçlü (2015) and Albayrak et al. (2020), who determined that the amount of wet gluten in wheat varies according to years and locations. The differences between the mean wet gluten content of bread wheat genotypes were found to be statistically significant. This may be due to the different genetic characteristics of the bread wheat genotypes.

Our findings obtained as the genotype mean for wet gluten content were similar to the mean wet gluten content values obtained by Yağdı (2002) (22.3-38.0%), Aktar (2011) (25.0-37.1%), Kurt (2012) (25.05-36.30%) and Öztürk (2022) (25.4-38.6%).

3.3. Gluten index

The differences between the means of location, genotype and location x genotype interactions for gluten index were found statistically significant at 0.01 level. The mean gluten index values of the genotypes varied between 85.33-96.00 %. The highest mean gluten index was determined in Esperia standard variety, followed by NZFE 197 (95.33 %) and NZFE 200 (95.00 %) advanced lines. The lowest gluten index was obtained from NZFE 215 advanced line, followed by

NZFE 202 advanced line (88.00 %). In the study, the mean gluten index of standard varieties was determined as 93.90 %. It was noticed that the advanced lines except NZFE 199, NZFE 202 and NZFE 215 had higher gluten index than the mean of the standard varieties (Table 5). When the locations were compared, it was observed that the mean gluten index value of Edirne location (91.76 %) was lower than that of Hayrabolu location (94.80 %) (Table 5). In location x genotype

interaction, mean gluten index values varied between 76.66-96.00 %. The highest average gluten index value was measured in Rumeli and Esperia standard varieties at Hayrabolu location, Esperia standard variety at Edirne location, followed by NKÜ Lider standard variety at Hayrabolu location with 95.67 %. The lowest mean gluten index was found in NZFE 215 advanced line at Edirne location, followed by NZFE 202 advanced line at Edirne location with 83.00 % (Table 5).

Table 5. Mean values and significance groups for GI

Genotypes	Locations		
	Edirne	Hayrabolu	Mean
NZFE 197	95.33 ab	95.33 ab	95.33 ab
NZFE 199	92.00 cde	94.67 ab	93.33 cd
NZFE 200	95.33 ab	94.67 ab	95.00 abc
NZFE 201	94.33 a-d	95.00 ab	94.67 a-d
NZFE 202	83.00 f	93.00 b-e	88.00 e
NZFE 204	95.00 ab	94.33 a-d	94.67 a-d
NZFE 209	93.66 a-d	95.33 ab	94.50 bcd
NZFE 213	95.00 ab	94.67 abc	94.83 abc
NZFE 215	76.66 g	94.00 a-d	85.33 f
NZFE 218	94.33 a-d	93.67 a-d	94.00 bcd
Gelibolu	91.66 de	94.67 abc	93.17 cd
Rumeli	91.66 de	96.00 a	93.83 bcd
NKÜ Lider	91.66 de	95.67 ab	93.67 bcd
Esperia	96.00 a	96.00 a	96.00 a
Selimiye	91.66 e	95.00 ab	92.83 d
MSV	92.53	95.46	93.90
Mean	91.76 B	94.80 A	
LSD	Location (L): 0.726** Genotype (G): 1.989** LxG: 2.794**		

GI: Gluten index, MSV: Mean of standard varieties, *: significant at %5 level, **: significant at %1 level

Gluten index value in wheat is a quality parameter used to determine gluten quality and it is desired to be between 60-90 % in bread wheat flours (Elgün et al., 2002). In our study, it was determined that the effect of locations on gluten index was significant. Similar to our findings, Işık (2011), Kurt (2012), Bilgin et al. (2015) and Öztürk (2022) emphasized that gluten index in wheat varies according to years and locations. In our study, the differences between the mean gluten index of the bread wheat genotypes were also found to be significant. This may be a result of the different grain quality of bread wheat genotypes. Gluten index values obtained as genotype mean for gluten index were similar to the mean gluten index values obtained by Kahraman et al. (2008).

3.4. Zeleny sedimentation value

As a result of the analysis of variance performed for the Zeleny sedimentation values obtained in our study, it was determined that the differences between the means of location, genotype and location x genotype interactions were statistically significant at 0.01 level. The mean Zeleny sedimentation values of the genotypes varied between 33.17-55.50 ml (Table 6). NKÜ Lider variety had the highest mean Zeleny sedimentation value, followed by Rumeli (55.17 ml) and Esperia (55.00 ml) standard varieties in the same statistical group. The lowest Zeleny sedimentation value was determined in NZFE 218 advanced line, followed by NZFE 199 (36,17 ml) and NZFE 215 (38,33 ml) advanced lines. The mean Zeleny sedimentation value of the standard varieties was determined as 51.33 ml. It was

observed that none of the advanced lines had a higher Zeleny sedimentation value than the mean of the standard varieties. Table 6 shows that the mean Zeleny sedimentation value of Edirne location (46.69 ml) is higher than the mean Zeleny sedimentation value of Hayrabolu location (43.51 ml). When the location x genotype interaction was evaluated, it is observed that the mean Zeleny sedimentation values varied between 33.00-61.33 ml. The highest mean Zeleny

sedimentation value was measured in Esperia standard variety at Edirne location, followed by NKÜ Lider (59.66 ml) and Rumeli (57.66 ml) standard varieties in the same statistical group. The lowest mean Zeleny sedimentation value was determined in NZFE 218 advanced line (33.00 ml), which had the same value at both locations, followed by NZFE 199 advanced line at Edirne location with 35.66 ml (Table 6).

Table 6. Mean values and significance groups for ZSV

Genotypes	Locations		
	Edirne	Hayrabolu	Mean
NZFE 197	48.33 c-g	46.66 f-i	47.50 b
NZFE 199	36.66 mno	35.66 no	36.17 fg
NZFE 200	42.33 i-l	40.00 k-n	41.17 cde
NZFE 201	44.66 g-j	39.66 k-n	42.17 cd
NZFE 202	38.33 lmn	40.33 j-m	39.33 def
NZFE 204	50.33 b-f	47.33 e-h	48.83 b
NZFE 209	43.00 h-k	42.33 i-l	42.67 c
NZFE 213	53.00 b	48.00 d-g	50.50 b
NZFE 215	37.33 mno	39.66 k-n	38.33 ef
NZFE 218	33.00 o	33.33 o	33.17 f
Gelibolu	42.66 i-l	42.33 i-l	42.50 cd
Rumeli	57.66 a	52.66 bc	55.17 a
NKÜ Lider	59.66 a	51.33 b-e	55.50 a
Esperia	61.33 a	48.66 b-g	55.00 a
Selimiye	52.33 bcd	44.66 g-j	48.50 b
MSV	54.72	47.92	51.33
Mean	46.69 A	43.51 B	
LSD	Location (L): 1.190** Genotype (G): 3.258** LxG: 4.578**		

ZSV: Zeleny sedimentation value, MSV: Mean of standard varieties, *: significant at %5 level, **: significant at %1 level

Zeleny sedimentation test in wheat is a method used to estimate protein quality and bread volume. It is known that the effect of genetics on sedimentation value is higher than the environment, and that flours with high gluten value and good quality have high sedimentation values (Özsoy et al., 2023). Also, Naneli et al. (2015), Karaduman et al. (2015), Karaman and Aktaş (2020) reported that Zeleny sedimentation value in wheat is affected by environmental changes. Similarly, in our study, the differences between locations in terms of Zeleny sedimentation value were found significant. The mean Zeleny sedimentation values obtained as the mean of the genotypes in our study were similar to the mean Zeleny sedimentation values obtained by Öztürk (2022).

3.5. Delayed sedimentation value

In the study, as a result of the analysis of variance, it was determined that the differences between genotype and location x genotype interactions for delayed sedimentation value were statistically significant at 0.01 level, while the differences between locations were not statistically significant. In the study, the mean delayed sedimentation values of the genotypes varied between 42.33-69.83 ml (Table 7). The highest mean delayed sedimentation value was measured in Rumeli standard variety, followed by Esperia standard variety in the same statistical group with 69.00 ml. The lowest delayed sedimentation value was determined in NZFE 218 advanced line, followed by NZFE 199 advanced line (43,67 ml) in the same statistical group. The mean delayed sedimentation value of the standard varieties was determined as 63.26 ml. Among

the advanced lines, only NZFE 204 (62.83 ml) had a delayed sedimentation value similar to the average of the standard varieties. In our study, the mean delayed sedimentation values of both locations were similar to each other and there was no statistically significant difference between them (Table 7). In the location x genotype interaction, mean delayed sedimentation values varied between 41.33-70.00 ml. The highest mean delayed

sedimentation value was measured in Rumeli standard variety at Hayrabolu location, followed by Rumeli (69,66 ml) and Esperia (69,66 ml) standard varieties at Edirne location and Esperia (68,33 ml) standard variety at Hayrabolu location. The lowest average delayed sedimentation value was found in NZFE 199 advanced line at Hayrabolu location, followed by NZFE 215 advanced line at Edirne location with 41.66 ml (Table 7).

Table 7. Mean values and significance groups for DSV

Genotypes	Locations		
	Edirne	Hayrabolu	Mean
NZFE 197	63.33 cde	57.67 ghı	60.50 bc
NZFE 199	46.00 opq	41.33 s	43.67 fg
NZFE 200	45.33 pqr	55.67 hij	50.50 d
NZFE 201	54.66 ijk	47.33 nop	51.00 d
NZFE 202	50.33 lmn	53.00 jkl	51.67 d
NZFE 204	64.00 bcd	61.67 def	62.83 b
NZFE 209	45.33 pqr	49.00 m-p	47.17 e
NZFE 213	59.33 fgh	60.00 efg	59.67 c
NZFE 215	41.66 rs	49.67 l-o	45.67 ef
NZFE 218	43.00 qrs	41.67 rs	42.33 g
Gelibolu	51.66 klm	50.67 lmn	51.17 d
Rumeli	69.66 a	70.00 a	69.83 a
NKÜ Lider	59.66 efg	66.67 abc	63.17 b
Esperia	69.66 a	68.33 a	69.00 a
Selimiye	67.67 ab	58.67 fgh	63.17 b
MSV	63.66	62.86	63.26
Mean	55.42	55.42	
LSD	Location (L): - Genotype (G): 2,689** LxG: 3,778**		

DSV: Delayed sedimentation value, MSV: Mean of standard varieties, *: significant at %5 level, **: significant at %1 level

Delayed sedimentation value in wheat is used to determine the damage caused by the sunn pest and the wheat stink bug. If the delayed sedimentation values obtained are lower than the Zeleny sedimentation values, it indicates their damage. In our research, it was observed that the mean delayed sedimentation values obtained from the locations were similar and both locations had a higher delayed sedimentation value than the Zeleny sedimentation values. This result shows that there was no damage from the sunn pest during the wheat growing period in the locations where the research was carried out. The differences between the mean delayed sedimentation values of bread wheat genotypes were found to be significant. This may be due to the fact that the bread wheat genotypes had different genetic characteristics in terms of grain quality. The mean delayed sedimentation values of the genotypes were higher than the

delayed sedimentation values obtained by Bilgin (2001), Işık (2011) and Kurt (2012). This may be due to the fact that the bread wheat genotypes used in the studies had different genetic characteristics and that the damage caused by the sunn pest was different in the years and locations where the studies were carried out.

4. Conclusions

This study was carried out in Tekirdağ-Hayrabolu and Edirne locations in order to investigate some advanced bread wheat lines in terms of some quality traits under the conditions of Thrace Region. As a result of the study, it can be said that NZFE 204 and NZFE 213 are promising advanced lines that can be variety candidates for Thrace Region which has the potential of gene source in terms of quality traits. These lines were taken into registration experiments for re-testing; at the

same time, they were transferred to the crossing garden to be used as parents in crossing studies.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

Acknowledgement

This study was produced from the master thesis of the first author.

References

- Aktar, M., 2011. Investigation of yield and quality traits in some wheat bread cultivars and determination of the ones that are best suited to Çanakkale region. Master Thesis, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Çanakkale.
- Albayrak, Ö., Kızılgöçü, F., Yıldırım, M., Akıncı, C., 2020. Investigation of grain yield and quality traits of spring bread wheat genotypes grown in different environment. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 35(2): 167-174.
- Anonymous, 2015. United Nations Department of Economic and Social Affairs. (<http://www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html>), (Accession date: 12.11.2023).
- Bilgin, O., 2001. Determination of genetic distances, the properties of yield and quality in some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties and lines. PhD Thesis, Trakya University, Faculty of Agriculture, Edirne.
- Bilgin, O., Guzman, C., Başer, İ., Crossa, J., Korkut, K.Z., 2015. Evaluation of grain yield and quality traits of bread wheat genotypes cultivated in northwest Türkiye. *Crop Science*, 56: 73-84.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Research and Experiment Methods (Statistical Methods II). Ankara University Faculty of Agriculture Publications, No:1021, Ankara.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G., 2002. Analytical Quality Control in Cereals and Products and Laboratory Practice Guide. Atatürk University Publication No: 867, Agricultural Faculty Publication No: 335, Textbook Series No: 82, P.245. Erzurum.
- Erdem, B., Sakin, M.A., 2023. Determination of yield and quality characteristics of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties at Bilecik-Merkez conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 303-315.
- FAO, 2022. Statistical Databases. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (Accession date: 31.03.2024).
- Gençtan, T., Akar, T., Öktem, A., Soylu, S., Hurma, H., Balkan, A., Sürek, H., 2020. Current status and future of our cereal production. *IXth Technical Congress of Turkish Agricultural Engineering, Proceedings Book-I*, 13-17 January, Ankara, s. 371-394.
- Güçlü, A., 2015. Determination of yield and quality properties of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in Hatay ecological conditions. Master Thesis, Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Hatay.
- Güngör, H., Çakır, M. F., Dumlupınar, Z., 2022. Evaluation of advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for yield, yield components and quality traits. *European Journal of Science and Technology*, 35: 123-127.
- Işık, A., 2011. The determination of bread wheat genotypes having high yield and quality for Trakya region. Master Thesis, Tekirdağ Kemal University, Faculty of Agriculture, Tekirdağ.

- Kahraman, T., Avcı, R., Öztürk, İ., 2008. The determination of grain yield and some quality components of some advanced bread wheat lines developed by breeding studies. *National Cereal Symposium, Proceeding Book*, 2-5 June, Konya, s. 732-737.
- Karaduman, Y., Akın, A., Türkölmez, S., Tunca, Z. Ş., Belen, S., Çakmak, M., Yüksel, S., 2015. Evaluation of some technological quality parameters of advanced bread wheat lines. *Journal of Central Research Institute for Field Crops*, 2(1): 24-29.
- Karaman, M., Kendal, E., Aktaş, H., Tekdal, S., Altıkat, A., 2012. Evaluation of domestic and foreign bread wheat varieties in terms of some quality parameters and grain yield. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 29-32.
- Karaman, M., Aktaş, H., 2020. Comparison of advanced level bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines and registered varieties in terms of agricultural features. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences International Indexed & Refereed*, 7(9): 104-113.
- Khakwani, A.A., Dennett, M.D., Munir, M., 2011. Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions. *Songklanakarın J. Sci. Technol.*, 33(2): 135-142.
- Kılıç, H., Kendal, E., Aktaş, H., Tekdal, S., 2014. Assessment of advanced bread wheat lines for yield and some quality traits at different environment. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 4(4): 87-95.
- Koca, Y. O., Dere, Ş., Ereku, O., 2011. Determination of grain yield and some quality properties of advanced bread wheat lines. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, 8(2): 15-22.
- Kurt, P.Ö., 2012. Investigation of yield and quality traits performance of some advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in Bursa conditions. Master Thesis, Uludağ University, Faculty of Agriculture, Bursa.
- Miadenow, N., Przulj, N., Hristov, N., Djuric, V., Milovanovic, M., 2001. Cultivar-by-environment interactions for wheat quality traits in semiarid conditions. *Cereal Chemistry*, 78: 363-367.
- Naneli, İ., Sakin, M.A., Kırıl, A.S., 2015. Determination of yield and quality of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties at Tokat-Kazova conditions. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 32(1): 91-103.
- Özsoy, B., Erbaş Köse, Ö.D., Mut, Z., Kardeş, Y.M., 2023. The effect of different row spacing on wheat cultivars in rainfall and irrigation conditions in Konya: II. Quality traits. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 517-532.
- Öztürk, İ., 2022. Genotypes by environment interaction of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes on yield and quality parameters under rainfed conditions. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 6(1): 27-40.
- Öztürk, İ., Avcı, R., Kahraman, T., Beşer, N., 2009. Determination of yield, yield component and some quality characters in some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties grown at Thrace Region. *Journal of Crop Research*, 2: 19-26.
- Sirat, A., 2022. Investigation of yield and quality parameters of some local and newly registered bread (hexaploid) wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfed agricultural conditions. *Gesunde Pflanzen*, 74(4): 1071-1085.
- TUIK, 2021. Turkish Statistical Institute, Crop Production Statistics. (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatis-tikleri-2021-37249>), (Accession date: 30.10.2023).

Yağdı, K., 2002. A Research on Determination of stability parameters of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and lines grown in bursa province. *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*, 16: 51-57.

Yazar, S., Salantur, A., Özdemir, B., Alyamaç, M. E., Evlice, K. A., Pehlivan, A., Akan, K., Aydoğan, S., 2013. Assessment of some agronomical characteristics in bread wheat breeding programs of Central Anatolia Region. *Journal of Central Research Institute for Field Crops*, 22(1): 32-40.

To Cite

Çalışkan, O., Balkan, A., 2024. Determination of the Promising Advanced Bread Wheat Lines in Terms of Quality Traits in the Thrace Region. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 560-571.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12578314>.



Evaluation of Heterosis and Heterobeltiosis for Spike-Related Traits in F₁ and F₂ Populations of Hexaploid Bread Wheat

Hüseyin GÜNGÖR ¹

¹ Duzce University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Duzce

*Corresponding author: hgungor78@hotmail.com

Abstract

The study aimed to evaluate the heterosis and heterobeltiosis of F₁ and F₂ bread wheat populations, comprising twenty crosses for spike characters during the 2019-20 and 2020-21 cropping seasons in a randomized complete block design with three replications. In the research spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, and grain yield were investigated. Results revealed that genotypes (parents, F₁ and F₂ populations) were differed significantly ($P \leq 0.01$) for all studied traits. Genotypes in both F₁ and F₂ populations demonstrated higher averages compared to the parents across the investigated traits. In the F₁ population, the maximum heterosis and heterobeltiosis were recorded at Köprü/Glosa and Ginra/Lucilla (30.88 and 29.92 %) for spike length, Krasunia odeska/Rumeli (25.96 and 19.60 %) for number of spikelets per spike, Köprü/Glosa and Krasunia odeska/Glosa (66.76 and 62.83 %) for grain number per spike, Krasunia odeska/Glosa and Krasunia odeska/Rumeli (85.97 and 52.57 %) for grain weight per spike and Rumeli/Lucilla and Krasunia odeska/Glosa (108.54 and 100.96 %) for grain yield respectively. The highest heterosis and heterobeltiosis values were recorded in the F₂ population; Ginra/Lucilla (15.15 and 14.20 %) for spike length, Krasunia odeska/Aslı (30.99 and 26.55 %) for spikelet numbers per spike, Glosa/Aslı (47.76 and 45.29 %) for grain number per spike, Glosa/Aslı and Krasunia odeska/Rumeli (35.16 % and 28.28 %) for grain weight per spike and Krasunia odeska/Rumeli and Rumeli/Lucilla (87.43 and 80.58 %) for grain yield respectively. These crosses could be further utilized in breeding programs to obtain superior individuals in advanced generations, enriching spike-related traits.

Research Article

Article History

Received :10.04.2024
Accepted :20.05.2024

Keywords

Heterosis
heterobeltiosis
bread wheat
spike features
grain yield

1. Introduction

Global wheat demand is expected to increase by an estimated 70 % over the next few decades (2020–2050) as human population pressure and rising income levels dramatically increase household consumption (Rosegrant, 2011). Common wheat (*Triticum aestivum*) is a staple food for more than 35 % of the world's population, providing 21 % of calories and 20 % of dietary proteins (Li et al., 2022; Ozkan, 2022).

Wheat stands as a pivotal source of plant-based food worldwide. Its importance is increasing by growing human population. Yet, shifting climates and environmental challenges such as salinity, drought, pests and diseases grave threaten wheat production. These challenges emphasize the critical need for improving wheat breeding programs to enhance yield per unit area (Bilgin et al., 2011; Erdem and Sakin, 2023).

Heterosis breeding has been proven to be the potential method of increasing yield in most of the cross-pollinated crops, but the commercial exploitation of heterosis in self-pollinated crops like wheat is not applicable due to technical difficulties involved in sufficient hybrid seed production. For enhancing the genetic yield potential of the

varieties and hybrids, the choice of suitable parents for improving better varieties/hybrids is a matter of great concern to the plant breeders. The nature and magnitude of heterosis help in identifying superior cross combinations that may produce desirable individuals in the advanced generations. The crosses exhibiting high heterosis could be exploited for obtaining transgressive segregants for improvement of yield and yield components (Bilgin et al., 2022; Dudhat et al., 2022).

The main objective of this study was to examine the heterosis and heterobeltiosis for spike-related traits, including spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, and grain yield of F₁ and F₂ generations of bread wheat populations.

2. Materials and Methods

In this study, thirteen bread wheat cultivars with different agro-morphological and quality traits (Aslı, Midas, Köprü, Lucilla, Pehlivan, Masaccio, Flamura-85, Ginra, Krasunia odeska, Rumeli, Selimiye, Esperia, and Glosa) were used as parents in crossings. As a result of the crossing between the selected cultivars, twenty different F₁ hybrid combinations were obtained (Table 1).

Table 1. The cross hybrids employed in the experiment

No	Crosses	No	Crosses
1	Aslı/Midas	11	Ginra/Midas
2	Aslı/Köprü	12	Lucilla/Pehlivan
3	Aslı/Lucilla	13	Ginra/Lucilla
4	Glosa/Aslı	14	Glosa/Midas
5	Rumeli/Aslı	15	Pehlivan/Köprü
6	Krasunia odeska/Aslı	16	Flamura-85/Esperia
7	Krasunia odeska/Rumeli	17	Flamura-85/Lucilla
8	Krasunia odeska/Glosa	18	Rumeli/Lucilla
9	Krasunia odeska/Lucilla	19	Selimiye/Glosa
10	Köprü/Glosa	20	Masaccio/Lucilla

The research was carried out in a randomized complete block design with three replications under Duzce ecological conditions. Sowings of parents and F₁ population were made in 1meter length rows with a row spacing of 30 cm and a plant spacing of 10 cm within rows, whereas sowing

of parents and F₂ population were carried out in 1meter length rows with a row spacing of 30 cm and with 500 seeds per m². The planting of trials for each year occurred in the first week of November. Herbicide was used for weed control in the plots, while no application was made for diseases and pests. At the sowing, 50

kg ha⁻¹ of nitrogen and 50 kg ha⁻¹ of phosphorus were applied. The top-dressing fertilizer was divided into two parts, 90 kg ha⁻¹ of nitrogen during tillering stage and 60 kg ha⁻¹ of nitrogen applied during jointing stage. The harvest was conducted in the first week of July for each growing seasons. In the research, characteristics such as spike length, spikelet numbers per spike, grain numbers per spike, grain weight per spike and grain yield were examined. Grain yield was determined as yield per plant in the F₁ population and as yield obtained per 1 meter row in the F₂ population. The other traits were calculated based on randomly selected 10 main plants. In the study,

$$Ht (\%) = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100 \quad (\text{Chang and Smith, 1967})$$

$$Hb (\%) = \frac{F_1 - BP}{BP} \times 100 \quad (\text{Fonseca and Patterson, 1968})$$

where: Ht: Heterosis, Hb: Heterobeltiosis, MP: Mean mid-parent value, BP: Mean better parent value, F₁: Mean performance of the cross.

3. Results and Discussion

Through crosses of 13 bread wheat genotypes that featuring different traits, 20 cross combinations were obtained. In the study parents, F₁, and F₂ populations were found to be statistically significant at the 1 % level for all examined traits. Spike length, spikelet numbers per spike, and grain numbers per spike averages are presented in Table 2, while heterosis and heterobeltiosis values are provided in Table 3. Grain weight per spike and grain yield averages are shown in Table 4, and heterosis and heterobeltiosis values are presented in Table 5.

3.1. Spike length

Spike length significantly influences yield, as longer spikes lead to increased grain yield per unit area by accommodating more spikelets per spike (Shahwani et al., 2014; Mahpara et al., 2015; Ullah et al., 2021). In terms of spike length, while the cultivar Flamura-85 (12.06

statistical analyses of the data obtained from the F₁ and F₂ populations were conducted using the JMP program (JMP, 15.1 Sas Institute Inc., 2020), and Duncan's test was applied for comparing the means. Heterosis and heterobeltiosis are the percentage increases of F₁ and F₂ hybrid combinations over the parental average and the superior parent. The ratios of heterosis and heterobeltiosis for the hybrids were determined as percentages relative to the mean of the two parents and the superior parent. Heterosis (Ht) and heterobeltiosis (Hb) were determined using the formula provided below:

cm) showed the longest spike length among the parental genotypes in the F₁ population, the cultivar Masaccio (7.80 cm) had the shortest spike length. In the F₂ population, the cultivar Krasunia odeska (11.87 cm) displayed the highest spike length, with the cultivar Midas (9.43 cm) exhibiting the shortest spike length. The cross Ginra/Lucilla recorded the highest spike length (14.0 cm), whereas the cross Aslı/Midas (9.96 cm) exhibited the shortest in the F₁ population. Meanwhile, the cross Krasunia odeska/Aslı displayed the highest spike length (12.67 cm), while the cross Ginra/Midas (9.20 cm) had the shortest in the F₂ population. Crosses' average spike length in both F₁ and F₂ populations exceeded that of parental genotypes (Table 2). Kalhora et al. (2015) reported spike lengths ranging from 11.87 to 15.87 cm among parents and from 11.60 to 16.93 cm among hybrids, while Shah et al. (2022) indicated spike lengths ranging from 10.60 to 12.40 cm within parents and from 10.90 to 13.75 cm within cross combinations.

For spike length, heterosis values in the F₁ population ranged from -3.24 to 30.88 %,

while heterobeltiosis values ranged from -9.23 to 29.92 %. The highest heterosis in the F₁ population was observed in the cross Köprü/Glosa, while the lowest heterosis value was found in the combination Aslı/Midas. The highest heterobeltiosis was achieved in the combination Ginra/Lucilla, while the lowest heterobeltiosis value was obtained in the cross Flamura-85/Esperia. In the F₂ population, heterosis values ranged from -7.6 to 15.15 %, and heterobeltiosis values ranged from -13.33 to 14.20 %. The lowest heterosis and heterobeltiosis values were observed in the cross Flamura-85/Lucilla combination, while the highest heterosis and heterobeltiosis values were found in the cross Ginra/Lucilla (Table 3). In previous studies, heterosis and heterobeltiosis values for spike length were reported as follows: 3.93 % and 7.16 % (Kalharo et al., 2015), 28.76 % and 22.73 % (Gungor et al., 2018), 16.8 % and 9.93 % (Choudhary et al., 2022), 5.45 % and 1.09 % (Shah et al., 2022), and -0.24 % and -7.41 % (Bayhan et al., 2023).

3.2. Spikelet numbers spike⁻¹

The number of spikelets per spike plays a crucial role in enhancing the grain yield of wheat crops. Mahpara et al. (2015) and Ullah et al. (2021) confirmed that an increased number of spikelets per spike leads to higher grain yields. In the F₁ population, the cultivar Aslı (23.30) displayed the highest number of spikelets per spike, while the cultivar Masaccio had the lowest (17.30). The cultivar Esperia (21.00) exhibited the highest spikelets number per spike, while the cultivar Ginra had the lowest (16.70) in the F₂ population. The cross Köprü/Glosa (25.70) exhibited the highest number of spikelets per spike, while the lowest number of spikelets per spike was observed in the combinations Pehlivan/Köprü and Flamura-85/Esperia (21.30) among crosses in the F₁ population. In the F₂ populations, the lowest number of spikelets per spike was recorded on the cross Ginra/Midas (17.0), and the highest was observed in the cross Krasunia odeska/Aslı (24.00) (Table 2). Kalharo et al. (2015) reported number of spikelets per spike ranging from 17.67 to 20.60, Shah et al. (2022)

found number of spikelets per spike between 14.0 and 20.90, and Bayhan et al. (2023) observed number of spikelets per spike ranging from 12.33 to 17.94. Regarding number of spikelets per spike, heterosis values in the F₁ population ranged from -2.29 to 25.96 %, while heterobeltiosis values varied between -5.86 and 19.60 %. The cross Krasunia odeska/Rumeli exhibited the highest heterosis and heterobeltiosis values in the F₁ population, whereas the combination Pehlivan/Köprü displayed the lowest values. In the F₂ population, heterosis values ranged from -8.78 to 30.99 %, and heterobeltiosis values ranged from -14.76 to 26.55 %. The cross Krasunia odeska/Aslı showed the highest heterosis and heterobeltiosis values in the F₂ population, while the cross Pehlivan/Köprü exhibited the lowest values (Table 3). For number of spikelets per spike, heterosis and heterobeltiosis values were reported as follows: Kalharo et al. (2015) -0.40 % and 1.62 %, Gungor et al. (2018) -10.75 % and 5.51 %, Shah et al. (2022) -17.45 % and 12.49 %, and Bayhan et al. (2023) -1.13 % and -11.47 %.

3.3. Grain numbers spike⁻¹

Increased number of grains per spike are an important trait directly associated with the grain yield of wheat. The number of grains per spike significantly impacts the grain yield of wheat (Wolde et al., 2019; Kumar et al., 2020; Ullah et al., 2021). The lowest number of grains per spike in the F₁ population was observed in the cultivar Masaccio (45.70) among parents, while the highest number of grains per spike was found in the cultivar Ginra (83.70). In the F₂ population, the cultivar Krasunia odeska (61.30) recorded the highest grain numbers per spike, whereas the lowest was observed in the cultivar Aslı (47.00). In the F₁ population, the maximum number of grains per spike was observed in the combination Köprü/Glosa (115.00), while the lowest was in the cross Flamura-85/Esperia (53.70). The lowest grain numbers per spike was found in the combinations Masaccio/Lucilla (42.00) and Pehlivan/Köprü (43.00), whereas the highest was observed in the combinations Glosa/Aslı (72.70) and Rumeli/Aslı (72.70) in

the F₂ population. It was determined that the average number of grains per spike of crosses in both F₁ and F₂ populations was higher than that of the parental genotypes (Table 2). Kalhoro et al. (2015) reported number of grains per spike ranging from 63.80 to 69.67

among parents and from 62.40 to 76.27 among combinations, while Shah et al. (2022) reported number of grains per spike ranging from 35.35 to 49.65 within parents and from 64.40 to 84.20 within crosses.

Table 2. Mean performance of parental genotypes and F₁, F₂ populations for spike length, number of spikelets per spike, and number of grains per spike

Parental genotypes/ Crosses	Spike Length (cm)		Spikelets/Spike (no)		Grains/Spike (no)	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
Aslı/Midas	9.96 ijk	9.87 i-m	23.70 b-e	20.70 c-g	67.30 klm	45.70 lm
Aslı/Köprü	11.13 d-h	11.43 bcd	25.30 ab	22.00 bc	90.30 cd	49.30 h-m
Aslı/Lucilla	11.43 d-h	10.73 c-i	22.70 d-h	20.30 d-h	75.00 f-k	67.30 ab
Glosa/Aslı	11.3 d-h	10.10 g-m	23.00 d-g	21.30 cde	84.30 de	72.70 a
Rumeli/Aslı	10.53 hij	11.13 b-f	23.70 b-e	21.70 cd	83.30 def	72.70 a
Krasunia odeska/Aslı	11.4 d-h	12.67 a	25.00 abc	24.00 a	72.70 i-l	66.00 abc
Krasunia odeska/Rumeli	11.53 d-g	10.97 b-h	24.30 a-d	23.30 ab	81.30 e-h	68.00 ab
Krasunia odeska/Glosa	12.70 bc	11.57 bc	23.00 d-g	19.30 g-k	90.70 cd	54.00 e-k
Krasunia odeska/Lucilla	11.67 def	11.07 b-g	22.3 e-h	20.30 d-h	82.70 d-g	62.30 bcd
Köprü/Glosa	13.30 ab	11.23 b-e	25.70 a	20.30 d-h	115.00 a	55.70 d-h
Ginra/Midas	11.53 d-g	9.20 m	22.30 e-h	17.00 no	76.00 e-j	46.30 klm
Lucilla/Pehlivan	11.96 cd	11.03 b-g	23.00 d-g	18.70 i-m	74.30 g-k	53.70 e-k
Ginra/Lucilla	14.00 a	11.57 bc	25.00 abc	20.30 d-h	100.70 b	55.70 d-h
Glosa/Midas	11.40 d-h	9.60 j-m	22.30 e-h	20.00 e-i	98.70 bc	68.00 ab
Pehlivan/Köprü	11.70 de	11.20 b-e	21.30 g-j	17.30 mno	68.00 j-m	43.00 m
Flamura-85/Esperia	10.93 e-h	11.20 b-e	21.30 g-j	20.70 c-g	53.70 pq	58.30 c-g
Flamura-85/Lucilla	11.70 de	9.90 i-m	23.00 d-g	19.30 g-k	83.70 de	51.70 f-l
Rumeli/Lucilla	13.10 ab	10.47 d-j	23.30 c-f	18.30 j-n	100.30 b	51.00 g-l
Selimiye/Glosa	11.26 d-h	11.10 b-f	21.70 f-i	18.70 i-m	79.70 e-i	56.30 d-h
Masaccio/Lucilla	10.50 hij	10.47 d-j	21.70 f-i	17.70 l-o	63.30 mno	42.00 m
Aslı	9.87 ijk	10.60 c-i	23.30 c-f	19.00 h-l	67.00 klm	49.30 h-m
Midas	10.73 f-j	9.43 lm	21.30 g-j	17.30 mno	64.30 lmn	47.00 j-m
Köprü	9.80 jk	10.03 h-m	22.70 d-h	20.30 d-h	82.30 d-g	59.30 c-f
Lucilla	10.70 g-j	10.0 h-m	19.70 jkl	19.00 h-l	73.70 h-k	55.30 d-h
Pehlivan	11.23 d-h	10.43 e-k	21.00 hij	17.70 l-o	53.70 pq	49.30 h-m
Masaccio	7.80 l	9.47 klm	17.30 m	17.70 l-o	45.70 q	55.00 d-i
Flamura-85	12.06 cd	11.43 bcd	21.70 f-i	19.00 h-l	62.30 mno	54.70 d-j
Ginra	10.77 e-i	10.10 g-m	22.70 d-h	16.70 o	83.70 de	47.30 i-m
Krasunia odeska	10.70 g-j	11.87 ab	20.30 ijk	17.70 l-o	53.30 pq	61.30 b-e
Rumeli	9.87 ijk	10.00 h-m	18.30 lm	19.70 f-j	53.00 pq	56.30 d-h
Selimiye	10.70 g-j	10.57 d-j	19.70 jkl	17.70 l-o	57.30 nop	45.30 lm
Esperia	9.30 k	10.20 f-l	17.70 m	21.00 c-f	49.00 pq	55.00 d-i
Glosa	10.53 hij	9.97 i-m	18.70 klm	18.00 k-o	55.70 op	49.00 h-m
F₁ and F₂ mean values	11.65	10.83	23.18	20.06	82.05	56.99
Parental mean values	10.31	10.32	20.34	18.52	61.62	52.62
General mean values	11.12	10.62	22.06	19.45	74.00	55.27
F	**	**	**	**	**	**
CV (%)	5.16	5.63	4.87	5.20	17.34	8.64
LSD (0.05)	0.94	0.98	1.75	1.65	8.54	7.79

*, ** Significant at P=0.05 and 0.01, respectively.

Heterosis values for number grains per spike, in the F₁ population ranged from -4.56 to 66.76 %, while heterobeltiosis values varied between -17.46 and 62.83 %. The highest heterosis value in the F₁ population was observed in the cross Köprü/Glosa, while the lowest heterosis value was found in the combination Flamura-85/Esperia. The highest heterobeltiosis value was detected in the cross

Krasunia odeska/Glosa, while the lowest heterobeltiosis value was observed in the combination Pehlivan/Köprü in the F₁ population. In the F₂ population, heterosis values ranged from -23.86 to 47.76 %, and heterobeltiosis values ranged from -27.20 to 45.29 %. The highest heterosis and heterobeltiosis values were found in the cross Glosa/Aslı, while the lowest heterosis value

was observed in the cross Masaccio/Lucilla, and the lowest heterobeltiosis value was detected in the cross Pehlivan/Köprü (Table 3). In previous studies, heterosis and heterobeltiosis values were reported as follows: Gungor et al. (2018) -25.46 % and 16.52 %, Bilgin et al. (2022) -9.60 % and 5.65 %, Choudhary et al. (2022) -23.26 % and 18.17 %, and Bayhan et al. (2023) -31.62 % and -36.71 %.

3.4. Grain weight spike⁻¹

Grain weight per spike is a crucial yield component, representing the culmination of various developmental stages. It directly influences harvest index and reflects the efficient nutrient utilization and translocation within the plant (Borojevich, 1983; Protich et al., 2012). The maximum grain weight per spike among parents in the F₁ population was recorded in the cultivar Köprü (4.12 g), while the lowest grain weight was observed in the Krasunia odeska (1.65 g). In the F₂ population, the highest grain weight per spike among parents was measured in the cultivar Köprü (3.45 g), and the lowest was recorded in the cultivar Midas (1.75 g). In the F₁ population, the highest grain weight per spike was observed in the cross Köprü/Glosa (4.97 g), while the lowest was in the cross Flamura-85/Esperia (2.29 g) among combinations. In the F₂ population, the lowest grain weight per spike was found in the cross Aslı/Midas (1.91 g), while the highest was in the cross Krasunia odeska/Rumeli (3.30 g). It was determined that the average grain weight per spike of crosses in both the F₁ and F₂ populations was higher than that of the parental genotypes (Table 3).

Bilgin et al. (2011) reported grain weight per spike ranging from 1.74 to 1.99 g among parents and from 1.55 to 2.34 g among crosses, Haridy (2017) observed grain weight per spike ranging from 1.08 to 2.40 g among parents and from 1.75 to 3.68 g among combinations and Motawea (2017) found grain weight per spike ranging from 1.51 to 2.04 g among parents and from 1.49 to 2.01 g among combinations. Heterosis values for grain weight per spike, in the F₁ population ranged from -16.20 % to 85.97 %, while heterobeltiosis values varied between -31.02 % and 52.57 %. The highest heterosis value in the F₁ population was observed in the combination Krasunia odeska/Glosa, while the lowest heterosis value was found in the cross Flamura-85/Esperia. The highest heterobeltiosis values were detected in the combination Krasunia odeska/Rumeli, while the lowest heterobeltiosis value was observed in the combination Pehlivan/Köprü. In the F₂ population, heterosis values ranged from -34.37 % to 35.16 %, and heterobeltiosis values ranged from -40.41 % to 28.28 %. The highest heterosis value was found in the combination Glosa/Aslı, and the highest heterobeltiosis value was observed in the combination Krasunia odeska/Rumeli, while the lowest heterosis and heterobeltiosis values were detected in the cross Pehlivan/Köprü (Table 5). In studies conducted on grain weight per spike in terms of heterosis and heterobeltiosis values; Bilgin et al. (2011) reported values of 5.16 % and 2.89 %, Gungor et al. (2018) reported values of 46.66 % and 31.61 %, and Bayhan et al. (2023) reported values of -11.50 % and -23.63 %.

Table 3. Heterosis (Ht) and heterobeltiosis (Hb) estimates for spike length, number of spikelets per spike, and number of grains per spike

Crosses	Spike Length (cm)				Spikelets/Spike (no)				Grains/Spike (no)			
	F ₁ -Ht	F ₁ -Hb	F ₂ -Ht	F ₂ -Hb	F ₁ -Ht	F ₁ -Hb	F ₂ -Ht	F ₂ -Hb	F ₁ -Ht	F ₁ -Hb	F ₂ -Ht	F ₂ -Hb
Aslı/Midas	-3.24	-6.36	-1.46	-6.92	5.99	1.57	13.71	8.79	2.46	-3.30	-5.18	-7.95
Aslı/Köprü	13.21	12.50	10.82	7.86	10.14	8.64	11.93	8.17	20.87	10.01	-9.27	-16.87
Aslı/Lucilla	11.32	7.01	4.20	1.26	5.50	-2.78	7.21	5.26	6.91	1.96	28.68	21.70
Glosa/Aslı	11.12	7.61	-1.75	-4.72	9.49	-1.45	15.44	12.49	37.70	26.66	47.76	45.29
Rumeli/Aslı	6.77	4.34	8.20	5.03	13.75	1.45	12.34	8.68	39.49	25.49	37.57	29.10
Krasunia odeska/Aslı	11.03	6.87	12.74	6.71	14.55	7.31	30.99	26.55	21.41	9.47	19.26	7.57
Krasunia odeska/Rumeli	12.23	8.07	0.34	-7.62	25.96	19.60	24.89	18.65	53.81	50.69	15.63	11.10
Krasunia odeska/Glosa	19.81	17.2	6.04	-2.50	18.00	13.17	8.47	5.56	66.43	62.83	-2.00	-11.79
Krasunia odeska/Lucilla	9.22	6.69	1.25	-6.56	11.67	9.84	10.86	7.02	30.29	12.25	6.88	1.75
Köprü/Glosa	30.88	26.33	12.32	8.69	24.24	13.24	6.39	0.16	66.76	39.78	2.70	-6.22
Ginra/Midas	8.21	4.85	-5.86	-9.00	1.52	-1.45	-0.06	-1.96	2.85	-9.26	-1.97	-2.95
Lucilla/Pehlivan	9.13	6.52	8.07	5.78	13.17	9.52	1.85	-1.75	16.89	1.21	2.50	-3.06
Ginra/Lucilla	30.33	29.92	15.15	14.20	18.17	10.34	14.02	7.02	28.06	20.32	8.43	0.63
Glosa/Midas	7.22	5.30	-1.07	-3.69	11.67	4.62	13.17	9.06	64.40	53.60	41.65	38.74
Pehlivan/Köprü	11.27	4.12	9.45	7.34	-2.29	-5.86	-8.78	-14.76	32.17	-17.46	-20.76	-27.2
Flamura-85/Esperia	0.78	-9.23	3.55	-2.05	8.69	-0.93	3.42	-1.44	-4.56	-13.85	6.58	3.86
Flamura-85/Lucilla	2.78	-3.06	-7.60	-13.33	11.35	6.36	1.94	0.18	23.01	13.96	-5.83	-7.06
Rumeli/Lucilla	27.40	22.55	4.77	3.45	22.91	16.67	-5.22	-8.35	58.42	36.46	-8.80	-10.18
Selimiye/Glosa	6.17	5.09	8.07	4.77	13.05	10.18	4.71	1.85	41.07	38.34	18.81	14.85
Masaccio/Lucilla	13.57	-1.81	7.48	4.62	17.13	10.26	-3.60	-7.02	5.85	-13.92	-23.86	-24.99
Mean	11.96	7.72	4.73	0.67	12.73	6.52	8.18	4.21	30.71	17.26	7.94	2.82

3.5. Grain yield

Plant breeders consistently select superior parental genotypes to enhance wheat crop yield. The efficient selection of parent material is crucial for the success of breeding programs. In the study, the lowest grain yield in the F₁ population was measured in the cultivar Aslı (9.15 g) among parents, while the highest grain yield was recorded in the cultivar Ginra (20.53 g). In the F₂ population, the highest grain yield was found in the cultivar Rumeli (235.20 g) among parents, and the lowest was determined in the cultivar Esperia (124.40 g). Among crosses in the F₁ population, the highest grain yield was observed in the combination Rumeli/Lucilla (29.85 g), while the lowest was in the cross Lucilla/Pehlivan (5.90 g). The lowest grain yield was in the cross Aslı/Midas (155.60 g), while the highest grain yield was in the combinations Rumeli/Lucilla (428.70 g), Krasunia odeska/Rumeli (395.20 g), and Krasunia odeska/Lucilla (374.40 g) crosses in the F₂ population. The average grain yield of

crosses in both F₁ and F₂ populations surpassed that of the parents (Table 3). Motawea (2017) observed grain yields ranging from 19.91 to 27.27 g among parents and from 21.50 to 40.67 g among combinations, while Shah et al. (2022) reported grain yields ranging from 15.75 to 19.30 g among parents and from 26.00 to 36.45 g among combinations. Heterosis values for grain yield in the F₁ population ranged from -59.54 to 108.54 %, while heterobeltiosis values ranged from -66.81 to 100.96 %. The highest heterosis value in the F₁ population was observed in the combination Rumeli/Lucilla, whereas the lowest heterosis value was found in the cross Lucilla/Pehlivan. The highest heterobeltiosis value was detected in the cross Krasunia odeska/Glosa, while the lowest heterobeltiosis value was observed in the combination Lucilla/Pehlivan. In the F₂ population, heterosis values ranged from -21.47 to 87.43 %, and heterobeltiosis values ranged from -25.42 to 80.58 %.

Table 4. Mean performance of parental genotypes and F₁, F₂ populations for grain weight per spike, and grain yield

Parental genotypes / Crosses	Grain Weight/Spike (g)		Grain Yield (g)	
	F ₁	F ₂	F ₁ (g/plant)	F ₂ (g/1 m)
Aslı/Midas	2.64 l-p	1.91 qr	12.19 j-n	155.60 mno
Aslı/Köprü	4.43 a-d	2.51 f-m	19.41 def	257.20 de
Aslı/Lucilla	2.75 l-o	2.69 d-j	17.58 e-h	316.00 c
Glosa/Aslı	3.37 h-k	3.18 abc	11.36 k-p	235.00 d-h
Rumeli/Aslı	3.37 h-k	2.47 g-m	14.17 g-l	236.30 d-g
Krasunia odeska/Aslı	2.95 klm	3.07 bcd	11.80 k-o	267.30 d
Krasunia odeska/Rumeli	3.83 e-h	3.30 ab	20.24 de	395.20 b
Krasunia odeska/Glosa	3.95 d-g	2.13 m-r	28.04 ab	313.90 c
Krasunia odeska/Lucilla	4.32 b-e	2.23 l-q	26.23 ab	374.40 b
Köprü/Glosa	4.97 a	2.90 c-f	7.96 opq	243.80 def
Ginra/Midas	3.05 j-m	1.98 o-r	9.15 n-q	216.50 f-k
Lucilla/Pehlivan	2.86 k-n	2.49 g-m	5.90 q	220.30 f-j
Ginra/Lucilla	4.66 abc	2.78 d-i	27.01 ab	311.50 c
Glosa/Midas	3.56 f-j	2.07 n-r	8.07 opq	219.00 f-j
Pehlivan/Köprü	2.84 k-n	2.07 n-r	7.71 pq	216.60 f-k
Flamura-85/Esperia	2.29 n-q	2.83 c-h	15.83 f-j	224.80 e-h
Flamura-85/Lucilla	3.33 h-k	2.44 h-n	21.76 cd	340.80 c
Rumeli/Lucilla	4.84 ab	2.70 d-j	29.85 a	428.70 a
Selimiye/Glosa	3.67 f-i	2.96 b-e	9.79 m-p	213.30 f-k
Masaccio/Lucilla	3.12 i-l	1.98 o-r	25.24 bc	237.20 d-g
Aslı	2.28 n-q	2.35 j-p	9.15 n-q	188.10 j-m
Midas	1.79 qr	1.75 r	14.11 g-l	209.30 g-k
Köprü	4.12 c-f	3.45 a	15.05 g-k	185.20 klm
Lucilla	3.41 g-k	2.52 f-l	17.83 efg	229.90 e-h
Pehlivan	2.13 pqr	2.85 c-g	11,32 k-p	206.70 g-l
Masaccio	2.22 o-r	2.42 i-n	14.47 g-l	222.60 f-i
Flamura-85	3.17 i-l	2.63 e-k	17.72 e-h	145.80 no
Ginra	3.83 e-h	2.30 k-p	20.53 de	234.50 e-h
Krasunia odeska	1.65 r	2.46 h-m	13.88 h-l	190.30 i-l
Rumeli	2.53 m-p	2.57 f-l	10.78 l-p	235.20 d-h
Selimiye	3.03 j-m	2.32 j-p	12.43 j-n	202.90 h-l
Esperia	2.17 o-r	2.57 f-l	17.36 e-i	124.40 o
Glosa	2.61 l-p	2.37 j-o	13.56 i-m	175.40 lmn
F₁ and F₂ mean values	3.54	2.53	16.46	271.17
Parental mean values	2.69	2.50	14.48	196.18
General mean values	3.20	2.52	15.68	241.63
F	**	**	**	**
CV (%)	11.09	9.32	15.02	8.25
LSD (0.05)	0.58	0.38	3.84	32.50

*, ** Significant at P=0.05 and 0.01, respectively

The highest heterosis value was recorded in the cross Krasunia odeska/Rumeli, whereas the lowest heterosis value was found in the cross Aslı/Midas. The highest heterobeltiosis values were observed in the cross Rumeli/Lucilla, while the lowest heterobeltiosis value was detected in the cross Aslı/Midas (Table 5). In

previous studies, heterosis and heterobeltiosis values for grain yield were reported as follows: Kalhor et al. (2015) recorded 2.29 % and 4.45 %, Bilgin et al. (2022) reported -4.31 % and -17.14 %, Choudhary et al. (2022) observed 39.34 % and 24.07 %, and Shah et al. (2022) found 73.55 % and 66.73 %, respectively.

Table 5. Heterosis (Ht) and heterobeltiosis (Hb) estimates for grain weight per spike, and grain yield

Crosses	Grain Weight/Spike (g)				Grain Yield (g)			
	F ₁ -Ht	F ₁ -Hb	F ₂ -Ht	F ₂ -Hb	F ₁ -Ht	F ₁ -Hb	F ₂ -Ht	F ₂ -Hb
Aslı/Midas	30.70	16.48	-6.43	-18.84	4.90	-12.93	-21.47	-25.42
Aslı/Köprü	38.19	7.65	-13.01	-26.82	61.57	30.06	37.95	32.09
Aslı/Lucilla	-3.69	-19.28	10.18	6.25	30.75	-0.83	51.80	37.82
Glosa/Aslı	37.72	29.31	35.16	31.75	1.49	-14.18	29.71	25.57
Rumeli/Aslı	41.43	34.85	0.61	-3.76	40.69	30.18	12.45	0.58
Krasunia odeska/Aslı	49.54	28.81	27.83	25.12	2.63	-14.31	42.38	39.05
Krasunia odeska/Rumeli	83.96	52.57	32.17	28.28	66.99	50.45	87.43	72.06
Krasunia odeska/Glosa	85.97	43.61	-11.11	-12.76	105.17	100.96	72.06	65.53
Krasunia odeska/Lucilla	69.58	25.67	-10.41	-14.06	66.66	46.93	78.75	63.41
Köprü/Glosa	47.70	20.62	-0.64	-16.1	-44.45	-48.29	35.87	32.26
Ginra/Midas	8.68	-20.58	-0.86	-13.27	-47.01	-55.18	-2.12	-7.21
Lucilla/Pehlivan	3.17	-15.85	-6.62	-11.44	-59.54	-66.81	0.89	-4.22
Ginra/Lucilla	28.40	21.61	15.55	9.63	40.34	31.47	34.65	30.71
Glosa/Midas	61.25	36.72	0.84	-12.52	-41.32	-43.60	14.05	4.87
Pehlivan/Köprü	-9.17	-31.02	-34.37	-40.41	-41.65	-49.01	10.70	4.75
Flamura-85/Esperia	-16.20	-27.68	8.80	6.27	-6.33	-13.11	68.12	54.77
Flamura-85/Lucilla	1.44	-3.91	-5.25	-7.37	22.44	18.92	81.59	48.08
Rumeli/Lucilla	62.90	43.34	6.15	2.72	108.54	66.96	85.72	80.58
Selimiye/Glosa	30.19	21.48	26.04	25.00	-24.98	-28.35	12.91	5.44
Masaccio/Lucilla	11.10	-7.59	-19.94	-23.91	56.77	41.58	4.97	2.93
Mean	33.14	12.84	2.73	-3.31	17.18	3.55	36.92	28.18

4. Conclusion

The current study revealed a significant variability among parental genotypes and crosses across all examined traits. Heterosis and heterobeltiosis values were found to be positive across all examined traits in both F₁ and F₂ populations except for grain weight per spike in the F₂ population. Remarkably, the parental genotypes Rumeli and Lucilla exhibited higher yields. A comparative analysis of promising crosses for spike-related traits revealed combinations such as Ginra/Lucilla and Köprü/Glosa for spike length, Krasunia odeska/Aslı and Krasunia odeska/Rumeli for number of spikelets per spike, Krasunia odeska/Glosa, Glosa/Aslı, Glosa/Midas, and Köprü/Glosa for number of grains per spike, and Krasunia odeska/Rumeli, Glosa/Aslı, and Krasunia odeska/Aslı for grain weight per spike stood out. The Rumeli/Lucilla, Krasunia odeska/Glosa, Ginra/Lucilla, Krasunia odeska/Lucilla, and Krasunia odeska/Rumeli populations have performed prominently in grain yield.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved

the final version of the article ready for publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

References

- Bayhan, M., Ozkan, R., Akinci, C., Yildirim, M., 2023. Testing of Some Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Hybrids by Heterosis Analysis. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(3): 2239-2250.
- Bilgin, O., Balkan, A., Korkut, K.Z., Baser, I., 2011. Heterotic and heterobelthiotic potentials of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) hybrids for yield and yield components. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 8(2): 33-144.
- Bilgin O, Yazici, E., Balkan, A., Baser, I., 2022. Selection for high yield and quality in half-diallel bread wheat F₂ populations (*Triticum aestivum* L.) through heterosis and combining ability analysis. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(2): 285-293.

- Borojevich, S., 1983. Genetic and technological changes which caused a change in plant breeding. BANU, Novi Sad, Akademska Beseda, 100 pp. (Sr).
- Chang, M.S., Smith, J.D., 1967. Diallel Analysis of Inheritance of Quantitative Characters in Grain Sorghum. I. Heterosis and Inbreeding Depression. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 9(1): 44-51.
- Choudhary, M., Singh, H., Punia, S.S., Gupta, D., Yadav, M., Get, S., Bijarania, S., 2022. Estimation of heterosis for grain yield and some yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L. Em. Thell.). *The Pharma Innovation Journal*, 11(2): 611-614.
- Dudhat, H., Pansuriya, A.G., Vekaria, D.M., Dobariya, H., Patel, J.B., Singh, C., Kapadiya, I.B., 2022. Heterosis for grain yield and its attributing traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Research*, 14(2): 150-160.
- Erdem, B., Sakin, M.A., 2023. Determination of Yield and Quality Characteristics of Some Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties at Bilecik-Merkez Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 303-315.
- Fonseca, S.M., Patterson, F.L., 1968. Hybrid Vigor in a Seven Parent Diallel Cross in Common Winter Wheat (*T. aestivum* L.). *Crop Science*, 8(1): 85-88.
- Gungor, H., Dokuyucu, T., Filiz, E., Ocaktan, H., Uysal, A., Erdincoglu, G., Dumlupinar, Z., Akkaya, A., 2018. Estimation of Heterosis and Heterobeltiosis in an 8x8 Diallel Cross Bread Wheat F₃ Population. *Journal of Agriculture Engineering*, 365: 5-13.
- Haridy, M.H., 2017. Combining Ability in F₁ Generation for Diallel Crosses for Yield and Yield Components in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Production*, 8(12): 1417-1420.
- JMP®, 2020. Version 15.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989–2020.
- Kalhor, F.A., Rajpar, A.A., Kalhor, S.A., Mahar, A., Ali, A., Otho, S.A., Soomro, R. W., Ali, F., Baloch, Z.A., 2015. Heterosis and combining ability in F₁ population of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6(7): 1011-1026.
- Kumar, D., Panwar, I.S., Singh, V., Choudhary, R.R., 2020. Heterosis studies using Diallel analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 8(4): 2353-2357.
- Li, A., Hao, C., Wang, Z., Geng, S., Jia, M., Wang, F., Han, X., Kong, X., Yin, L., Tao, S., Deng, Z., Liao, R., Sun, G., Wang, K., Ye, X., Jiao, C., Lu, H., Zhou, Y., Liu, D., Fu, X., Zhang, X., Mao, L., 2022. Wheat breeding history reveals synergistic selection of pleiotropic genomic sites for plant architecture and grain yield. *Molecular Plant*, 15: 504–519.
- Mahpara, S., Ali, Z., Farooq, J., Hussain, S., Bibi, R., 2015. Heterosis and heterobeltiosis analysis for spike and its related attributes in different wheat crosses. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(7): 396-400.
- Motawea, M.H., 2017. Estimates of heterosis, combining ability and correlation for yield and its components in bread wheat. *Journal of Plant Production*, 8(7): 729-737.
- Ozkan, R., 2022. Evaluation of Advanced Bread Wheat Lines Cultivated under Rainfed Conditions in Diyarbakir. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3): 583-590.
- Protich, R., Todorovich, G., Protich, N., 2012. Grain weight per spike of wheat using different ways of seed protection. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(2): 185-190.
- Rosegrant, M., 2011. Ag Economic Keynote. In Proceedings of the Ag Innovation Showcase, St. Louis, MO, USA, 23–24 May 2011.

- Shah, A. H., Rattar, T.M., Zhang, D., Tian, L., Solangi, Z.A., Rattar, Q.A. Rattar, M.Z., Memon, S.A., Ali, B., Memon, S., Nizamani, S., Ali, S., Abro, A.A., Anwar, M., 2022. Heterosis and correlation studies in F₁ hybrids of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World Journal Biology Pharmacy Health Sciences*, 11(3): 119-131.
- Shahwani, A.R., Baloch, S.U., Baloch, S.K., Mengal, B., Bashir, W., Baloch, H.N., Balloch, R.A., Sial, A.H., Sabiel, S.A.I., Razzaq, K., Shahwani, A.A., Mengal, A., 2014. Influence of seed size on germinability and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Journal of Natural Sciences Research*, 4(23): 147-155.
- Ullah, M.I., Mahpara, S., Bibi, R., Shah, R.U., Ullah, R., Abbas, S., Ullah, M.I., Hassan, A.M., El-Shehawi, A.M., Brestic, M., Zivcak, M., Khan, M.I., 2021. Grain yield and correlated traits of bread wheat lines: Implications for yield improvement. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10): 5714-5719.
- Wolde, G.M., Mascher, M., Schnurbusch, T., 2019. Genetic modification of spikelet arrangement in wheat increases grain number without significantly affecting grain weight. *Molecular Genetics and Genomics*, 294: 457-468.

To Cite

Güngör, H., 2024. Evaluation of Heterosis and Heterobeltiosis for Spike-Related Traits in F₁ and F₂ Populations of Hexaploid Bread Wheat. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 572-582.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12579041>.



Characterization of Some Properties of Soils Formed on Basalt Parent Material Using Spectroradiometric and Geostatistical Techniques

Fatma KAPLAN ^{1*}, Ali Volkan BİLGİLİ ¹

¹ Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Şanlıurfa

*Corresponding author: fatmakaplan@harran.edu.tr

Abstract

High soil variability necessitates a large number of samples, which poses disadvantages in terms of labor, time, and economic and environmental impacts. Utilizing spectroradiometers and geostatistical methods can lead to significant savings in chemical inputs and time. In this study, sixty surface soil samples from basaltic parent material areas were analyzed in the laboratory for their physical (clay, silt, sand), chemical (pH, EC, exchangeable cations: Ca, Mg, Na, K, CEC, percent CaCO₃) and biological (soil organic matter; OM100µ, OM2mm) properties. Spectral and geostatistical methods were employed to estimate and map these properties. Spectral reflectance were obtained within the 350 to 2500 nm wavelength range. Modeling the relationships between laboratory measurements and spectral readings were performed using Partial Least Squares Regression (PLSR). Additionally, geostatistical techniques such as Inverse Distance Weighting (IDW), Ordinary Kriging (OK), and Cokriging (COK) were utilized to generate maps illustrating the spatial distribution of soil parameters. The accuracy of the predictions were evaluated using RMSE (Root Mean Square of Estimation) parameter. The predictive success of prediction techniques varied depending on the specific soil property under investigation. The VNIRS-PLSR method achieved the highest accuracy and the lowest RMSE values for parameters such as organic matter, sand, clay contents, cation exchange capacity (CEC), and electrical conductivity (EC). Conversely, geostatistical methods yielded the lowest RMSE results for parameters such as lime (CaCO₃), pH, silt, exchangeable Ca, exchangeable K, exchangeable Na, and exchangeable Mg. The application of the COK technique using a secondary variable resulted in a 1 % to 19 % increase in prediction success compared to OK and IDW techniques. Overall, each estimation technique has its own advantages and disadvantages, which should be taken into consideration in the selection of the technique for prediction of soil variables.

Research Article

Article History

Received : 12.04.2024
Accepted : 22.05.2024

Keywords

Soil properties
basalt
kriging
VNIRS
PLSR

1. Introduction

Precision agriculture methods should be utilized to boost productivity per unit of land area (Türker and Güçdemir, 2004). The precision farming ensures optimal efficiency by customizing inputs accordingly (Kaplan, 2020). Kaplan (2020), highlighted the significance of identifying regional differences in land through mapping, enabling agricultural practices to align with the specific needs of soil and plants. Furthermore, Qi et al. (2009), recommended precision agriculture practices not only for efficiency but also for environmental protection, aiming to prevent the pollution of nature and ecosystems from unnecessary chemical applications.

Excessive use of inputs leads to infertility and the formation of barren land. Since soil nutrients may vary within the same field, it is crucial to map the variability in the land and apply fertilizers based on these specific needs (Birol and Günal, 2022). For agricultural areas, it is recommended to perform soil content analyses and create maps based on these results to apply practices according to spatial variability. Furthermore, these maps, obtained through geostatistical methods, can be integrated into precision agriculture tools, enabling region-specific applications. (Kaplan and Rufaioğlu, 2023; Kaplan and Öztürk, 2023; Kaplan and Rufaioğlu, 2024; Kaplan et al., 2024). The site-specific management of inputs reduces soil pollution, input costs, and enhances productivity, ultimately ensures the sustainability of agricultural production (McGrath et al., 2004; Trangmar et al., 1985).

The ability of a soil sample to accurately represent an entire land area depends on the soil variation within that land (Trangmar et al., 1985). Variability in soil properties in the field significantly impacts the evaluation and interpretation of these properties. The number of samples taken and the distance between sampling points are crucial for achieving accurate results in studies. Neglecting the distance factor for closely located variables leads to insufficient information for variable identification (Hamlett et al., 1986). Therefore, soil sampling should consider the distance

between coordinate points, as closer proximity to real data enhances the likelihood of obtaining more precise results.

Determining soil properties play a crucial role in achieving optimal yield in agriculture. Various methods exist to determine soil properties, geostatistical and spectral techniques have emerged as priorities to estimate soil properties. A map depicting the variation within a field is generated using geostatistical methods. Geostatistical techniques have been applied to create maps showing the spatial distribution of diverse soil properties (İmamoğlu and Sertel, 2016). local variations in precipitation (Çetin and Tülcü, 1998). and to estimate available phosphorus levels in soils (Akbaş, 2012). The geostatistics rely on determining experimental variogram structures from observed values and constructing a theoretical model based on this structure (Çetin and Tülcü, 1998; Baskan, 2004). Estimates of variables in areas without measurements are derived using Kriging analysis results based on semivariogram parameters (Turgut and Öztaş, 2012). COK is a method utilizing information from the cross-correlation of a second variable to minimize the variance of the estimation error (Journel and Huijbregts, 1978). The COK method is useful in the characterization of soil properties because it takes into account the variability of primary and secondary variables, thus improving predictions using measurements of the secondary variable in cases where measurements of the primary variable are inadequate. The creation of geostatistical maps also offers advantages for investment planning in the area and facilitates the establishment of databases (McGrath et al., 2004; Aksakal and Öztaş, 2010; Turgut and Öztaş, 2012).

The Visible and Near-Infrared Spectroradiometer (VNIRS) method has recently gained widespread use in predicting soil and plant properties. This can be attributed to its positive aspects, such as not requiring chemicals used in laboratory chemical analyses for the determined parameters and saving labor within a short period (Dunn, 2002). The VNIRS method has been utilized in

various areas, including soil salinity classification (Bilgili et al., 2014), forensic science related to soils (İnci et al., 2021) and creating soil maps (Milos and Bensa, 2018), as well as in precision agriculture (Keskin and Görücü Keskin, 2012).

Between 0.1 % and 1 % of the world's soils consist of basaltic soils, which are typically formed as a result of volcanic activity. These soils are known for their mineral richness and are commonly found in volcanic regions (Soil Survey Manual, 2017). Soils derived from basaltic parent material typically exhibit a neutral to slightly alkaline pH, and their mineral composition enhances the retention of plant nutrients. These soils are generally regarded as fertile agricultural lands with good drainage systems that promote root development. Characterizing basaltic soils is crucial for evaluating their agricultural suitability. Understanding soil properties helps determine key factors such as plant nutrition, water retention capacity, drainage capabilities, and soil structure. This information is essential for developing appropriate fertilization, irrigation, and soil amendment practices for optimal plant cultivation (Valenzuela-Estrada et al., 2015).

This study aims to characterize, estimate, and map the properties of soils formed from basalt parent material using geostatistical and spectroradiometric methods. Additionally, it seeks to compare the success of both techniques in achieving these objectives.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

The study was conducted in soils formed on basaltic rocks in the Siverek district of Şanlıurfa province. The study area, spanning

39 km², is situated between latitudes 37°43'16.00 "N - 37°45'20.66 "N and longitudes 39°04'23.82 "E - 39°16'49.82 "E.

The average annual temperature is 26.4 °C and the difference between the driest and wettest month is 90 mm. The annual rainfall is 478.4 mm, 30 % of which falls in spring, 1.4 % in summer, 13.8 % in autumn and 54.7 % in winter (Karakeçili, 2004).

Şanlıurfa is located in the southern foothills of the Southeastern Taurus Mountains and the northern parts of the Arabian plateau. Siverek, Hilvan, Viranşehir and Karacadağ are composed of basalts, while the other part of the province consists of limestone (Erdoğan et al., 2011). In Şanlıurfa province, under semi-arid climate conditions, there are red-brown, brown, brown forest, non-calcareous brown, basaltic, colluvial, and alluvial soils (İnci et al., 2023). Karacadağ is an extinct volcano that sprayed lava around itself and formed black stones. The land descends from Viranşehir towards the Harran Plain (Karakeçili, 2004). Most of Şanlıurfa is covered with calcareous soil and has Karst topography. The lavas of Karacadağ are spread over a wide area and consist of basalt. There are many caves, cisterns, dolines and poljes in the region. Soils generally have high clay content and are low in organic matter and phosphorus. The elevation of the study area varies between 549 and 758 meters above sea level.

2.2. Soil sampling

A total of 60 samples were collected from the study area at around 500-meter intervals using GPS, from a depth of 0-30 cm based on a random sampling approach. The distribution of sampling points across the study area is depicted in Figure 1.

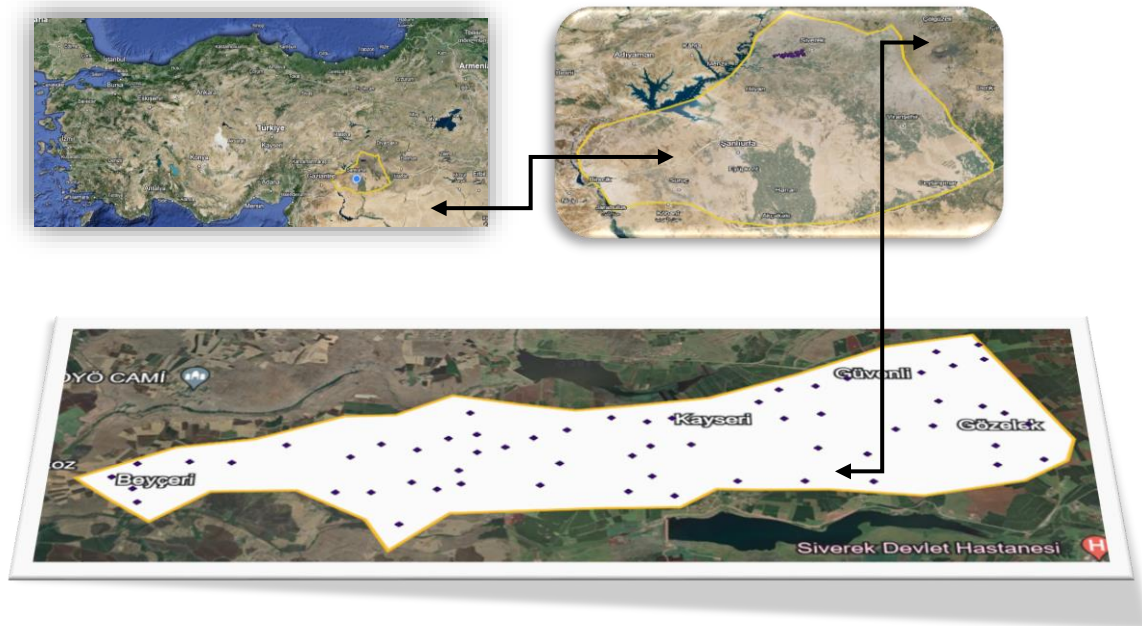


Figure 1. Study area and sampling points

2.3. Topographical analyses

The contour lines from the topographic maps of the study area were digitized to create a digital elevation map (DEM) in the ArcMap environment. Subsequently, a

slope map of the study area was generated from the obtained DEM (Figure 2). The soil sampling coordinates were then matched with elevation data and slope values corresponding to the sampling points.

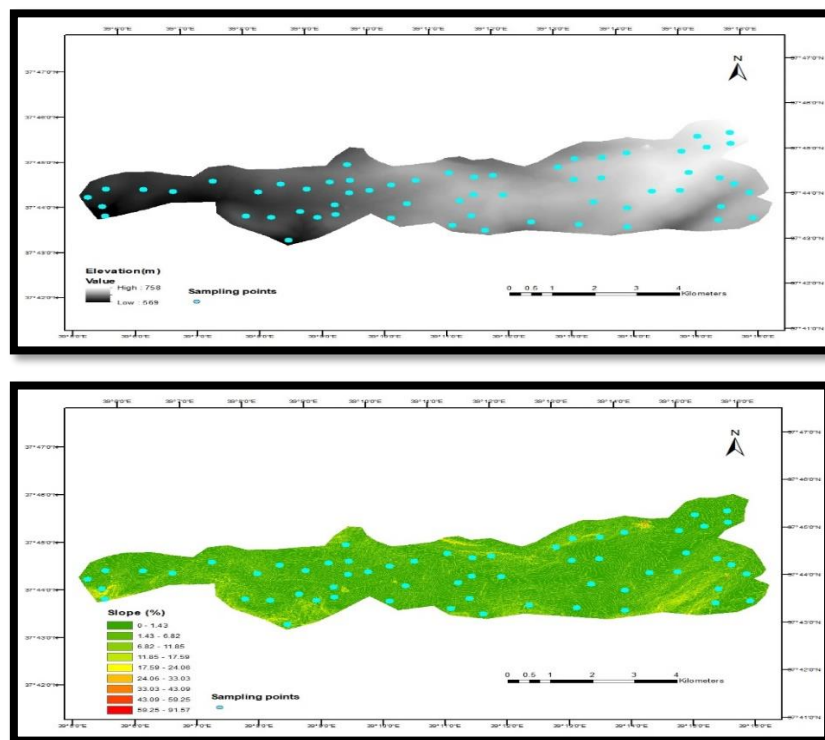


Figure 2. Slope and elevation maps of the study area

2.4. Soil analyses

To prepare the soil samples for analysis, air-dried disturbed soil samples were passed through 2 mm. A 100 micron sieve was additionally used for soil organic matter analyzes. Texture analysis in soil samples was performed with the Bouyoucos method (Bouyoucos, 1951). Exchangeable cations (Ca, Mg, K, and Na) were determined using the 1 N ammonium acetate method (Thomas, 1983). Cation exchange capacity (CEC) was determined using the 1 N ammonium acetate (pH = 7.0) method (Jackson, 1958). Lime (CaCO_3) content was measured using the Scheibler calcimeter (Gediköglü, 1990). Soil reaction (pH) was determined using a pH meter with the extract obtained from saturation paste (Soil Survey Laboratory, 2004). Electrical conductivity (EC) was measured using an EC meter with the filtrate obtained from the saturation paste (Soil Survey Laboratory, 2004). The organic matter contents of soils both sieved through 2 mm (OM2mm) and

100 micron sieve (OM100m μ) were determined using a modified version of the Walkley-Black method (Jackson, 1958).

2.5. Spectroradiometric analyses

To obtain the spectral reflections of air-dried soil samples sieved through a 2 mm sieve in the visible and near-infrared range, soil samples were placed in glass petri dishes at approximately 20-25 grams. Spectral reflections with a 1 nm resolution in the 350-2500 nm wavelength range were obtained using a Spectroradiometer (ASD FieldSpec 3) at Harran University (Figure 3). The Spectroradiometer was calibrated using white spectralon when needed, and the final reflectances of soil samples were obtained by ratioing the soil spectra to the white spectralon spectra (Equation 1) The Partial Least Squares Regression (PLSR) method was employed to model the relationships between reflectance measurements taken from the soil and the soil properties.



Figure 3. Taking reflections of soil samples with the Field Spec III Spectroradiometer instrument

$$R = \left(\frac{\text{Soil Reflection}}{\text{White Spectralon Reflection}} \right) \quad \text{Equation 1}$$

2.6. Partial least square regression (PLSR)

PLSR is particularly useful for interpreting and evaluating a large number of X variables that have significant

correlations between them, such as spectral data (Esbensen and Geladi, 2010). In this method, spectral reflections form the X matrix, while the soil parameters to be estimated (laboratory analysis values) form the Y matrix. The validation of PLSR

calibration models was conducted using a leave-one-out cross-validation approach. In this technique, each sample is removed from the dataset, and a model is created with the remaining samples. This process is repeated for all samples, ensuring that each sample goes through the same procedures, and results are obtained for the entire dataset (İnci et al., 2021). The cross-validation method is also utilized in the PLSR technique for calibration and validation to determine the optimal number of variables (Milos and Bensa, 2018). PLSR models were developed using The Unscrambler program.

Basic descriptive statistics (Minimum, Maximum, Average, Standard Deviation, Range, Coefficient of Variation) of the soil parameters investigated in the study and correlations among soil parameters were obtained using the JMP program.

2.7. Geostatistical analyses

The steps followed when using geostatistics are: the first, data is collected and exploratory data analysis is performed. Before proceeding to kriging analysis, parameters that did not exhibit a normal distribution were normalized. Parameters with skewness values exceeding 1 were normalized through logarithmic transformation before being subjected to kriging analysis. Then, the spatial correlation between data points is analyzed

by creating a semi-variogram. Based on the semi-variogram, the most appropriate mathematical model is selected. Using this model, values at unknown points are estimated and mapped using the kriging method. Finally, the accuracy and precision of the predictions are evaluated by cross-validation (Isaaks and Srivastava, 1989). In the study, soil properties were estimated and mapped using the IDW, kriging and COK techniques. IDW predominantly conducts predictions based on distance, whereas kriging incorporates both distance and spatial dependency among samples. Conversely, COK, unlike IDW and kriging, anticipates the utilization of an alternate variable correlated with the primary variable rather than a singular variable. Consequently, these three techniques, each with distinct structures, were subjected to testing. The operational principles of these three methods diverge from one another.

2.8. Inverse distance weighting (IDW)

The Inverse Distance Weighting method creates estimates by using a linear combination of the values at the sampled points and the values at the non-sampled points, with the inverse distance functions of the distances (Burrough and McDonnell, 1998). Where the point r is the exponent that determines the assigned range of each of the observations, and d is the distance between the observation point X_i and the prediction point X_0 (Equation 2).

$$Z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad \text{Equation 2}$$

2.9. Ordinary kriging

The Kriging technique is widely employed in the field of geostatistics (Caruso and Quarta, 1998). Ordinary Kriging is a spatial interpolation method widely used for estimating characteristics in areas where no sampling has been

conducted. In this method, neighboring samples are utilized to make predictions. The value of the point to be predicted is determined by calculating the average weight based on the distances to neighboring points (Equation 3) (Isaaks and Srivastava, 1989).

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i) \quad \text{Equation 3}$$

where $Z(X_0)$ is the kriging estimate for point X_0 , n is the number of samples in a search neighborhood, and W_i is the weights assigned to the i 'th observation $Z(X_i)$. Weights are determined for each variable

using a variogram, which measures the spatial correlation and covariance structure between data points (Journel and Huijbregts, 1981) (Equation 4);

$$r(h) = \frac{1}{2} N(h) \sum_{i=1}^N [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad \text{Equation 4}$$

2.10. Co-kriging

In the Co-Kriging method, the auxiliary variable is estimated as a co-variable of the primary parameter. The weights λ_i and λ_j refer to the Z and Y variables, respectively, and m and n represent the number of data used in the estimation of Z and Y variables, respectively (Equation 5). COK leverages the covariance between primary and

secondary variables in estimations. When the primary variable is not sufficiently sampled but the secondary variable is better sampled, and the covariance between the primary and secondary variables can be well modeled, the Co-Kriging method is utilized to enhance the estimation quality (Chang, 2002). Geostatistical analysis was conducted using ArcMap program version 10.5.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i + \sum_{j=1}^m \lambda_j Y_j \quad \text{Equation 5}$$

2.11. Accuracy evaluations

The accuracy of predictions made by both geostatistical and VNIRS methods was evaluated, and comparisons between the methods were made using the RMSE (Root

Mean Square Error) parameter. RMSE is calculated as the square root of the mean of the squared differences between the actual measurement values and the predicted values (Equation 6).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad \text{Equation 6}$$

X_i : X_1, X_2, \dots, X_n (estimated values). Y_i : Y_1, Y_2, \dots, Y_n (observed values). n : number of observations (Equation 6).

3. Results and Discussion

3.1. Soil properties

The average values of the soil variables investigated are presented in Table 1. These

soils exhibit a low CaCO_3 content, ranging from 0.23 % to 3.74 % (with an average of 1.38 %), which is characteristic of soils formed on basalt rocks with minimal CaCO_3 content (Brady and Weil, 2008). The soils had a neutral pH averaging 7.2, ranging from 6.5 to 7.7, and relatively low to moderate organic matter content,

averaging 1.38 % and varying from 0.23 % to 3.74 %. These soils are predominantly clayey in texture and exhibit high levels of exchangeable cations such as Ca, Mg, Na, and K (averaging 7971 ppm, 477 ppm, 1028 ppm, and 106 ppm, respectively), along with a CEC ranging from 10.06 to 97.79 me/100g. Silicates resulting from the decomposition of basalt promote the formation of clay minerals in the soil. These minerals increase the clay content of the soil (Brady and Weil, 2008). The average organic matter content (2.42 %), CaCO₃ content (6.12 %), clay content (52.64 %), silt content (21.33 %), sand content (26.02 %), pH (7.57), and EC (0.66 dS m⁻¹) at the surface depth of three different soil profiles developed on basalt parent material in the region reported by İnci (2020) were consistent with the values in this study. Additionally, the exchangeable Ca, Mg, Na, K values (51.66, 13.16, 0.49, 1.40, respectively) and CEC values (14.25 me/100 g) were found to overlap with the findings of this study. In another study conducted by Ekberli and Dengiz (2017), the surface soil of the profile formed on the basalt parent material exhibited varying values for clay (32.1-56.2 %), organic matter (1.65-2.35 %), pH (7.03-7.87), and lime (CaCO₃) content (0.20-0.79 %). Additionally, the exchangeable Na, K, and Ca+Mg (cmol kg⁻¹) values ranged between 0.22-0.41, 0.24-1.67, and 33.16-42.24, respectively, aligning with the results of our study as well. The Coefficient of Variation (CV) provides valuable insights into the distribution (variability) of soil parameters. CV values less than 15 % indicate low variability, values between 16-35 % indicate moderate variability, and values greater than 36 % indicate high variability (Cambardella et al., 1994). Based on this classification, some parameters in the study area exhibited significant variability. Among these parameters, OM100µ had the highest coefficient of variation (71.8 %), indicating the greatest variability in the

study area. Factors such as vegetation diversity, biological activity, land slope and drainage may lead to differences in organic matter accumulation and transport, causing more organic matter to accumulate in flat areas and less organic matter to accumulate in sloping areas due to erosion (Brady and Weil, 2008). In this study, a negative correlation was found between organic matter values determined from soils of different sizes and topographic parameters (elevation and slope) (Table 2). Conversely, pH had the lowest coefficient of variation (3.19 %), indicating the least variability in the study area. Clay, silt, and sand showed low variability, while exchangeable Ca, exchangeable Mg, exchangeable K, OM2mm, lime (CaCO₃), CEC, exchangeable Na, and EC exhibited moderate variability (Table 1). The general chemical properties of soils associated with basaltic parent materials show significant differences that are dependent on mineralogy, particularly clay mineralogy. For example, the pH of soils derived from basaltic materials typically ranges from 5.0 to 7.5 (Singer, 1987), and these high pH values can be maintained even in tropical regions unless subjected to intensive weathering (Isbell et al., 1976, 1977; Gillman and Sumpter, 1986). The base saturation percentage of these soils is generally over 60 %, and their cation exchange capacity (CEC) is high (Mitchell and Jarvis, 1956), even in silt fractions (Wilson and Logan, 1976). In this research, the variability in the CEC parameter determined in soils on the same parent material can also be explained by the topography of the study area. As a matter of fact, a statistically significant positive correlation ($r: 0.34^*$, $p < 0.05$) was obtained between CEC and slope (Table 2). Soil parameters with high variability based on coefficients of variation are expected to have low spatial dependency rates, whereas parameters with less variability tend to have higher spatial dependency (Tekin et al.,

2011; Akbaş, 2012). In a different study similar to this one, the pH parameter also had the lowest coefficient of variation.

However, unlike our study, the CaCO₃ parameter exhibited the highest coefficient of variation (Başbozkurt et al., 2013).

Table 1. Introductory statistics of soil parameters

Soil variables	Unit	Min.	Max.	Average	Std.Sd	Skewness	Range	CV [†]
CaCO ₃	%	0.23	3.74	1.88	1.12	1.89	3.5	59.57
OM2mm	%	0.23	3.74	1.38	0.58	1.65	3.5	42.02
pH		6.5	7.7	7.2	0.23	-0.33	1.2	3.19
EC	μS/cm	268	2460	586	401.5	2.88	2192	68.46
Sand	%	17.12	37.12	26.12	5.01	0.45	20	19.18
Clay	%	46.88	66.88	57.57	5.36	-0.31	20	9.31
Silt	%	12	22	16.3	2.51	0.60	10	15.39
OM100μ	%	0.65	7.99	2.38	1.71	1.95	7.34	71.84
CEC	me/100g	10.06	97.79	26.28	15.78	3.19	87.73	60
E. Ca	ppm	0	14020	7971	2541	0.13	14024	31.87
E. K	ppm	0	1132	477.6	188	1.33	1136	39.36
E. Mg	ppm	0	1714	1028	339.9	-0.08	1724	33.06
E. Na	ppm	0	426,8	106	70.16	2.47	428.2	66.18

[†]: Coefficient of Variation ((Standard deviation/mean) *100), E. Ca: Exchangeable Ca, E. K: Exchangeable K, E. Mg: Exchangeable Mg, E. Na: Exchangeable Na,

Several statistically significant ($p < 0.05$) positive and negative relationships were recorded among soil variables (Table 2). These include a significant negative correlation between pH and EC ($p < 0.05$), a significant positive correlation between pH and exchangeable Ca ($p < 0.05$), a significant negative correlation between CaCO₃ and Mg ($p < 0.05$), and a significant negative correlation between OM2mm and EC, K

($p < 0.05$). Additionally, significant positive correlations were found between clay and Mg ($p < 0.05$), and between Ca and K, Mg, and Na ($p < 0.05$). Furthermore, a significant positive correlation was observed between K and Mg ($p < 0.05$), as well as between Mg and Na ($p < 0.05$) (Table 2). These correlations highlight the interrelationships among various soil parameters in the study area.

Table 2. Correlation between soil parameters

	CaCO ₃	OM _{2mm}	pH	EC	Sand	Clay	Silt	OM _{100μ}	CEC	Ca	K	Mg	Na	S [‡]	E [‡]
CaCO ₃ (%)	1														
OM _{2mm} (%)	-0.17	1													
pH	-0.04	-0.12	1												
EC (μS/cm)	-0.14	0.31*	-0.39*	1											
Sand (%)	0.18	-0.24	-0.16	0.07	1										
Clay (%)	-0.11	0.2	0.2	-0.09	-0.8*	1									
Silt (%)	-0.1	0.05	-0.12	0.06	-0.1	-0.36*	1								
OM _{100μ} (%)	-0.09	0.28*	-0.28	0.07	0.03	-0.14	0.23	1							
CEC (me/100g)	-0.11	0.17	0.08	-0.06	-0.19	0.2	-0.04	0.13	1						
Ca(ppm)	-0.03	-0.11	0.26*	-0.08	0	0.21	-0.45*	-0.28	0.01	1					
K(ppm)	-0.18	0.35*	-0.12	0.22	-0.19	0.22	-0.08	0.17	0.19	0.55*	1				
Mg(ppm)	-0.36*	0.11	0.23	-0.07	-0.15	0.36*	-0.46*	-0.07	0.22	0.60*	0.40*	1			
Na(ppm)	-0.13	-0.02	0.09	0.01	0.2	-0.06	-0.26*	0.03	0.03	0.33*	0.15	0.30*	1		
S (%)	-0.19	-0.10	-0.08	0.03	0.07	-0.09	0.06	-0.03	0.34*	-0.21	-0.12	-0.09	-0.10	1	
E (m)	-0.22	0.09	0.39**	0.11	-0.28*	0.28*	-0.04	-0.23	0.21	0.25*	0.17	0.15	0.03	-	1

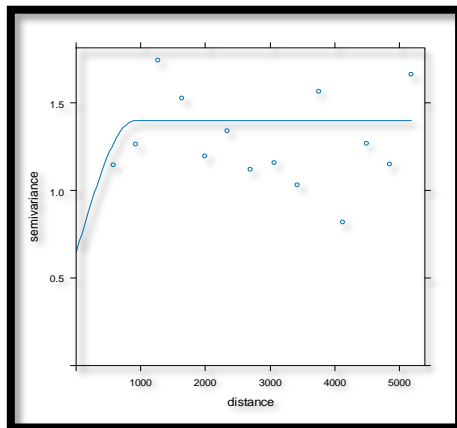
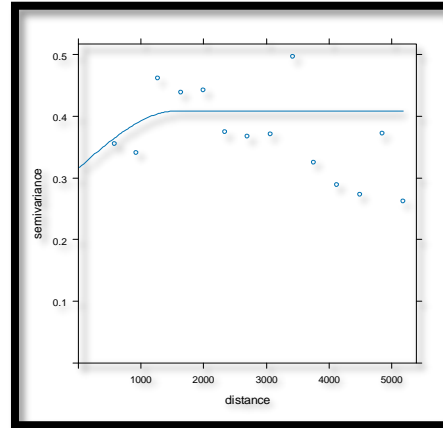
* $p < 0.05$: significant at level, ** $p < 0.01$: significant at level, ‡: Slope, †: Elevation

3.2. Estimation and mapping of soil parameters with geostatistical methods

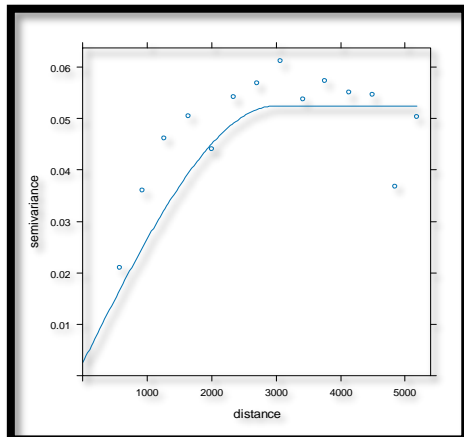
The soil parameters investigated were estimated using geostatistical methods such as Ordinary Kriging, IDW, and Co-Kriging, and maps depicting the estimated distribution of these soil parameters were generated.

The variogram graphs illustrating the spatial distribution of soil parameters, along with the variogram parameters (range, nugget, sill), are provided in Figure 4 and Table 3, respectively. The spatial patterns of soil parameters are predominantly characterized by Spherical variogram models, as shown in Table 3 and Figure 4. The Nugget/Sill ratio offers insights into the

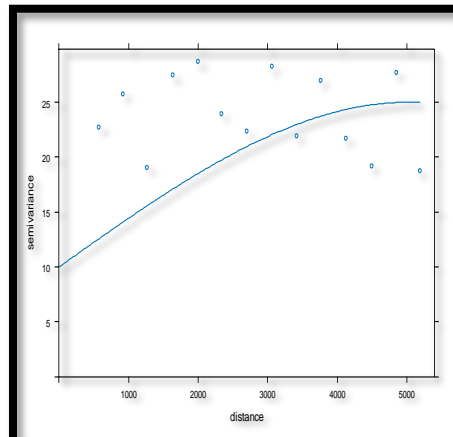
spatial dependencies of the examined parameters within the study area. A Nugget/Sill ratio below 25 % indicates a strong spatial distribution, between 25-75 % suggests a moderate spatial distribution, and above 75 % indicates a weak spatial distribution (Cambrella et al., 1994). Based on these criteria, parameters such as K, OM_{2mm}, Clay, Silt, Sand, and CEC exhibited a Nugget/Sill ratio of 75 % and above, while pH displayed a Nugget/Sill ratio below 25 %. Other parameters (CaCO₃, silt, EC, Ca, Mg, Na) fell within the range of 25-75 % for the Nugget/Sill ratio, indicating a moderate spatial dependence (Table 3). It is noted that the Nugget/Sill ratio parameters can influence the success of predictions (Kravchenko, 2003).

Lime (CaCO₃)OM_{2mm}

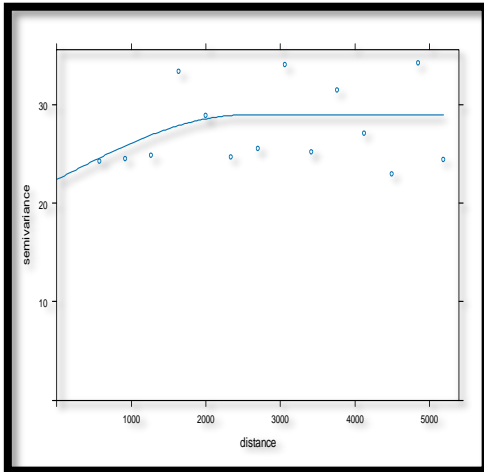
pH



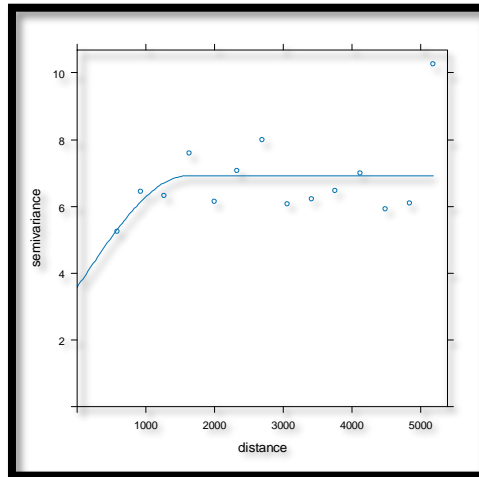
Sand



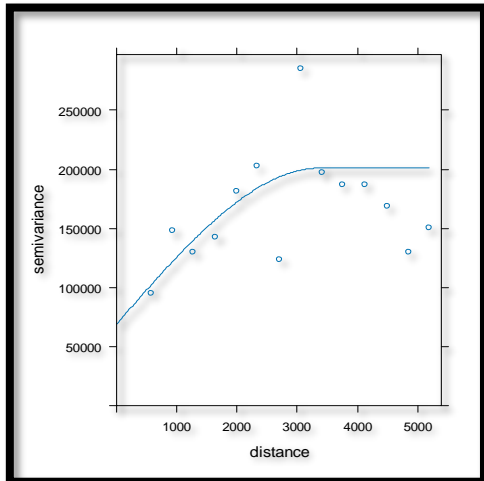
Clay



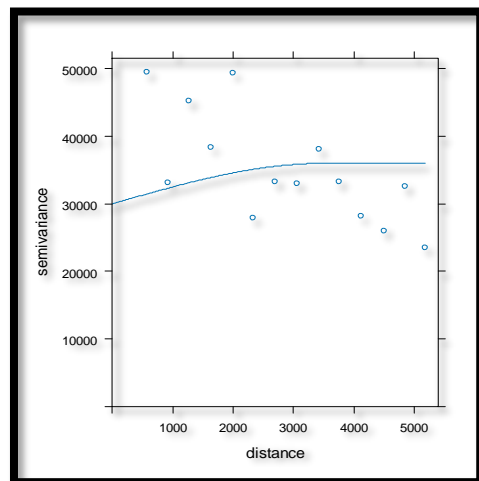
Silt



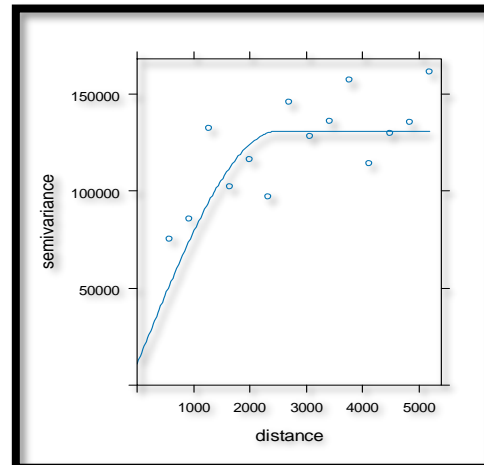
EC



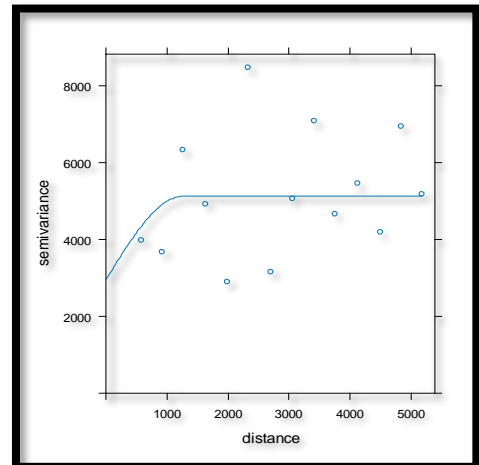
K



Mg



Na



Ca

CEC

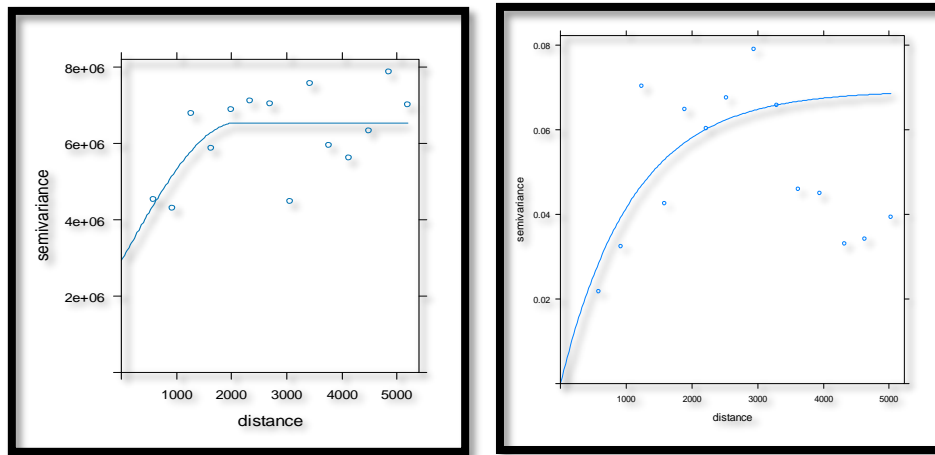


Figure 4. Variograms of soil parameters

Table 3. Parameters of variograms of soil parameters

Soil parameters	Model	Range	Co	C	Co + C	Co/CoC *100	Model Quality
Lime (%)	Spherical	899	0.64	0.75	1.39	46	Moderate
OM _{2mm} (%)	Spherical	1566	0.315	0.092	0.407	77	Poor
pH	Spherical	1955	0.013	0.052	0.065	20	Powerful
Sand(%)	Spherical	2847	22.12	2.987	25.10	88	Poor
Clay(%)	Spherical	2519	22.38	6.55	28.93	77	Poor
Silt(%)	Spherical	1613	3.57	3.34	6.91	51	Moderate
EC(μS/cm)	Spherical	3389	69051	132047	201099	34	Moderate
E. Ca(ppm)	Spherical	2091	2922072	3619622	6541694	44	Moderate
E. K(ppm)	Spherical	3500	50158	0	50158	100	Poor
E. Mg(ppm)	Spherical	4999	0.0250	0.0100	0.035	71	Moderate
E. Na(ppm)	Spherical	1257	2952	2160	5112	57	Moderate
CEC(me/100g)	Spherical	16180	227.6	72.03	299.63	75	Poor

Nugget to Sill: Co/Co+C*100 ratio, Sill: Co + C, Partial Sill: C, Nugget: Co, E. Ca: Exchangeable Ca, E. K: Exchangeable K, E. Mg: Exchangeable Mg, E. Na: Exchangeable Na,

Following the derivation of variograms and cross-variograms, soil parameter estimates were generated at unsampled points using the Ordinary Kriging (OK) and Co-Kriging (COK) methods. The accuracy of these predictions was assessed through a cross-validation approach. Cross-validation is a method used to measure how well a model works. In this method, the data set is divided into several parts. The model is trained with one part, and tested with the other part. If the model performs well in training and also performs well in testing, reliability is high. However, if it performs well in training but poorly in testing, the model has low reliability. This method

provides important information about the generalization ability of the model. Graphs depicting the relationship between the predictions from cross-validation and the actual laboratory measurements using the Ordinary Kriging, Inverse Distance Weighting (IDW), and Co-Kriging methods for soil parameters were constructed. The Root Mean Square Error (RMSE) values obtained from the cross-validation of each estimated parameter are presented in Table 4. Ordinary Kriging, IDW, and Co-Kriging, and maps depicting the estimated distribution of these soil parameters were generated (Figure 5).

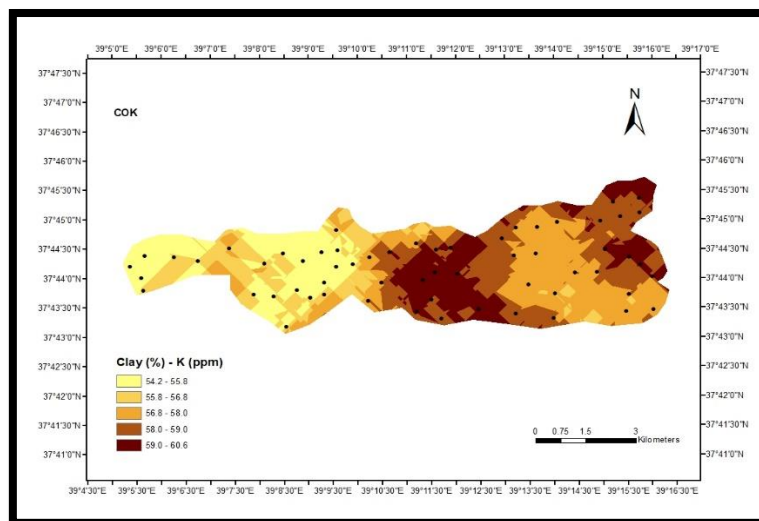
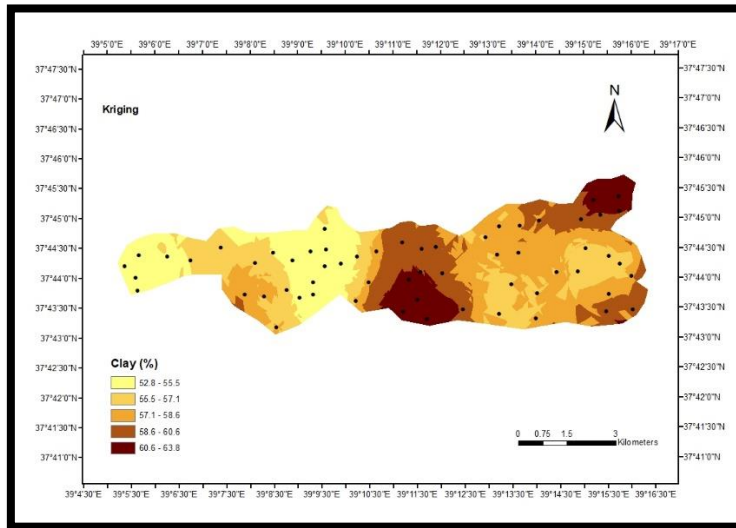
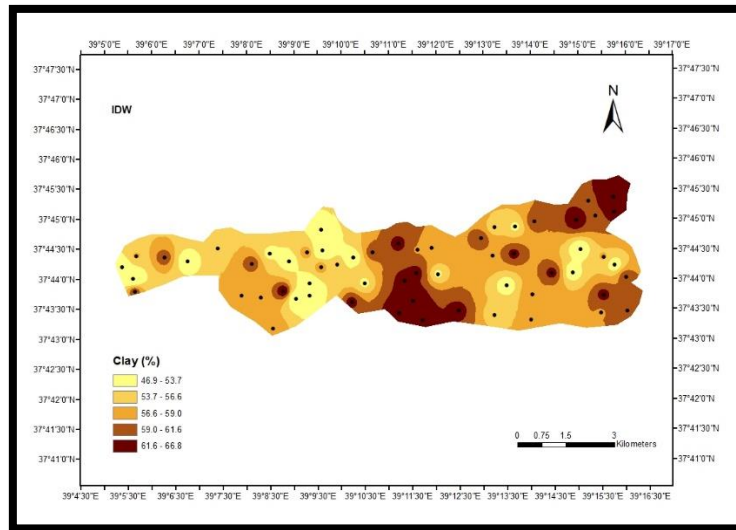


Figure 5. Mapping clay content in the research area with IDW, Kriging and COK methods

3.3. Spectroradiometric analyzes

The spectral reflectance data of soils derived from basaltic parent material are illustrated in Figure 6, covering the range of 350-2500 nm. Upon examining the soil reflections, distinct absorption peaks were

observed at wavelengths of 1400, 1900, and 2200 nm, which are associated with soil moisture held at various pressures (Bilgili et al., 2010). It is well-documented that soil moisture significantly influences both the reflection and absorption properties of soil (Lobell and Asner, 2002).

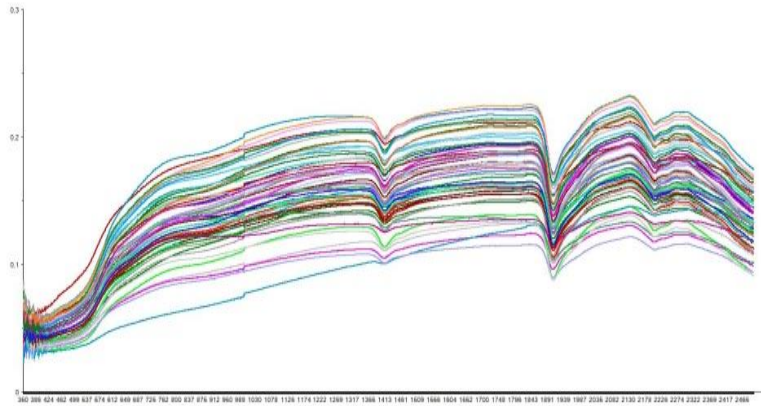
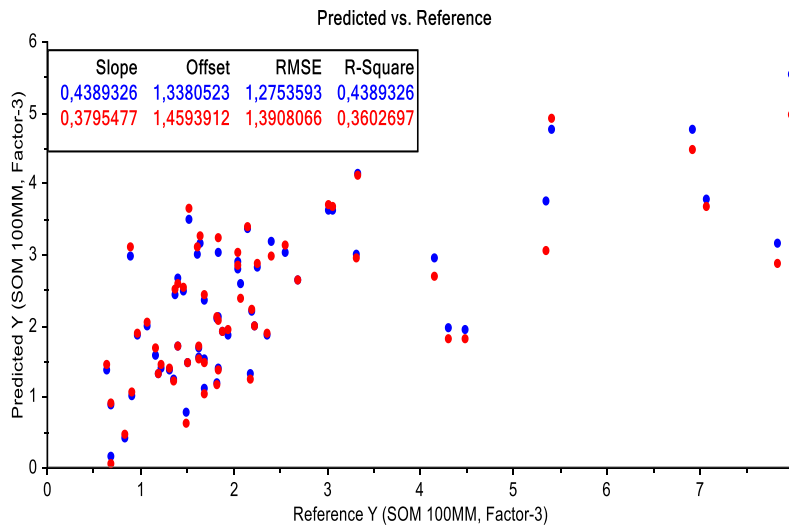


Figure 6. Raw reflections of soil parameters in the range of 350-2500 nm

The obtained spectral data was used for modeling and predicting soil parameters. The models and predictions between laboratory measurements and spectral data were performed using Partial Least Square Regression (PLSR) analysis, and the accuracy of the models was tested using cross-validation method.

The graphs illustrating the relationship between laboratory measurement results of soil parameters and PLSR estimates, created using the reflections obtained from the spectroradiometer, are shown in Figure 7. The cross-validation prediction success results of the models are provided in the Table 4.



a)

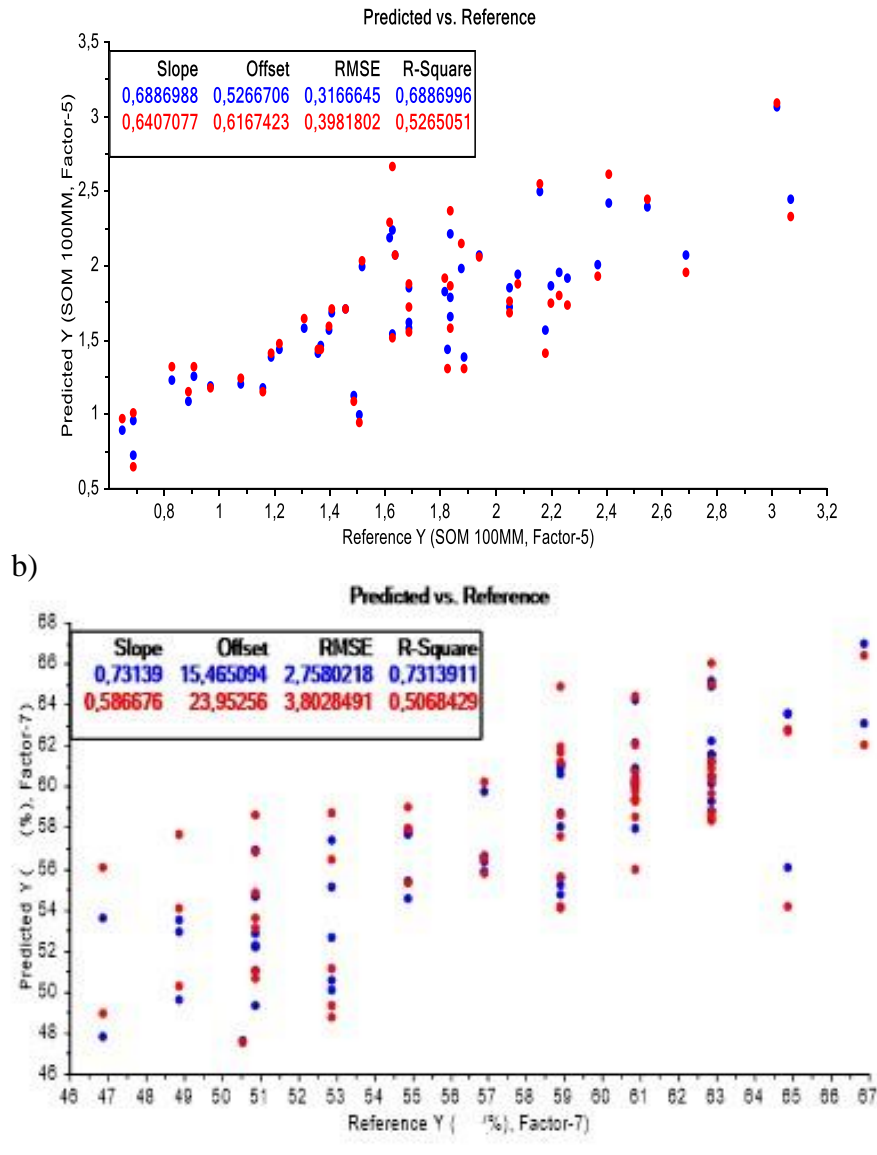


Figure 7. Relations between predictions with VNIRS-PLSR and actual values of soil variables according to cross validation approach; a) OM100 μm (*), b) OM100 μm (**), c) clay (%). OM100 μm (*): Prediction chart obtained without subtracting values with organic matter content above 3% from the data (R^2 :0.36). OM100 μm (**): Prediction chart obtained when values with organic matter content above 3% are removed from the data (R^2 :0.52).

The accuracy of prediction measurements can be assessed using R^2 values. According to the classification by Saeys et al. (2005), R^2 values between 0.50-0.66 indicate the model's ability to differentiate between increasing and decreasing trends, values between 0.66-0.80 suggest close numerical predictions, values between 0.81-0.90 are considered good predictions, and values above 0.90 indicate very good predictions. In this study, the R^2 value for the OM100 μm

parameter was determined as 0.52, and for the clay parameter, it was measured as 0.50, indicating the model's capability to recognize trends with reasonable accuracy. Among the parameters evaluated, variables such as Mg, Ca, K, Na, CEC, sand, silt, pH, CaCO_3 , OM2mm, OM100 μm , and EC demonstrated R^2 values suggesting a low level of accuracy, while OM100 μm and clay parameters showed a moderate level of accuracy. In a previous study by Şenol and Akgül (2013), the clay parameter was

reported with an R^2 value of 0.59 using visible-near-infrared reflection spectroscopy. Organic matter content is a significant soil parameter that accounts for variations in soil quality, influencing various soil physical, chemical, and biological properties. (Kara et al., 2022; Aydemir and Kara, 2023; Kara and Yakupoğlu, 2023; Kara et al., 2024). In spectral readings for organic matter detection, factors such as soil texture, moisture content and surface conditions affect organic matter signals. High moisture content can obscure organic matter signals, while sandy soils and different surface conditions make organic matter detection difficult. There exists a close relationship between soil organic matter content and soil color, where soils with high organic matter content tend to have darker colors. This relationship also extends to light reflections in the visible region (Ting et al., 2009). Studies have shown that the Visible and Near-Infrared Spectroscopy (VNIRS) method has been effective in estimating soil organic matter content (Wetterlind et al., 2013; Bilgili et al., 2010; Ting et al., 2009). However, the success rate of the VNIRS - Partial Least Squares Regression (PLSR) model established for soil organic matter

was found to be relatively low, possibly due to the suppressive effects of other soil properties on reflections (İnci et al., 2021). Wetterlind et al. (2013), discussed that light distribution in soils rich in sand can hinder organic matter adsorption, suggesting that sandy soils in the dataset should be excluded to achieve accurate estimates for soil organic matter. Additionally, the high lime content in soils can also impede the adsorption effect of organic matter, leading to weaker models between organic matter and soil reflections (İnci et al., 2021). Previous studies on organic matter estimation using the spectroradiometer method and PLSR method have reported R^2 values ranging from 0.80 to 0.93 (Lazar et al., 2020).

3.4. Comparison of Geostatistical and VNIRS Methods for the estimation of Soil Parameters

Soil parameters were estimated using four different techniques (OK, IDW, COK, and VNIRS), and the accuracy of the predictions was assessed through cross-validation. The cross-validation RMSE values and percentage improvement rates obtained with the Co-Kriging technique are detailed in Table 4.

Table 4. RMSE values of geostatistical and VNIRS methods in estimating soil parameters

Soil parameters	IDW	OK	COK	Variables used in COK	PI (%)	VNIRS-PLSR
CaCO ₃ (%)	1.19	1.23	1.03	CaCO ₃ [†] -Mg [‡]	1.34	1.13
OM _{2mm} (%)	0.62	0.63	0.62	OM _{2mm} [†] -Clay [‡]	1.58	0.54
pH	0.18	0.18	0.19	pH [†] -Clay [‡]		0.21
Sand (%)	4.95	4.90	4.67	Sand [†] -OM _{2mm} [‡]	5.65	4.04
Clay (%)	5.25	5.25	4.94	Clay [†] -K [‡]	5.90	3.8
Silt (%)	2.60	2.58	2.20	Silt [†] -Mg [‡]	15.38	2.49
OM _{100µm} (%)	1.75	1.68	1.64	OM _{100µm} [†] -Clay [‡]	6.28	1.39
EC (µS/cm)	417	402	388	EC [†] -OM _{2mm} [‡]	6.95	328
E.Ca (ppm)	2299	2306	1855	Ca [†] -Mg [‡]	19.31	2471
E.K (ppm)	203	182	187	K [†] -OM _{2mm} [‡]	7.88	192
E.Mg (ppm)	311	312	291	Mg [†] -Clay [‡]	6.73	304
E.Na (ppm)	74.1	73.4	70.9	Na [†] -K [‡]	4.31	72.1
CEC (me/100g)	18.7	16.8	17	CEC [†] -Clay [‡]	9.09	16.5

IDW: Inverse Distance Weighting, OK: Ordinary Kriging, COK: Co-Kriging, VNIRS PLSR: Mean Least Squares Regression, †: primary variable (PV), ‡: secondary variable (SV), E. Ca: Exchangeable Ca, E. K: Exchangeable K, E. Mg: Exchangeable Mg, E. Na: Exchangeable Na, % PI (Percentage Improvement): A*/C/B (A: 100, B: IDW or OK RMSE values, C: B - COK RMSE values).

The RMSE (Root Mean Square Error) values from cross-validation serve as

indicators of prediction accuracy, with lower RMSE values indicating higher accuracy.

RMSE is a metric that measures how close the predicted values are to the actual values. A lower RMSE value indicates that the model's predictions are closer to the real values, signifying higher accuracy. Upon examination of the RMSE values from the study, the OK method yielded the lowest RMSE value for the exchangeable K parameter (178); the IDW and OK methods had the lowest RMSE values for the pH parameter (0.18); the COK method resulted in the lowest RMSE values for lime (CaCO_3) (1.03), silt (2.20), exchangeable Ca (1855), Mg (291), and Na (70.95) parameters. For the parameters OM2mm (0.54), clay (3.8), OM100 μ (1.39), EC (328), sand (4.04), and CEC (16.5), the PLSR method exhibited the lowest RMSE values, indicating the best prediction results (Table 4). The Co-Kriging method was applied to assess prediction accuracy for parameters showing statistically significant correlations (CaCO_3 -Mg, Sand-OM2mm, Clay-K, OM2mm-Clay, CEC-Clay, Mg-Clay, Silt-Mg, Ca-Mg, OM100 μ -Clay, Na-K, EC-OM2mm, K-OM2mm). COK demonstrated improved prediction success for several examined parameters. For instance, utilizing the COK method with exchangeable Magnesium as a secondary variable resulted in a lower RMSE value for CaCO_3 content compared to the OK and IDW methods. The RMSE values for exchangeable Magnesium were 311 and 312 with the OK and IDW methods, respectively. When estimated using clay as the secondary variable with COK, the RMSE value decreased to 291, indicating a 6.73% improvement in prediction accuracy. In another study, kriging and IDW methods were employed to estimate the properties of 53 surface soils formed on basalt parent material. Upon examination of the RMSE values, the kriging method yielded the lowest values for EC, pH, organic matter, silt, and sand parameters, while the IDW method yielded the lowest value for the clay parameter. These results align with the findings of the current study (Aygür, 2020).

4. Conclusion

Methods such as geostatistics and spectroradiometry serve as efficient

alternatives to traditional laboratory analyses, offering savings in both chemicals and time when determining soil properties. In this study, spectral and geostatistical approaches were employed to estimate characteristics of the soil samples collected in areas with basaltic parent material. These methods were compared in terms of their prediction accuracy. The VNIRS-PLSR method demonstrated the highest success and lowest RMSE values for parameters such as OM2mm, OM100 μ , sand, clay, EC, and CEC. Conversely, the geostatistical method yielded the highest RMSE values for lime (CaCO_3), silt, pH, exchangeable Ca, exchangeable K, exchangeable Mg, and exchangeable Na. With the implementation of the COK technique, which utilizes a secondary variable, there was an enhancement in prediction success ranging from 1.34 % to 19.31 % compared to OK and IDW techniques. The aim of employing these methodologies is to optimize the process of determining soil properties, accurately apply necessary agricultural inputs, and promote sustainable agricultural practices. Therefore, there is a growing need for more studies utilizing these methods to further advance agricultural practices.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

Funding

This study was financially supported by Harran University Scientific Research Projects Unit (HUBAP) (Project No:19377).

Acknowledgment

This study was produced from the first author's Master thesis.

References

- Akbaş, F., 2012. Modeling and mapping of the available phosphorus level of Kazova soils with geostatistical estimation and simulation methods Konya soil water and desertification combat research station directorate. *Journal of Agricultural Science*, 18: 63-76.
- Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2010. Effects of polyvinylalcohol, humic acid and polyacrylamide applications on structural stability and soil losses. *III. National Black Sea Forestry Congress*, Volume: III, 20-22 May, pp. 953-962.
- Aydemir, M., Kara, Z., 2023. The Effect of Soft Core Fruit Tree Leaves on Some Soil Properties. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1): 45–52.
- Aygür, O., 2020. Estimation and mapping of the properties of soils formed on basaltic parent material with different geostatistical methods. Msaster's Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Science of Harran Uuniversity Institute of Sciences, Şanlıurfa.
- Başkan, O., 2004. Geostatistical application in engineering and physical property relationships of gölbaşı region soils. Ph. D Doctoral Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Science of Ankara University Institute of Science and Technology, Ankara.
- Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karabrahimoğlu, A., Gündoğan, A., Genç, A., 2013. Determination of spatial change patterns of soil properties using geostatistical methods. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 44(2): 169-181.
- Bilgili, A.V., Esb Van, H.M., Akbaş, F., Durak, A., Hivel, W.D., 2010. Visible-Near infrared reflectance spectroscopy for assessment of soil properties in a semi-arid area of Turkey. *Journal of Arid Environments*, 74: 229–238.
- Bilgili, A.V., Çullu, M., Aydemir, S., 2014. Investigation of the potential for characterizing salt-affected soils with the help of near infrared reflection spectroradiometer and electromagnetic induction technique. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences*, 18(1): 33-46.
- Biröl, M., Günal, H., 2022. Field scale variability in soil properties and silage corn yield. *Soil Studies*, 11(1): 27-34.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2008. The nature and pproperties of soils (The Nature and Properties of Soils, vol, ed. 14 edn.). Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Bouyoucous, G.J., 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-443.
- Budak, M., Günal, H., 2016. Visible and near infrared spectroscopy techniques for determination of some physical and chemical properties in Kazova watershed. *Advances in Environmental Biology*, 10(5): 61-73.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A., 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press. New York.
- Caruso, C., Quarta, F., 1998. Interpolation methods comparison. *Computers and Matematik with Application*, 35(12): 109-126.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field scale variability soil properties in central iowa soils. *Soil Science Society America Journal*, 58: 1501-1511.
- Chang, K.L., 2002. Optimal estimation of the granulometric composition of soils. *Soil Science*, 167: 135-146.
- Çetin, M., Tülcü, K., 1998. Examination of local variations in monthly precipitation in the eastern mediterranean region by geostatistical method. *Journal of Engineering and Environmental Science*, 22(4): 279-288.

- Dunn, A.J., 2002. Survey of Legislation, Agricultural Law. University of Arkansas at Little Rock. LawReview.
- Erdoğan, A., Öndegiden, E., Kendirci, A., Sezer, T., Işık, P., Bahrioğlu, O., 2011. Şanlıurfa Provincial Environmental Paper. Şanlıurfa, 206p.
- Esbensen, K.H., Geladi, P., 2010. Principles of Proper Validation: Use and Abuse of Re-Sampling for Validation. *Journal of Chemometrics Call for Papers Special Issue for*, 24: 168–187.
- Ekberli, İ., Dengiz, O., 2017. Determination of linear regression models between basalt parent material and some topographic and physicochemical properties of soils formed on different topographic positions. *Soil Water Journal*, 6 (1): 15-27.
- Hamlett, J.M., Horton, R., Cressie, N.A.C., 1986. Resistant and Explatory Techniques for Use in Semivariogram Analysis. *Soil Science Society of American Journal*, 50: 868-875.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York.
- Gediköğlu, İ., 1990. Soil Laboratory Analysis Methods Used in Determining Soil Productivity. KHGM, Şanlıurfa Research Institute Directorate Publication. General Publication No: 55, Technical Publication No: 11, 75 pp. Şanlıurfa.
- Gillman, G.P., Sumpter, E.A., 1986. Surface Charge Characteristics and Lime Requirements of Soils Derived From Basaltic, Granitic and Metamorphic Rocks in High-Rainfall Tropical Queensland. *Australian Journal of Soil Research*, 24, 173–192.
- İmamoğlu, M.Z., Sertel, E., 2016. Analysis of Different Interpolation Methods for Soil Moisture Mapping Using Field Measurements and Remotely Sensed Data. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 3(3): 11-25.
- İnci, Y., Gündoğan, R., Bilgili, A., Ramazanoğlu, E., 2023. Morphological, Physical, and Chemical Properties, Classification, and Forensic Applications of Soils Formed on Common Parent Materials in Şanlıurfa. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4):891-903.
- İnci, Y., Bilgili, A., Gündoğan, R., 2021. Spectral Characterization and Prediction of Properties of Soils Formed on Different Parent Materials Using VNIRS Technique for Forensic Science. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences*, 25(4): 497-513.
- İnci, Y., 2020. Determining the spatial variation of soil properties with different methods for forensic uses. Doctoral Thesis Ph.D Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Science of Harran University, Institute of Science, Şanlıurfa.
- Isbell, R.F., Stephenson, P.J., Murtha, G.G., Gillman, G.P., 1976. Red Basaltic Soils in North Queensland. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne. I. Environment, Morphology, Particle Size Characteristics and Clay Mineralogy. II. Chemistry. Division of Soils Technical Paper. CSIRO. No. 28, 1–42.
- Isbell, R.F., Gillman, G.P., Murthe, G.G., Jones, P.N., 1977. Brown basaltic soils in North Queensland. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne. In: Division of Soils Technical Paper. vol. No. 34 CSIRO (25 pp.).
- Isaaks, E.H. Srivastava, R.M., 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York. 561 pp.
- Jackson, M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Ccliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Journel, A.G., Huijbregts, C.H.J., 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, New York.

- Journel, A.G., Huijbregts, C.H.J., 1981. Mining Geostatistics. Academia Press Inc. (London) Ltd.
- Kara, Z., Yürürdurmaz, C., Çokkızgın, A., Keskiner, A. D., 2022. Determination of The Effects of Different Doses of Wheat Straw and Urea Fertilizer on Soil and Wheat Plant (*Triticum aestivum* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3), 610–619.
- Kara, Z., Yakupoğlu T., 2023. Time-Dependent Changes in Moisture Content of Some Organic Matter Sources Used as Soil Conditioners. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1), 95–104.
- Kara, Z., Çokkızgın, A., Yururdurmaz, C., Gırgel, Ü., Yakupoğlu, T., 2024. Changes in Some Soil Compaction Indicators in A Field Treated with Leonardite and Chicken Manure. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 150–159.
- Karakeçili, M.V., 2004. Soils of Siverek District. Ms. Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Science of Harran University. Graduation Thesis, Harran University Institute of Natural Sciences, Şanlıurfa., 25s.
- Kaplan, F., 2020. Comparison of Geostatistical and Spectroradiometric Methods in the Estimation of Soil Properties, Master Thesis, Harran University Institute of Science, Şanlıurfa, 1-63.
- Kaplan, F., Öztürk, H., 2023. Determination of Soil Properties with Geostatistical Methods. *International Çankaya Scientific Studies Congress*, Conference Proceedings Book, 10-12, April, Ankara, pp. 99-100.
- Kaplan, F., Rufaioğlu, S.B., 2023. Estimation and Mapping of Soil Parameters Using Multivariate Geostatistical Method. *Isarc Ist International Blacksea Scientific Research and Innovation Congress*, Conference Proceedings Book, 23-24 December 2023, Trabzon, Turkey, pp. 1195-1196
- Kaplan, F., Bilgili, A.V., Rufaioğlu, S.B., İnci, Y., 2024. The Importance and Contribution of Precision Agricultural Technologies in Reducing Greenhouse Gas Emissions, At The 12th Global Conference on Global Warming Held in Sanliurfa, Conference Congress Proceedings Book, Turkey, 16th-19th Of May, Şanlıurfa, p p. 443-446.
- Kaplan, F., Rufaioğlu, S.B., 2024. The Use of Geostatistics in Soil Science and an Overview of Studies (Ed. G. Bengisu), A View of Agriculture from an Academic Perspective: Iksad Publishing House, Ankara.
- Keskin, M., Görücü Keskin, S., 2012. Precision Agriculture Technologies. Mustafa Kemal University Publications, Hatay.
- Kravchenko, A.N., 2003. Influence of Spatial Structure on Accuracy of Interpolation Methods. *Soil Science Society of America Journal*.
- Lazaar, A., Mouazen, A.M., Hammouti, K.E., Fullen, M., Pradhan, B., Memon, M.S., Monir, A., 2020. The Application of Proximal Visible and Near-Infrared Spectroscopy to Estimate Soil Organic Matter on the Triffa Plain of Morocco. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(2), 195-204.
- Lobell, D.B., Asner, G., 2002. Moisture Effect on Soil Reflectance. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 722-725.
- Milos, B., Bensa, A., 2018. Estimation of organic carbon and calcium carbonates in agricultural soils by Vis-NIR Spectroscopy. *Poljoprivreda*, 24 (1): 45-51.
- Mitchell, B.D., Jarvis, R.A., 1956. The soils of the country around kilmarnock in: Department of Agriculture for Scotland Memedir of the Soil Survey of Great Britain; Scotland. HMSO, Edinburgh.
- McGrath, D., Zhang, C., Carton, O.T., 2004. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in silvermines area. *Environmental Pollution*, 127(2): 239-248.

- Qi, Y., Jeremy, L., Darilek, B.H., Yongcun, Z., Weixia, S., Zhiquan, G.U., 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu province, China. *Geoderma*, 149(3-4): 325- 334.
- Saeys, W., Mouazen, A.M., Ramon, H., 2005. Potential for onsite and online analysis of pig manure using visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Biosystems Engineering*, 91(4): 393–402.
- Singer, A., 1987. Land Evaluation of basaltic terrain under semi-arid mediterranean conditions in the golan heights. *Soil Use Management*, 3, 155–162.
- Soil Survey Laboratory, 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual Soil Survey Investigations Report. USDA, No: 42.
- Soil Survey Manual, 2017. United States Department of Agriculture (USDA) Agriculture Handbook No. 18. Washington, DC: Government Printing Office.
- Şenol, H., Akgül, M., 2013. Determination of some soil properties with near infrared reflection spectroscopy (NIRS). *Journal of Agricultural Sciences Süleyman Demirel University*, 18: 197-213.
- Ting, H., Jing, W., Zongjian, L., Ye, C., 2009. Spectral features of soil organic matter. *Geo-spatial Information Science*, 12(1): 33-40.
- Tekin, A.B., Günal, H., Sındır, K., Balcı, Y., 2011. Spatial structure of available micronutrient contents and their relationships with other soil characteristics and corn yield. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20: 783-792.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Wehara, G., 1985. Application of Geoistatistical to Spatial Studies of Soil Properties. *Advances in Agronomy*, 38, 65-91.
- Thomas, G.W., 1983. Exchangeable cations. In A.L. Page (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Wiley, New York, pp.159-165.
- Turgut, B., Öztaş, T., 2012. Determination of local changes in some soil properties using geostatistical methods. *Süleyman Demirel University Faculty of Agriculture Journal*, 7(2): 10-22.
- Türker, U., Güçdemir, İ., 2004. A Research on determination of small-scale spatial variability in the fallow-cereal system in atatürk forest farm using precision agriculture technologies. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(3): 305-312.
- Valenzuela-Estrada, A., Undurraga, P., Salazar, O., Pino, I., 2015. Characterization of Basalt-Derived soils for optimizing irrigation and fertilization management in the semiarid region of chile. *Soil Science Society of America Journal*, 79(2): 316-327.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Rossel, R.A.V., 2013. Soil analysis using visible and near infrared spectroscopy. *Methods in Molecular Biology*, 953: 95-107.
- Wilson, M.J., Logan, J., 1976. Exchange properties and mineralogy of some soils derived from lavas of lower old red sandstone (Devonian) age. I. exchangeable cations. *Geoderma*, 15: 273–288.

To Cite

Kaplan, F., Bilgili, A.V., 2024. Characterization of Some Properties of Soils Formed on Basalt Parent Material Using Spectroradiometric and Geostatistical Techniques. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 583-603.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12603883>.

Salvia hypargeia Fisch. & C.A Mey. Yapraklarının Vitamin, Fitosterol ve Yağ Asit İçeriğinin Belirlenmesi

Mahire BAYRAMOĞLU AKKOYUN^{1*} 

¹ Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Ana Bilim Dalı, Siirt

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): mahireakkoyun@siirt.edu.tr

Özet

Sunulan çalışmada; *Salvia* cinsinin önemli türleri arasında yer alan ve Türkiye’de endemik olarak yetişen *Salvia hypargeia* Fisch & C.A Mey.’nin yapraklarında vitamin, fitosterol ve yağ asit içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yağ asitlerinin değerlendirilmesi GC (gaz kromatografisi) kullanılarak; vitamin ve fitosterol miktarlarının belirlenmesi ise HPLC cihazı ile gerçekleştirilmiştir. *Salvia hypargeia* Fisch. & Mey. yapraklarının yağ asit içerikleri sırasıyla; 14:0 (Miristik asit) % 2.91, 16:0 (Palmitik asit) % 39.66; 18:0 (Stearik asit) % 6.29; 20:0 (Eikosanoik asit) % 2.37; 15:1 (Pentadekanoik asit) % 3.68; 16:1 n-7 (Palmitoleik asit) 3.32; 18:1 n-9 (Oleik asit) % 7.77; 18:2 n-6 (Linoleik asit) % 7.18; 18:3 n-3 (α -linolenik asit) % 24.88; 20:3 (Eikosatrienoik asit) %1.92 olarak belirlenmiştir. K1 (filokinon), alfa-tokoferol, retinol, gibi vitamin içerikleri sırasıyla 1.48 ± 0.03 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 23.76 ± 1.57 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 0.27 ± 0.05 ($\mu\text{g g}^{-1}$), ergosterol, stigmasterol ve beta sterol gibi fitosterol içerikleri ise 60.39 ± 2.15 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 17.25 ± 2.06 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 76.32 ± 2.71 ($\mu\text{g g}^{-1}$) olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak; *Salvia hypargeia* Fisch. & C.A Mey. bitkisinin yapraklarının yağ asitlerinden özellikle 16:0 (Palmitik asit), 18:1 n-9 (Oleik asit) ve 18:3 n-3 (α -linolenik asit) bakımından ayrıca önemli antioksidan vitaminlerden alfa-tokoferol içeriği yönünden zengin olduğu belirlenmiştir. Bitkinin fitosterol içeriğinin de iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :15.04.2024

Kabul Tarihi :22.05.2024

Anahtar Kelimeler

Salvia hypargeia Fisch.
C.A Mey
fitosterol
vitamin
yağ asiti

Determination of Vitamin, Phytosterol and Fatty Acid Content of *Salvia hypargeia* Fisch. & C.A Mey. Leaves

Abstract

In the presented study; It was aimed to determine the vitamin, phytosterol and fatty acid contents of *Salvia hypargeia* leaves, which grow endemic in Turkey and are examined among the important species of the *Salvia* genus. Evaluation of fatty acids using GC; vitamin and phytosterol amounts were determined by HPLC device. Fatty acid contents of *Salvia hypargeia* leaves are as follows; 14:0 (Myristic acid) 2.91 %, 16:0 (Palmitic acid) 39.66 %; 18:0 (Stearic acid) 6.29 %; 20:0 (Eicosanoic acid) 2.37 %; 15:1 (Pentadecanoic acid) 3.68 %; 16:1 n-7 (Palmitoleic acid) 3.32; 18:1 n-9 (Oleic acid) 7.77 %; 18:2 n-6 (Linoleic acid) 7.18 %; 18:3 n-3 (α -linolenic acid) 24.88 %; 20:3 (Eicosatrienoic acid) was determined as 1.92 %. Vitamin contents such as K1 (phyloquinone), alpha-tocopherol, retinol are 1.48 ± 0.03 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 23.76 ± 1.57 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 0.27 ± 0.05 ($\mu\text{g g}^{-1}$), respectively phytosterol contents such as ergosterol, stigmasterol and beta sterol were calculated as 60.39 ± 2.15 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 17.25 ± 2.06 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 76.31 ± 2.71 ($\mu\text{g g}^{-1}$). In conclusion; the leaves of the *Salvia hypargeia* plant are rich in fatty acids, especially 16:0 (Palmitic acid), 18:1 n-9 (Oleic acid) and 18:3 n-3 (α -linolenic acid), as well as alpha-tocopherol content, one of the important antioxidant vitamins. determined. It was determined that the plant's phytosterol content was in good condition.

Research Article

Article History

Received :15.04.2024

Accepted :22.05.2024

Keywords

Salvia hypargeia Fisch.
C.A Mey.
phytosterol
vitamin
fatty acid

1. Giriş

Serbest oksijen radikallerini üreten ve temizleyici sistemler arasındaki dengesizlikten kaynaklanan doku hasarının, kanser, damar sertliği, diyabet, hipertansiyon, yaşlanma, sinir sisteminin dejeneratif bozuklukları dahil olmak üzere çeşitli bozuklukların patogeneğinde rol oynadığı gösterilmiştir (Ataş ve ark., 2011). Bu dejeneratif süreçlerin ortaya çıkışı, vücuda zararlı oksidatif süreçleri teşvik eden serbest radikallerin fazlalığıyla ilişkilidir. Biyolojik süreçlerdeki serbest radikalleri nötralize etmek ve bağışıklık sistemini güçlendirmek antioksidanların temel ve en önemli rolüdür. Özellikle organizmalar arasında oksijenli solunum yapanlar, serbest radikallerin meydana getirdiği hasarı engelleyebilmek için antioksidan savunma sistemlerini geliştirmiştir (Demir ve Akpınar 2020). Antioksidanların ana işlevi serbest radikallerin oksitleyici zincir reaksiyonlarını başlatmasını veya yayılmasını önlemektir. Antioksidan bileşenler diğer moleküllerin oksidasyonunu geciktirir ve vücuttaki oksidatif hasarı azaltabilir (Şenkal ve Uskutoğlu, 2021). Antioksidan içeren meyve ve sebzelerin tüketiminin çeşitli hastalıklara karşı koruma sağladığı bilinmektedir. Antioksidanların hücrel hasarı azalttığı, savunmayı desteklediği ve hücrel bileşenlerde oksidatif hasarın önlenmesine yardımcı olduğu birçok bilimsel çalışma ile ortaya konmuştur (Çilesiz ve ark., 2023; Wong ve ark., 2006). Bitkilerin serbest radikalleri yakalayabilen antioksidan özelliklere sahip bileşikleri (karotenoid, fenolik, flavonik, antosiyanik türevler, doymamış yağ asitleri, vitaminler, enzimler ve kofaktörler) yüksek oranda içermesi bunların profilaktik ve iyileştirici fitoterapide kullanılmasına olan ilgiyi artırmıştır (Munteanu ve Apetrei, 2021). Ayrıca son yıllarda özellikle gıda endüstrisinde antioksidan olarak baharat ekstraktları sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu bileşiklerden bazılarının antioksidan kapasitesinin sentetik antioksidanlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle Lamiaceae (Labiatae) familyası, antioksidan özellikleriyle iyi bilinen çok sayıda bitkiyi içerir. Lamiaceae, aralarında *Sideritis* (dağ

çayı), *Salvia* (adaçayı), *Mentha* (nane) ve *Thymus* (kekik) gibi bazı bitkilerin de bulunduğu 200'e yakın cins ve 3000 türe sahip geniş bir familyadır. Bu familya tıbbi ve aromatik bitkiler açısından önemlidir (Bayramoğlu ve Candan, 2014). Lamiaceae familyası içerisinde *Salvia* en çok tür bulduran cinslerden biridir. Lamiaceae ailesine ait olan *Salvia* cinsinin dünya çapında 900 türü olduğu bilinmektedir (Kamaotou ve ark., 2008). *Salvia* cinsi Amerika ve Güneybatı Asya'ya yayılış göstermekte olup Anadolu'da % 50.6'sının Türkiye'ye endemik olduğu bilinen 87 türle temsil edilmektedir. *Salvia* cinsi, tıbbi ve aromatik bitkiler arasında en popüler gruplardan biridir. Yoğun talep nedeniyle doğadan rastgele toplanan ada çayı bitkileri, endemik türleri zaman zaman yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Bu nedenle endemik türlerin araştırılması, kaynakların korunması açısından oldukça önemlidir. *Salvia* cinsinin farklı türlerinin yaprak ve çiçek gibi kısımlarının kozmetik, gıda, parfümeri endüstrilerinde ve birçok enfeksiyon hastalığının tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Eliuz, 2021). Yine eski zamanlardan itibaren *Salvia* (adaçayı) türlerinin, geleneksel halk hekimliğinde, ağrı kesici, balgam ve gaz giderici, sakinlik verici, ter önleyici, yara iyileştirici olarak ayrıca, soğuk algınlığı ve bronşit tedavisinde, tüberküloz, menstrüel problemler ve mide problemlerinin tedavisinde kullanıldığı rapor edilmiştir (Elmas ve Elmas, 2021). Türk halk hekimliğinde ise *Salvia* türlerinin antiseptik, antibakteriyel, idrar söktürücü, hemostatik, spazmolitik, gaz giderici gibi birçok kullanım alanının olduğu belirtilmiştir (Ulubelen ve ark., 1999). Yapılan bilimsel araştırmalar da *Salvia* türlerinden ve bunların diterpenler, triterpenler, flavonoidler gibi sekonder metabolitlerinden hazırlanan ekstraktların antiinflamatuvar, hepatotoksik, sitotoksik, antikanser gibi birçok biyolojik ve farmakolojik aktiviteye de sahip olduğunu göstermiştir (Bakır ve ark., 2020). Bilinen bu özelliklerden yola çıkılarak sunulan çalışmada *Salvia* Cinsinin Türkiye'de endemik olarak yetişen *Salvia hypargeia* Fisch. & C.A. Mey. türünün yapraklarında bazı vitamin, fitosterol

ve yağ asit düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Mataeryal ve Yöntem

2.1. *Salvia hypargeia* fisch. & C.A Mey. toplanması ve tanımlanması

Salvia hypargeia Fisch. & C.A.Mey. TÜRKİYE. C5 Mersin: Tarsus, Gülek mahallesi güneyi, *Pinus* açıklığındaki kayalık alanlar, 37° 14' 35" K, 34° 46' 49" D, 1013 m, H. Eroğlu 1710. tarafından toplanarak tanımlandı.

2.2. Metil esterlerinin hazırlanması ve yağ asitlerinin gaz kromatografi ile analizi

Salvia hypargeia lipid ekstraksiyonu 3:2 (v v⁻¹) oranında izopropanol/hekzan karışımının kullanıldığı metoda göre gerçekleştirildi (Aydın, 2020; Hara ve Radin, 1978). 1 g örnek tartılarak 3:2 (v v⁻¹) oranında 10 mL izopropanol-hekzan karışımı içerisinde 60 sn boyunca homojenize tabi tutuldu. Ardından bu homojenat santrifüj tüplerine alındı ve 10 dk 5000 rpm'de santrifüjlendi. Elde edilen supernatant yağ asitlerinin analizlerinde kullanıldı. Örneklerin yağ asidi bileşimini tespit için, ayrılan örneklerin üzerine % 2'lik metanolik sülfirik asit ilave edilip vortekslenerek örneğin homojen şekilde karışması sağlandı. Elde edilen bu karışım 15 saat boyunca 55 °C sıcaklıkta metilleşmeye bırakıldı. 15 saat sonrasında tüpler oda sıcaklığına soğutulup % 5'lik sodyum klorür (NaCl) ilave edilmek suretiyle karıştırıldı. Tüplerin içinde oluşturulan yağ asidi metil esterleri hekzan ile ekstre edildi. Bu işlem sonunda oluşan hekzan fazı ise üsten pipetle alınarak % 2'lik potasyum bikarbonat (KHCO₃) ile muamele edildi ve 4 saat faz ayrımı için bekletildi (Christie, 1990; Christie, 1992; Tyrzicka ve ark., 2002). Ardısıra bu metil esterlerini içeren karışımların çözücüleri 45 °C'deki azot gazı kullanılarak uçuruldu. Bu işlemden sonra tüp içinde kalan kalıntıya 1 mL kloroform eklenip çözülerek, elde edilen bu son formdaki yağ asidi metil esterleri Shmadzu GC 2010 Plus gaz kromatografisi kullanılarak analize tabi tutuldu. Örneklerin, yağ asitleri metil esterlerine dönüştürülürken kolon sıcaklığı 138–218 °C, enjeksiyon sıcaklığı 240

°C ve dedektör sıcaklığı 280 °C olarak ayarlandı. Helyum gazı taşıyıcı olarak kullanıldı. Analizlere öncelikle, standart yağ asidi metil esterlerine ait karışımlar ilave edilip, her bir yağ asidinin alıkonma süreleri belirlenerek başlandı. Ardından örneklere ait yağ asidi metil esterlerinin yağ asidi miktarları hesaplandı.

2.3. A, E ve K vitamin ve fitosterol miktarlarının HPLC cihazı ile tayini

Bitki örneklerinin vitamin ve fitosterol analizleri için numunelerden 1 g tartılarak 3/2 (h h⁻¹) oranında n-hekzan/izopropil ile homojenize edildi ve % 5 KOH ile 85 °C'de (15 dakika) hidroliz yapıldıktan sonra tüpler fırından çıkarılarak 150 °C'de soğutuldu. Oda sıcaklığında 5 ml distile su ilave edilerek iyice karıştırıldı. Bu işlemden sonra tüplerdeki karışım fazlara ayrılarak üstteki hekzan fazı temiz santrifüj tüplerine alınarak çözücüsü buharlaştırıldı (Akbaba ve ark., 2023; Aydın 2020). Geride kalan kısım 1.0 mL (% 60 + % 40 v v⁻¹) asetonitril/ metanol karışımı ile çözüldükten sonra otosampler viallere alındı. Shimadzu marka HPLC cihazı kullanılarak analizler gerçekleştirildi. Bu ölçüm için Asetonitril/metanol (% 60 + % 40 v v⁻¹) karışımı mobil faz olarak kullanıldı. Mobil fazın akış hızı ise 1 mL dk⁻¹ olarak ayarlandı. A, E ve K vitamin analizleri DAD-UV dedektörü kullanılarak yapıldı. Bunun için kolon olarak ise Nucleodur LC 18 (15 x 4.6 cm, 5 µm; MN USA) kolonu kullanıldı. Dalga boyları olarak A vitamini için 326 nm, E, K vitaminleri ve fitosteroller için ise 202 nm ayarlandı (Lopez-Cervantes ve ark., 2006; Sánchez-Machado ve ark., 2002).

3. Bulgular ve Tartışma

Salvia hypargeia yapraklarının yağ asit içeriği Tablo 1'de, fitosterol içeriği Tablo 2'de, vitamin içeriği ise Tablo 3'de verilmiştir. *S. hypargeia* Mey. yapraklarının yağ asit içeriği değerlendirildiğinde, 14:0 (Miristik asit), 16:0 (Palmitik asit), 18:0 (Stearik asit), 20:0 (Eikosanoik asit), 15:1 (Pentadekanoik asit), 16:1 n-7 (Palmitoleik asit), 18:1 n-9 (Oleik asit), 18:2 n-6 (Linoleik asit), 18:3 n-3 (α-linolenik asit), 20:3 (Eikosatrienoik asit) gibi yağ asitlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca yaprakların 16:0 (Palmitik asit) % 39.66, 18:3 n-3 (α -linolenik asit) % 24.88 ve 18:1 n-9 (Oleik asit) % 7.77 yönünden zengin olduğu görülmüştür. Bitki yapraklarının önemli fitosterollerden ergosterol 60.39 ± 2.15

$\mu\text{g g}^{-1}$ ve beta sterol $76.32 \pm 2.71 \mu\text{g g}^{-1}$ yönünden zengin olduğu ayrıca önemli antioksidan vitaminler arasında yer alan alfa tokoferol içeriğinin de $23.76 \pm 1.57 \mu\text{g g}^{-1}$ iyi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. *Salvia hypargeia* yaprak yağ asit içeriği

Yağ Asitleri	% Yağ asit miktarı
SAFA (Doymuş)	<i>Salvia hypargeia</i> yaprak
14:0 (Miristik asit)	2.91
16:0 (Palmitik asit)	39.66
18:0 (Stearik asit)	6.29
20:0 Eikosanoik Asit	2.37
MUFA (Tekli doymamış)	<i>Salvia hypargeia</i> yaprak
15:1 (Pentadekanoik asit)	3.68
16:1 n-7 (Palmitoleik asit)	3.32
18:1 n-9 (Oleik asit)	7.77
PUFA (Çoklu doymamış)	<i>Salvia hypargeia</i> yaprak
18:2 n-6 (Linoleik asit)	7.18
18:3 n-3 (α -linolenik asit) (LNA)	24.88
20:3 (Eikosatrienoik asit)	1.92

Tablo 2. *Salvia hypargeia* yaprak fitosterol içeriği

Fitosteroller	<i>Salvia hypargeia</i> yaprak ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Ergosterol	60.39 ± 2.15
Stigmasterol	17.25 ± 2.06
Betasterol	76.32 ± 2.71

Tablo 3. *Salvia hypargeia* yaprak vitamin içeriği

Vitaminler	<i>Salvia hypargeia</i> yaprak ($\mu\text{g g}^{-1}$)
K ₁ filokinon	1.48 ± 0.03
α -tokoferol	23.76 ± 1.57
Retinol	0.27 ± 0.05

Bitkilerin tedavi amaçlı kullanılması ya da bitkilerle tedavi yöntemleri günümüzde ‘alternatif tıp veya fitoterapi’ adı ile sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Geçmişten bugüne kadar insanlar, bitkilerden başta hastalıkların tedavisi olmak üzere, eczacılık, gıda, baharat, kozmetik, boya, ziraat gibi pek çok alanda sıklıkla faydalanmışlardır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Genel olarak değerli aromatik bitkilerin yer aldığı yaklaşık 45 cinsin varlığı ile bilinen Lamiaceae ailesinin üyeleri; uçucu yağ ihtiva

etmelerinden dolayı farmakoloji ve parfümeri sektöründe oldukça önemli bir yer tutar. Bu aileye ait türler genel olarak uçucu yağ eldesi ve baharat olarak kullanım alanına sahiptirler. Birçoğu süs bitkisi olarak da yetiştirilirler. Bu familyanın önemli cinsi olan *Salvia* adaçayı olarak adlandırılır (İpek ve Gürbüz, 2010). *Salvia* cinsi dünya çapında önemli bir yere sahiptir. Özellikle yapraklardan üretilen uçucu yağların faydalı kullanımları nedeniyle halk ilaçlarında sıklıkla kullanılmış ve bu cinsin

üyeleri araştırmacılar için popüler bir seçim haline gelmiştir (Komatou ve ark., 2005). Diterpenoidler, triterpenoidler, flavonoidler fenolik asitler ve sakkaritler *Salvia* türlerindeki ana fitokimyasal bileşenler arasında incelenirler. Bitkilerin toprak üstü kısımlarında çoğunlukla çiçekler ve yapraklarda, flavonoidler, triterpenoidler ve monoterpener bulunurken, fenolik asitler ve diterpenoidlerin yüksek oranda köklerde bulunduğu rapor edilmiştir (Xu ve ark., 2018). *Salvia* çayının çeşitli farmasötik formlardaki en önemli tıbbi uygulamasının iltihaplar ve sindirim sistemi bozuklukları olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca antiflojistik, mideye iyi gelen, antiseptik, hipoglisemik, antiastmatik, karminatif, kolagogik, antihidrotik, etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Malencic ve ark., 2000). Farklı *Salvia* türlerinin vitamin D₃, alfa tokoferol, vitamin K₁-K₂ ve vitamin C içerikleri yönünden iyi durumda olduğu gösterilmiştir (Sari ve ark., 2009). İki farklı *Salvia* türünün içermiş oldukları vitamin E ve karotenoid miktarına bağlı olarak antioksidan aktivitelerinin önemli olduğu belirtilmiştir (Zirkovic ve ark., 2017). Farklı *Salvia* türleri ile yapılan çalışmada türlerin antioksidan, antibakteriyel ve sitotoksik etkilere sahip oldukları görülmüştür (Doğan ve ark., 2021). Altı farklı lokasyondan toplanan *Salvia* cinsine ait *S. leriifolia* türünün tohumlarında Ca, P, K, Mg, Fe, Mn, Cu, Na ve Zn gibi farklı mineral ve yağ asitleri (FA) analizinin yapıldığı bir çalışmada, oleik asit, linoleik asitlerin ana doymamış yağ asidi, Palmitik asitin ise ana doymuş FA olduğu, alfa linolenik asit içeriğinin eser seviyelerde olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, altı farklı lokasyondan toplanan *S. leriifolia*'nın türünün tohumlarının iyi yenilebilir bir yağ kaynağı olabileceğini göstermiştir (Yousefi ve ark., 2012). *Salvia* türlerinin araştırmalarla ortaya çıkartılan bu temel özelliklerden yola çıkılarak çalışmamızda Türkiye'de endemik olarak yetişen ve halk arasında çoğunlukla çay olarak tüketiminin olduğu bilinen *S. hypargeia* Fisch. & Mey. türü kullanılmıştır. Sunulan çalışmada bitki yapraklarının yağ asit içeriğı ve vitamin düzeyi belirlenmiştir. *S. hypargeia* yapraklarının 14:0 (Miristik asit); 16:0

(Palmitik asit); 18:0 (Stearik asit); 20:0 (Eikosanoik asit); 15:1 (Pentadekanoik asit); 16:1 n-7 (Palmitoleik asit); 18:1 n-9 (Oleik asit); 18:2 n-6 (Linoleik asit); 18:3 n-3 (α -linolenik asit); 20:3 (Eikosatrienoik asit) içeriğı değerlendirilmiştir. Bitkinin 16:0 (Palmitik asit) % 39.66, 18:3 n-3 (α -linolenik asit) % 24.88, ve 18:1 n-9 (Oleik asit) % 7.77 yönünden zengin olduğu tesbit edilmiştir. Bu sonuçların farklı *Salvia* türlerinde yapılan literatür taramalarıyla uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışmada *S. hypargeia* yapraklarının vitamin ve fitosterol içeriğı değerlendirilmiştir. K1(filokinon), alfa-tokoferol, retinol, gibi vitamin içeriklerinin sırasıyla 1.48 ± 0.03 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 23.76 ± 1.57 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 0.27 ± 0.05 ($\mu\text{g g}^{-1}$), olduğu ergosterol, stigmasterol ve betasterol gibi fitosterol içeriklerinin ise sırasıyla 60.39 ± 2.15 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 17.25 ± 2.06 ($\mu\text{g g}^{-1}$), 76.32 ± 2.71 ($\mu\text{g g}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir. *S. hypargeia* yapraklarının fitosteroller yönünden de olduğu görülmektedir. Bitki kaynaklı steroller, serum kolesterol seviyesini düşürmeleri nedeniyle koroner kalp rahatsızlıklarının engellenmesinde etkileri olan önemli bileşenler olarak incelenirler. Sağlık açısından fitosterollerin en önemli etkisi bağırsaklardaki kolesterol emilimini azaltarak, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyelerinin azalmasına neden olmasıdır. Fitosterollerin metabolizmaya alımı fazla olursa, kolesterolün emilimi ve serum kolesterol düzeyi o derece düşük olmaktadır (Aydın ve ark., 2020). Yapılan farklı literatür taramalarında *S. hypargeia* türünün uçucu yağ ve aroma içeriklerinin tesbit edildiğı bir çalışmada bitkinin yaprak ekstraktının rosmarinik asit ve izokuersetin açısından zengin olduğu, belirlenmiş ayrıca türün etanol ekstraktı, uçucu yağlar ve temel bileşenlerinin, inhibitör, antioksidan, sitotoksik aktivitelere sahip olabileceğı, türün tüm ekstraktlarının antioksidan potansiyellerinin oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Bakır ve ark., 2020). Yapılan farklı bir çalışmada *S. hypargeia* türünün toprak üstü kısımlarının antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Eliuz, 2021). Ataş ve ark. (2011) tarafından yürütölen çalışmada ise *S.*

hypargeia'nın esansiyel yağ içeriği kimyasal bileşimi, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmış bitkinin antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Ataş ve ark., 2011). Aralarında *S. hypargeia*'nın da yer aldığı çalışmada 14 farklı *Salvia* türünde antioksidan kapasite, B₂ vitamin ve mineral içerikleri değerlendirilmiştir. *S. hypargeia* fenol içeriğinin iyi olduğu DPPH radikalini temizleyerek antioksidan kapasiteye sahip olduğu ayrıca B₂ (riboflavin) vitamini ve çeşitli mineraller bakımından zengin olduğu belirtilmiştir (Gezek ve ark., 2019). *S. hypargeia*'nın da yer aldığı farklı *Salvia* türlerini içeren bir çalışmada ise, yağ asitleri metil esterlere dönüştürülerek GC/MS kullanılarak analiz gerçekleştirilmiş, *S. halophila*, *S. hypargeia* ve *S. sclarea*'nın ana yağ asidi bileşenlerinin doymamış oleik, linoleik ve linolenik asitler olduğu rapor edilmiştir (Azcan ve ark., 2004). Aralarında, *S. hypargeia*'nın yer aldığı farklı *Salvia* türlerinde tohum yağının yağ asitleri bileşimlerinin GC/MS ile analiz edildiği bir çalışmada genel olarak linoleik asit, linolenik asit, oleik asit, palmitik asit ve stearik asit içeriklerine sahip oldukları belirlenmiştir (Kılıç ve ark., 2007).

4. Sonuç

Sonuç olarak; *Salvia hypargeia* bitkisinin yapraklarının yağ asitlerinden özellikle 16:0 (Palmitik asit), 18:1 n-9 (Oleik asit) ve 18:3 n-3 (α -linolenik asit) bakımından ayrıca önemli antioksidan vitaminlerden alfa-tokoferol, içeriği yönünden zengin olduğu belirlenmiştir. Bitkinin fitosterol içeriğinin de özellikle ergosterol ve betasterol yönünden iyi durumda olduğu tesbit edilmiştir. Yapılan çalışma ile bitkinin bundan sonra yapılacak veya yapılması planlanan çalışmalar için bir referans teşkil edeceği düşünülmektedir.

Açıklama

Bitkinin toplanması ve tanımlanmasında katkıları olan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Hüseyin Eroğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- Akbaba, E., Erişir, F.E., Aydın, S., Sanyürek, N. K., Çakır, A., 2023. Vitamin content and MDA levels of certain white grape varieties from different altitudes in Turkey. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 5: 428-435.
- Atas, A. D., Goze, I., Alim, A., Cetinus, S. A., Vural, N., Murat Goze, H., Korkoca, H., 2011. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial activities of the essential oil of *Salvia hypargeia* Fisch. & Mey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(3): 289-296.
- Aydın, S., Özkan, G., Yorulmaz, A., 2020. Çeşit, olgunluk ve yoğurma şartlarının zeytinyağının sterol profili üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 18(1): 87-95.
- Aydın, S., 2020. The free radical scavenging activities of biochemical compounds of *Dicranum scoparium* and *Porella platyphylla*. *Anatolian Bryology*, 6(1): 19-26.
- Azcan, N., Ertan, A., Demirci, B.L., Baser, K. H. C., 2004. Fatty acid composition of seed oils of twelve *Salvia* species growing in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 40: 218-221.
- Bakir, D., Akdeniz, M., Ertas, A., Yilmaz, M. A., Yener, I., Firat, M., Kolak, U. 2020. A GC-MS method validation for quantitative investigation of some chemical markers in *Salvia hypargeia* Fisch. & CA Mey. of Turkey: Enzyme inhibitory potential of ferruginol. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9): e13350.
- Bayramoğlu, M., Candan, F. 2014. Antioxidant properties of volatile oils obtained from *Artemisia taurica* Willd. and *Salvia kronenburgii* Rech. Fil. plants and their effects on xanthine oxidase. *African Journal of Biotechnology*, 13(5): 683-692.
- Christie, W.W., 1990. Gas chromatography and lipids, The Oil Press, Glaskow.
- Christie, W.W. 1992. Preparation of fatty acid methyl esters. *Inform.* 3: 1031-1034.

- Çilesiz, Y., Kara, E., Karaköy, T., Baktemur, G. 2023. Sivas Ekolojik Koşullarında Açıkta ve Örtüaltında Yetiştirilen Farklı Çilek Çeşitlerinin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 435-441
- Demir, T., Akpınar, Ö., 2020. Bitkilerde bulunan fitokimyasalların biyolojik aktiviteleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(8): 1734-1746.
- Doğan, M., Akıncı, N., Diken, M. E., Doğan, S., Yılmaz Kardas, B., Dirmenci, T., 2022. Biological activities of some Salvia species. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 77(3-4): 133-143.
- Eliuz, E.A.E., 2021. Antimicrobial activity and mechanism of essential oil of endemic Salvia hypargeia Finc. & Mey. in Turkey. *Indian Journal of Microbiology*, 61(3): 291-299.
- Elmas, S., Elmas, O., 2021. Salvia fruticosa'nın (Anadolu adaçayı) terapötik etkileri. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(1): 114-137.
- Gezek, G., Hashemi, P., Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Sarıoğlu, G., Döker, S., Erim, F.B., 2019. Evaluation of some Turkish Salvia species by principal component analysis based on their vitamin B2, mineral composition, and antioxidant properties. *LWT*, 100: 287-293.
- Göktaş, Ö., Gıdık, B. 2019. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 145-151.
- Hara, A., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90: 420-426.
- İpek, A., Gürbüz, B. 2010. Türkiye florasında bulunan Salvia türleri ve tehlike durumları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2): 30-35.
- Kamatou, G. P., Makunga, N. P., Ramogola, W. P. N., Viljoen, A.M., 2008. South African Salvia species: a review of biological activities and phytochemistry. *Journal of Ethnopharmacology*, 119(3): 664-672.
- Kamatou, G.P.P., Viljoen, A.M., Gono-Bwalya, A.B., van Zyl, R.L., Van Vuuren, S. F., Lourens, A.C.U., Steenkamp, P., 2005. The in vitro pharmacological activities and a chemical investigation of three South African Salvia species. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(3): 382-390.
- Kılıç, T., Dirmenci, T., Gören, A.C., 2007. Chemotaxonomic evaluation of species of Turkish salvia: Fatty acid composition of seed oils. II.
- Lopez-Cervantes, J., Sanchez-Machado, D.I., Rios-Vazquez, N.J., 2006. High performance liquid chromatography method for the simultaneous quantification of retinol, alpha-tocopherol, and cholesterol in shrimp waste hydrolysate. *Journal of Chromatography A*, 1105: 135-139.
- Malenčić, D., Gašić, O., Popović, M., Boža, P., 2000. Screening for antioxidant properties of Salvia reflexa Hornem. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 14(7): 546-548.
- Munteanu, I.G., Apetrei, C., 2021. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7): 3380.
- Sari, A., Kursat, M., Civelek, S., Emre, I., 2009. Vitamin contents of some Salvia L. Taxa growing in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 45: 944-946.
- Sánchez-Machado, D.I., López-Hernández, J., Paseiro-Losada, P., 2002. High performance liquid chromatographic determination of alpha-tocopherol in macro algae. *Journal of Chromatography A*, 976: 277-284.

- Şenkal, B.C., Uskutoğlu, T. 2021. Impacts of Extracts From *Styrax officinalis* L. on Seedling Growth of *Salvia sclarea* L. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3): 750-756.
- Wong, S.P., Leong, L.P., Koh, J.H.W., 2006. Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food chemistry*, 99(4): 775-783.
- Ulubelen, A., Topçu, G., Chai, H.B., Pezzuto, J.M., 1999. Cytotoxic activity of diterpenoids isolated from *Salvia hypargeia*. *Pharmaceutical Biology*, 37(2): 148-151.
- Xu, J., Wei, K., Zhang, G., Lei, L., Yang, D., Wang, W., Li, M., 2018. Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of Chinese *Salvia* species: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 225: 18-30.
- Tvrzicka, E., Vecka, M., Stankova, B., Zak, A., 2002. Analysis of fatty acids in plasma lipoproteins by gas chromatography flame ionisation detection Quantitative aspects. *Analytica Chimica Acta*, 465: 337-350.
- Yousefi, M., Nazeri, V., Moayedi, A., Mirza, M., 2012. Chemical composition and Fatty acid profile of some wild populations of *Salvia leriifolia* Benht. *Iranian Journal of Natural Resources Research*, 1(1): 37-45.
- Zivković, J., Ristić, M., Kschonsek, J., Westphal, A., Mihailović, M., Filipović, V., Böhm, V., 2017. Comparison of chemical profile and antioxidant capacity of seeds and oils from *Salvia sclarea* and *Salvia officinalis*. *Chemistry & Biodiversity*, 14(12): e1700344.

Atf Şekli	Bayramoğlu Akkoyun, M., 2024. <i>Salvia hypargeia</i> Fisch. & C.A Mey. Yapraklarının Vitamin, Fitosterol ve Yağ Asit İçeriğinin Belirlenmesi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 604-611. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12604252 .
To Cite	Bayramoğlu Akkoyun, M., 2024. Determination of Vitamin, Phytosterol and Fatty Acid Content of <i>Salvia hypargeia</i> Fisch. & C.A Mey. Leaves. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 604-611. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12604252 .

Yazlık Ekimde Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Fizyolojik, Kalite ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi

Seval ELİŞ¹, Ferhat KIZILGEÇİ^{1*}, Emine SINIR², Mehmet YILDIRIM³

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mardin

² Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mardin

³ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): ferhatkizilgeci@artuklu.edu.tr

Özet

Küresel iklim değişikliği sürdürülebilir bitkisel üretimi büyük ölçüde olumsuz şekilde etkilemektedir. Buğdayın büyüme ve gelişme döneminde kuraklık ve sıcaklık stresi, buğday verimini ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdir. Çalışma, 2023 yılı üretim sezonunda Diyarbakır'da gerçekleştirilmiştir. Çalışmada materyal olarak International Maize and Wheat Improvement Center'dan (CIMMYT) temin edilen 14 genotip ve standart olarak Empire Plus, Hilar ve Amida çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmada SPAD (Bayrak yaprak klorofil içeriği), NDVI (Normalleştirilmiş vejetasyon farklılık indeksi), bitki boyu, tane verimi, 1000-tane ağırlığı, protein içeriği ve nişasta içeriği özellikleri incelenmiştir. İncelenen özellikler arasında NDVI hariç diğer tüm özelliklerde genotipler arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Yazlık ekim sonucunda tane verimi, 1000-tane ağırlığı ve bitki boyunda önemli ölçüde kısalma meydana geldiği görülmüştür. Protein ve nişasta içeriği özelliklerinde artış meydana gelmiştir. Korelasyon analizine göre başaklanma döneminde ölçülen SPAD ile 1000-tane ağırlığı ve protein içeriği arasında pozitif ve NDVI ile tane verimi arasında pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Biplot analizine göre G13, Amida ve Empire Plus genotiplerinin stabil olmaları ve tane verimi yönünden yüksek performans göstermeleri nedeniyle özellikle sıcaklık stresli koşullar için uygun oldukları ve ıslah çalışmalarında ebeveyn olarak kullanılabilmesi kanaati hasıl olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar buğdayda yazlık ekim yapmak zorunda kalan çiftçilerin sulamak kaydıyla tatminkâr verim alabileceklerini göstermektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :15.04.2024
Kabul Tarihi :22.05.2024

Anahtar Kelimeler

Biplot
protein içeriği
tane verimi
SPAD
NDVI

Determination of Physiological, Quality and Yield Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes in Spring Sowing

Abstract

Global climate change has a major negative impact on sustainable crop production. Drought and heat stress during wheat growth and development are the most important factors affecting wheat yield and quality. The study was carried out in Diyarbakır in the 2023 production season. In the study, 14 genotypes obtained from International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT) and Empire Plus, Hilar and Amida were used as standard varieties. SPAD (Flag leaf chlorophyll content), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), plant height, grain yield, 1000-grain weight, protein content and starch content were investigated. Significant differences were found among genotypes for all traits, with the exception of NDVI values. Due to spring sowing, there was a noticeable drop in both grain yield and 1000 grain weight values, and the plant height was severely reduced. Protein and starch content values increased. According to correlation analysis, there was a positive significant relationship between SPAD and 1000-grain weight and protein content and a positive significant relationship between NDVI and grain yield. The biplot study indicated that genotypes G13, Amida, and Empire Plus exhibit exceptional suitability for heat-stressed circumstances. These genotypes can be utilized as parental lines in breeding research due to their stability and remarkable performance in terms of grain yield potential. The findings indicate that farmers who are have to sow wheat in spring can achieve satisfactory yields as long as they irrigate.

Research Article

Article History

Received :15.04.2024
Accepted :22.05.2024

Keywords

Biplot
protein content
grain yield
SPAD
NDVI

1. Giriş

Küresel iklim değişikliği sürdürülebilir bitkisel üretimi büyük ölçüde olumsuz şekilde etkilemektedir. Aşırı hava olayları, özellikle sıcaklık ve düzensiz yağış, giderek artan insan nüfusunu beslemek için gerekli olan tahıl ürünlerinin yetiştirilmesinde kısıtlamalara neden olmaktadır. Buğdayın büyüme ve gelişme döneminde kuraklık ve sıcaklık stresi, buğday verimini ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdir. İklim olaylarında dengesizliklerin ve aşırılıkların şiddetinin artması ürün verimi ve kalitesinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. İklim değişkenliğinin mahsul metabolizması üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisini azaltmak ve tahıl verimini ve kalitesini artırmak için tarımsal ve genetik çalışmalar sürekli güncellemeler gerektirmektedir. Tane dolumu sırasındaki termal stres ve su eksikliği, tane veriminin yanı sıra protein içeriği ve bileşimindeki dalgalanmalardan da sorumludur (Ciaffi ve ark., 1996). İnsan nüfusunun en önemli temel gıdası olan buğday, dünyanın altı kıtasında farklı iklim koşullarına adapte olmuş bir bitkidir. Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan yaklaşık 4.5 milyar nüfusun yaşamsal faaliyetlerini yerine getirmeleri için gerekli olan kalorienin % 21'i ve proteinin % 20'sini buğdaydan karşılamaktadır (Braun ve ark., 2010). Dünyada 2021-2022 üretim sezonunda 222 milyon hektar alanda buğday ekimi yapılmış ve 781 milyon ton ürün elde edilmiştir (Anonim, 2023). Ancak bu miktar, hızla artan dünya nüfusunu beslemek için yeterli olmayacak ve 2050 yılına kadar 198 milyon ton ek buğdaya ihtiyaç duyulacaktır (Sharma ve ark., 2015; Riaz ve ark., 2021). Bu ihtiyacın giderilmesi ancak tarla koşullarında yoğun seleksiyon yoluyla yüksek verimli, farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilen ve abiyotik strese dayanıklı buğday genotiplerinin geliştirilmesiyle gerçekleştirilebilir. Tarla

koşullarında yüksek sıcaklık ve kuraklık stresinin buğdayda protein/nişasta birikimi ve verim özellikleri üzerindeki etkisi ancak geciktirilmiş ekim zamanı koşullarında farklı hatlar kullanarak ortaya çıkarılabilir. Bu çalışma, yazlık ekim yapılan farklı buğday genotiplerinin fizyolojik, verim ve kalite performanslarını değerlendirmek için yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyali ve yetiştirme koşulları

Araştırma, Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren Teknobiltar Ar-Ge şirketine ait araştırma sahasında (37°55'34.24" K; 40°15'27.34" D), 2023 yılı üretim döneminde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada materyal olarak International Maize and Wheat Improvement Center'dan (CIMMYT) temin edilen 14 genotip ve standart olarak Empire Plus, Hilar ve Amida çeşitleri kullanılmıştır. CIMMYT'in melez programından temin edilen nursery setlerinin pedigrisi Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 9 Nisan 2023 tarihinde yazlık ekim olarak kurulmuştur. Ekim işlemi $4 \times 1.2 = 4.8 \text{ m}^2$ büyüklüğündeki parsellere, m^2 'de 500 tohum olacak şekilde deneme mibzeriyle yapılmıştır (Eliş, 2023). Ekim ile birlikte dekara 6 kg saf azot ve 6 kg saf fosfor olacak şekilde 20-20-0 kompoze gübre ve sapa kalkma döneminde 6 kg saf azot üre (% 46) formunda uygulanmıştır. Araştırma yazlık ekime göre bölge için geç bir tarihte gerçekleştirildiğinden bitkilerin sağlıklı bir gelişim göstermesi için deneme alanı yağmurlama sulama sistemiyle toplamda 2 defa 6'şar saat gündüz vaktinde sulanmıştır. Deneme alanında görülen yabancı otlar elle uzaklaştırılmış ve hastalıklara karşı kimyasal ilaç uygulaması yapılmıştır. Hasat deneme biçerdöveriyle 22 Temmuz 2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. CIMMYT'ten temin edilen ekmeklik buğday hatlarına ait pedigri listesi

No	Pedigri
G1	MUCUY*2/AMUR
G2	"02W50807_1/4/PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/5/02W50807/4/PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING"
G3	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/KAUZ/GYS//KAUZ/5/NING MAI 96035/FINSI//HEILO
G4	BECARD//KIRITATI/2*TRCH/3/BECARD/4/NEJMAH-6/Pavon Sr 24+ SR 26+Sr 31
G5	HEILO/MIRIAM 41/3/AGUILAL/FLAG-3//Livingston/4/BAVIS//ATTILA*2/PBW65
G6	02W50807_1/4/PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/5/Avocet+Lr 67
G7	RHINO1A.1D5+10-4/TILHI/5/02W50807/4/ PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/6/ND643/*WBLL1//2*KACHU/7/P1.861/RDWG//ESWYT99#18/ARRIHANE/3/PFAU/MILAN/9/UTIQUE96/FLAG1//SR22/CO1213/4/HEILO/3/SW89.5277/BORL95//SKAUZ/8/BABAX//ATTILA/3*BCN/3/PASTOR/(truncated)
G8	PAURAQ/NELOKI/3/WBLL1*2/BRAMBLING*2//BAVIS
G9	MUNAL/5/KIRITATI/4/2*SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/6/2*KACHU/KIRITATI
G10	PFAU/MILAN/3/BABAX/LR42//BABAX/11/CROC_1/AE.SQUARROSA(213)//PGO/10/ATTILA*2/9/KT/BAGE//FN/U/3/BZA/4/TRM/5/ALDAN/6/SERI/7/VEE#10/8/OPATA/12/2*KUTZ
G11	VENDA/3/ATTILA*2/PBW65*2//MURGA/4/KACHU #1/KIRITATI//KACHU
G12	KACHU/DANPHE/3/KACHU//KIRITATI/2*TRCH
G13	WBLL1*2/BRAMBLING//TAM200/TUI/3/VILLA JUAREZ F2009/4/ SWSR22T.B./ 2*BLOUK #1//WBLL1*2/ KURUKU
G14	DANPHE/3/ROLF07/YANAC//TACUPETO F2001/BRAMBLING/4/ROBINK
G15	WHEAR/VIVITSI//WHEAR*2/3/KACHU/4/2*BORL14
G16	WHEAR//2*PRL/2*PASTOR/3/QUAIU #1/4/2*BORL14

Çalışmanın yürütüldüğü aylara ve uzun yıllara ait Diyarbakır ilinin iklim verileri Tablo 2'de verilmiştir. 2023 yılı yetiştirme sezonu ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarı sırasıyla 18.5 °C ve 285.9 mm olarak

gerçekleşmiştir. Buğday bitkisinin başaklanma ve tane olum dönemi Mayıs ayının son haftası ve Haziran ayının başına denk gelmesinden dolayı bitkiler yüksek sıcaklık stresine maruz kalmıştır.

Tablo 2. Deneme alanının 2023 yılı ve uzun yıllarına (1923-2023) ait iklim verileri

Aylar	Aylık Sıcaklık (°C)		Aylık Toplam Yağış (mm)	
	2023	Uzun Yıllar	2023	Uzun Yıllar
Şubat	4.0	3.7	57.6	67.2
Mart	12.0	8.3	131.0	66.7
Nisan	14.7	13.8	79.4	68.4
Mayıs	20.1	19.3	16.0	44.8
Haziran	27.6	26.1	0.0	8.7
Temmuz	32.3	31.0	1.9	1.3
Ortalama /Toplam	18.5	30.6	285.9	257.1

2.2. İncelenen özellikler

Çalışmada bitki boyu, 1000-tane ağırlığı, tane verimi, protein içeriği, nişasta içeriği, NDVI (Normalleştirilmiş vejetasyon farklılık indeksi) ve SPAD (Bayrak yaprak klorofil içeriği) özellikleri incelenmiştir. SPAD ölçümü yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile yapılmıştır. Ölçüm her parselde rastgele seçilen 10 bitkide bitkiler Zadoks ve ark.,

(1974) gelişme skalasına göre başaklanma (GS 59) evresindeyken bitkinin ana sap bayrak yaprağının orta bölümünde damara denk gelmeyecek biçimde, saat 10:00-14:00 aralığında havanın bulutsuz ve açık olduğu zamanda gerçekleştirilmiştir. NDVI ölçümü bitkinin başaklanma evresinde havanın açık ve rüzgârsız, bitki yüzeyinin yağmur, çığ vs. den ıslanmadığı, güneş ışınlarının dik geldiği 12:00-13:00 saatleri arasında bitkilerin sağlık durumunu belirlemek için GreenSeeker aletiyle ölçülmüştür. Bitki boyu her parselden

10 bitkinin toprak yüzeyinden başağın en uç kısmı cm cinsinden ortalaması alınarak belirlenmiştir. Tane verimi, hasat sonunda her parselden elde edilen tane ürünü 0.01 g hassas terazide tartılarak elde edilen rakamlar kg da^{-1} 'a çevrilmiştir. 1000-tane ağırlığı her parselden elde edilen tohumlar 4'er defa 100'er tane sayılmış, tartılıp ortalaması alınmış ve 10 ile çarpılarak bulunmuş g olarak verilmiştir. Taneler öğütme işlemine tabi tutulmadan, her parselden alınan örneklerin protein ve nişasta içeriği GrainSense cihazında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara ait veriler JMP Pro-17 istatistik paket programı ve biplot grafikleri GenStat 12th paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Verim, verim unsurları ve fizyolojik ölçümler

Ekmeklik buğday hat ve çeşitlerin incelenen özelliklerine ait varyans analizi sonuçları, ortalama değerleri ve bunlar arasında oluşan gruplandırmaları Tablo 3'te verilmiştir. İncelenen özelliklerden tane verimi, 1000-tane ağırlığı, bitki boyu, protein oranı, nişasta oranı ve SPAD özellikleri için genotipler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar belirlenirken, NDVI özelliği için önemli farklılık belirlenmemiştir. Sattar ve ark. (2010) verime katkıda bulunan karakterlerin, buğdayın ekim tarihine genotipik tepkisi ve genotiplerin farklı genetik potansiyele sahip olması nedeniyle değişim gösterebileceğini bildirmiştir.

Tablo 3. Araştırmada kullanılan ekmeklik buğday genotiplerinin incelenen özelliklerine ait ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları

Genotip	NDVI	SPAD	Bitki Boyu	Tane verimi	1000-tane ağırlığı	Protein içeriği	Nişasta içeriği
G1	0.65	49.3 cde	68.3 fg	410.42 b-e	27.07 bcd	15.6 b-f	82.71 bc
G2	0.61	46.7 ef	71.9 c-g	401.98 c-f	29.84 abc	15.2 c-f	82.29 bcd
G3	0.70	51.3 a-e	72.5 b-f	432.29 abc	31.76 ab	15.2 c-f	81.82 bcd
G4	0.62	49.3 cde	82.1 a	409.00 b-f	24.95 cd	15.0 ef	82.57 bcd
G5	0.70	46.5 ef	78.6 abc	464.90 ab	28.77 bc	15.6 b-f	82.79 b
G6	0.65	54.9 ab	75.3 a-f	425.63 a-d	34.34 a	17.0 ab	80.78 de
G7	0.67	50.9 a-e	77.8 a-d	447.60 abc	27.00 bcd	15.0 def	82.69 bc
G8	0.65	50.3 b-e	69.6 efg	251.88 h	28.50 bc	16.9 ab	80.94 cde
G9	0.66	53.1 abc	65.3 g	361.77 efg	30.32 ab	16.7 a-d	81.56 b-e
G10	0.67	44.4 f	71.6 c-g	350.00 fg	23.44 d	16.1 b-f	81.89 bcd
G11	0.65	55.6 a	69.8 efg	369.06 d-g	31.05 ab	18.1 a	80.01 e
G12	0.67	52.0 a-d	73.5 b-f	325.00 g	28.58 bc	16.8 abc	81.13 b-e
G13	0.71	52.7 abc	77.1 a-e	474.79 a	29.40 abc	15.2 c-f	82.92 ab
G14	0.60	47.5 def	70.5 d-g	409.69 b-f	31.84 ab	14.5 f	84.66 a
G15	0.69	52.9 abc	71.5 c-g	441.00 abc	28.00 bcd	16.0 b-f	82.85 b
G16	0.65	54.4 ab	68.4 fg	415.52 a-e	30.04 ab	16.7 abc	81.42 b-e
Amida	0.66	52.3 a-d	80.0 ab	469.17 ab	31.25 ab	16.5 a-e	81.61 b-e
EmpirePlus	0.70	52.5 abc	78.4 abc	466.15 ab	29.94 abc	15.5 b-f	82.71 bc
Hilar	0.64	46.9 ef	75.5 a-f	446.67 abc	31.13 ab	16.6 a-d	80.95 cde
Genel Ortalama	0.66	50.69	73.5	409.08	29.33	16.0	82.02
Hat Ortalaması	0.66	50.72	72.74	399.41	29.06	15.98	82.06
Çeşit Ortalaması	0.67	50.53	77.97	460.66	30.77	16.20	81.76
DK (%)	6.66	4.56	4.97	7.02	8.17	4.98	1.05
LSD(0,05)	ö.d.	2.31**	3.66*	28.70**	2.40*	0.80*	0.86*

*:p<0.05, **:p<0.01, ö.d.: önemli değil

Tane verimi özelliği için G13 genotipi 474.79 kg da^{-1} ile hem hatlardan hem de standart çeşitlerden daha yüksek tane verimine

sahip olmuştur. En düşük tane verimi ise 251.88 kg da^{-1} ile G8'de belirlenmiştir. Genel ortalama, hatların ortalaması ve standart

çeşitlerin ortalaması sırasıyla 409.08 kg da⁻¹, 399.41 kg da⁻¹ ve 460.66 kg da⁻¹ olduğu görülmüştür. G5, G7, G13 ve G15 hatları bölge şartlarına uyumlu standart çeşitlerden yüksek veya benzer değerlere sahip olmuştur. Hatlar arasında bu özellik yönünden çok fazla farklılığın ortaya çıktığı görülmüştür. Bu farklılığa neden olabilecek etkinin çevre koşullarının yanı sıra büyük oranda genetik yapıdan ileri geldiği yani normal ekime göre geç ekimde başaklanma için gereken sürenin kısalması nedeniyle araştırmada yer verilen genotiplerin erkenci ya da geçici olmasının tane verimini etkilediği düşünülmektedir. Çalışmada elde edilen tane verimi değerleri bölgede normal ekim zamanında Albayrak ve ark. (2020) ve Eliş ve Kızıılgeçi (2023)'nin elde edilen değerlerinden yüksek bulunmuştur. Kılıç ve ark. (2014) ve Erdem ve Sakin (2023) tane verimi üzerine hem çevre hem de genetik varyasyonun etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

1000-tane ağırlığı değeri 23.44 ile 34.34 g aralığında bulunmuştur. En yüksek 1000-tane ağırlığına G3 genotipi sahip olmuştur. Genel, çeşit ve hat ortalamaları sırasıyla; 29.33 g, 30.77 g ve 29.06 g olduğu görülmüştür. Çeşit ortalama değerini geçen 4 hat (G3, G6, G11, G14) olduğu tespit edilmiştir. 1000-tane ağırlığı değerlerindeki bu farklılığın nedeni genetik çeşitliliğin etkisini göstermektedir. Birçok araştırmacının çalışmalarında bulunduğu ortalama 1000-tane ağırlığı değerleri çalışma bulgularından yüksek bulunmuş olup (Çağlar ve ark., 2006; Aydoğan ve Soylu, 2017; Albayrak ve ark., 2020; Karaman 2020) geç ekimle birlikte yüksek sıcaklığın özellikle başaklanma dönemine denk gelmesi 1000-tane değerinin düşük olmasına neden olmaktadır (Eliş ve Biçer, 2022). Çalışmanın 1000 tane ağırlığı değerleri bazı araştırmacıların bulgularıyla benzer olduğu görülmüştür (Kılıç ve ark., 2014; Bayram ve ark., 2017).

Bitki boyu değerleri 68.3 cm (G9) - 82.1 cm (G4) arasında değişmiştir. Yazlık ekimden kaynaklı olarak bitki vejetasyon süresinin kısalması, yağışın yetersizliği, sıcaklığın yüksek olması ve vejetatif aksamın fazla oluşmaması nedeniyle bitki boyu değerlerinin

düşük kalması beklenirken, yapılan sulamaların etkisiyle bitki boyunda aşırı kısalma meydana gelmemiştir. Genotiplerin bitki boyu değerleri normal koşullarda yürütülen çoğu çalışmada elde edilen değerlerden düşük olduğu belirlenmiştir. Bitki boyu özelliğinin çevre ve genetik yapıdan etkilendiğini birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Kılıç ve ark., 2014; Aydoğan ve Soylu, 2017; Göy ve Sakin, 2023).

Protein ve nişasta içeriği özellikleri ekmeklik buğdayda önemli kalite parametrelerindedir. Protein içeriği için en düşük değere G14 (% 14.5) ve en yüksek değer ise G11 genotipinin (% 18.1) sahip olduğu görülmüştür. Nişasta içeriği ise en düşük ve en yüksek değere sahip olan hatlar sırasıyla; G11 (% 80.01) ve G14 (% 84.66)'tür. Protein ve nişasta içeriğine ait genel ortalama, hatlar ve standart çeşitlerin ortalamasının sırasıyla; % 16.0, % 15.98 ve % 16.20 ve %82.02, % 82.06 ve % 81.76 olduğu tespit edilmiştir. Buğday unu ve ekmeğinin kalite ve fizyo-kimyasal özellikleri de tane dolum dönemindeki yüksek sıcaklık stresi nedeniyle değişmekte (Perrotta, 1998) ve unun protein içeriğinde değişiklikler meydana gelmektedir (Wardlaw ve ark., 2002). Diyarbakır koşullarında erken ekimlerde Albayrak ve ark. (2020) protein ve nişasta içeriğinin sırasıyla % 12.42-14.75 ve % 64.90-65.81 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu değerlerin çalışma bulgularından düşük olduğu görülmüştür. Aynı koşullarda protein ve nişasta içeriği özelliği için Eliş ve Kızıılgeçi (2023)'nin sırasıyla % 13.74-18.8 ve % 79.53-84.22 ve Kızıılgeçi ve ark. (2023)'nin sırasıyla %13.28-17.93 ve % 80.15-84.77 elde ettiği değerler çalışma bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

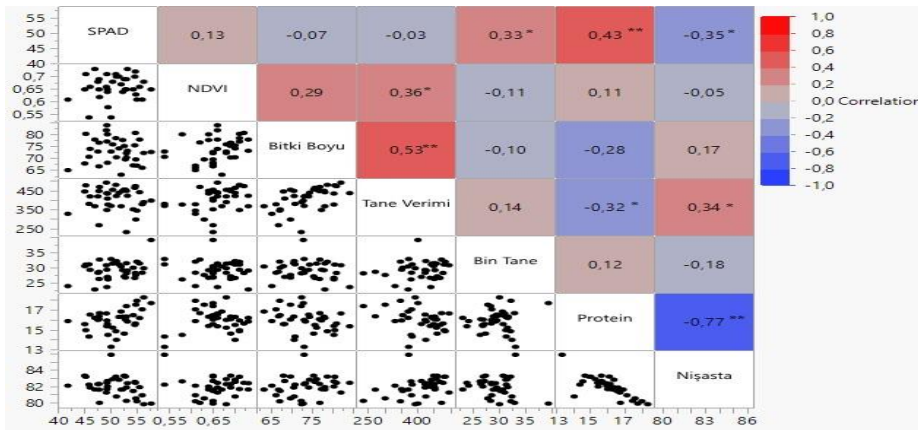
Bitkinin sağlıklı gelişimi hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlayan bazı fizyolojik ölçüm aletleri ile başaklanma döneminde yapılan ölçüm sonuçlarına göre; SPAD ve NDVI değerleri sırasıyla 44.3-55.6 ve 0.60-0.71 arasında değişmekle birlikte, SPAD değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşurken NDVI değerlerinde fark oluşmamıştır. SPAD bakımından genel, hat ve standart çeşitlerin ortalaması bakımından

benzer değerler saptanırken en düşük değeri G10 hattı ve en yüksek değeri G11 almıştır. NDVI için benzer değerler saptanmış olmasına rağmen G3, G13 ve Empire Plus'ın genel görünümü ve bitki sağlığı bakımından diğer hat ve standart çeşitlere nazaran daha iyi performans göstermişlerdir. Albayrak ve ark. (2020)'nin bulduğu SPAD değerlerinin çalışma bulgularından düşük, Günen ve ark. (2023)'nin bulduğu değerlerin ise çalışma bulgularından yüksek olduğu bulunmuştur. Eliş ve Biçer (2022)'in bulgularındaki NDVI değişimlerinin (0.67-0.71) çalışma bulguları aralığı içinde olduğu gözlenmiştir.

3.2. Scatterplot matrix korelasyon ve biplot analizi

Buğdayda tane verimi ve ilgili bileşenlerinin korelasyon analizi, tane

veriminin artırılmasında ve uygun genotip seçim kriterlerinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Çalışmada incelenen özelliklere ait Scatterplot Matrix korelasyon analizi Şekil 2'de verilmiştir. Tane verimi ile NDVI, bitki boyu ve nişasta oranı arasında önemli ve pozitif, protein oranı arasında ise negatif yönden önemli ilişki olduğu belirlenmiştir. Nişasta oranı ile protein oranı ve SPAD değeri arasında negatif yönde önemli ilişki olduğu, SPAD değeri ile protein ve 1000-tane arasında pozitif yönde önemli korelasyon ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgularla benzer şekilde Ahmed ve Hassan (2015) geç ekimden kaynaklı kalite özelliklerinde iklim koşullarının etkisinin baskın olduğu ve bazı kalite özellikleri ile tane verimi arasında ters ilişki gözlemlendiğini bildirmişlerdir.



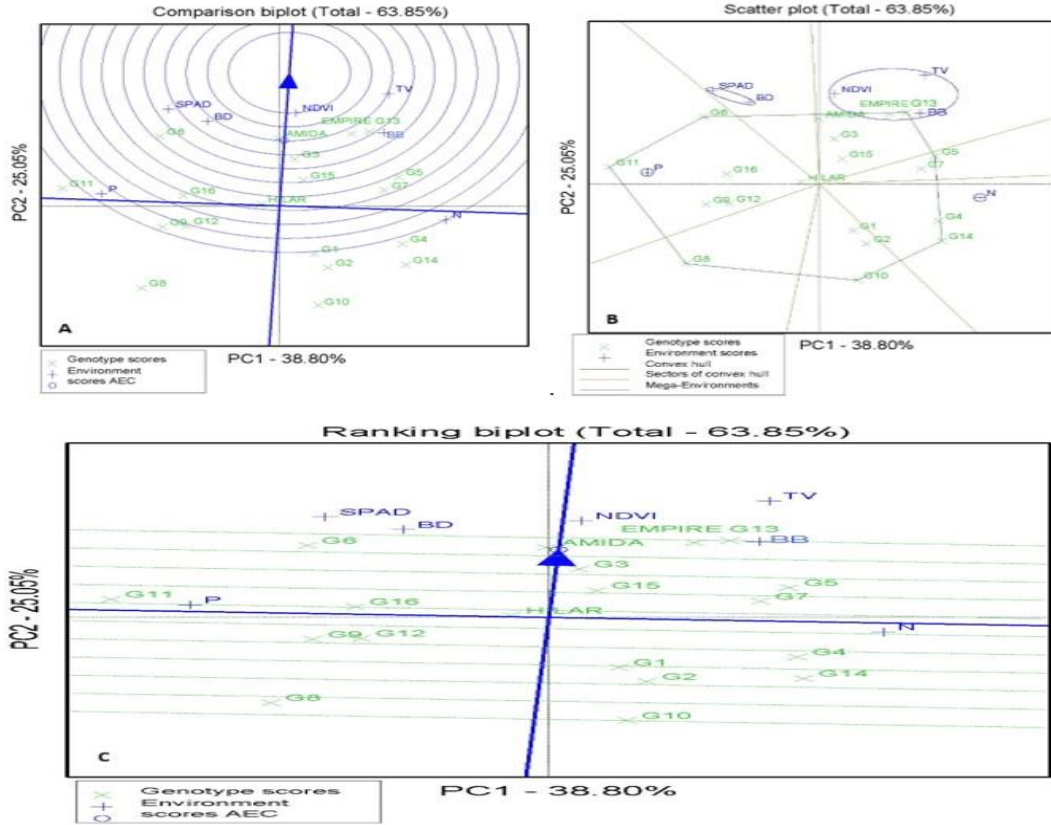
Şekil 2. Araştırmada incelenen özelliklere ait Scatterplot Matrix korelasyon gösterimi

Biplot, birçok bilim alanında (tarım, tıp, çalışma bilimi, sosyoloji vb.) popüler bir veri gösterim aracıdır. Son yıllarda, bu yöntem bitki ıslahçıları ve tarımsal araştırmacılar tarafından çalışmalarında kullandıkları çeşitlerin performanslarını ve farklı çevrelerdeki stabilitelelerini belirlemek için kullanılmaktadır (Kizilgeci ve ark., 2019a; Kizilgeci ve ark., 2019b). Biplot analizi grafikleri Şekil 3'te verilmiştir. PC1 (% 38.80) + PC2 (% 25.05) toplam varyansın % 63.85'ini temsil etmektedir. Merkez eş merkezli dairelerden biri ideal bir çeşidin olması gereken yeri göstermektedir. OTK (Ortalama Test Koordinatı) x eksenindeki izdüşümü tüm çeşitlerin en uzun vektörüne eşit olacak şekilde

tasarlanmış ve OTK y eksenindeki izdüşümü sıfırdır, bu da sabit olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bir çeşidin mesafesi ne kadar küçükse, o çeşit o kadar idealdir. Dolayısıyla Amida çeşidi eş merkezli merkeze en yakın çeşittir. Ancak Amida ile Empire Plus ve G13 arasında anlamlı bir farklılıkta görülmemektedir (Şekil 3A). Özellikler arası ilişkinin gösteriminde G13, G5, G14, G10, G8, G11 ve G6 köşe çeşitler olarak 7 sektöre ayrılmıştır (Şekil 3B). NDVI, tane verimi ve bitki boyu sektörü için G13, protein içeriği sektörü için G11 ve nişasta sektörü için G14 köşe çeşitler olmuştur. Araştırmada incelenen tüm özelliklerin ortalamasına göre oluşturulan OTK Şekil

3C’de gösterilmiştir. Empire Plus ve G13 en yüksek ortalama değerlere sahip olurken G10 en düşük ortalama değerlere sahip olan genotip

olmuştur. Stabilité yönünden G11’in en düşük stabilitesi, Amida ve G3’ün en stabil genotipler olduğu görülmüştür.



Şekil 3. (A) ideal çeşitlerin karşılaştırılması (B) dışbükey görünümü (C) genotiplerin ortalama performansı ve stabilitesine ait Biplot analizi grafiği

4. Sonuçlar

Yazlık ekim yapılan farklı buğday genotiplerinin fizyolojik, verim ve kalite performanslarını değerlendirmek için yürütölen çalışmada; elde edilen verilere ve Biplot analiz sonuçlarına göre CIMMYT orjinli G13 genotipi tane verimi için, G11 genotipi protein içeriği özelliği için ön plana çıkmıştır. Amida tüm özellikler yönünde en stabil genotip olmuştur. G13, Amida ve Empire Plus genotipleri özellikle kurak koşullar için yapılacak olan çalışmalarda yer verilmesi kanaati oluşmuştur. Bölgede aşırı geç zamanda buğday ekimi yapılması durumunda bile ortalama 450 kg da⁻¹ verim alınması herhangi bir nedenle buğday ekemeyen çiftçilerin sulamayla tatminkâr verim alabileceklerini göstermektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

Albayrak, Ö., Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Akıncı, C. 2020. Farklı çevrelerde yetiştirilen yazlık ekmeçlik buğday genotiplerinin tane verimi ve kalite özellikleri yönünden incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2): 167-174.

- Anonim, 2023 Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Durum Tahmin Buğday 2023. <http://araştırma.tarimormn.gov.tr/tepge> (Erişim tarihi: 10.02.2024).
- Ahmed, M., Hassan, F., 2015. Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) quality traits and yield to sowing date. *Plos one*, 10(4): e0126097.
- Aydoğan, S., Soylu, S. 2017. Ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1): 24-30.
- Bayram, S., Öztürk, A., Aydın, M., 2017. Ekmeklik buğday genotiplerinin Erzurum koşullarında tane verimi ve verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4): 569-579.
- Braun, H.J., Atlin, G., Payne, T., Reynolds, M.P. 2010. Climate change and crop production. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI.
- Ciaffi, M., Tozzi, L., Borghi, B., Corbellini, M., Lafiandra, D. 1996. Effect of heat shock during grain filling on the gluten protein composition of bread wheat. *Journal of Cereal Science*, 24(2): 91-100.
- Çağlar, Ö., Öztürk, A., Bulut, S. 2006. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin Erzurum ovası koşullarına adaptasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1): 1-7.
- Eliş, S., Bicer, B.T. 2022. Yetiştirme sistemlerinin kurak şartlarda buğdayın verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 351-360.
- Eliş, S., Kızılgöçü, F. 2023. Ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve kalite performansının farklı analiz yöntemlerine göre incelenmesi. *Akdeniz 10th International Conference On Applied Sciences*, 2-5 November, Kyrenia, s. 201-209.
- Eliş, S. 2023. Sürdürülebilir tarımda baklagil döngülü ekim nöbetinin konvansiyonel ve düşük girdili koşullarda agronomik, çevresel ve ekonomik etkilerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Erdem, B., Sakin, M.A. 2023. Determination of Yield and Quality Characteristics of Some Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties at Bilecik-Merkez Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 303-315.
- Göy, A.G., Sakin, M.A. 2023. Tokat-Zile yöresinde bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kuru ve sulu koşullarda verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(3): 513-521.
- Güven, C., Eliş, S., Kızılgöçü, F., 2023. Geç ekiminin makarnalık buğday (*Triticum Durum* L.) genotiplerinin fizyolojik, kalite ve verim özelliklerine etkisi. Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde İleri ve Çağdaş Çalışmalar. Duvar Yayınları.
- Kılıç H., Kendal, E., Aktaş H., Tekdal, S., 2014. İleri kademe ekmeklik buğday hatlarının farklı çevrelerde tane verimi ve bazı kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 4(4): 87-95.
- Kızılgöçü, F., Eliş, S., Yıldırım, M., 2023. Kurak koşullarda ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve kalite performansının incelenmesi. *Africa 3. International Conference On New Horizons In Sciences*, 1- 3 Eylül, Casablanca, s.171-177.
- Kızılgöçü, F., Albayrak, O., Yıldırım, M., Akinci, C., Tuba Bicer, B., 2019a. Evaluation of yield and yield components of some Turkish maize landraces grown in south eastern Anatolia, Turkey by biplot analysis. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 7(4): 583-592.

- Kızılgeci, F., Albayrak, Ö., Yıldırım, M., 2019b. Evaluation of thirteen durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes suitable for multiple environments using GGE biplot analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (9): 6873-6882.
- Karaman, M. 2020. Yazlık Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Tarımsal Özellikler Açısından Değerlendirilmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1): 68–81.
- Perrotta, C., Treglia, A.S., Mita, G., Giangrande, E., Rampino, P., Ronga, G., Spano, G., Marmioli, N., 1998. Analysis of mRNAs from ripening wheat seeds: The effect of high temperature. *Journal of Cereal Science*, 27: 127–132.
- Riaz, M.W., Yang, L., Yousaf, M.I., Sami, A., Mei, X.D., Shah, L., Ma, C. 2021. Effects of heat stress on growth, physiology of plants, yield and grain quality of different spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Sustainability*, 13(5): 2972.
- Sattar, A., Cheema, M.A., Farooq, M., Wahid, M.A., Wahid, A., Babar, B.H., 2010. Evaluating the performance of wheat cultivars under late sown conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(4): 561-565.
- Sharma, I., Tyagi, B.S., Singh, G., Venkatesh, K., Gupta, O.P., 2015. Enhancing wheat production-A global perspective. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(1): 03-13
- Wardlaw, I.F., Blumenthal, C., Larroque, O., Wrigley, C.W., 2002. Contrasting effects of chronic heat stress and heat shock on kernel weight and flour quality in wheat. *Functional Plant Biology*, 29: 25–34.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6): 415-421.

Atıf Şekli	Eliş, S., Kızılgeçi, F., Sınır, E., Yıldırım, M., 2024. Yazlık Ekimde Ekmeklik Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotiplerinin Fizyolojik, Kalite ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 612-620. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12604683 .
To Cite	Eliş, S., Kızılgeçi, F., Sınır, E., Yıldırım, M., 2024. Determination of Physiological, Quality and Yield Characteristics of Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotypes in Spring Sowing. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 612-620. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12604683 .



Biber (*Capsicum annuum* L.), Domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Fide Kalitesi Üzerine Paclobutrazol, Prohexadione Calcium ve Chlormequat Chloride Uygulamalarının Etkileri

İbrahim DUMAN¹, Yahya NAS^{2*}

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir

² Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): yahya.nas@sirnak.edu.tr

Özet

Günümüzde fide boyunun kontrolünde biyodüzenleyicilerden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamalarının biber, domates ve patlıcan fide kalitesi ve fide gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, Yalova Yağlık-28 biber çeşidi, SC-2121 domates çeşidi ve Aydın siyahı patlıcan çeşidi kullanılmıştır. Denemede, paclobutrazol, prohexadione calcium (% 10) ve chlormequat chloride (460 g l⁻¹) etken maddeli preparatlar kullanılmıştır. Yapraktan sprey şeklinde yapılan uygulamalar 1. yaprak gelişim dönemi, 2. yaprak gelişim dönemi ve hem 1. hem de 2. yaprak gelişim döneminde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada fide ağırlığı, gövde boyu, gövde çapı, gerçek yaprak sayısı, fide kök uzunluğu, gövde kuru ağırlık ve kök kuru ağırlık incelenmiştir. Sonuçlar, biber ve patlıcan fidelerinde paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamalarının fide ağırlığını artırdığını göstermiştir. Benzer şekilde, her üç uygulama ile biber, domates ve patlıcan fidelerinde fide boyu kısalmıştır. En kısa boylu fideler paclobutrazol uygulamasından elde edilmiştir. Domates gövde kuru ağırlığı uygulamalar ile azalırken, kök kuru ağırlığı ise artmıştır. Yine biber kök kuru ağırlığı paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları ile azalmıştır. Araştırma bulgularına göre biber, domates ve patlıcan fidelerinde boy kontrolünün sağlanması amacıyla paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride etkili bir şekilde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Effects of Paclobutrazol, Prohexadione Calcium and Chlormequat Chloride Applications on Pepper (*Capsicum annuum* L.), Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and Eggplant (*Solanum melongena* L.) Seedling Quality

Abstract

Nowadays, bioregulators are utilized to control seedling height. In this study, the effects of paclobutrazol, prohexadione calcium and chlormequat chloride on seedling quality and seedling growth of pepper, tomato and eggplant were investigated. Yalova Yağlık-28 pepper variety, SC-2121 tomato variety and Aydın black eggplant variety were used in the study. The active ingredients of paclobutrazol, prohexadione calcium (10 %) and chlormequat chloride (460 g l⁻¹) were used in the experiment. Foliar sprays were applied at the 1st leaf developmental stage, 2nd leaf developmental stage and both 1st and 2nd leaf developmental stages. Seedling weight, stem length, stem diameter, number of true leaves, seedling root length, stem dry weight and root dry weight were analyzed. The results showed that paclobutrazol, prohexadione calcium and chlormequat chloride treatments increased seedling weight in pepper and eggplant seedlings. Similarly, all three treatments shortened seedling height in pepper, tomato and eggplant seedlings. The shortest seedlings were obtained from paclobutrazol treatment. While tomato stem dry weight decreased with the treatments, root dry weight increased. Pepper root dry weight decreased with paclobutrazol, prohexadione calcium and chlormequat chloride treatments. According to the results of the study, paclobutrazol, prohexadione calcium and chlormequat chloride treatments were used to control the height of pepper, tomato and eggplant seedlings.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :16.04.2024
Kabul Tarihi :25.05.2024

Anahtar Kelimeler

Fide boyunun kontrolü
büyüme geciktirici
paclobutrazol
bitki büyüme düzenleyicileri
fide kalitesi

Research Article

Article History

Received :16.04.2024
Accepted :25.05.2024

Keywords

Seedling height control
growth-retardant
paclobutrazol
plant growth regulator
seedling quality

1. Giriş

Günümüzde açık tarla ve örtü altında yetiştirilen sebzelerde, fide üretimi ticari boyutta viyol fide (hazır fide) şeklinde yapılmaktadır (Ayaz ve ark., 2022). Ancak bitkisel üretimde artan girdi maliyetleri birçok üreticinin kendi fidesini kendilerinin üretmesine yönlendirmektedir. Fakat bu yöntemde gerek koşulların optimum olmaması gerekse bu dönemde oluşan yağışlar nedeniyle tarla hazırlığı gecikmekte, fideler fidelikte daha uzun süre bekletilmek zorunda kalındığında özellikle boy kontrolü yapılamamakta, fide kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Diğer yandan alçak plastik tünellerde yapılan üretim hataları da (sık ekim, ışık yetersizliği, yetersiz havalandırma vb.) fidelerin ince gövdeli, uzun boylu ve yaprak sayısının az olmasına ve yeterince köklenmemesine neden olmaktadır. Bu tip fidelerin tarlaya dikilmesi durumunda da önemli oranlarda fide kaybı oluşmaktadır. Bu olumsuzluklar da ek işçilik masraflarına ve birim alan verim değerlerinin düşmesine neden olmaktadır (Geboloğlu ve ark., 2015).

Günümüzde fideliklerde karşılaşılan genel anlamdaki gelen bu olumsuzlukların giderilmesi ve kaliteli fidenin elde edilmesi amacıyla genelde bitki büyüme düzenleyicilerden yararlanılmaktadır. Bitki büyüme düzenleyiciler, bitkilerde büyümenin düzenlenmesi (Haliloğlu ve Çoklu, 2024), verimin artırılması ve hastalık yönetimi için sıklıkla kullanılmaktadır. Biyodüzenleyiciler veya bitki biyostimulanları olarak da adlandırılan bitki büyüme düzenleyiciler, genellikle gibberellinler, sitokininler, oksinler, absisik asit ve etilen üretimini etkilemektedir (Hameed ve Farooq, 2021).

Bitki boyu, brassinosteroidler, oksinler ve gibberellinler tarafından kontrol edilmektedir (Hameed ve Farooq, 2021; Rademacher, 2018; Jiang ve Asami, 2018). Triazol bazlı bitki büyüme düzenleyiciler, bitkilerde brassinosteroid, ABA ve

gibberellik asidin (GA) biyosentezine doğrudan müdahale etmektedir. GA biyosentezine müdahaleler gövde uzamasını azaltarak daha kompakt bitkilerin gelişmesine neden olmaktadır (Hameed ve Farooq, 2021).

Triazol bazlı bitki büyüme düzenleyici maddeler, ürün veriminin artmasına yol açan fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin düzenlenmesinde hayati role sahiptirler. Bu uygulamalar, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri düzenlemektedir. Bunun sonucunda da bitkiler kuraklık, tuzluluk, sıcak ve soğuk stresi gibi çeşitli abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerine karşı korunmaktadır (Soumya ve ark., 2017; Hameed ve Farooq, 2021; Yuan ve ark., 2015; Keshavarz ve Khodabin, 2019).

Paclobutrazol, triazol bazlı bir bitki büyüme düzenleyicidir. Birçok ürünü kuraklık, soğuk stresi, yüksek sıcaklık ve UV radyasyonu dahil olmak üzere çeşitli abiyotik stres faktörlerinden koruduğu tespit edilmiştir (Orabi ve ark., 2010). Ayrıca fideliklerde boy kontrolünün sağlanmasında da kullanılmaktadır. Fidelerde büyüme kontrolünün sağlanması için paclobutrazol dışında, prohexadione calcium, chlormequat chloride, uniconazole, daminozid ve chlormequatchlorid gibi farklı kimyasallardan da yararlanılmaktadır (Ergun ve ark., 2007; Ozbay ve Ergun, 2015; Geboloğlu ve ark., 2015). Bu kimyasalların fide boyunun kontrol edilmesinde etkili olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Ozbay ve Ergun, 2015; Çakırbay ve Dursun 2014; Başak, 2020; Aktaş, 2017; Metin, 2009; Pasian ve Bennett 2001; Shalaby ve ark., 2022; Ucan ve Uğur, 2021; Pal ve ark., 2016). Ancak, bu kimyasalların uygun doz ve yöntem ile yapılmaması durumunda, fidelerde büyümeyi durdurarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle, fideliklerde bu kimyasalların uygulanabilecek yöntemlerinin

araştırılması gerekmektedir. Önceki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, alçak plastik tünelde üreticilerce yapılan geleneksel domates, biber ve patlıcan fidesi üretiminde fide kalite özelliklerinin (fide ağırlığı, gövde çapı, fide ve kök uzunluğu) iyileştirilmesi ve üretim girdi maliyetinin azaltılması amaçlı yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma geleneksel fide üretim yöntemi şeklinde alçak plastik tünel altında yürütülmüştür. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma, uygulama ve üretim alanlarında yürütülen çalışmada Yalova Yağlık-28 (kapyra) biber çeşidi, SC-2121 domates çeşidi ve Aydın siyahı patlıcan çeşidi tohumları kullanılmıştır. Yalova Yağlık-28 (kapyra) biber çeşidi, kalın etli meyvelere sahip olduğundan salça yapımında kullanılmaktadır. Meyve uzunluğu 18-20 cm ve koyu kırmızı renklidir. Vejetasyon süresi 60-65 gün ve ortalama verimi 4-5 ton/da'dır (Anonim, 2024a). SC-2121 domates çeşidi, oturak ve erkenci bir çeşittir. Ortalama meyve ağırlığı 140-180 g'dır. Özellikle Marmara ve Ege bölgelerinde yetiştiriciliğe uygundur. Meyveleri koyu kırmızı, fide dikiminden 65-70 gün sonra hasata gelen ve dekar verimi 6-8 ton olan sofralık pazara uygun bir çeşittir (Anonim, 2024b). Aydın siyahı patlıcan çeşidi, erkenci bir çeşit olup açık tarla yetiştiriciliğine uygundur. Ortalama meyve ağırlığı 200-300 g ve meyve uzunluğu ortalama 30-35 cm'dir. Meyveler koyu siyah renkli ve az çekirdeklidir. Fide dikiminden 70-75 gün sonra hasata gelir ve dekar verimi ortalama 3-4 tondur (Anonim, 2024c).

Fidelerde boy kontrolü ve fide kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlı bitki gelişim düzenleyicilerden yararlanılmıştır. Bu amaçla bitki gelişimini yavaşlatmak amaçlı, Paclobutrazol (PBZ), Prohexadione

Calcium (% 10) ve Chlormequat chloride (460 g l⁻¹) etkili maddeli preparatlar kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışmada biber tohumları Mart ayı başında, Domates ve patlıcan tohumları da Mart ayı ortasında 100 cm genişliğinde ve 25 m uzunlukta hazırlanan alçak plastik tünel altına ekilmiştir. Biber tohumları 10 cm sıra arası, patlıcan tohumları 12 cm sıra arası ve domates tohumları 15 cm sıra arası mesafeli açılan sıralara 3 cm derine ekilmiştir. Her sıraya 110-120 adet tohum ekimi yapılan çalışmada ekilen tohumlar üzerine hazırlanan kapak materyali (1/3 bahçe toprağı+1/3 mil+1/3 yanmış hayvan gübresi karışımı) 3 cm kalınlığında serpilmiş ve baskı tahtası ile bastırıldıktan sonra ilk çimlenme suyu verilmiş ve plastik örtü örtülmüştür. Çimlenme ve çıkış tamamlanuncaya kadar örtü açılmamış ve gerektiğinde sulama (mistleme şeklinde) yapılmıştır.

Fidelerde boy kontrolü ve fide kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlı uygulanan bitki gelişim düzenleyicileri ilgili kuruluşun uygulama dozu önerisi doğrultusunda yapılmıştır. Çalışmada yapraktan sprey şeklinde yapılan uygulamalar 1. hakiki yaprak gelişim dönemi, 2. hakiki yaprak gelişim dönemi ve hem 1. hem de 2. hakiki yaprak gelişim döneminde (1+2.gerçek yaprak) gerçekleştirilmiştir. Böylece çalışma her bir tür için 3 ayrı uygulama dozu ve sadece su uygulaması yapılan kontrol parsellerinden oluşturulmuştur. Uygulama yapraktan püskürtme şeklinde sabah erken saatlerde yapılmıştır.

Her bir tür için ayrı yürütülen çalışmada her bir tür için 4 uygulama ve 3 tekrerr olacak şekilde toplam 12 parsel oluşturulmuştur. Her bir parsel ise 10 fide sırasından oluşturulmuş olup her parselde ortalama 1000 adet fide bulundurulmuştur. Dikim büyüklüğüne ulaşan fideler, fidelik

bir gün önceden bolca sulanarak ertesi gün sabah dikkatlice sökülmiş ve laboratuvara götürülerek fide kalite gelişim parametrelerinin belirlenmesi için kökleri yıkanmış, kurutulmuş ve gerekli ölçümler için diğer hazırlıklar yapılmıştır. Belirlenen fide kalite parametreleri ve belirleme yöntemi aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Fide ağırlığı

Uygulama parselinden rastgele seçilen 10 adet fide de hassas teraziden yararlanılarak belirlenmiş ve ortalama değer alınmıştır.

2.2.2. Fide gövde boyu

Yine rastgele seçilen 10 adet fidede fide kök boğazı ile büyüme ucu tepesi arası mesafe cetvel yardımı ile cm cinsinden ölçülerek belirlenmiş ve yine ortalama değer alınmıştır.

2.2.3. Fide gövde çapı

10 adet fidede kotiledon yapraklarının ilk bir cm kısmından kumpas yardımı ile mm cinsinden ölçüm yapılmış ve ortalama değer alınmıştır.

2.2.4. Gerçek yaprak sayısı

Her bir fidede kotiledon yapraklardan sonra gelişen gerçek yapraklar büyüme ucundaki yaprak hariç olacak şekilde adet olarak sayılmış ve ortalama değer alınmıştır.

2.2.5. Fide kök uzunluğu

Her bir fidede kök boğazı ile toplu fidelerin en uç noktası arasındaki uzunluk cetvel aracılığı ile cm cinsinden ölçülmüş ve ortalama değer alınmıştır.

2.2.6. Gövde kuru ağırlık

Toplam 10 adet fide kök boğaz noktasından kesilerek kökleri ayrıldıktan sonra yaprak ve gövde karışımından alınan belirli ağırlıktaki gövde yaş ağırlığının 65 °C sıcaklıktaki etüvde 72 saat kurutulduktan

sonra alınan ağırlık değerinden yararlanılarak % oran şeklinde belirlenmiştir.

2.2.7. Kök kuru ağırlık

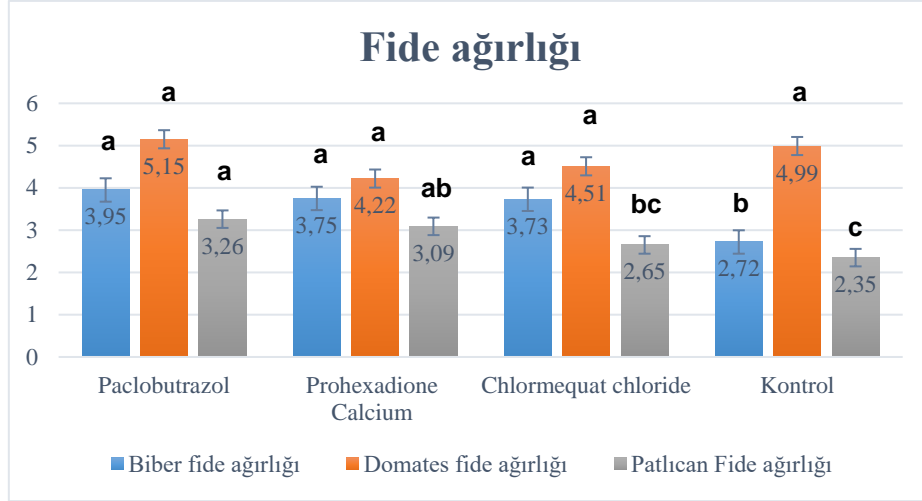
Toplam 10 adet fide kök boğaz noktasından kesilerek gövde kısımları ayrıldıktan sonra oluşturulan kök karışımından alınan belirli ağırlıktaki kök yaş ağırlığının 65 °C sıcaklıktaki etüvde 72 saat kurutulduktan sonra alınan ağırlık değerinden yararlanılarak % oran şeklinde belirlenmiştir.

2.2.8. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışmadan elde edilen tüm sonuçlar JMP 8 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) istatistik paket programı aracılığıyla varyans analizine tabi tutulmuş ve uygulama ortalamaları arasında karşılaştırma yapmak için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. Bulgular

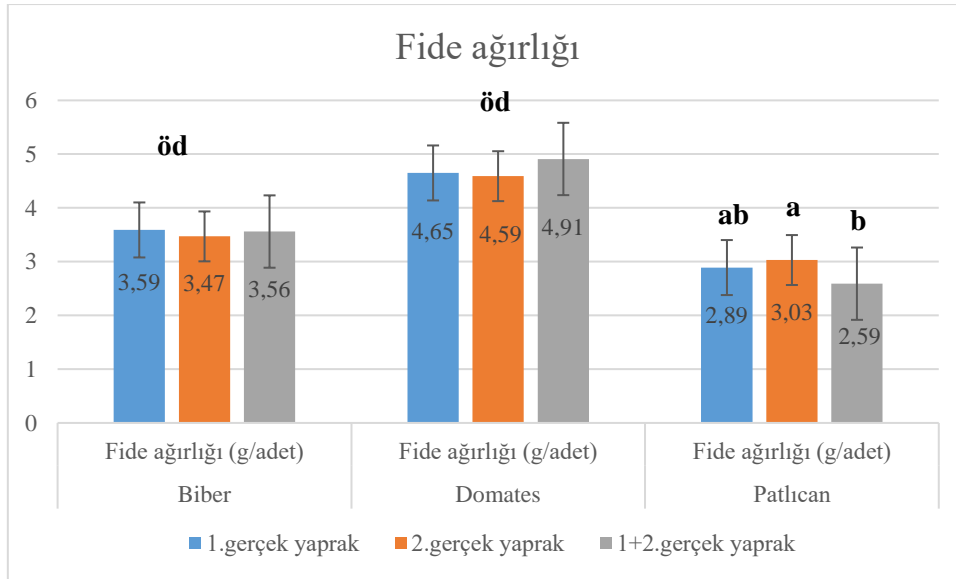
Uygulamaların domates fide ağırlığına etkisi önemli çıkmıştır. Ancak bütün uygulamalar aynı grupta yer almıştır (Şekil 1). Benzer şekilde patlıcan ve biberde de fide ağırlık değerleri arasında önemli farklar gözlenmiştir ($P < 0.05$; Şekil 1). Biber fidelerinde, fide ağırlığı her üç uygulamada istatistiksel olarak aynı grupta yer almasına karşın, paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları kontrol uygulamasına göre sırasıyla % 45.22, % 37.86 ve % 37.13 oranında artış sağlamıştır (Şekil 1). Benzer şekilde, paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları patlıcan fide ağırlığını kontrole göre artırmıştır. Patlıcan fidelerinde paclobutrazol uygulaması 3.26 g adet⁻¹ ile en yüksek değerleri oluştururken, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları sırasıyla 3.09 g adet⁻¹ ve 2.65 g adet⁻¹ değerleri ile fide ağırlığını kontrole kıyasla artırmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Uygulamaların biber, domates ve patlıcan fide ağırlığına etkisi (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil)

Dönemlere göre biber ve domates fidelerinde, fide ağırlığında önemli bir fark gözlenmezken, patlıcan fideleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$; Şekil 2). En yüksek değer 2. gerçek yaprak

döneminden elde edilirken (3.03 g/adet), en düşük değer ise 1+2. gerçek yaprak döneminden (2.59 g/adet) elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Uygulama dönemlerine göre fide ağırlığındaki değişim (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil).

Dönem ve uygulamaların patlıcan fidelerinde gövde uzunluğuna (cm) etkisi önemli bulunurken, gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet fide⁻¹) ve kök uzunluğuna (cm) etkisi ise önemsiz çıkmıştır ($P<0.05$; Tablo 1). Her üç

dönemde de en yüksek gövde uzunluğu kontrol uygulamasından (13.56 cm) elde edilmiştir (Tablo 1). 1.gerçek yaprak döneminde prohexadione calcium uygulaması 13.25 cm, 2.gerçek yaprak döneminde chlormequat chloride

uygulaması 12.73 cm ve 1+2.gerçek yaprak döneminden de yine chlormequat chloride uygulaması 13.13 cm değer ile kontrol uygulamasından sonra fidelerin gövde uzunluğunda en yüksek değerleri oluşturmuştur (Tablo 1). Bununla birlikte, paclobutrazol uygulaması her üç dönemde

de gövde uzunluğunda en düşük değerleri göstermiştir. Bu değerler 1.gerçek yaprak döneminde 11.13 cm, 2.gerçek yaprak döneminde 11.53 cm ve 1+2.gerçek yaprak döneminde ise 10.00 cm olarak ölçülmüştür. Paclobutrazol uygulaması ile daha kısa boylu fideler elde edilmiştir.

Tablo 1. Dönem ve uygulamaların patlıcan fidesi gövde uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet/fide) ve kök uzunluğuna (cm) etkisi

Uygulama dönemi	Uygulama	Patlıcan			
		Gövde uzunluğu	Gövde çapı	Yaprak sayısı	Kök uzunluğu
1.gerçek yaprak	Paclobutrazol	11.13 cd	2.79	4.80	9.98
	Prohexadione Calcium	13.25 ab	2.61	4.43	9.86
	Chlormequat chloride	12.16 abc	2.38	4.26	9.06
	Kontrol	13.56 a	2.43	3.83	9.43
	Ortalama	12.52	2.55	4.33	9.58
2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	11.53 bcd	2.93	5.00	10.36
	Prohexadione Calcium	11.60 bcd	2.71	4.60	9.76
	Chlormequat chloride	12.73 abc	2.57	4.30	9.43
	Kontrol	13.56 a	2.43	3.83	9.43
	Ortalama	12.35	2.66	4.43	9.74
1+2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	10.00 d	2.67	5.00	11.16
	Prohexadione Calcium	12.51 abc	2.38	4.68	9.45
	Chlormequat chloride	13.13 ab	2.42	4.16	9.03
	Kontrol	13.56 a	2.43	3.83	9.43
	Ortalama	12.30	2.47	4.41	9.76
	Genel Ortalama	12.39	2.56	4.39	9.69
p		0.0044	0.5837 ^{öd}	0.8824 ^{öd}	0.9540 ^{öd}

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil.

Dönemlere göre patlıcan fidelerinde gövde uzunluğu (cm), yaprak sayısı (adet fide⁻¹) ve kök uzunluğu (cm) arasındaki farklar önemsiz çıkarken, gövde çapı (cm) arasındaki farklar ise önemli çıkmıştır

($P<0.05$; Tablo 2). En yüksek gövde çapı 2. gerçek yaprak döneminde (2.66 mm), en düşük gövde çapı 1+2. gerçek yaprak döneminden (2.47 mm) elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Dönemlere göre patlıcan gövde uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet/fide) ve kök uzunluğu (cm)

Uygulama dönemi	Patlıcan			
	Gövde uzunluğu	Gövde çapı	Yaprak sayısı	Kök uzunluğu
1.gerçek yaprak	12.52	2.55 ab	4.33	9.58
2.gerçek yaprak	12.35	2.66 a	4.43	9.75
1+2.gerçek yaprak	12.30	2.47 b	4.42	9.77
Ortalama	12.39	2.56	4.39	9.70
p	0.6161 ^{öd}	0.0326	0.5535 ^{öd}	0.9309 ^{öd}

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil.

Dönem ve uygulamaların patlıcan fidelerinde kök kuru ağırlık ve gövde kuru ağırlık değerleri arasındaki farklar önemli

bulunmuştur ($P<0.05$; Tablo 3). Kök kuru ağırlık değerleri bakımından en yüksek sonuçlar 1+2.gerçek yaprak döneminde

prohexadione calcium uygulamasından, en düşük değerler ise yine 1+2.gerçek yaprak döneminde paclobutrazol uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 3). Ancak dönem*uygulama ikili etkisini

Tablo 3'te incelediğimizde patlıcan gövde kuru ağırlık değerleri arasındaki farklar önemli çıkmakla birlikte elde edilen bütün sonuçlar aynı grupta yer almıştır (Tablo 3).

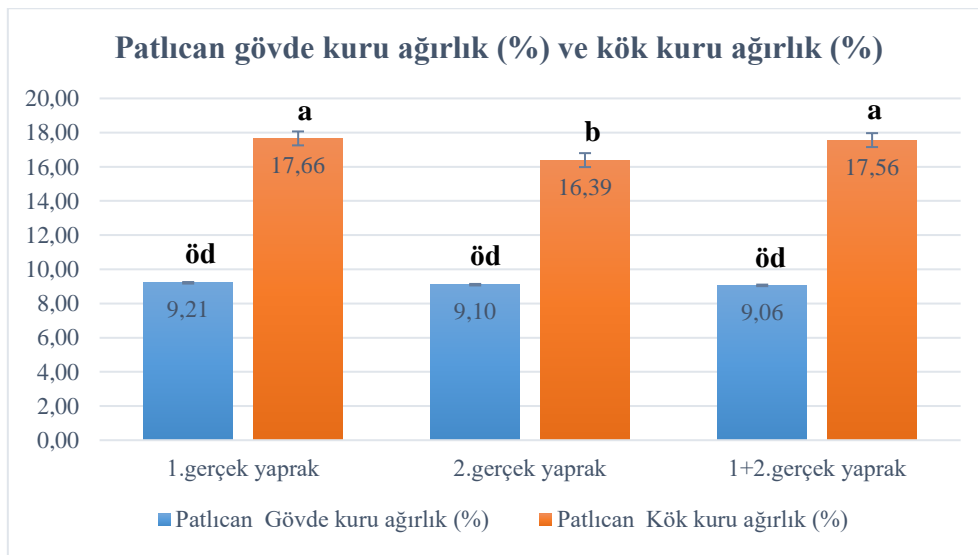
Tablo 3. Dönem ve uygulamaların patlıcan gövde kuru ağırlığı (%) ve kök kuru ağırlığına (%) etkisi

Dönem	Uygulama	Patlıcan	
		Gövde kuru ağırlık	Kök kuru ağırlık
1.gerçek yaprak	Paclobutrazol	9.36 a	18.10 ab
	Prohexadione Calcium	9.58 a	17.91 abc
	Chlormequat chloride	8.63 a	17.47 abc
	Kontrol	9.27 a	17.26 abc
	Ortalama	9.21	17.68
2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	9.14 a	15.85 cd
	Prohexadione Calcium	8.85 a	14.88 d
	Chlormequat chloride	9.16 a	17.57 abc
	Kontrol	9.27 a	17.26 abc
	Ortalama	9.10	16.39
1+2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	8.43 a	16.58 bcd
	Prohexadione Calcium	9.53 a	18.81 a
	Chlormequat chloride	9.01 a	17.61 abc
	Kontrol	9.27 a	17.26 abc
	Ortalama	9.06	17.55
	Genel Ortalama	9.12	17.21
p		0.0408	0.0003

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05). öd: önemli değil.

Dönemlere göre gövde kuru ağırlık değerleri arasında bir fark gözlenmezken, kök kuru ağırlık değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur (P<0.05; Şekil 3). En

yüksek kök kuru ağırlığı 1.gerçek yaprak döneminde, en düşük kök ağırlığı ise 2.gerçek yaprak döneminden elde edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Dönemlere göre patlıcan gövde kuru ağırlık ve kök kuru ağırlık (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05). öd: önemli değil).

Dönem ve uygulamaların domates fidelerinde gövde uzunluğuna (cm) etkisi önemli bulunurken, gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet fide⁻¹) ve kök uzunluğuna (cm) etkisi ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 4). Patlıcan fidelerinde olduğu gibi her üç dönemde de en yüksek

gövde uzunluğu yine kontrol uygulamasından (19.93 cm) elde edilmiştir (Tablo 4). Yine patlıcan fidelerinde olduğu gibi en düşük fide boyu 2.gerçek yaprak ve 1+2.gerçek yaprak dönemlerinde paclobutrazol uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Dönem ve uygulamaların domates fidesi gövde uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet/fide) ve kök uzunluğuna (cm) etkisi

		Domates			
Dönem	Uygulama	Gövde uzunluğu	Gövde çapı	Yaprak sayısı	Kök uzunluğu
1.gerçek yaprak	Paclobutrazol	12.50 cd	3.53	4.73	8.03
	Prohexadione Calcium	11.95 d	3.25	5.16	7.96
	Chlormequat chloride	14.66 bc	2.99	5.13	7.26
	Kontrol	19.93 a	2.79	5.33	7.26
	Ortalama	14.76	3.14	5.09	7.63
2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	12.06 d	3.50	4.86	7.46
	Prohexadione Calcium	16.90 b	3.31	5.33	8.10
	Chlormequat chloride	14.86 bc	3.10	5.30	7.46
	Kontrol	19.93 a	2.79	5.33	7.26
	Ortalama	15.94	3.18	5.21	7.57
1+2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	12.73 cd	3.50	4.90	7.56
	Prohexadione Calcium	15.46 b	3.38	5.16	8.10
	Chlormequat chloride	14.96 bc	3.24	5.43	8.20
	Kontrol	19.93 a	2.79	5.33	7.26
	Ortalama	15.77	3.23	5.21	7.78
	Genel Ortalama	15.49	3.18	5.17	7.66
p		0.0002	0.9803 ^{öd}	0.6403 ^{öd}	0.8095 ^{öd}

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05). öd: önemli değil.

Dönemlere göre gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet/fide) ve kök uzunluğu (cm) arasındaki farklar önemsiz çıkarken, gövde uzunluğu (cm) arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur (P<0.05; Tablo 5). En

yüksek gövde çapı 2. gerçek yaprak döneminde, en düşük gövde uzunluğu ise 1. gerçek yaprak döneminde gözlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Dönemlere göre domates gövde uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet/fide) ve kök uzunluğu (cm)

		Domates			
Dönemler	Gövde uzunluğu	Gövde çapı	Yaprak sayısı	Kök uzunluğu	
1.gerçek yaprak	14.76 b	3.14	5.09	7.63	
2.gerçek yaprak	15.94 a	3.17	5.20	7.57	
1+2.gerçek yaprak	15.77 a	3.23	5.20	7.78	
Ortalama	15.49	3.18	5.16	7.66	
p	0.0044	0.7261 ^{öd}	0.1862 ^{öd}	0.7952 ^{öd}	

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05). öd: önemli değil.

Dönem ve uygulamaların domates fidelerinde gövde kuru ağırlık ve kök kuru

ağırlık değerlerine etkisi önemli bulunmuştur (P<0.05; Tablo 6). Gövde kuru

ağırlık değerleri bakımından en yüksek sonuçlar, 1.gerçek yaprak döneminde paclobutrazol uygulamasından, 2.gerçek yaprak ve 1+2.gerçek yaprak dönemlerinde ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kök kuru ağırlık değerlerinde ise en yüksek sonuçlar 1.gerçek yaprak döneminde chlormequat chloride uygulamasından,

2.gerçek yaprak döneminde prohexadione calcium uygulamasından ve 1+2.gerçek yaprak dönemlerinde ise paclobutrazol uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 6). Tablo 6'daki bulgular incelendiğinde uygulamalar bazında kararlı sonuçların elde edilmedi gözlenmiştir.

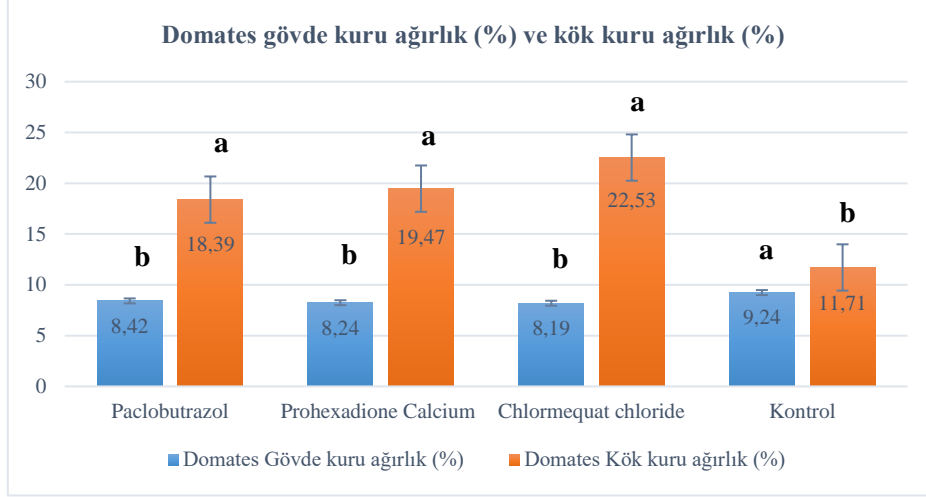
Tablo 6. Dönem ve uygulamaların domates gövde kuru ağırlığı (%) ve kök kuru ağırlığına (%) etkisi

Dönem	Uygulama	Domates	
		Gövde kuru ağırlık (%)	Kök kuru ağırlık (%)
1.gerçek yaprak	Paclobutrazol	9.37 a	26.36 b
	Prohexadione Calcium	7.97 bcd	23.61 bc
	Chlormequat chloride	8.88 abc	39.39 a
	Kontrol	9.24 ab	11.71 d
	Ortalama	8.865	25.2675
2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	7.62 cd	14.13 cd
	Prohexadione Calcium	7.85 cd	21.55 bcd
	Chlormequat chloride	7.51 d	16.83 bcd
	Kontrol	9.24 ab	11.71 d
	Ortalama	8.055	16.055
1+2.gerçek yaprak	Paclobutrazol	8.29 abcd	14.69 bcd
	Prohexadione Calcium	8.90 abc	13.27 cd
	Chlormequat chloride	8.19 abcd	11.39 d
	Kontrol	9.24 ab	11.71 d
	Ortalama	8.655	12.765
	Genel Ortalama	8.525	18.0292
p		0.0049	0.0001

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05). öd: önemli değil.

Uygulamaların domates gövde ve kök kuru ağırlık değerlerine etkisi önemli bulunmuştur (Şekil 4). Gövde kuru ağırlık değerleri arasındaki farklar önemli çıkmakla birlikte, her üç uygulamada istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve

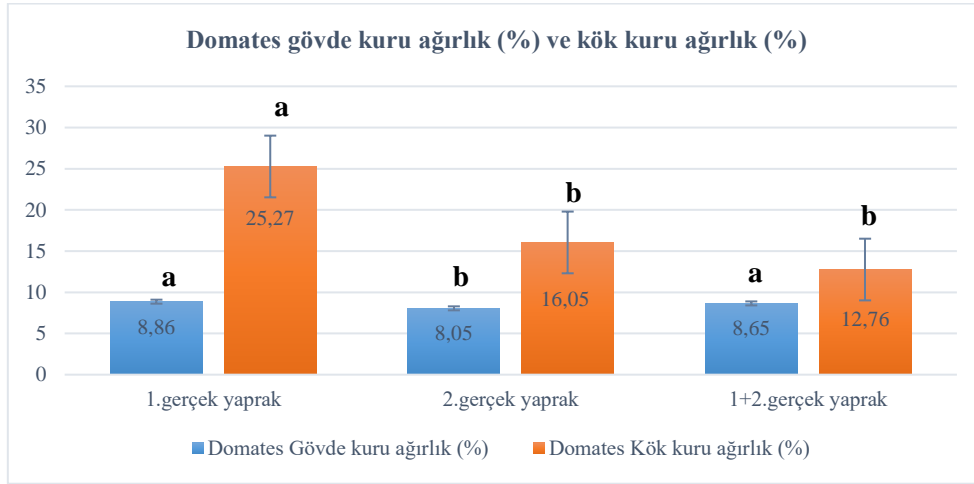
kontrole kıyasla daha düşük sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4). Kök kuru ağırlık değerlerinde ise yine her üç uygulama istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ancak kontrole kıyasla daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Uygulamalara göre domates gövde kuru ağırlık ve kök kuru ağırlık (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil).

Dönemlere göre gövde ve kök kuru ağırlık değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$; Şekil 5). Gövde kuru ağırlık bulgularında en yüksek sonuçlar 1.gerçek yaprak döneminden, en düşük sonuçlar ise 2.gerçek yaprak döneminden elde edilmiştir. Bununla birlikte, 1+2.gerçek yaprak döneminden elde edilen

sonuç, 1.gerçek yaprak dönemi ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Şekil 5). Kök kuru ağırlık değerlerinde de en yüksek değer ve en düşük değer yine sırasıyla 1.gerçek yaprak ve 2.gerçek yaprak dönemlerinden elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Dönemlere göre domates gövde kuru ağırlık ve kök kuru ağırlık (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil).

Dönem ve uygulamaların biber fidelerinde gövde kuru ağırlık değerlerine etkisi önemsiz çıkarken, kök kuru ağırlık değerlerine etkisi ise önemli bulunmuştur ($P<0.05$; Tablo 7). Her 3 dönemde de

kontrol grubundan elde edilen sonuçlar en yüksek değerleri oluşturmuştur. Uygulamaların kök kuru ağırlık değerlerini her üç dönemde de kontrole kıyasla düşürdüğü gözlenmiştir (Tablo 7).

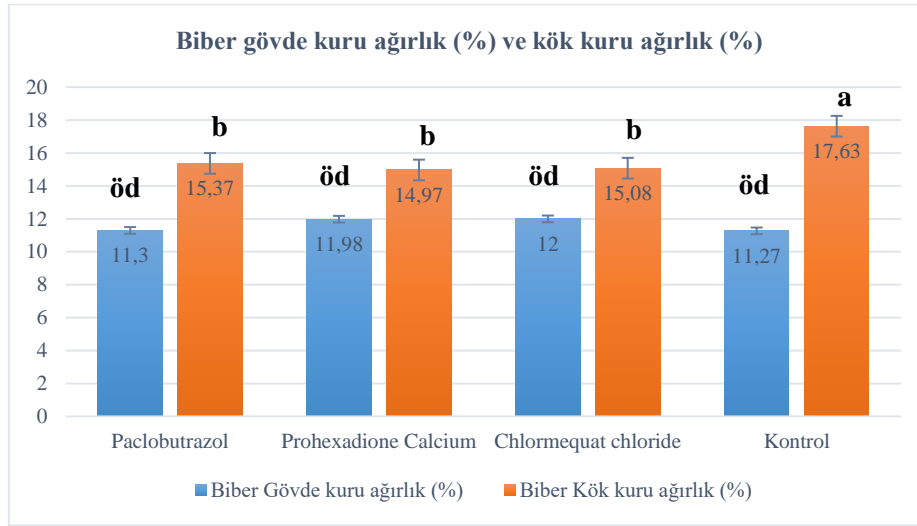
Tablo 7. Dönem ve uygulamaların biber gövde kuru ağırlığı (%) ve kök kuru ağırlığına (%) etkisi

Dönem	Uygulama	Biber	
		Gövde kuru ağırlık	Kök kuru ağırlık
1. gerçək yaprak	Paclobutrazol	11.43	17.13 ab
	Prohexadione Calcium	11.62	15.08 abc
	Chlormequat chloride	12.59	17.85 a
	Kontrol	11.27	17.63 a
	Ortalama	11.72	16.92
2. gerçək yaprak	Paclobutrazol	11.75	16.04 abc
	Prohexadione Calcium	12.22	15.49 abc
	Chlormequat chloride	11.83	13.75 c
	Kontrol	11.27	17.63 a
	Ortalama	11.76	15.72
1+2. gerçək yaprak	Paclobutrazol	10.74	12.94 c
	Prohexadione Calcium	12.10	14.35 bc
	Chlormequat chloride	11.60	13.65 c
	Kontrol	11.27	17.63 a
	Ortalama	11.42	14.64
	Genel Ortalama	11.64	15.76
p		0.8918 öd	0.0025

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil.

Uygulamaların gövde kuru ağırlığına etkisi önemsiz çıkarken, kök kuru ağırlığına etkisi ise önemli bulunmuştur (Şekil 6). Uygulamalar kök kuru ağırlığını kontrole göre düşürmüştür. En yüksek kök kuru ağırlığı kontrol uygulamasından, en düşük

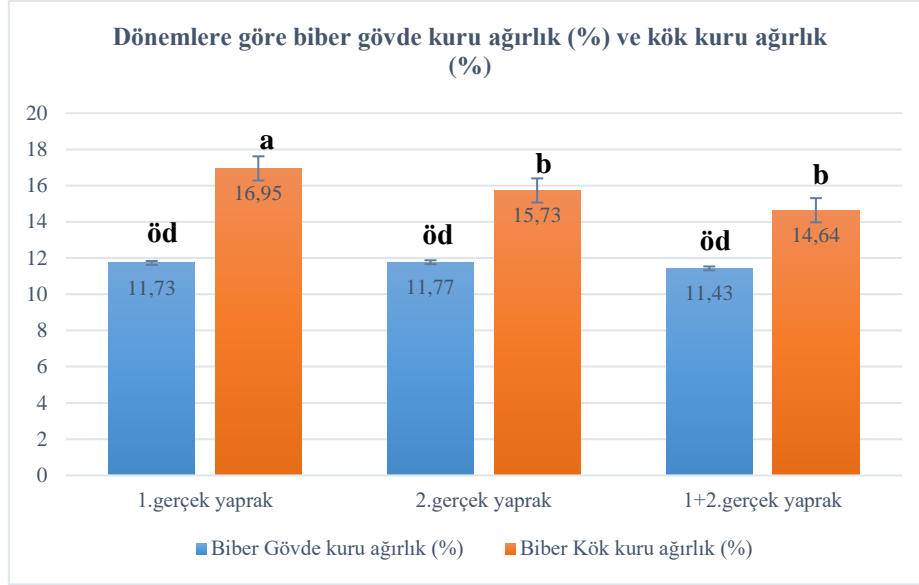
kök kuru ağırlığı ise prohexadione calcium uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 6). Bununla birlikte, her üç uygulamadan elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Uygulamalara göre biber gövde kuru ağırlık ve kök kuru ağırlık (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil)

Dönemlere göre biber gövde kuru ağırlığı arasındaki farklar önemsiz çıkarken, kök kuru ağırlık değerleri arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur

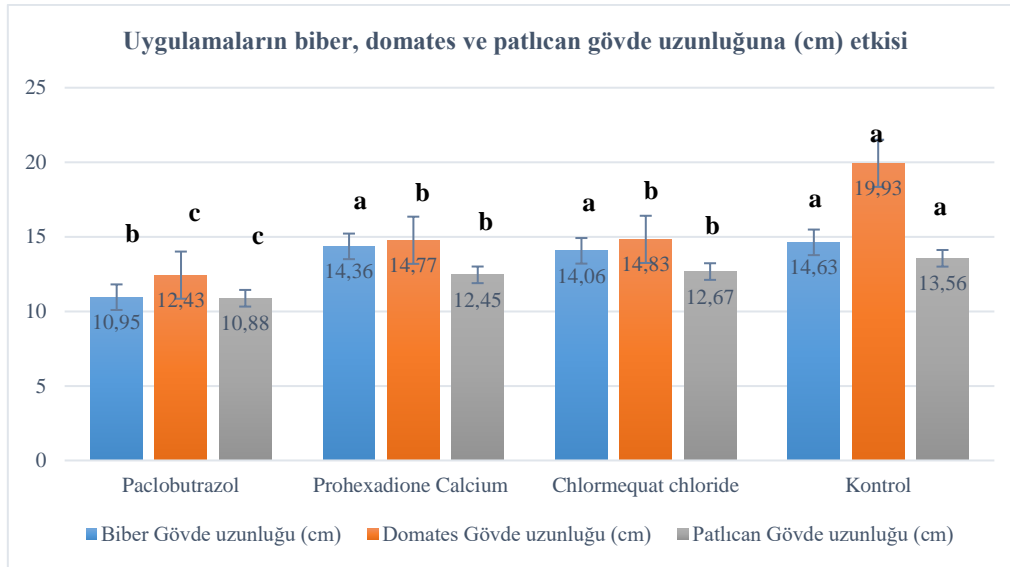
(Şekil 7). En yüksek kök kuru ağırlığı 1. gerçək yaprak döneminden, en düşük kök kuru ağırlığı ise 1+2. gerçək yaprak döneminden elde edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Dönemlere göre biber gövde kuru ağırlık ve kök kuru ağırlık (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil).

Uygulamaların her üç türde de gövde uzunluğuna etkisi önemli çıkmıştır (Şekil 8). Paclobutrazol uygulaması her üç türde de en düşük gövde uzunluğunu oluşturmuştur. Şekil 8'i incelediğimizde

domates ve patlıcan fidelerinde uygulamalar kontrole kıyasla daha düşük gövde uzunluğuna neden olmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Uygulamaların biber, domates ve patlıcan gövde uzunluğuna (cm) etkisi (Sütun grafikte farklı harfler ile gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$). öd: önemli değil).

4. Tartışma

Fideliklerde boy kontrolünün sağlanmasında kullanılan paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat

chloride gibi büyümeyi geciktirici kimyasallar sebze türüne ve mevsime göre farklı sonuçlar göstermektedir. Bu nedenle, türe ve mevsime özgü çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Üretici

koşullarında yetiştirilen biber, domates ve patlıcan fidelerinde paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride'nin fide boyu ve kalitesine etkinliği bu çalışma ile test edilmiştir. Sonuçlara göre, paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları biber ve patlıcan fidelerinde, fide ağırlığını kontrole göre artırmıştır (Tablo 1). En yüksek değerler her iki türde de sırasıyla paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamalarından elde edilmiştir. Çopur ve Sarı (2012), sonbahar hıyar fidesi üretiminde paclobutrazol uygulandığında (1.35 g ile P-400+400) fide yaş ağırlığının arttığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, farklı araştırmacılar tarafından farklı türler ile yapılan çalışmalarda boy kontrolünün sağlanmasında kullanılan kimyasalların (paclobutrazol, prohexadione calcium vb.) fide ağırlığını azalttığı veya etkilemediği belirlenmiştir. Ergun ve ark. (2007) hıyar fidesi üretiminde fide yaş ağırlığının prohexadione calcium'un uygulama şekli ve dozundan etkilenmediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Shalaby ve ark. (2022) paclobutrazol uygulamaları ile domates fide yaş ağırlığının azaldığını ifade etmişlerdir. Yine Miguel-Zarate ve ark. (2021) domates fidelerinde paclobutrazol'un fidelerde yaş ağırlığı azalttığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar, çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular ile farklılık göstermiştir. Bu durum yetiştirilen fide türü, mevsime ve kullanılan kimyasalların türü ve dozundan kaynaklanmış olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürde bildirilen bilgiler ile uyumludur.

Paclobutrazol, gibberelik asitin (GA_3) sentezini ve taşınımı etkilediğinden fidelerin boyu daha kısa kalmaktadır (Rademacher, 2000; Ross ve ark., 1983). Paclobutrazol'a benzer şekilde prohexadione calcium ve chlormequat chloride gibi büyüme düzenleyici kimyasallar yine gibberelik asit ve diğer

bitki hormonlarını etkileyerek fide boyunun kontrolünde etkilidirler (Hameed ve Farooq, 2021). Çalışmadan elde ettiğimiz bulgularda, patlıcan fidelerinde fide boyu, her üç uygulamada da kontrole göre daha kısa boylu fideler elde edilmiştir (Tablo 3). Bu durum, paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride fide boyunu etkilediğini işaret etmektedir. Paclobutrazol uygulaması, diğer iki uygulamaya göre daha kısa boylu fideler oluşturmuştur (Tablo 3). Sonuçlarımıza paralel olarak, önceki çalışmalarda, bitki büyüme düzenleyici uygulamaları ile kısa boylu fidelerin elde edildiği bildirmiştir (Ugur ve Kavak, 2004; Elkoca ve Kantar, 2006; Pal ve ark., 2016).

Kuru madde bitki büyümesi ve hayatta kalmasının birçok kritik yönü ile ilişkilidir (Khandaker ve ark., 2020). Patlıcan gövde kuru ağırlığı arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli çıkmakla birlikte, her üç uygulama kontrol ile aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte prohexadione calcium 1. gerçek yaprak döneminde ve 1+2. gerçek yaprak dönemlerinde gövde kuru ağırlığında artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar Ergun ve ark. (2007) ve Khandaker ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmalardan da elde edilmiştir. Kök kuru ağırlık değerleri bakımından 1. gerçek yaprak döneminde paclobutrazol uygulaması, 2. gerçek yaprak döneminde chlormequat chloride uygulaması ve 1+2. gerçek yaprak döneminde ise prohexadione calcium uygulaması kök kuru ağırlık değerlerini artırmıştır. Kök kuru ağırlık değerleri incelendiğinde uygulamalar bakımından stabil sonuçlar elde edilmemiştir (Tablo 5).

Çalışmadan elde edilen bulgularda domates gövde uzunluğunda bütün uygulamalar etkili olmuştur. 1. gerçek yaprak döneminde prohexadione calcium uygulaması, 2. gerçek yaprak ve 1+2. gerçek yaprak dönemlerinde paclobutrazol uygulaması domates gövde

uzunluğunda daha etkili olmuş ve kontrole kıyasla gövde boyu kısalmıştır. Uğur ve Kavak (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, domates tohumlarına uygulanan paclobutrazolün dozunun artırılması ile daha kısa boylu fidelerin elde edildiğini bildirmişlerdir. Yine Uçan ve Uğur (2021) tarafından domatesten yaptıkları başka bir çalışmada, fidelere 100 ppm paclobutrazol uygulanması ile fide boylarında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, elde etmiş olduğumuz bulgular ile paralellik göstermiştir.

Uygulamalar domates gövde kuru ağırlığını kontrole göre azaltmıştır (Tablo 10). Ancak kök kuru ağırlık değerlerinde kontrole kıyasla artırmıştır. Uygulamaların domates fidesinde gövde ağırlık kaybına neden olmasının sebebi her üç uygulamanın fide boyunu kısaltmasına paralel olarak gövde ağırlığının da azalması ile açıklanabilir. Kök kuru ağırlığındaki artışlar kök aktivitesi ve kök öz suyu akışının artış göstermesinden kaynaklanabilir. Nitekim, Kamran ve ark. (2018) 2 yıllık çalışmaları sonucunda, paclobutrazol uygulamalarında kök aktivitesinin ve kök öz suyu akışının kontrole kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Yan ve ark. (2013) paclobutrazol'e benzer bir fonksiyona sahip bir triazol olan unikonazolün soya fasulyesinde kök aktivitesini, kök öz suyu akışını ve kök büyümesini iyileştirdiğini gözlemlemiştir. Kök öz suyu akışının kök basıncının göstergesi olduğundan, geliştirilmiş kök öz suyu akışının, paclobutrazol uygulamasına yanıt olarak daha yüksek kök büyümesine ve kök canlılığına atfedilir. Kök öz suyu oranı, kök sisteminin aktif su emilimi ile ilişkilidir ve fizyolojik kök aktivitesini yansıtır (Teshahun, 2018). Bu nedenle paclobutrazol ve triazol bazlı bitki büyüme düzenleyicilerin uygulanması, bitkinin kök aktivitesini uyararak kök kuru madde miktarını artırabilir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre uygulamaların biber gövde kuru ağırlığına etkisi önemsiz çıkmıştır (Tablo 13). Benzer şekilde yine biber kök kuru ağırlık değerlerinin uygulamalar ile düşüş gösterdiği gözlenmiştir. Metin (2009), prohexadione calcium uygulamaları ile biber fidelerinde kök kuru ağırlığının azaldığını bildirmiştir. Bu sonuç, çalışmadan elde ettiğimiz bulgular ile örtüşmektedir.

Uygulamalar bazında elde edilen sonuçlarda, paclobutrazol uygulaması biber, domates ve patlıcan de fidelerinde gövde boyunu kısaltmıştır. Benzer şekilde diğer iki uygulamadan da her üç türde de kontrole kıyasla daha kısa gövde uzunluğu elde edilmiştir. Bu sonuçlar literatürde bildirilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, üretici koşullarında yetiştirilen biber, domates ve patlıcan fidelerinde paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride bitki büyüme düzenleyicilerinin fidelerde boy kontrolü ve fide kalitesine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları ile fide ağırlığı biber ve patlıcan fidelerinde en üst seviyeye çıkmıştır. Benzer şekilde, her üç uygulama ile biber, domates ve patlıcan fidelerinde fide boyu kısalmış ve en kısa boylu fideler paclobutrazol uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamalar domates gövde kuru ağırlığını azaltırken, kök kuru ağırlık değerlerini kontrole göre artırmıştır. Ancak, biber kök kuru ağırlığı paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları ile azalmıştır. Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlardan hareketle; Yalova Yağlık-28 biber ve Aydın siyahı patlıcan çeşitleri yetiştiriciliğinde paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamaları fide ağırlığına olumlu etki ettiğinden daha

kaliteli fidelerin elde edilmesinde bu uygulamalardan yararlanılabilir. Benzer şekilde yine Yalova Yağlık-28 biber, Aydın siyahı patlıcan ve SC-2121 domates fidesi yetiştiriciliğinde daha kısa boylu fidelerin elde edilmesinde paclobutrazol, prohexadione calcium ve chlormequat chloride uygulamalarından yararlanılabilir. Bu uygulamalar her üç türde de, fide boyunun kontrolüne imkân vererek daha kaliteli fidelerin elde edilmesini sağlamıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Aktaş, Z., 2017. Melis F1 domates çeşidine Pro-Ca ve farklı gübre uygulamalarının fide gelişimi ve kalitesine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Anonim, 2024a. <https://pasatohum.com/biber--yalova-yaglik28-1660714327> (Erişim tarihi: 23.03.2024).
- Anonim, 2024b. <https://www.asgen.com.tr/urun/sc-2121-domates-tohumu> (Erişim tarihi: 23.03.2024).
- Anonim, 2024c. <https://www.asgen.com.tr/urun/aydin-siyahi-patlican-tohumu> (Erişim tarihi: 23.06.2024).
- Ayaz, Ö. U., Yaşar, F., Üzal, Ö., 2022. Domates fidesi yetiştiriciliğinde en uygun besin solüsyonunun belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 90-98.
- Başak, H., 2020. Prohexadione-calcium uygulama yöntemlerinin hıyar (*Cucumis sativus* L.) fide gelişimi ve yaprak pigmentasyonu üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(2): 274-279.
- Çakırbay, İ.F., Dursun, A., 2014. Prohexadione-Calcium uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum* L.) fide kalitesi üzerine etkileri. 10. Sebze Tarımı Sempozyumu. 2-4 Eylül, Tekirdağ.
- Çopur, H., Nebahat, S., 2012. Sera hıyar fidesi üretiminde paclobutrazol ve bakır sülfat uygulamalarının fide büyümesi üzerine etkileri. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1): 1-12.
- Elkoca, E., Kantar, F., 2006. Response of pea (*Pisum sativum* L.) to mepiquat chloride under varying application doses and stages. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(2): 102-110.
- Ergun, N., Çağlar, G., Özbay, N., Ergun, M., 2007. Hıyar fide kalitesi ve bitki gelişimi üzerine prohexadione-calcium uygulamalarının etkileri. *Bahçe*, 36(1), 49-60.
- Geboloğlu, N., Durukan, A., Sağlam, N., Doksöz, S., Şahin, S., Yılmaz, E., 2015. Patlıcanda fide gelişimi ve fide kalitesi ile paclobutrazol uygulamaları arasındaki ilişkiler. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1): 62-66.
- Haliloğlu, H., Çoklu, O., 2024. Farklı dozlarda naftalin asetik asit (NAA) uygulamalarının pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) lif kalite parametrelerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 45-56.
- Hameed, A., Farooq, T., 2021. Triazole-based plant growth-regulating agents: a recent update. *Advances in Triazole chemistry*, 169-185.

- Jiang, K., Asami, T., 2018. Chemical regulators of plant hormones and their applications in basic research and agriculture. *Biosci Biotechnol Biochem.* 82(8):1265–300.
- Kamran, M., Wennan, S., Ahmad, I., Xiangping, M., Wenwen, C., Xudong, Z., Siwei, M., Khan, A., Qingfang, H., Tiening, L., 2018. Application of paclobutrazol affect maize grain yield by regulating root morphological and physiological characteristics under a semi-arid region. *Scientific Reports*, 8(1): 4818.
- Keshavarz, H., Khodabin, G., 2019. The role of uniconazole in improving physiological and biochemical attributes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to drought stress. *Journal of crop science and biotechnology*, 22: 161-168.
- Khandaker, M.M., Syafiq, M., Abdulrahman, M.D., Mohd, K.S., Yusoff, N., Mohammad Hailmi Sajili, M.H. Noor Afiza Badaluddin, A.F., 2020. Influence of paclobutrazol on growth, yield and quality of eggplant (*Solanum melongena*). *Asian Journal of Plant Sciences*, 19: 361-371.
- Metin, R., 2009. Prohexadione-Calcium uygulamalarının biberde (*Capsicum annuum* L.) fide kalitesi, bitki gelişimi ve verimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Miguel-Zarate, N., Ayala-Garay, O.J., Sánchez-del Castillo, F., Magdaleno-Villar, J.J., 2021. The use of plant growth retardants in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 27(3): 157-169.
- Orabi, S.A., Salman, S.R., Shalaby, M.A., 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6(3): 252-259.
- Ozbay, N., Ergun, N., 2015. Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50: 932-938.
- Pal, S., Zhao, J., Khan, A., Yadav, N.S., Batushansky, A., Barak, S., Rewald, B., Fait, A., Lazarovitch, N., Rachmilevitch, S., 2016. Paclobutrazol induces tolerance in tomato to deficit irrigation through diversified effects on plant morphology, physiology and metabolism. *Scientific reports*, 6(1): 39321.
- Pasian, C.C., Bennett, M.A., 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. *HortScience*, 36(4): 721-723.
- Rademacher, W., 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual review of plant biology*, 51(1): 501-531.
- Rademacher, W., 2018. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. In: *Annual plant reviews online*; p. 359–403.
- Ross, S.D., Pharis, R.P., Binder, W.D., 1983. Growth regulators and conifers: their physiology and potential uses in forestry. In *Plant Growth Regulating Chemicals, Vol II* (pp. 35-78). Boca Raton: CRC press.

- Shalaby, T.A., Taha, N.A., Taher, D.I., Metwaly, M.M., El-Beltagi, H.S., Rezk, A.A., El-Ganainy, S.H., Shetata, W.F., El-Ramady, H.R., Bayoumi, Y.A., 2022. Paclobutrazol improves the quality of tomato seedlings to be resistant to *Alternaria solani* Blight disease: Biochemical and histological perspectives. *Plants*, 11(3): 425.
- Soumya, P.R., Kumar, P., Pal, M., 2017. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. *Indian Journal of Plant Physiology*, 22: 267-278.
- Tesfahun, W., 2018. A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1): 1525169.
- Ucan, U., Uğur, A., 2021. Acceleration of growth in tomato seedlings grown with growth retardant. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(5): 669-679.
- Ugur, A., Kavak, S., 2004. The effects of PP 333 and CCC on seed germination and seedling height control of tomato. In *III Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 729* (pp. 205-208).
- Yan, W., Yanhong, Y., Wenyu, Y., Taiwen, Y., Weiguo, L., Xiaochun, W., 2013. Responses of root growth and nitrogen transfer metabolism to uniconazole, a growth retardant, during the seedling stage of soybean under relay strip intercropping system. *Communications in soil science and plant analysis*, 44(22): 3267-3280.
- Yuan, Z., Wang, B., Jiang, Y., Xie, B., Zhang, H., Dong, S., Duan, W., Wang, Q., Zhang, L., 2015. Effects of uniconazole on physiological and biochemical properties of roots of different sweetpotato cultivars at seedling stage. *Agricultural Science & Technology*, 16(4): 629.

Atıf Şekli	Duman, İ., Nas, Y., 2024. Biber (<i>Capsicum annuum</i> L.), Domates (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) ve Patlıcan (<i>Solanum melongena</i> L.) Fide Kalitesi Üzerine Paclobutrazol, Prohexadione Calcium ve Chlormequat Chloride Uygulamalarının Etkileri. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 621-637. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12605456 .
To Cite	Duman, İ., Nas, Y., 2024. Effects of Paclobutrazol, Prohexadione Calcium and Chlormequat Chloride Applications on Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.), Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) and Eggplant (<i>Solanum melongena</i> L.) Seedling Quality. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 621-637. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12605456 .



Effect of Adding Different Ratios of Oat (*Avena sativa* L.) Cracks on the Silage Quality of Fodder Pea (*Pisum arvense* L.)

Hazım Serkan TENİKECİER¹ , Ertan ATEŞ^{1*} 

¹ Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Tekirdağ

*Corresponding author: eates@nku.edu.tr

Abstract

Silage is an optimal method for preserving high-quality forage and forage legumes are vital feed resources for ruminants and can be utilized in various forms, including hay, silage, and grazing. The fodder peas is a versatile crop, utilized for grain production, herbage, hay, pasture, green manure, and silage, either as a monoculture or in combination with cereals. Feeds such as fodder peas, characterized by high levels of crude protein, mineral content, and buffering capacity, but low levels of water-soluble carbohydrates, require the addition of specific additives to enhance silage fermentation. The research was conducted to determine the effect of the cracked oat grains on fodder peas silage quality. Fresh fodder peas was harvested at full-bloom stage and ensiled with 3 %, 6 %, 9 % and 12 % added cracked oat grains in plastic bags for 45 days. The crude protein (%), crude ash (%), ADF (%), NDF (%), P (%), K (%), Ca (%), Mg (%), digestible dry matter (DDM) (%), dry matter intake (DMI) (%), total digestible nutrients (TDN), net energy-lactation (NEL), net energy-maintenance (NEM), net energy-gain (NEg), fleig score, and relative feed value (RFV) were determined. The dry matter of ensiled fodder peas and cracked oat grain added fodder peas silage varied between 38.30-39.54%. The pH values were between 4.15-4.50 in silage of fodder peas and cracked oat grain added fodder peas silages. Fleig score values were varied between 101.47-118.21. According to the Fleig scores, adding 12% cracked oat grains to fodder peas during siloing may be recommended to obtain silage.

Research Article

Article History

Received :16.04.2024
Accepted :25.05.2024

Keywords

Fodder pea
silage
cracked oat grain
silage quality

1. Introduction

Grazing is widely recognized as the most cost-effective method of feeding livestock. In many regions, seasonal changes and shortages significantly limit the productivity of rangelands, necessitating alternative strategies for ensuring a consistent feed supply. The limited range and low yield levels of pastures underscore the importance of silage production, which is considered the closest alternative to fresh forage in terms of nutritional quality (Ates and Tenikecier, 2022). Silage is an optimal method for preserving high-quality forage, particularly during periods when fresh forage is unavailable (Burgu and Mut, 2023). It is harvested during specific periods and subsequently fermented in an anaerobic environment, which is critical for producing a stable and nutritious feed resource (Ates and Tenikecier, 2022). Considering that there is a positive relationship between nutrition and the productivity of ruminant animals, nutrient content and other quality characteristics of feeds are of great importance for animal productivity (Kızılsimşek et al., 2023).

Forage legumes play a multifaceted role in agriculture, serving not only as forage and silage but also as food, ornamental plants, soil improvers, and sources of pollen and nectar. Among these, annual forage legumes are especially significant as a major nutrient source for livestock and are cultivated globally for this purpose (Ates et al., 2010). These legumes are vital feed resources for ruminants and can be utilized in various forms, including hay, silage, and grazing (Fernandes et al., 2013). Fodder pea (*Pisum arvense* L.), commonly referred to as "field pea," "forage pea," "winter pea," "grey pea," and "Austrian winter pea," holds significant global importance as a forage legume. This species is an annual forage legume that is grown in the cool-season (Sayar and Han, 2016) and is extensively cultivated in semi-arid regions where annual precipitation ranges from 350 to 650 mm, such as in Anatolia and the Mediterranean area. Fodder pea exhibits optimal performance on fertile, well-drained

soils with high moisture-holding capacity. It thrives best on loam, silt loam, and well-textured soils with a pH range of 6.0-7.5 (Ateş, 2012). The fodder peas is a versatile crop, utilized for various purposes including grain production, herbage, hay, pasture, green manure, and silage, either as a monoculture or in combination with cereals. Additionally, it serves as a cover crop and rotational crop (Ates and Tenikecier, 2020). The crop is notable for its high-quality protein content. Although fodder peas's levels of cell-wall components are lower compared to grasses, its cell walls are highly lignified (Servet and Ate, 2004).

Feeds such as fodder peas, characterized by high levels of crude protein, mineral content, and buffering capacity (McDonald et al., 1991; Rooke and Hatfield, 2003; Gümüştaş and Turan, 2022), but low levels of water-soluble carbohydrates (Borreani et al., 2006), require the addition of specific additives to enhance silage fermentation (Rooke and Hatfield, 2003; Kaiser, 2004; Ni et al., 2017). To enhance the nutrient content of silages used as roughage, various additives are commonly employed. Notably, carbohydrate sources that act as fermentation stimulants are particularly important among these additives (Kaiser, 2004). These include corn, barley, urea, molasses, and acids such as hydrochloric acid, propionic acid, phosphoric acid, lactic acid, and formic acid to create an acidic environment. Additionally, lactic acid-producing bacterial cultures and enzymes are utilized to facilitate fermentation (Kılıç et al., 2000; Touno et al., 2014). Weiss and Underwood (2009) stated that grain added forages at ensiling are more complete feeds, and adding 45-90 kg/wet ton cracked or rolled grains to forages at ensiling increases dry matter by up to 5 points. The application of cereal grains or citrus, beet pulps to low-DM forages was improved the fermentation characteristics of the silages, and the amount of effluent reduce determined (Jones et al., 1990; Jacobs et al., 1995).

For fodder and silage production, fodder peas is grown in mixtures with cereals in different ratios, but also for the silage from the

pure fodder peas using additives. Besides, many livestock breeders also ask whether oat (*Avena sativa* L.) grains can be added to fodder peas silage and in what quantity. In order to answer this question, this study was carried out to determine the effect of crushed oat grains on the quality of pure fodder peas silage.

2. Materials and Methods

2.1 Experimental site

In November 2022, a basal fertilizer containing nitrogen (N) and phosphorus (P) at a rate of 50 kg per hectare was incorporated into the soil during land preparation on a 5-hectare farmer's field located in Gazioğlu, Süleymanpaşa-Tekirdağ, Türkiye.

2.2 Plant material

The seeds of the fodder peas variety 'Töre' were sown using a seed drill at a rate of 120 kilograms per hectare with a row spacing of 25 centimeters (Ateş and Tenikecier, 2020). Fresh samples were taken at the full-bloom stage at a height of 3 cm above the ground (Tenikecier and Ateş, 2021). Grains of oat variety 'Sebat' were subjected to a mechanical cracking process.

2.3 Ensiling process

The samples were left to wither for 2 hours and then approximately 1.5-2 cm chopped by mechanically (Er and Mut, 2023). 100 g withered fodder pea sample without additives and 100 g withered fodder pea sample with 3 g, 6 g, 9 g and 12 g cracked oat (Weiss and Underwood, 2009) were vacuumed (İleri et al., 2022) in to the 20x26 cm plastic bags and were stored in a dark environment for a period of 45 days to facilitate fermentation at ambient temperatures ranging from 15 to 28°C (Jia et al., 2021). After 45 days, the pH of the silages was measured using a pH meter. The research was conducted in complete randomized split-plot design with four replications.

2.4 Chemical analysis

It is well-documented that oven drying feed samples at temperatures exceeding 60 °C can result in heat-damaged protein and increased values of fiber and lignin. Furthermore, oven

drying feedstuffs containing proanthocyanidins, even at temperatures below 60°C, has been shown to increase neutral detergent fiber (NDF), fiber-bound nitrogen, and lignin content (Reed and Van Soest, 1984). To determine the dry matter content, the matured silage samples were dried to a constant weight in an air oven at 60°C for 48 hours, followed by a subsequent day of storage at ambient temperature. The samples were then ground to small pieces (≤ 1 mm) and utilized for analysis. Nitrogen (N) content was analyzed following the procedures outlined by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019). The crude protein content (%) was calculated by multiplying the nitrogen content by a factor of 6.25. The samples were wet-digested with a nitric-perchloric acid mixture, and phosphorus (P, %) content was determined spectrophotometrically. The potassium (K, %), calcium (Ca, %), and magnesium (Mg, %) contents were quantified using an inductively coupled plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES) (Isaac and Johnson JR, 1998). Crude ash (%), acid detergent fiber (ADF, %), and NDF (%) contents were determined using Weende and Van Soest methodologies (AOAC, 2019; Van Soest et al., 1991). All analyses were conducted in duplicate. The digestible dry matter (%), dry matter intake (%), relative feed value (%), total digestible nutrients (TDN), net energy for lactation (NEL), net energy for maintenance (NEM), and net energy for gain (NEg) were calculated using established equations for forage evaluation (Schroeder, 1994). Fleig score was calculated using the formula suggested by Kılıç (2010), which was given below;

$$\text{Fleig Score} = 220 + (2 \times \% \text{ DM} - 15) - 40 \times \text{pH}$$

2.5 Statistical analysis

All data was performed using analysis of variance (ANOVA) with TARIST software (Açıkgöz et al., 1994), and treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test, implemented with MSTAT-C software (Düzgüneş et al., 1987).

3. Results and Discussion

The results of the cracked oat grains added fodder peas silage are given in Table 1, 2 and 3. The dry matter, pH, crude protein, crude ash, ADF, NDF, P, K, Ca, Mg, TDN, DDM, DMI, Fleig Score and relative feed value means were statistically significant ($P < 0.01$). There were no statistically significant difference between

means of NEI, NEm, NEg ($P > 0.05$) (Table 1, 2 and 3). Dry matter serves as an indicator of the nutrient content available to animals in a given feed. Livestock require a specific daily intake of dry matter to sustain health and maintain production levels (CCOF, 2020). The dry matter of ensiled fodder peas and cracked oat grain added fodder peas silage varied between 38.30-39.54% (Table 1).

Table 1. Dry matter, pH, Crude protein, ADF and NDF of ensiled fodder peas

	Dry Matter	pH	Crude Protein	Crude Ash	ADF	NDF
Fodder Pea	38.30b	4.50a	19.78a	3.52d	27.05e	38.05d
Fodder Pea+3% cracked oat	39.53a	4.31b	17.49e	3.95c	27.59d	39.10c
Fodder Pea+6% cracked oat	39.15a	4.23bc	17.81d	4.10b	27.69c	39.15c
Fodder Pea+9% cracked oat	39.48a	4.34b	18.06c	4.20b	27.80b	39.23b
Fodder Pea+12% cracked oat	39.54a	4.15c	18.13b	4.66a	27.97a	39.29a
<i>Mean</i>	39.20	4.31	18.25	4.09	27.62	38.96
LSD	0.482**	0.160**	0.047**	0.097**	0.048**	0.051**

The lowest dry matter (38.30 %) was determined in pure fodder peas silage and the highest were determined in fodder peas+3% cracked oat (39.53 %), fodder peas+6% cracked oat (39.15 %), fodder peas+9% cracked oat (39.48 %) and fodder peas+12% cracked oat (39.54 %) silages. The dry matter increasing with adding cracked oat to fodder pea silage was compatible to Weiss and Underwood (2009). Heuze et al. (2017) reported that the crude protein and digestibility ratios decrease when the dry matter ratio increase. İleri et al. (2022) also indicated that silage fermentation is delayed and quality is reduced under low carbohydrate conditions.

The PH was statistically significant according to $P < 0.01$. The pH values were between 4.15-4.50 in silage of fodder peas and cracked oat grain added fodder peas silages (Table 1). While the highest pH was determined in fodder peas silage (4.50), the lowest was determined in fodder peas+12 % cracked oat (4.15) silage. Jacobs et al. (1995) reported that adding barley grains to pasture silage at ensiling decreases pH. Geren (2001), Silva et al. (2015), Heuze et al., (2017) and İleri et al. (2022) reported that the similar pH values for the silage corn that have 25-35% dry matter ratio. Limin Kung et al. (2003), Jian et

al. (2017), Ni et al. (2017) declared adding molasses to silages and Canbolat et al. (2019) adding molasses to fodder peas silage was decreased pH.

The highest crude protein was obtained from fodder peas silage (19.78 %) and the lowest was in fodder peas + 3 % cracked oat silage (17.49 %) (Table 1). Oat grains usually contain 11-14 percent crude protein. Besides, crude fiber content of oats is usually 11 percent or higher, compared to 2 percent for grains that thresh free of hulls (Boyles and Johnson, 2024). As the hull ratio increased with the addition of different amounts of oat cracks, a change in fiber and protein ratio occurred. The highest ADF (27.97 %) and NDF (39.29 %) values were determined in fodder peas+12 % cracked oat silage and the lowest values were in fodder peas silage. Rohweder et al. (1978) determined best quality feed has to be with 41 % ADF and 53 % NDF content to have greater than 151 RFV. Pahlow et al. (2002) stated that using silage additives is generally advisable for forage legumes, for protein protection and to improve fermentation quality. Turgut et al. (2005) and İleri et al. (2020) reported that the significant relations between silage and silage material in terms of NDF and ADF contents. The results of our analysis of NDF and ADF

contents were found to be consistent with those of previous studies (Geren, 2001; Azevedo et al., 2011; Silva et al., 2015; Heuze et al., 2017; Kızıllışımşek et al., 2023).

Maintaining a balanced mineral intake is crucial for the health and well-being of animals. Each mineral serves specific functions in the body, and deficiencies cannot be compensated for by other minerals. For instance, Ca and P are intricately linked to animal metabolism and overall health. It's imperative to maintain the proper ratio of Ca and P in conjunction with vitamin D, as highlighted by Ates and Tekeli (2005). The skeletal system holds a significant portion of Mg, comprising approximately 68-73 % of the total Mg content in an animal's body. Additionally, the presence of P in the rumen is vital, as higher levels of P promote Mg absorption. In instances where animals graze on phosphorus-deficient pastures, the rumen may have low concentrations of P, further hindering Mg absorption. Moreover, the Ca

levels in the blood also influence these processes (Ateş, 2017). An analysis of variance indicated that there were statistically significant differences in macro elements among fodder pea and cracked oat added fodder pea silages ($P < 0.01$). The highest P (0.36 %), K (2.03 %), Ca (1.23 %) and Mg (0.37 %). contents were determined in fodder peas + % 3 cracked oat silage (Table 2). The lowest P content was determined in fodder peas silage (0.31 %). The lowest K (1.80 %) and Ca (1.00 %) contents were determined in fodder peas+12 % cracked oat silage. The lowest Mg contents were determined in fodder peas + 9 % cracked oat (0.32 %) and fodder peas + 12 % cracked oat (0.31 %) silages. The highest TDN was determined in fodder peas silage (65.42) and the lowest in fodder peas + 12 % cracked oat silage (64.18) (Table 2). The DDM and DMI of ensiled fodder peas and cracked oat grain added fodder peas silages were varied between 67.11-67.83 and 3.05-3.15 respectively (Table 2 and 3).

Table 2. P, K, Ca, Mg contents, TDN and DDM of ensiled fodder peas

	P	K	Ca	Mg	TDN	DDM
Fodder Pea	0.31e	1.99b	1.19b	0.36ab	65.42a	67.83a
Fodder Pea+3% cracked oat	0.36a	2.03a	1.23a	0.37a	64.62b	67.40b
Fodder Pea+6% cracked oat	0.35b	1.96c	1.15c	0.35b	64.51b	67.33c
Fodder Pea+9% cracked oat	0.34c	1.92d	1.12d	0.32c	64.38bc	67.24d
Fodder Pea+12% cracked oat	0.32d	1.80e	1.00e	0.31c	64.18c	67.11e
<i>Mean</i>	0.34	1.94	1.14	0.34	64.62	67.38
LSD	0.005**	0.027**	0.016**	0.017**	0.298**	0.036**

Table 3. DMI, Nel, NEm, NEg, Fleig Score and Relative Feed Value of ensiled fodder peas

	DMI (%)	NEl	NEm	NEg	Fleig Score	RFV
Fodder Pea	3.15a	0.67	0.73	0.40	101.47c	165.83a
Fodder Pea+3% cracked oat	3.07b	0.67	0.72	0.39	111.31b	160.35b
Fodder Pea+6% cracked oat	3.06c	0.66	0.72	0.39	114.61ab	159.97c
Fodder Pea+9% cracked oat	3.06c	0.66	0.72	0.39	110.50b	159.44d
Fodder Pea+12% cracked oat	3.05d	0.66	0.71	0.39	118.21a	158.89e
<i>Mean</i>	3.08	0.66	0.72	0.39	111.22	160.90
LSD	0.008**	ns	ns	ns	6.407**	0.153**

While the lowest DDM and DMI was determined in fodder peas + 12 % cracked oat silage, the highest were determined in fodder peas silage. The NEl, NEm and NEg values varied between 0.66-0.67, 0.71-0.73 and 0.39-0.40 respectively ($P > 0.05$). DDM and DMI

was higher than whom reported 63.47 % and 2.83 % (Seydoşoğlu, 2019).

One of the criteria considered in the determination of silage quality is pH value. In a good silage, there is a close relationship

between pH value and Flieg score of silage (Kılıç, 2010; Er and Mut, 2023). Fleig score based silage quality was declared (<20 worthless, 20–39 satisfactory, 40–59 moderate, 60–84 good and 85–100 very good) by Kılıç (2006). Fleig score values were varied between 101.47-118.21. The lowest (101.47) Fleig score was determined in fodder peas silage and the highest (118.21) in fodder peas+12% cracked oat silage (Table 3). The determined Flieg scores are higher than the values determined by Demiroğlu Topçu and Kahya (2023) in berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.)-annual rye grass (*Lolium multiflorum* Lam.) mixture silages.

The relative feed value index is a measure of the quality of a given fodder. As the RFV of a given fodder decreases, its quality also decreases (Önal Aşçı and Acar, 2018). The relative feed values were varied between 158.89-165.83. The lowest was obtained from fodder peas+12% cracked oat silage and the highest from fodder peas silage (Table 3). The relative feed values were opposite to the reports of Canbolat et al. (2019), who reported that the values increased when molasses was added to the fodder peas silage.

4. Conclusions

Legume forages and their silage, has leading roles with their high protein, macro and micro nutrients relative feed values and low crude ash, ADF, NDF contents rather than grasses and cereals in livestock fed. This was corroborated by the findings of the study. However, it was found that incorporating cracked oats into fodder peas improved silage fermentation. The research results not only showed increases in dry matter, crude ash, ADF, and NDF, but also in Fleig score with the addition of cracked oats to fodder peas silages. According to the Fleig scores, adding 12 % cracked oat grains to fodder peas during siloing may be recommended to obtain silage.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for

publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

References

- Açıkgöz, N., Akbaş, M.E., Moghaddam, A., Özcan, K., 1994. Database-based Turkish statistics program for PCs: TARIST. *Turkey 1st Field Crops Congress*, 25-29 April, İzmir, Türkiye, p: 264–267.
- AOAC, 2019. Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st Ed, Association of Official Analytical Chemists, USA.
- Ates, E., 2017. Slope aspect has effects on vegetation and forage traits of anthropogenic pasture under two grazing treatments. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 34: 236-252.
- Ates, E., Coskuntuna, L., Tekeli, A.S. 2010. The amino acid and fiber contents of four different annual forage legumes at full-bloom stage. *Cuba. Journal of Agricultural Science*, 44:73-78.
- Ates, E., Tekeli, A.S., 2005. Forage quality and tetany potential of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) mixtures. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 39: 97-102.
- Ates, E., Tenikecier, H.S., 2020. In ergocalciferol content and some agronomic characters among growth stages in six field pea genotypes. *Current Trends in Natural Sciences*, 9: 6-14.
- Ates, E., Tenikecier, H.S., 2022. Effect of phosphorus fertilization on silage quality of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). *Current Trends in Natural Sciences*, 11: 30-36.
- Ateş, E., 2012. Field Pea [Yem Bezelyesi]. *Hasad Hayvancılık*, 28(329): 62-63.

- Azevedo, J.A.G., Valadares Filho, S.C., Pina, D.S., Valadares, R.F.D., Detmann, E., Paulino, M.F., Diniz, L.L., Fernandes, H.J., 2011. Intake, total digestibility, microbial protein production, and the nitrogen balance in ruminant diets based on agricultural and agro-industrial by-products. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 63: 114-123.
- Borreani, G., Cavallarín, L., Antoniazzi, S., Tabacco, E., 2006. Effect of the stage of growth, wilting and inoculation in field pea (*Pisum sativum* L.) silages. I. Herbage composition and silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 1377-1382.
- Boyles, S., Johnson, L., 2024. Oats as a feed for beef cattle. (<https://agnr.osu.edu/sites/agnr/files/imce/pdfs/Beef/OatsAsFeedForBeefCattle.pdf>), (Accessed:01.03.2024).
- Burgu, L., Mut, H., 2023. Silage yield and some quality traits of silage maize varieties growing as second crop. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(1): 12-24.
- Canbolat, Ö., Akbay, K.C., Kamalak, A., 2019. Possibilities of use of molasses as carbohydrate source in pea silages. *Journal of Agriculture and Nature*, 22(1): 122-130.
- CCOF, 2020. California Certified Organic Farmers: What is dry matter and why is this important? Certification Services, LLC; CCOF Inc., CCOF Foundation, 2155 Delaware Avenue, Suite 150, Santa Cruz, CA, USA.
- Demiroğlu Topçu, G., Kahya, M.E., 2023. İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ile İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) karışımlarının bazı silaj özelliklerinin belirlenmesi. *Research Journal of Biology Sciences*, 16(1): 8-15.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Research and Trial Methods (Statistical Methods II). Ankara University Agricultural Faculty Press No.1021, Ankara.
- Er, E., Mut, H., 2023. Determination of silage quality of mixtures of berseem clover (*Trifolium resupinatum* L.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under Bilecik conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 730-738.
- Fernandes, G.M., Possenti, R.A., de Mattos, W.T., Schammass, E.A., Junior, E.F., 2013. In situ degradability and selected ruminal constituents of sheep fed with peanut forage hay. *Archives of Animal Nutrition*, 67: 393-405.
- Geren, H., 2001. Effect of sowing dates on silage characteristics of different maize cultivars grown as second crop under Bornova conditions. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 38: 47-54.
- Gümüştaş, M., Turan, N., 2022. Investigation of the effect of some cereals mixing with different proportions of feed pea (*Pisum sativum* L.) on silage quality. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 118-130.
- Heuze, V., Tran, G., Edouard, N., Lebas, F., 2017. Maize silage. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO, (<https://feedipedia.org/node/13883>), (Accessed: 01.03.2024).
- İleri, O., Erkovan, S., Erkovan, H.İ., Koç, A., 2020. Silage quality of second forage pea at different plant densities and cereal mixtures. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 1: 35-45.
- İleri, O., Kara, E., Erkovan, Ş., Sürmen, M., Erkovan, H.İ., Koç, A., 2022. Silage quality of corn grown at different weed densities. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 3(2): 36-40.
- Isaac, R.A., Johnson JR, W.C., 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. (Ed: Kalra, Y.P.). *Elemental Determination by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*. CRC Press, Washington DC, USA, 165-170.

- Jacobs, J.L., Morris, R.J., Zorrilla-Rios, J., 1995. Effect of ensiling whole barley grain with pasture on silage quality and effluent production, and the performance of growing cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35: 731-738.
- Jia, T., Wang, B., Yu, Z., Wu, Z., 2021. The effects of stage of maturity and lactic acid bacteria inoculants on the ensiling characteristics, aerobic stability and in vitro digestibility of whole-crop oat silages. *Grassland Science*, 67: 55–62.
- Jian, W., Lei, C., Xian-jun, Y., Gang, G., Jun-feng, L.I., Yun-feng, B., Tao, S., 2017. Effects of molasses on the fermentation characteristics of mixed silage prepared with rice straw, local vegetable by-products and alfalfa in Southeast China. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3): 664-670.
- Jones, D.I.H., Jones, R., Moseley, G., 1990. Effect of incorporating rolled barley in autumn cut ryegrass silage on effluent production, silage fermentation and cattle performance. *Journal of Agricultural Science*, 115:399-408.
- Kaiser, A.G., 2004. Successful Silage. (Eds: Kaiser, A.G., Piltz, J.W., Burns, H.M., Griffiths, N.W.) *Silage Additives*. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries. New South Wales, Australia.
- Kılıç, A., 2006. Determination of Quality in Roughage [Kaba Yemlerde Niteliğin Saptanması]. Hasat Yayıncılık, İstanbul, 159.
- Kılıç, A., 2010. Silo Feed [Silo Yemi]. Hasat Yayıncılık, İstanbul.
- Kılıç, A., Yalçın, S., Yılmaz, A., 2000. Ruminant beslemede kaba yem kaynaklarında yapılabilecek iyileştirmeler. *TUYEM 5. Uluslararası Yem Kongresi ve Yem Sergisi*. 1-2 Mayıs, Antalya.
- Kızıllımşek, M., Demiroğlu Topçu, G., Akbay, F., 2023. The effect of different mixture ratios of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) on some silage quality characteristics. *International Journal of Applied Biology and Environmental Sciences*, 5: 53-63.
- Limin Kung, J.R., Stokes, M.R., Lin, C.J., 2003. Silage Science and Technology (Eds: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, H.) *Silage Additives*. (Agronomy Series No. 42), American Society of Agronomy, Madison, 305-360.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E., 1991. The Biochemistry of Silage. 2nd edition. Chalcombe Publications; Bucks, England.
- Ni, K., Wang, F., Zhu, B., Yang, J., Zhou, G., Pan, Y., Tao, Y., Zhong, J., 2017. Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. *Bioresource Technology*, 238: 706-715.
- Önal Aşçı, Ö., Acar, Z., 2018. Quality in Forages. TMMOB Chamber of Agricultural Engineers Publications, Ankara, Türkiye. (In Turkish).
- Pahlow, G., Rammer, C., Slottner, D., Tuori, M., 2002. Ensiling of legumes. *Legume Silages for Animal Production: LEGSIL. An International Workshop supported by the EU and held in Braunschweig* (Eds: R. J. Wilkins, C. Paul.), Conference Proceeding Book, 8-9 July 2001, Braunschweig, pp. 27-32.
- Reed, J.D., Van Soest, P.J., 1984. Estimating the nutritive value of crop residue and agro-industrial by-products by chemical methods. *Proceedings of the FAO/ILCA Expert Consultation*, 5–9 March, Addis Ababa, Ethiopia.
- Rohweder, D.A., Barnes, R.F., Jorgensen, N., 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47:747-759.
- Rooke, J.A., Hatfield, R.D., 2003. Biochemistry of Ensiling. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty, 1399.

- Sayar, M.S., Han, Y., 2016. Forage yield performance of forage pea (*Pisum sativum* spp. *arvense* L.) genotypes and assessment using GGE biplot analysis. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 1621-1634.
- Schroeder, J.W., 1994. Interpreting Forage Analysis. Extension Dairy Specialist (NDSU), AS-1080, North Dakota State University.
- Servet, A., Ate, E., 2004. Determination of some agricultural characters in field pea (*Pisum arvense* L.) lines at Tekirdağ (Turkey) ecological conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 38: 313-316.
- Seydoşoğlu, S., 2019. Investigation of the effect of fodder peas (*Pisum sativum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) herbage mixed at different rates on silage and feed quality. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 56(3):297-302.
- Silva, M.S.J., Jobim, C.C., Poppi, E.C., Tres, T.T. and Osmari, M.P., 2015. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(9): 303-313.
- Tenikecier, H.S., Ates, E., 2021. Yield, some cell wall component and mineral contents of fodder peas (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. Poir) forage as influenced by cultivar, growth stages and phosphorus application. *Journal of Elementology*, 26: 319-332.
- Touno, E., Kaneko, M., Uozumi, S., Kawamoto, H., Deguchi, S., 2014. Evaluation of feeding value of forage soybean silage as a substitute for wheat bran in sheep. *Animal Science Journal*, 85: 46-52.
- Turgut, I., Duman, A., Bilgili, U., Acikgoz, E., 2005. Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 146-151.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583–3597.
- Weiss, B., Underwood, J., 2009. Silage Additives. Ohio State University Extension Department of Horticulture and Crop Science, Columbus.

To Cite

Tenikecier, H.S., Ateş, E., 2024. Effect of Adding Different Ratios of Oat (*Avena sativa* L.) Cracks on the Silage Quality of Fodder Pea (*Pisum arvense* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 638-646.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12607765>.



Hıyar (*Cucumis sativus*) Fidesi Gelişiminde Ortama Vermikompost, Mikoriza ve Gübre Uygulama Dozlarının Etkisi

Sezer ŞAHİN¹, Hakan KARTAL^{2*}, Naif GEBOLOĞLU²

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): kartalhakan09@gmail.com

Özet

Fide üretiminde verilen gübreden ziyade gübrenin alınabilirliği ve bitkinin bundan ne kadar faydalanabildiği önemlidir. Vermikompost (solucan gübresi), bitki gelişiminden toprak düzenlemesine, antioksidan etkilerinden her türlü atığın üretimde kullanılmasına kadar pek çok faydası bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı hıyar fide gelişiminde uygulanan mikoriza, vermicompost ve gübre dozlarının etkilerini araştırmaktır. Araştırmada Olay F1 hıyar çeşidi kullanılmıştır. Bu araştırma bir viyol çalışması olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada fide yetiştirmek için 2:1 oranında torf:perlit karışımı olan ortamlara EC 0.5-1.00 ile hem mikorizalı hemde mikorizatsız şekilde farklı oranlarda vermicompost (% 0, 10 ve 20) dozları uygulanmıştır. Hıyar fidelerine gelişim dönemleri içerisinde yeterli oranda makro ve mikro besin elementleri uygulanmıştır. Fideler yaklaşık 40 günlük süreçte sökümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, hıyar bitkisinin fide boyu (cm), hipokotil boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet), yaprak yaş ağırlık (g), yaprak kuru ağırlık (g), kök yaş ağırlık (g) ve kök kuru ağırlık (g) gibi özellikler incelenmiştir. Çalışmada sonuç olarak, vermicompost dozları arttıkça fidelerin toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları ile kök yaş ve kuru ağırlıklarının arttığını göstermiştir. Bitkilerin yapraklarındaki azot, fosfor, potasyum ve magnezyum konsantrasyonları organik gübre karışımı ile paralel olarak artmıştır. Yetiştirme ortamına mikorizaların eklenmesi, incelenen özelliklerde farklı sonuçlar vermiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :16.04.2024

Kabul Tarihi :25.05.2024

Anahtar Kelimeler

EC
fide
mikoriza
hıyar
vermicompost

The Effect of Vermicompost, Mycorrhiza and Fertiliser Application Doses on Cucumber (*Cucumis sativus*) Seedling Development

Abstract

In seedling production, it is crucial to consider the uptake of fertilisers and their benefits to the plant rather than just the amount of fertiliser given. Vermicompost (worm manure) offers numerous benefits, including promoting plant growth and regulating soil, as well as providing antioxidant effects and utilizing various waste materials in production. The aim of this study was to investigate the effects of mycorrhiza, vermicompost and fertiliser doses on cucumber seedling development. The cucumber variety Olay F1 was used in the study. This research was conducted as a field study with three replications according to the coincidence plots experimental design. The study applied different doses of vermicompost (0%, 10%, and 20%) with EC 0.5-1.00, both with and without mycorrhizae, to a 2:1 peat:perlite mixture for seedling growth. Cucumber seedlings received sufficient macro and micronutrients during their developmental period. The seedlings were uprooted at approximately 40 days of age. The height of the seedling in centimetres, the length of the hypocotyl in centimetres, the diameter of the stem in millimetres, the number of leaves, and the weight of both wet and dry leaves and roots were analysed. The results of the study showed that above ground wet and dry weights and root wet and dry weights of the seedlings increased with increasing vermicompost doses. The concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium in the leaves of the plants increased as the organic fertiliser mixture increased. The addition of mycorrhizae to the growing medium gave different results in the characteristics studied.

Research Article

Article History

Received :16.04.2024

Accepted :25.05.2024

Keywords

EC
cucumber
seedling
mycorrhiza
vermicompost

1. Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, tarımsal üretimin artan talepleri karşılayamamasına yol açmıştır. Bundan ötürü, yüksek verim elde etmek için aşırı sentetik gübre kullanılması toprağın bozulmasına, organik maddenin azalmasına, toprak canlılığının kaybolmasına ve topraklarda çoraklaşmaya neden olmuştur (Cüre, 2022). Yanlış tarım uygulamaları ve geleneksel yöntemlerle yapılan kimyasal girdi, toprakta yayayışlı mikroorganizmaların ölümüne ve verim kayıplarına yol açmaktadır (Sinha, 2009). Yoğun tarım yapılan bölgelerde yaşanan bu olumsuzluklar topraksız tarım adı verilen yeni bir tekniğin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Topraksız tarım, özellikle sera topraklarından beklenen verimi elde edemeyen yetiştiriciler arasında, ülkemizde ve dünya genelinde giderek yaygınlaşmaktadır. Ancak topraksız tarım sebze yetiştiriciliğinde üretimde riski en aza indirmek için tohum yerine fide ile üretim yapmak başarıyı arttırmaktadır. Bunun içinde hazır fide kullanımı tercih edilmektedir (Tüzel ve ark., 2015; Özer ve Kandemir, 2016). Başarılı fide üretimini etkileyen en önemli faktör yetiştirme ortamıdır.

Günümüzde vermikompost (solucan gübresi), en önemli organik yetiştirme tekniklerinden birini ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliğini artırma kapasitesi nedeniyle ekonomik açıdan en avantajlı yöntemlerden birini temsil etmektedir. Organik materyallerle özel solucan türlerinin beslenmesi sürecinin sonunda vermikompost elde edilir (Ceritoğlu ve Erman, 2020). Vermikompost, solucanların doğadaki makro ve mikro besin maddelerini dönüştürme işlevlerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Yurdagül, 2007; Ceritoğlu ve ark., 2019). Vermikompost tekniği hem ekolojik hem de ticari anlamda yüksek değerlikli ürünler sağlayan ve dünyada yoğun şekilde yapılan bir tekniktir (Dinç ve ark., 2014). Vermikompost; bitki büyümesini destekleyen oksin, sitokin ve gibberellin gibi hormonal etkileri nedeniyle fide gelişimi ve tohum çimlenmesi üzerine olumlu etki etmektedir (Yılmaz ve ark., 2017).

Vermikompostun, toprak düzenleyici yönü olduğu, faydalı bitki besin maddesi içerdiği, bazı pestisit ve bitki hastalıklarını kontrol etmektedir (Bellitürk, 2016). Ayrıca, vermikompost uygulaması toprağın su tutma kapasitesini artırır, pH ve strüktürü düzenler, bitkinin direncini yükseltir (Ceritoğlu ve ark., 2018).

Mikoriza; bazı bitkilerin kökleriyle ortak yaşam, simbiyoz ilişkisi geliştirmiş olan mantarlara verilen isimdir. Birçok araştırmacı, bitki köklerinde bulunan ancak hastalığa yol açmayan bazı toprak mantarları arasında bir ilişki saptandı ve bu bitki kökleri ile bazı toprak fungusları arasındaki ilişkiye 1885 yılında resmi olarak "mikoriza" adı verilmiştir (Yıldız, 2009). Mikorizalar, hifler aracılığıyla bitki köklerin etki dışında kalan topraktan alımı zor olan besin elementlerinin taşınmasında rol oynar (Çelik ve ark., 2019). Fosfor, çinko, kalsiyum, bakır, manganez, demir ve magnezyum gibi önemli besin maddelerinin artırılması bitki köklerini patojenlere karşı koruyabilir (Bolat ve Kara, 2017). Fide yetiştiriciliği yapılan topraksız tarım alanlarında bitki besin maddesi olarak genelde kimyasal kaynakların kullanıldığı düşünüldüğünde, mikoriza kullanımı büyük önem arz etmektedir. Bu yüzden mikorizanın yetiştiricilikte kullanımı, besin maddesi alımını teşvik etmek suretiyle fosfor başta olmak üzere sentetik gübre ihtiyacının azalmasına sebep olmaktadır (Bice Ataklı ve ark., 2022). Öte yandan, Küçükyumuk (2014) vermikompost-mikoriza birlikte kullanılmasının bitki verimini ve besin maddesi alımını artırarak bitkisel üretim için faydalı olduğunu göstermiştir. Vermikompostun devamlı uygulanması ortamda humus birikimini arttırmakta, sulama ihtiyacını azaltmakta, bitkileri pestisitlerden korumakta ve çiftçilere ekonomik kazanç sağlamaktadır (Türüt, 2019). Ayrıca hem sera hem de tarla koşullarında ürün verimini, besin alımını, bitki büyüme oranını ve verimi artırdığını tespit etmişlerdir (Narkhede, 2011; John ve Prabha, 2013; Hınıslı, 2014). Vermikompost uygulamalarının farklı sebze türlerinde bitki büyümesi, fide verim ve kalitesi üzerine olumlu sonuçlar ortaya

koyduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Köksal ark., 2017; Alaboz ark., 2017; Rekha ark., 2018).

Yürütülen benzer araştırmalarda vermikompost ve mikoriza uygulamalarının hıyarda çimlenme, fide gelişimi ve ürün verimi üzerine etkileri incelenmiştir (Akın ve ark., 2020; Öcalan ve Sağlam, 2022). Ancak bu çalışmada vermikompost ve mikoriza uygulamalarının birlikte ve ayrı kullanımına ek olarak kimyasal gübre uygulamaları ile mukayasesi çalışmanın özgün yönünü oluşturmaktadır. Erden fide döneminde organik ve biyolojik preperatların kullanımı ile fide gelişimi arasındaki ilişkinin ortaya konması çalışmanın önemini artıran diğer bir husustur. Bu çalışmanın amacı, hıyar fidesi yetiştirme ortamına farklı dozlarda vermikompost, mikoriza ve kimyasal gübre uygulamalarının fide gelişimi ve kalitesine etkisini araştırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 2021 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesindeki tam otomasyonlu ısıtmalı polikarbon bir serada yürütülmüştür. Çalışma 150'lik fide yetiştirme viyollerinde yapılmıştır. Çalışmada kullanılan Kekkila torfun kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Her uygulama konusu için bir viyolün tamamına hıyar tohumu (150 adet) ekilmiştir. Uygulamalar vermikompost (kontrol, % 10 ve % 20), mikoriza (M-: uygulama yok, M+: uygulama var) ve kimyasal gübre dozları (EC 0.5 ve EC 1) olarak ayarlanmıştır. Çalışma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Viyoller 3 eşit şekilde bölünüp her bir parça tekerrür kabul edilmek suretiyle çalışma tekerrürler oluşturulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan torfun kimyasal özellikleri

Özellikler	Değerler
Organik madde (%)	95
pH	5.5
EC (dS)	2.5
N (mg l ⁻¹)	140
P ₂ O ₅ (mg l ⁻¹)	160
K ₂ O (mg l ⁻¹)	180
MgO (mg l ⁻¹)	10
SO ₃ (mg l ⁻¹)	187
Fe (mg l ⁻¹)	0.9
Mn (mg l ⁻¹)	1.6
B (mg l ⁻¹)	0.3
Zn (mg l ⁻¹)	0.4
Cu (mg l ⁻¹)	1.5
Mo (mg l ⁻¹)	0.5

Fide gübrelemesi için hazırlanan besin çözeltilisi 100 ppm azot, 50 ppm fosfor, 100 ppm potasyum, 100 ppm kalsiyum, 50 ppm magnezyum, 50 ppm kükürt ve mikro element

şeklinde. EC 1 ve EC 0.5 besin çözeltilerinin haftalık olarak uygulama miktarı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. EC 1 and EC 0.5 uygulamalarının haftalara göre dağılımı

	1 hafta	2 hafta	3 hafta	4 hafta	5 hafta
EC 1 (dS/m)	-	1.2	1.4	1.6	1.9
EC 0.5 (dS/m)	-	0.92	1.02	1.12	1.22

Fideler çimlendikten hemen sonra, fideler iki haftalık olduklarında EC 1.4 mmhos/cm ve EC 1.8 mmhos/cm ile homojen bir şekilde uygulama yapılmıştır. Mikoriza uygulaması için BioGlobal firmasından bitki kökleri ile simbiyotik olarak yaşayabilen Endo Roots Soluble (ERS) kullanılmıştır. Mikorizadan 5000 mg<7kg hazırlanarak ve tohum ekiminden 4 gün sonra her bir viyole 50 ml mikoriza saf su ile uygulanmıştır.

Uygulamaların fideler üzerindeki etkisini gözlemek için, fideler çıkıştan sonraki 40. günde toprak üstü kısımlarından kesilmiş ve hıyar bitkisinin, fide boyu, hipokotil boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı gözlemleri yapılmıştır. Fide boyu, yetiştirme ortamının yüzeyinden en uzun yaprağın ucuna kadar ölçülmüştür. Hipokotil uzunluğu, kök boğazından kotiledon yapraklarına kadar ölçülmüştür. Gövde çapı, fidelerin kök boğazının üstünden dijital bir kumpas ile ölçülmüştür. Yaprak sayısı, fideler hasat edilmeden önce belirlenmiştir. Fideler kökleriyle birlikte hasat edilmiş daha sonra

distile su ile yıkanmış, temizlenmiş ve suyun uzaklaştırılması için 15 dakika boyunca oda sıcaklığında kurutma kağıdı üzerinde bekletilmiştir. Toprak üstü aksam ve kökler ayrı ayrı tartılmış ve ağırlık sabit olana kadar 65 °C'de bekletilmiştir. Yeşil aksam ve kökler daha sonra kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra, yeşil aksam ve kökler ayrı ayrı tartılmış ve ardından kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Yaş ve kuru ağırlıklar 0.01 g hassasiyete sahip bir terazi kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Araştırmada istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$ veya 0.01) bulunan özelliklere ait ortalamaların gruplandırılmasında Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, istatistiksel hesaplamalar SPSS (v.20.0) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular Tartışma

Çalışmada hıyar fide gelişiminde ortama vermikompost, mikoriza ve gübre uygulama dozlarının etkileri Tablo 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10'da verilmiştir.

Tablo 3. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların fide boyu (cm) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriz a -	Mikoriz a +	EC* V	M* V	Mikoriz a -	Mikoriz a +	EC* V	M* V	EC*M* V
0	8.33	9.80	9.07	7.85	7.37	6.93	7.16	8.37	8.11
10	6.47	9.57	8.02	7.02	7.57	8.27	7.92	8.92	7.97
20	8.10	7.63	7.87	7.33	6.57	7.33	6.96	7.48	7.41
Ortalamalar (EC*mikoriza) ö.d	7.63	9.00			7.17	7.51			
Ortalamalar (EC) *	8.32				7.34				

(EC x MKRZ : öd EC x VRMKST : öd MKRZ x VRMKST : öd EC x MKRZ x VRMKST : öd)

(EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)

öd : Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir. * : Uygulamalar arasındaki fark P<0.05 düzeyinde önemlidir.

Araştırma sonucunda, EC+mikoriza, EC+vermikompst, mikoriza+vermikompst ve EC + mikoriza + vermikompost interaksiyonları arasında hıyarda fide boyunda önemli bir fark görülmemiştir (Tablo 3).

Uygulamalara göre en yüksek fide boyu % 0 vermikompost 8.11 cm, en düşük fide boyu % 20 vermikompost uygulaması 7.41 cm arasında değişim göstermiştir. Jeevitha ark., (2019) domates fidesi üretimi için hacimlerine

bağlı olarak kokopit, vermikompost, toprak, kum ve çiftlik gübresi gibi farklı yetiştirme ortamları kullanmış ve en iyi fide boyu 19.80 cm ile (% 75 vermikompost + % 25 çiftlik gübresi) ortamında bulmuştur. Çelebi, (2018) çalışmasında, sera koşullarında domates, salatalık ve biber için yetiştirme ortamı olarak torf, perlit, organik gübreli tınlı toprak ve perlit dahil olmak üzere çeşitli substratlar

kullanılmıştır. Araştırma, turba ortamının en iyi sonuçları verdiğini ve fide boyunun 4.5 ile 9.8 cm arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Olympios (1992), Kreen ve ark., (2002) ve Şirin ve ark., (2010)'nın rapor ettiği bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların hipokotil boyu (cm) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriz a -	Mikoriz a +	EC* V öd	M* V **	Mikoriz a -	Mikoriz a +	EC* V öd	M* V **	EC*M* V öd
0	5.23	4.33	4.78	4.85	4.47	4.07	4.27	4.20	4.53
10	3.83	4.97	4.40	3.92	4.00	5.03	4.52	5.00	4.46
20	4.77	3.80	4.28	4.83	4.90	4.50	4.70	4.15	4.49
Ortalamalar (EC*mikoriza) öd	4.61	4.37			4.46	4.53			
Ortalamalar (EC) öd	4.49				4.50				

(EC x MKRZ : öd EC x VRMKST : öd MKRZ x VRMKST : ** EC x MKRZ x VRMKST : öd)
 (EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)
 öd : Uygulamalar arasındaki farkın önemsizdir. ** : Uygulamalar arasındaki fark P<0.01 düzeyinde önemlidir.

Hıyar bitkisinin hipokotil boyu üzerine sadece mikoriza+vermikompost interaksyonu % 1 düzeyinde önemli fark oluşmuş ancak diğer uygulamalar arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. En yüksek hipokotil boyu mikoriza+vermikompost uygulamasında

ortalamalara göre 4.85 cm % 0 vermikompost+mikoriza dozunun EC 0.5 uygulaması, EC 1 dozunda ise % 10 vermikompost+mikoriza uygulamasından 5.00 cm hipokotil boyu elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 5. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların gövde çapı (mm) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V *	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V *	EC*M*V **
0	3.93	4.10	4.02	4.07	4.20	3.70	3.95	3.90	3.98 b
10	4.43	3.97	4.20	4.42	4.40	3.97	4.18	3.97	4.19 a **
20	4.27	4.07	4.17	3.90	3.53	4.10	3.82	4.08	3.99 b
Ortalamalar (EC*mikoriza) öd	4.24	4.04			4.04	3.92			
Ortalamalar (EC) öd	4.13				3.98				

(EC x MKRZ : öd EC x VRMKST : öd MKRZ x VRMKST : * EC x MKRZ x VRMKST : **)
 (EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)
 öd : Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir. * : Uygulamalar arasındaki fark P<0.05 düzeyinde önemlidir. ** : Uygulamalar arasındaki fark P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Hıyar fidelerinin gövde çapı üzerine mikoriza+vermikompost % 5 ve EC+mikoriza+vermikompost dozları ise % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. En yüksek gövde çapı mikoriza+vermikompost uygulamasında ortalamalara göre 4.42 mm % 10 vermikompost+mikoriza dozunun EC 0.5 uygulaması, EC 1 dozunda ise % 20 vermikompost+mikoriza uygulamasından 4.08 mm gövde çapı elde edilmiştir (Tablo 5).

EC+mikoriza+vermikompost uygulamasında ise 4.19 mm ile %10 vermikompost uygulamasından en iyi sonuç elde edilmiştir. Çinkılıç, (2008) yılında farklı organik ve inorganik ortamlarda hıyar fidesi üretimi üzerine yaptığı çalışmada gövde çapını 2.61-7.83 mm arasında belirlemiştir. Farklı bitki türleri üzerine yapılan çalışmalarda, mısır bitkisinde vermikompost uygulaması bitkinin toprak üstü aksamını arttırdığı, verimde ise %

40 oranında artış sağlamıştır (Durukan ve ark., 2020). Domates ve biberde sürgün uzunluğunu ve yaprak alanını artırdığı ve ayrıca çilek

bitkisinin pazar değerini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Arancon ve ark., 2003).

Tablo 6. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların yaprak sayısı (adet) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V *	M*V öd	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V *	M*V öd	EC*M*V öd
0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.67	4.33	4.33	4.17 a
10	4.00	3.70	3.83	4.00	4.00	4.67	4.33	4.17	4.08 ab
20	4.00	4.00	4.00	3.83	3.67	3.67	3.67	3.83	3.83 b
Ortalamalar (EC*mikoriza) *	4.00	3.90			3.89	4.33			
Ortalamalar (EC) öd	3.94				4.11				

(EC x MKRZ : * EC x VRMKST : * MKRZ x VRMKST : öd EC x MKRZ x VRMKST : öd)

(EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)

öd : Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir. * : Uygulamalar arasındaki fark P<0.05 düzeyinde önemlidir. ** : Uygulamalar arasındaki fark P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Uygulamalar arasında hıyar fidesinde yaprak sayısı bakımından EC+mikoriza ve EC+vermikompost dozları % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu ancak diğer uygulamalar arasında farklar önemsiz bulunmuştur (Tablo 6). Tüm uygulamalar arasında yaprak sayısı 3.83 - 4.17 adet arasındadır. John ve Prabha, (2013) yılında yaptıkları çalışmada kontrol, vermikompost ve kimyasal gübre uygulamalarının biber fidelerinin kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, vermikompost uygulamasının kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı için en yüksek değerlerle sonuçlandığını belirtmişlerdir. Akbaşak ve Koral, (2014) çalışmalarında, hıyar fidesi yetiştiriciliği için değişen oranlarda öğütülmüş ve öğütülmemiş çeltik kabuğu ve torf kullanmışlardır.

Çalışmada kullanılan ortamlar; % 100 öğütülmemiş çeltik kavuzu, %100 öğütülmüş çeltik kavuzu, % 50 öğütülmüş çeltik kavuzu + % 50 torf, % 50 öğütülmemiş çeltik kavuzu + % 50 torf, % 25 öğütülmüş çeltik kavuzu + %75 torf, % 25 öğütülmemiş çeltik kavuzu + % 75 torf ve % 25 iri taneli perlit + %75 torf (Kontrol) olarak kullanılmıştır. Çalışma sonunda; gerçek yaprak sayısı 4.11-5.33 adet tespit edilmiş ve en iyi sonuç % 25 iri taneli perlit + % 75 torf (Kontrol) uygulamasından elde edilmiştir. Çinkılıç, (2008) yılında farklı organik ve inorganik ortamlarda hıyar fidesi üretimi üzerine yapılan çalışmada yaprak sayısını 2.39-5.00 adet olarak tespit etmiştir. Yapılan çalışmalarla yaprak sayısı bakımından elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Tablo 7. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların yaprak yaş ağırlığı (g) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	*V öd	EC*M*V
0	54.3	66.7	60.5	60.7	67.0	59.7	63.3	63.2	61.9
10	60.0	47.0	53.5	65.8	71.7	56.7	64.2	51.9	58.8
20	76.3	54.7	65.5	65.5	54.7	60.7	57.7	57.7	61.6
Ortalamalar (EC*mikoriza) öd	63.6	56.1			64.4	59.0			
Ortalamalar (EC) öd		59.8				61.7			

(EC x MKRZ: öd EC x VRMKST: öd MKRZ x VRMKST: öd EC x MKRZ x VRMKST: *)
 (EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)
 öd: Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir. * : Uygulamalar arasındaki fark P<0.05 düzeyinde önemlidir.

Hıyar bitkisinin yaprak yaş ağırlığı üzerine EC+mikoriza+vermikompost uygulamaları arasında % 5 düzeyinde önemli bir fark oluşmuş diğer uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Tablo 7). Ortamlar birbiriyle karşılaştırıldığında en yüksek yaprak yaş ağırlık % 0 ve % 20 vermikompost uygulamalarından elde edilmiştir. Farklı sebze türlerinde yapılan çalışmada, Jeevitha ve ark., (2019) domates fide üretimi için hacimlerine bağlı olarak kokopit, vermikompost, kum, toprak ve çiftlik gübresi gibi farklı yetiştirme ortamları kullanmış ve en iyi fide yaş ağırlığı 1.454 g ile (% 75 vermikompost + % 25 çiftlik gübresi)

karışımından elde edilmiştir. Vermikompost ve mikorizanın birlikte uygulandığı çalışmada, biber bitkisinin daha fazla büyüme gösterdiği ve daha fazla besin elementi sağladığı bildirilmiştir (Küçükyumuk ve ark., 2014). Yine vermikompost ve kimyasal gübreler beraber kullanılarak yapılan patates çalışmasında da verimde önemli artış gözlenmiştir (Alam ve ark., 2007). Benzer şekilde vermikompost uygulamasının marulun erken büyümesini teşvik etmede etkili olduğu, marul bitkilerinde özellikle kalsiyum, bakır ve çinko olmak üzere besin alımı açısından diğer gübrelerden daha iyi performans gösterdiği bildirilmiştir (Hınıslı, 2014).

Tablo 8. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların yaprak kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V öd	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V öd	EC*M*V öd
0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
10	3.33	3.67	3.50	3.67	4.00	4.00	4.00	3.83	3.75
20	4.00	3.67	3.83	4.00	4.00	4.00	4.00	3.83	3.92
Ortalamalar C*mikoriza) öd	3.78	3.78			4.00	4.00			
Ortalamalar (EC) *		3.78				4.00			

(EC x MKRZ: öd EC x VRMKST: öd MKRZ x VRMKST: öd EC x MKRZ x VRMKST: öd)
 (EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)
 öd : Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir. * : Uygulamalar arasındaki fark %0,05 düzeyinde önemlidir.

Hıyar bitkisinin yaprak kuru ağırlığı üzerine EC, mikoriza ve vermikompost uygulamaları arasında istatistiki olarak önemli bir fark oluşmamıştır (Tablo 8). Tüm uygulamalar karşılaştırıldığında, en yüksek yaprak kuru

ağırlığı 4.00 g, % 0 vermikompost uygulamasından elde edilirken, en düşük yaprak kuru ağırlığı 3.75 g, % 10 vermikompost uygulamasından elde edilmiştir.

Tablo 9. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların kök yaş ağırlığı (g) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V *	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V *	EC*M*V **
0	18.00	14.67	16.33	16.50	15.00	18.67	16.83	16.67	16.58 a **
10	17.67	13.33	15.50	16.00	14.33	14.00	14.17	13.67	14.83 b
20	16.67	14.00	15.33	16.83	17.00	11.67	14.33	12.83	14.83 b
Ortalamalar (EC*mikoriza) *	17.44	14.00			15.44	14.78			
Ortalamalar (EC) öd	15.72				15.11				

(EC x MKRZ : * EC x VRMKST : öd MKRZ x VRMKST : * EC x MKRZ x VRMKST : **)

(EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)

öd : Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir. * : Uygulamalar arasındaki fark P<0.05 düzeyinde önemlidir. ** : Uygulamalar arasındaki fark P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Fide harcına farklı oranlarda eklenen vermicompost ve mikorizanın iki gübre dozunda yetiştirilen hıyar fidelerinin kök yaş ağırlığı üzerindeki etkileri Tablo 9'da verilmektedir. Uygulamalar arasında EC+mikoriza, mikoriza+vermicompost arasında % 5, EC+mikoriza+vermicompost uygulamaları arasında % 1 düzeyinde önemli bir fark oluşmuştur. Tüm uygulamalar arasındaki etkileşime göre en iyi kök yaş ağırlığı 16,58 g ile % 0 vermicompost uygulamasından elde edilmiştir. Farklı türlerde yapılan çalışmalarda, Namal, (2019), domates fide kalite parametrelerindeki değişimlerini belirlemek için bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada turba, zeolit, vermicompost ve diatomit gibi farklı yetiştirme ortamları karşılaştırılmıştır. En iyi fide yaş ağırlığı, kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı % 70 torf + % 10 zeolit + % 10 diatomit + % 10 vermicompost içeren bir karışımla elde edilmiştir. Bu karışım verim, gelişim ve kalite açısından diğer ortamlardan daha iyi performans göstermiştir.

Yılmaz ve ark., (2017) domates fideleri için çeşitli fide üretim ortamlarını değerlendirmiş

ve fide boyu, gövde çapı, tohum çimlenme yüzdesi, fide yaş ağırlığı, kök ağırlığı, kök uzunluğu ve bitki besin içeriği dahil olmak üzere çeşitli parametreleri ölçmüştür. Çalışmada, % 65 torf + % 15 zeolit + % 20 vermicompost içeren ortamın çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu, fide uzunluğu, kök ağırlığı ve fide yaş ağırlığı için en iyi sonuçları verdiği bulunmuştur. Akbaşak ve Koral, (2014), çalışmalarında hıyar fidesi yetiştiriciliğinde öğütülmüş-öğütülmemiş çeltik kavuzu ve torfu farklı oranlarda karışım olarak kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan ortamlar; % 100 öğütülmemiş çeltik kavuzu, % 100 öğütülmüş çeltik kavuzu, % 50 öğütülmüş çeltik kavuzu + % 50 torf, % 50 öğütülmemiş çeltik kavuzu + % 50 torf, % 25 öğütülmüş çeltik kavuzu + % 75 torf, % 25 öğütülmemiş çeltik kavuzu + % 75 torf ve % 25 iri taneli perlit + % 75 torf (Kontrol) olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; kök ağırlığı 23.33-56.78 g olarak tespit edilmiş ve en iyi sonuç % 25 iri taneli perlit + % 75 torf (Kontrol) uygulamasından elde edilmiştir.

Tablo 10. Hıyar fide gelişiminde uygulamaların kök kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

Vermikompost dozları (%)	EC 0.5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V öd	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V öd	EC*M*V öd
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83	0.92	0.92	0.96
10	1.00	0.83	0.92	0.92	0.83	0.83	0.83	0.83	0.88
20	1.00	1.00	1.00	0.92	0.83	1.00	0.92	1.00	0.96
Ortalamalar (EC*mikoriza) öd	1.00	0.94			0.89	0.89			
Ortalamalar (EC) öd		0.97				0.89			

(EC x MKRZ : öd EC x VRMKST : öd MKRZ x VRMKST : öd EC x MKRZ x VRMKST : öd)
 (EC*V: EC*Vermikompost), (M*V: Mikoriza*Vermikompost), (EC*M*V: EC*Mikoriza*Vermikompost)
 öd : Uygulamalar arasındaki fark önemsizdir.

Hıyar fidelerinin kök kuru ağırlığı üzerine EC, mikoriza ve vermikompost uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmamıştır (Tablo 10). Namal (2019), farklı yetiştirme ortamlarının domates fidesi kalite parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yetiştirme ortamı olarak torf, zeolit, vermikompost ve diatomit kullanılmıştır. Çalışmada, % 70 torf + % 10 zeolit + % 10 diatomit + % 10 vermikompost karışımının fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı parametreleri için en iyi sonuçları verdiği sonucuna varmıştır. Bu karışım ayrıca verim, gelişim ve kalite açısından diğer ortamlara kıyasla avantajlı bulunmuştur. Jeevitha ve ark. (2019), farklı yetiştirme ortamlarının domates fidesi üretimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kullanılan ortamlar arasında değişen hacimlerde kokopit, vermikompost, toprak, kum ve çiftlik gübresi yer almıştır. Çalışmada, T10 (% 75 vermikompost + % 25 çiftlik gübresi) ortamında fide çapı 1.0 cm, sürgün uzunluğu 14.13 cm, kök uzunluğu 5.68 cm ve kök sürgün oranı 0.373 olarak tespit edilmiştir.

4. Sonuç

EC, mikoriza ve vermikompost uygulamalarının fide gelişim ve kalite üzerine olumlu etkisi olduğu görülmektedir. Mikoriza ve vermikompost yetiştiricilik amacı ile hem

toprak yapısını hemde bitki gelişimini sağlayan bileşimler içermektedir. Fide yetiştirme ortamına katılan organik gübreler ve mikoriza gibi ortamdaki besin elementlerinin fide gelişimi için kullanılmasını etkileyen uygulamalar girdi maliyetlerinin düşmesine sebep olacak uygulamalar arasındadır. Vermikompost uygulamaları ile uygulanacak gübre miktarının azalması sağlanmıştır. Farklı çalışmalarda mikoriza-vermikompostun birlikte kullanılması veya kimyasal gübrelerle kullanılması fide büyümesi ve kalitesini arttırdığı bildirilmiştir. Vermikompost ve mikorizanın yetiştirme ortamında kullanılmasının amacı sentetik gübre kullanımını azaltmak; topraksız tarım ve fide yetiştiriciliği yapılan alanlarda yetiştirme ortamına destek sağlamaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Akbaşak, H., Koral, P.S., 2014. Çeltik kavuzunun hıyar fidesi yetiştirme ortamı olarak kullanım olanaklarının araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi*, 2014 11 (1): 79-89.
- Akın, S., Şimşek, M., Sarıoğlu, A., Keskiner, A.D., 2020. Mikoriza uygulaması ve farklı sulama seviyelerinin geç dönemde yetiştirilen hıyarın verim ve verim bileşenleri üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(2): 241-249.
- Alaboz, P., Işıldar, A.A., Müjdecı, M., Şenol, H., 2017. Effects of different vermicompost and soil moisture levels on pepper (*Capsicum annuum*) grown and some soil properties. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 30-36.
- Alam, M.N., Jahan, M.S., Ali, M.K., Ashraf, M.A., Islam, M.K., 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in barind soils of Bangladesh. *Journal of Application Science Research*, 12: 1879-1888.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D., Lee, S., Welch, C., 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia*, 47: 731-735.
- Bellitürk, K., 2016. Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermicompost teknolojisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3): 1-5.
- Bice Ataklı, S., Şahin, S., Ceritoğlu, M., Çağatay, H.F., 2022. Vermicompost enhances the effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi, cowpea development and nutrient uptake. *Legume Research*, 45(11): 1406-1413.
- Bolat, İ., Kara, Ö., 2017. Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 218-228.
- Ceritoğlu, M., Erman, M., 2020. Effect of vermicompost application at different sowing dates on some phenological, agronomic and yield traits in lentil. *Journal of International Environmental Application and Science*, 15(3): 158-166.
- Ceritoğlu, M., Şahin, S., Erman, M., 2018. Effects of vermicompost on plant growth and soil structure. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3): 607-615.
- Ceritoğlu, M., Şahin, S., Erman, M., 2019. Vermikompost üretim tekniği ve üretimde kullanılan materyaller. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 230-236.
- Cüre, B., 2022. Kimyasal ve organik gübrelerin çevre ve üzerine etkisi. *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 3(2): 98-107.
- Çelebi, M., 2018. Effects of different growing media on the yield in tomato, cucumber and pepper, and on seedling in tomato. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 112-120.
- Çelik, Y., Yarşı, G., Özarslandan, A., 2019. Mikorizaların bitkilerde stres mekanizması üzerine etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 2(1): 1-11.
- Çinkılıç, H., 2008. Farklı organik ve inorganik ortamlarda hıyar fidesi üretimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 151-158.
- Durukan, H., Saraç, H., Demirbaş, A., 2020. Farklı dozlarda vermicompost uygulamasının mısır bitkisinin verimine ve besin elementleri alımına etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi*, Özel Sayısı: 45-51.
- Dinç, E., 2014. Sater (*Satureja hortensis* L.) bitkisinde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite unsurlarına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Hınıslı, N., 2014. Vermikompost gübresinin kıvrıkcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Jeevitha, J., Rajalingam, G.V., Arumugam, T., Sellamuthu, K.M., 2019. Effect of growing media on tomato seedling production. *International Journal of Chemical Studies*, 7(4): 319-321.
- John, B., Prabha, L., 2013. Effect of vermicompost on the growth and yield of *Capsicum annum*. *International Journal of Pharma and Biosciences*, 4(3): 1284-1290.
- Köksal, S.B., Aksu, G., Altay, H., 2017. Vermikompostun bazı toprak özellikleri ve pazı bitkisinde verim üzerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 123-128.
- Kreen, S., Svensson, M., Rumpunen, K., 2002. Rooting of clematis microshoots and stem cuttings in different substrates. *Scientia Horticulturae*, 96: 351-357.
- Küçükyumuk, Z., Gültekin, M., Erdal, İ., 2014. Vermikompost ve mikorizanın biber bitkisinin gelişimi ile mineral beslenmesi üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 51-58.
- Narkhede, S.D., Attarde, S.B., Ingle, S.T., 2011. Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chilli pepper plant (*Capsicum annum*). *Journal of Applied Technology in Environmental Sanitation*, 3: 327-332.
- Namal, E., 2019. Fide yetiştiriciliğinde kullanılan farklı ortamların bazı fizikokimyasal özellikleri ile domates fide kalite parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Olympios, C.M., 1992. Soilless media under protected cultivation. Rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Horticulturae*, 323: 215-234.
- Öcalan, O.N., Sağlam, N., 2022. Bazı ticari sebze türlerinin fide gelişimi üzerine farklı vermicompost oranlarının etkileri. *Bahçe*, 51(Özel sayı 1): 410-419.
- Özer, H., Kandemir D., 2016. Evaluation of the performance of greenhouse tomato seedlings grown with different cultivation techniques. *Bangladesh Journal of Botany*, 45(1): 203-209.
- Rekha, G.S., Kaleena, P.K., Elumalai, D., Srikumaran, M.P., Maheswari, V.N., 2018. Effects of vermicompost and plant growth enhancers on the exomorphological features of *Capsicum annum* (Linn.) Hepper. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7(1): 83-88.
- Sinha, R.K., 2009. The concept of sustainable agriculture: an issue of food safety & security for people, economic prosperity for the farmers and ecological security for the nations. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 5: 1-4.
- Şirin, U., Ertan, E., Ertan, B., 2010. Growth substrates and fig nursery tree production. *Scientia Agricola*, 67(6): 633-638.
- Türüt, K., 2019. Demlenmiş çay atığı ve evsel yemek atıkları ile beslenen kırmızı kalifornia solucanından elde edilen katı solucan gübresindeki bazı besin elementlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H.Y., Öztekin, G.B., Engindemiz, S., Boyacı, H.F., 2015. Örtüaltı yetiştiriciliğinde değişimler ve yeni arayışlar. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi*, 12-16 Ocak, Ankara, s. 685-709.
- Yılmaz, E., Özen, N., Özen, M.Ö., 2017. Determination of changes in yield and quality of tomato seedlings (*Solanum lycopersicon* cv. Sedef F1) in different soilless growing media. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2): 163-168.

Yıldız, A., 2009. Mikoriza ve arbusküler mikoriza bitki sağlığı ilişkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 91-101.

Yurdagül, Ş.E., 2007. Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Gazi Osman Paşa Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 99-107.

Atf Şekli	Şahin, S., Kartal, H., Geboloğlu, N., 2024. Hıyar (<i>Cucumis sativus</i>) Fidesi Gelişiminde Ortama Vermikompost, Mikoriza ve Gübre Uygulama Dozlarının Etkisi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 647-658. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12633752 .
To Cite	Şahin, S., Kartal, H., Geboloğlu, N., 2024. The Effect of Vermicompost, Mycorrhiza and Fertiliser Application Doses on Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>) Seedling Development. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 647-658. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12633752 .



A Review of Energy Use Efficiency in Apple Cultivation: Case Study of Kırklareli Province

Cihan DEMİR^{1*}

¹ Kırklareli University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Mechanical and Metal Technologies, Kırklareli

*Corresponding author: cihan.demir@klu.edu.tr

Abstract

This study aims to reveal the energy use efficiency (EUE) in apple cultivation. It has been conducted in Kırklareli province of Türkiye during the 2022-2023 production season. A number of calculations related to apple cultivation have been performed to determine the EUE and EUE indicators. According to these calculations in apple cultivation, total energy input (EI) has been found to be 27214.44 MJ ha⁻¹, total energy output has been found to be 53125.92 MJ ha⁻¹, EUE has been found to be 1.95, specific energy (SE) has been found to be 1.21 MJ kg⁻¹, energy productivity (EP) has been found to be 0.82 kg MJ⁻¹ and net energy (NE) has been found to be 25911.49 MJ ha⁻¹. EI in apple cultivation consisted of direct energy (DE) with 12425.70 MJ ha⁻¹ (45.66 %), indirect energy (IDE) with 14788.74 MJ ha⁻¹ (54.34 %). renewable energy (RE) with 4040.47 MJ ha⁻¹ (14.85 %) and non-renewable (NRE) with 23173.97 MJ ha⁻¹ (85.15 %). In can be concluded that apple cultivation in the trial area has been an economic activity in the 2022-2023 production season.

Research Article

Article History

Received	:16.04.2024
Accepted	:25.05.2024

Keywords

Kırklareli
apple
energy use efficiency
net energy
specific energy

1. Introduction

Apple is known as the first fruit in human history and is a very beneficial fruit in terms of nutrition and health. It consists of 85% water and 12 % sugar. It also contains pectin, organic acids, soda, phosphorus, tannin, potassium and vitamins A, B1, B2, C, E (Anonymous, 2002; Kahya and Arın, 2019). TÜİK data for 2023 show that a total of 4493264 tons of apples were produced in Turkey. (Golden, Starking, Amasya, Granny Smith, other apples varieties). 2998 tons of apples were produced in 3386 decares of land in Kırklareli province and 561 tons of apples were produced in 662 decares of land in the central district (TÜİK, 2024).

Energy is a very important concept for the continuation of the life cycle and, as a result, for the development of civilizations. In addition, energy is necessary for economic activities of different sizes belonging to various production sectors that are decisive in national development processes. In agricultural enterprises, it is of great importance to have sufficiently detailed statistical data on the values and types of energy consumed according to the type of production and product groups in order to make appropriate management decisions that will increase profitability correctly and on time (Güceyü, 2020).

In order for companies to maintain their activities at the desired level of profitability, it is imperative that mechanisation practices, which have an impact on overall cultivation efficiency, are evaluated at the end of each cultivation season on the basis of scientific principles, with accurate recording and correct calculation methods. One of the main objectives of this study is to compare the intensity and efficiency of the use of mechanisation by companies producing similar crops, both in the same region and in different countries. (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012; Bolat, 2024).

A number of EUE studies have been conducted on apple (Çelen et al., 2017; Ekinçi et al., 2020), on grape (Uzun and Baran, 2022), on pistachio (Gökdoğan et al., 2022), pumpkin

seed (Baran and Gökdoğan, 2020), on fig (Oğuz et al., 2022), on sweet cherry (Demircan et al., 2006), on cherry (Kizilaslan, 2009), on corn silage (Barut et al., 2011), on sunflower (Bayhan, 2016), guar and lupin (Gökdoğan et al., 2017), summery vetch (Baran 2016), on rice (Baran et al., 2015), on chickpea (Baran and Gökdoğan, 2017), on pomegranate (Ozalp et al., 2018), on potato (Gökdoğan et al., 2018), on onion (Ozbek et al., 2021), on orange (Saltuk et al., 2022), on avocado (Gökdoğan et al., 2022), on persimmon (Baran, 2022), etc.

2. Materials and Methods

The province of Kırklareli is located in the Thrace region of the European continent of Turkey, between 41°44' - 42°00' north latitudes and 26°53' - 41°44' east longitudes, and has a land area of 6555 km². It is surrounded by Bulgaria with a border length of 159 km to the north, the Black Sea with a coastline of 58 km to the east, Edirne to the west, Istanbul to the southeast, and Tekirdağ to the south. 48% of the land is mountainous, 35% is wavy, and 17% is plain (Anonymous, 2024a). According to measurements made between 1959-2023, the annual average temperature in Kırklareli Province is 13.3 °C, the average number of rainy days is 98.7, and the annual total rainfall is 583.7 mm (Anonymous, 2024b).

The current study has been conducted in the Merkez district of Kırklareli province of Türkiye during the 2022-2023 cultivation period. The trial took place within a 1 ha area. Randomized complete-block design has been conducted in three repetitions as part of the study. This has been done by calculating the amount of fuel consumption and using the full-tank method. Calculations have been made to find out the amount of fuel used per unit area and to measure the trial area and the amount of fuel that was placed inside the tank (Göktürk, 1999; El Saleh, 2000; Sonmete and Demir, 2007).

The area has been studied in terms of work productivity and the obtained value of productivity has been deemed to be sufficient. Calculation of work productivity in (ha/h) has been performed by computing the effective working time (t_{ef}) (Güzel, 1986; Özcan, 1986;

Sonmete, 2006). Durations of time have been measured by using a chronometer (Sonmete, 2006). Energy inputs in the apple cultivation activity were diesel fuel, electricity, human labour, machinery, chemical fertilizers, chemicals and irrigation water. Apple fruit has been obtained, which is deemed to be the

energy output. Energy balance (EB), EUE, SE, EP and NE calculations have been performed in relation to apple cultivation. Such calculations have been performed by using the following formulas (Mandal et al., 2002; Mohammadi et al., 2008; Mohammadi et al., 2010).

$$EUE = \frac{\text{Energy output } (\frac{\text{MJ}}{\text{ha}})}{\text{Energy input } (\frac{\text{MJ}}{\text{ha}})} \quad (1)$$

$$SE = \frac{\text{Energy input } (\frac{\text{MJ}}{\text{ha}})}{\text{Product output } (\frac{\text{kg}}{\text{ha}})} \quad (2)$$

$$EP = \frac{\text{Product output } (\frac{\text{kg}}{\text{ha}})}{\text{Energy input } (\frac{\text{MJ}}{\text{ha}})} \quad (3)$$

$$NE = \text{Energy output (MJ/ha)} - \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

The various types of EIs in apple cultivation have been calculated by Yılmaz et al. (2010) with respect to DE, IDE, RE and NRE. Energy

balance in apple cultivation has been calculated using the figures given in Table 1.

Table 1. Energy equivalents in apple cultivation

Inputs	Unit	Energy Equivalent (MJ unit ⁻¹)	References
Human labour	h	1.96	Mani et al. 2007; Karağaç et al. 2011
Machinery	h	64.80	Singh, 2002; Kizilaslan, 2009
N	kg	60.60	Singh, 2002; Demircan et al., 2006
P	kg	11.10	Singh, 2002; Demircan et al., 2006
K	kg	6.70	Singh, 2002; Demircan et al., 2006
S	kg	1.12	Nagy, 1999; Mohammadi et al., 2010
Mineral fertilizers	kg	6.50	Mudahar and Hignett, 1987a, 1987b; Ekinci et al., 2020
Chemicals			
Fungicide	kg	99	Fluck, 1992; Ekinci et al., 2020
Insecticide	kg	363.60	Pimentel, 1980; Mrini et al., 2002
Herbicide	kg	288	Kitani, 1999; Ekinci et al., 2020
Diesel fuel	L	56.31	Singh, 2002; Demircan et al., 2006
Irrigation water	m ³	0.63	Yaldız et al., 1993; Ozalp et al., 2018
Electricity	kWh	3.60	Ozkan et al., 2004
Transportation	MJ/ton.km	4.50	Fluck and Baird 1982; Kitani 1999
Output (Apple product)	kg	2.37	Ekinci et al., 2020

3. Results

The relevant EB and EUE values in apple cultivation are given in Table 2. A total of 22416 kg of apples has been produced within the season. The total energy input has been

calculated as 27214.44 MJ ha⁻¹ and the energy output has been calculated as 53125.92 MJ ha⁻¹ in apple cultivation. Different types of energy inputs have been revealed. Chemical fertilizers energy value was with 6082.50 MJ ha⁻¹ (22.35

%), diesel fuel energy was 4364.03 MJ ha⁻¹ (16.04 %), electricity energy was 4021.20 MJ/ha (14.78 %), machinery energy was 3450.60 MJ ha⁻¹ (12.68 %), chemicals

transportation energy was 2017.44 MJ ha⁻¹ (7.41 %) and human labour energy was 1410.22 MJ ha⁻¹ (5.18 %).

Table 2. Energy balance of apple cultivation

Inputs	Unit	Energy equivalent (MJ unit ⁻¹)	Input per unit area (ha)	Energy equivalent (MJ ha ⁻¹)	Ratio (%)
Human labour	h	1.96	719.50	1410.22	5.18
Machinery	h	64.80	53.25	3450.60	12.68
Chemical fertilizers				6082.50	22.35
N	kg	60.60	75	4545	16.70
P	kg	11.10	75	832.60	3.06
K	kg	6.70	75	502.50	1.85
S	kg	1.12	175	196	0.72
Mineral fertilizers	kg	6.50	1	6.50	0.02
Chemicals				3238.20	11.90
Fungicide	kg	99	6	594	2.18
Insecticide	kg	363.60	4.50	1636.20	6.01
Herbicide	kg	288	3.50	1008	3.70
Diesel fuel	L	56.31	77.50	4364.03	16.04
Irrigation water	m ³	0.63	4175	2630.25	9.66
Electricity	kWh	3.60	1117	4021.20	14.78
Transportation*	MJ/ton.km	4.50	448.32	2017.44	7.41
Total				27214.44	100
Output					
Apple	kg	2.37	22416	53125.92	100

*: 20 km

A number of other studies have been conducted in on the subject of energy inputs, where Çelen et al. (2017) determined the highest energy input in apple cultivation to be chemical fertilizers input by 17 078 MJ/ha (29.02 %); Ozalp et al. (2018) determined the highest energy input in pomegranate

cultivation to be chemical fertilizers input by 18217.7 MJ ha⁻¹ (35.80 %); Ekinci et al. (2020) determined the highest second energy input in conventional apple cultivation to be chemical fertiliser input with 6618.78 MJ ha⁻¹ (22.67 %). EI, EO, EUE, SE, EP and NE calculations in apple cultivation are shown in Table 3.

Table 3. Energy use efficiency indicators in apple cultivation

Indicators	Unit	Values
Product	Kg ha ⁻¹	22416
EI	MJ ha ⁻¹	27214.44
EO	MJ ha ⁻¹	53125.92
EUE	-	1.95
SE	MJ kg ⁻¹	1.21
EP	Kg MJ ⁻¹	0.82
NE	MJ ha ⁻¹	25911.49

An analysis of the obtained EUE values and calculations in apple cultivation revealed that a total of 22416 kg of apple have been produced. The total EI has been calculated as 27214.44 MJ ha⁻¹, total EO has been calculated as 53125.92 MJ ha⁻¹, EUE has been calculated as 1.95, SE has been calculated as 1.21 MJ kg⁻¹, EP has been calculated as 0.82 kg MJ⁻¹ and NE has been calculated as 25911.49 MJ ha⁻¹. A number of studies have been conducted on the subject of EUE in apple cultivation, where Fadavi et al. (2011) calculated the EUE as 0.44 in apple cultivation, Çelen et al. (2017) calculated the EUE as 1.56 in apple cultivation and Ekinci et al. (2020) calculated the EUE as 3.31 in conventional apple cultivation.

Different types of energy inputs in apple cultivation have been categorized as DE, IDE, RE and NRE (Table 4). With regards to apple cultivation, DE inputs have been calculated as 12425.70 MJ ha⁻¹ (45.66 %), IDE inputs have been calculated as 14788.74 MJ/ha (54.34 %), RE inputs have been calculated as 4040.47 MJ/ha (14.85 %) and NRE energy inputs have been calculated as 27214.44 MJ ha⁻¹ (985.15 %). In other similar studies; Çelen et al. (2017) calculated the RE in apple cultivation, Ekinci et al. (2020) calculated the RE in conventional apple cultivation, and they obtained similar outcomes. The NRE has been determined to be higher than the RE in those studies.

Table 4. Energy input types in apple cultivation

Energy types	Energy input (MJ ha ⁻¹)	Ratio (%)
DE	12425.70	45.66
IDE	14788.74	54.34
Total	27214.44	100
RE	4040.47	14.85
NRE	23173.97	85.15
Total	27214.44	100

4. Conclusion

EUE, SE, EP and NE have been calculated in apple cultivation within the scope of this current study. The findings of the study have been summarized and presented below. Total EI and EO in apple cultivation have been calculated as 27214.44 MJ ha⁻¹ and 53125.92 MJ ha⁻¹. In apple cultivation, an average of 22416 kg of apples are produced per hectare. EUE, SE, EP and NE have been calculated as 1.95, 1.21 MJ kg⁻¹, 0.82 kg MJ⁻¹ and 25911.49 MJ ha⁻¹. Among the inputs in apple production, the rate of chemical fertiliser use is the highest by 22.35 %. With regards to the studied apple cultivation, EI consisted of DE with 12425.70 MJ ha⁻¹ (45.60 %), IDE with 14788.74 MJ ha⁻¹ (54.34 %), RE with 4040.47 MJ ha⁻¹ (14.85 %) and NRE with 23173.97 MJ ha⁻¹ (85.15 %). NRE inputs in apple cultivation have been found to be higher than RE. In case EUE is desired to be increased, it is necessary to decrease the amount of chemical fertilizers

used. EUE (1.95), apple cultivation was a profitable one based on the 2022-2023 cultivation season. In conclusion, it is clear that decreased use of fertiliser, diesel fuel and electricity shall increase energy use efficiency.

References

- Anonymous, 2002. Tarımda elmanın yeri. ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-32.pdf Erişim tarihi: 16.10.2012).
- Anonymous, 2024a. T.C. Kırklareli İl Özel İdaresi. <http://www.kirklareliilozelidaresi.gov.tr/cografi-konumu> (Erişim tarihi: 03.02.2024).
- Anonymous, 2024b. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KIR_KLARELI (Erişim tarihi: 03.02.2024).

- Baran, M.F., Gökdoğan, O., Bağdatlı, C., Bellitürk, K., 2015. Energy balance of rice production in Turkey: a case study for kırklareli province. *Ecronicon Open Access Agriculture*, 4: 167-173.
- Baran, M.F., 2016. Energy analysis of summery vetch production in Turkey: a case study for Kırklareli province, *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16(2): 209-215.
- Baran, M.F., Gökdoğan, O., 2017. Energy balance in production of chickpea in Turkey: A study performed in Adıyaman Province. *Agronomy Research*, 15(1): 25-32.
- Baran M.F., Gökdoğan, O., 2020. Determination of energy balance in pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) production. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 43-47.
- Baran, M.F., 2022. Determination of energy use efficiency and greenhouse gas (GHG) emissions of persimmon (*Diospyros kaki* L.) production in Turkey (A case study in Adıyaman province). *Erwerbs-Obstbau* 64: 499-505.
- Barut, Z.B., Ertekin, C., Karaagac, H.H., 2011. Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey. *Energy* 36:5466-5475.
- Bayhan, Y., 2016. İkinci ürün ayçiçeği üretiminde farklı toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemlerinin enerji kullanım etkinliğinin karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(02):102-109.
- Bolat, A., 2024. Determining the energy efficiency in cotton production: A case of Adana province. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 8(1): 229-236.
- Çelen, İ.H., Baran, M.F., Önler, E., Bayhan, Y., 2017. Determination of energy balance of apple (*Malus domestica*) production in Turkey: A case study for Tekirdag province. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 32: 40-45.
- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H.M., Akbolat, D., Ekinci, Ç., 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management* 47: 1761-1769.
- Ekinci, K., Demircan, V., Atasay, A., Karamursel, D., Sarica, D., 2020. Energy, economic and environmental analysis of organic and conventional apple production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 62(1): 1-12.
- El Saleh, Y., 2000. Suriye ve Türkiye’de mercimek ve nohut hasadında mekanizasyon olanaklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Adana.
- Erdoğan, Y., 2009. Tarımsal üretimde enerji girdi çıktı analizlerinde kullanılacak internet tabanlı bir yazılımın geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Adana.
- Fadavi, R., Keyhani, A., Mohtasebi, S.S., 2011. An analysis of energy use, input costs and relatio between energy inputs and yield of apple orchard. *Research in Agricultural Engineering*, 57(3): 88-96.
- Fluck, R., Baird, C.D., 1982. Agricultural energetics. AVI, Connecticut.
- Fluck, R.C., 1992. Energy in farm production. In *Energy in world agriculture* (pp. 218-267).
- Gökdoğan, O., Seydoşoğlu, S., Kökten, K., Bengü, A.Ş., Baran, M.F., 2017. Energy input-output analysis of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) and Lupin (*Lupinus albus* L.) production in Turkey. *Agricultural Research Communication Centre*, 40(3): 526-531.

- Gokdogan, O., Bagdatli, M.C., Erdogan, O., 2018. The determination with geographic information systems (GIS) mapping of the energy use efficiency of potato production areas in Turkey: a study in Nevsehir province. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12A): 8917-8927.
- Gokdogan, O., Baran, M.F., Eren, Ö., Oğuz, H.İ., 2022. Determination of energy use efficiency and greenhouse gas (GHG) emissions of pistachio (*Pistacia vera* L.) production in Adıyaman province. *Erwerbs-Obstbau*, 64: 291-297.
- Gökdoğan, E., Gökdoğan, O., Yılmaz, D., 2022. Determination of energy-economic balance and greenhouse gas (GHG) emissions of avocado (*Persea americana* Mill.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 64(4):759-766.
- Göktürk, B., 1999. Kuru soğanın hasada yönelik bazı özelliklerinin saptanması, kazıcı bıçaklı tip hasat makinasının geliştirilmesi ve diğer hasat yöntemleri ile karşılaştırılması üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Tekirdağ.
- Güceyü, Ş., 2020. Zeytin üretiminde mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi, enerji ve maliyet analizi: Mersin ili örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Güzel, E., 1986. Çukurova bölgesinde yerfıstığının sökülme ve harmanlanmasının mekanizasyonu ve bitkinin mekanizasyona yönelik özelliklerinin saptanması üzerinde bir araştırma. Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları. Yayın No: 47, Ankara.
- Kahya, E., Arın, S., 2019. Elma meyvesinin fizikomekanik özelliklerinin robotik hasada etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(1): 43-50.
- Karaağaç, M.A., Aykanat, S., Cakır, B., Eren, Ö., Turgut, M.M., Barut, Z.B., Öztürk, H.H., 2011. Energy balance of wheat and maize crops production in Hacıali undertaking. *11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress*, 21-23 September, Istanbul, Turkey, 388-391.
- Kitani, O., 1999. Energy for biological systems. In: The International Commission of Agricultural Engineering (ed) CIGR handbook of agricultural engineering: Energy and biomass engineering, vol V. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, pp 13-42.
- Kizilaslan, H., 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Applied Energy*, 86:1354-1358.
- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K., Bandyopadhyay, K.K., 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 23: 337-345.
- Mani, I., Kumar, P., Panwar, J.S., Kant, K., 2007. Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hill regions of Himachal Pradesh, India. *Energy*, 32: 2336-2339.
- Mohammadi, A., Tabatabaeifar, A., Shahin, S., Rafiee, S., Keyhani, A., 2008. Energy use economical analysis of potato production in Iran A case study; Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49: 3566-3570.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Rafiee, H., 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy* 35: 1071-1075.
- Mrini, M., Senhaji, F., Pimentel, D., 2002. Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agriculture in Morocco. *Journal of Sustainable Agriculture*, 20: 5-28.
- Mudahar, M.S., Hignett, T.P., 1987a. Fertilizer and energy use. In: Hesel ZR (ed) Energy in world agriculture. 2. Energy in plant nutrition and pest control. Elsevier, Amsterdam, pp 1-23.

- Mudahar, M.S., Hignett, T.P., 1987b. Energy requirements, technology, and resources in the fertilizer sector. In: Hesel ZR (ed) Energy in world agriculture. 2. Energy in plant nutrition and pest control. Elsevier, Amsterdam, pp 25-61.
- Nagy, C.N., 1999. Energy coefficients for agriculture inputs in western Canada. <http://www.csale.usask.ca/PDFDocuments/energyCoefficientsAg.pdf> (Accessed: 31.05.1999).
- Oğuz, H.İ., Baran, M.F., Gökdoğan, O., Eren, Ö., Solak, M., 2022. Energy balance and greenhouse gas (GHG) emissions of organic fig (*Ficus carica* L.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 64: 61-67.
- Ozalp, A., Yilmaz, S., Ertekin, C., Yilmaz, I., 2018. Energy analysis and emissions of greenhouse gases of pomegranate production in Antalya province of Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 60(4): 321-329.
- Ozbek, O., Gokdogan, O., Baran, M.F., 2021. Investigation on energy use efficiency and greenhouse gas emissions (GHG) of onion cultivation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(2): 1125-1133.
- Ozkan, B., Kurklu, A., Akcaoz, H., 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy*, 26: 89-95.
- Özcan, M.T., 1986. Mercimek hasat ve harman yöntemlerinin iş verimi, kalitesi, enerji tüketimi ve maliyet yönünden karşılaştırılması ve uygun bir hasat makinası geliştirilmesi üzerinde araştırmalar. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Yayınları. Yayın No: 46, Ankara.
- Pimentel, D., 1980. Handbook of Energy Utilization in Agriculture; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Saltuk, B., Jagosz, B., Gökdoğan, O., Rolbiecki, R., Atilgan, A., Rolbiecki, S., 2022. An Investigation on the energy balance and greenhouse gas emissions of orange production in Turkey. *Energies* 15: 8591.
- Singh, J.M., 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science, International Institute of Management University of Flensburg, Germany.
- Sonmete, M.H., 2006. Fasulyenin hasat-harman mekanizasyonu ve geliştirme olanakları. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Sonmete, M.H., Demir, F., 2007. Fasulyenin hasat-harman mekanizasyonunda enerji tüketimleri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(41): 109-117.
- Şehri, M., 2012. Adana yöresi pamuk üretiminde enerji kullanım etkinliği ve maliyet analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> (Accessed: 13.03.2024).
- Uzun, T., Baran, M.F., 2022. Energy Input–output analysis of grape (*Vitis vinifera* L.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 64 (Suppl 1): 95–102.
- Yaldiz, O., Ozturk, H.H., Zeren, Y., Bascetincelik, A. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. *5th International Congress on Mechanization and Energy Use in Agriculture*, Izmir, pp 527-536.
- Yılmaz, İ., Özalp, A., Aydoğmuş, F. 2010. Antalya ili bodur elma üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi: Elmalı ilçesi örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2): 93-97.

To Cite

Demir, C., 2024. A Review of Energy Use Efficiency in Apple Cultivation: Case Study of Kırklareli Province. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 659-666. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12732577>.



Bir Dal Parçalama Makinasının Modifikasyonu ve Bağ Budama Artıkları için Bazı İşletmecilik Değerlerinin Belirlenmesi

İlyas DEMİREL¹, Abdullah SESSİZ^{2*}

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Diyarbakır

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): asesiz@dicle.edu.tr

Özet

Bu çalışma Diyarbakır ili Dicle ilçesinde bir üreticiye ait modern telli terbiye sistemli ve geleneksel serpene sistemli bağ alanlarında Haziran 2023 yılında yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Boğazkere (şaraplık), Öküzgözü (şaraplık) ve Mazurmi (şıralık) üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin budama artıkları kullanılmıştır. Çalışmada, dal öğütme amacıyla üretilen bir makinada ikili, üçlü ve dördü kırıyıcı bıçak kullanılarak, üç farklı kırıyıcı bıçak devir (1500 d d⁻¹, 2000 d d⁻¹ ve 2500 d d⁻¹) sayısında ve besleme miktarlarında gerçekleştirilmiştir. Üç üzüm çeşidi için kırıyıcı bıçak sayısının, kırıyıcı bıçak devir sayısının ve besleme miktarının yakıt tüketimi ve parçacık boyutlarına olan etkisi belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek yakıt tüketimi Mazurmi (Şire) üzüm çeşidinde 1.260 l h⁻¹ (1.685 kg h⁻¹) olarak elde edilirken, Boğazkere 1.075 l h⁻¹ (1.439 kg h⁻¹) ve Öküzgözü 1.088 l h⁻¹ (1.454 kg h⁻¹) çeşitlerinde aynı olmuştur. Kırıyıcı bıçak sayılarının yakıt tüketimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, kırıyıcı bıçakların devir sayılarının, yakıt tüketim değerlerine etkisi her üç devir sayısında da elde edilen veriler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.001). Bu değerler sırasıyla 1500 d d⁻¹, 0.987 l h⁻¹, 2000 d d⁻¹, 1.332 l h⁻¹ ve 2500 d d⁻¹'de 1.303 l h⁻¹ bulunmuştur. Her üç çeşit için bıçak sayısı ve devir sayısının artışına bağlı olarak parçacık boyutlarında önemli oranda küçülme olmuştur. İkili bıçak ile dördü bıçak arasında yaklaşık iki kat küçülme meydana gelmiştir. En küçük parçacık boyutu dört bıçaklı kırıyıcı ile 2500 d/d'da yapılan parçalamada % 50'nin üzerinde yüksek bir parçalanma oranı elde edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :16.04.2024
Kabul Tarihi :25.05.2024

Anahtar Kelimeler

Bağ budama artıkları
dal parçalama
makine tasarımı
parçalayıcı bıçak
modifikasyon

Modification of Branch Shredding Machine and Determination of Some Operational Values for Vineyard Pruning Residues

Abstract

This study was carried out in June 2023 in the vineyard of a producer with a modern wire finishing system and traditional spreading system in Dicle district of Diyarbakır province. Pruning residues of Boğazkere (wine grapes), Öküzgözü (wine grapes) and Mazurmi (Şire) grape (*Vitis vinifera* L.) varieties were used as plant material in the research. In this study conducted to evaluate vineyard pruning residues and solve ongoing problems; The study was carried out at three different chopper blade speeds (1500 min⁻¹, 2000 min⁻¹ and 2500 min⁻¹) and feeding amounts, using two, three and four chopper blades on a machine produced for branch shredding. The effects of the number of chopper blades, chopper blade speed and feeding amount on fuel consumption, power consumption, engine noise and grain sizes were determined for three grape varieties. According to the results of the study, the highest fuel consumption was obtained in Mazurmi (Şire) grape variety as 1.260 l h⁻¹ (1.685 kg h⁻¹), while Boğazkere 1.075 l h⁻¹ (1.439 kg h⁻¹) and Öküzgözü 1.088 l h⁻¹ (1.454 kg h⁻¹) was the same in all varieties. While the effect of the number of chopper blades on fuel consumption was found to be statistically insignificant, the effect of the speed of the chopper blades on fuel consumption values was found to be statistically significant (p<0.001). These values were found to be 0.987 l/h at 1500 min⁻¹, 1.332 l h⁻¹ at 2000 min⁻¹ and 1.303 l h⁻¹ at 2500 min⁻¹, respectively. For all three types, there was a significant reduction in particle sizes due to the increase in the number of blades and speed. There was an approximately two-fold reduction in size between the double blade and the quadruple blade. A high fragmentation rate of over 50 % was obtained when the smallest particle size was chopped with a four-blade chopper at 2500 rpm.

Research Article

Article History

Received :16.04.2024
Accepted :25.05.2024

Keywords

Vineyard pruning residues
branch shredding
machine design
shredder blade
modification

1. Giriş

Güneydoğu Anadolu bölgesinde, özellikle Diyarbakır ve Mardin illerinde küçük üretim alanlarında yoğun bir şekilde bağcılık ve üzüm yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bölgede yaygın olarak Boğazkere, Öküzgözü ve Mazurmi (Şire) üzüm çeşitlerinin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Kılıç ve ark., 2022; Öngören ve Sessiz, 2022).

Mevcut durumda Diyarbakır ili ve çevre illerinde bağcılık yapan üreticilerin en büyük sorunlardan birisi, budama sonrası bağda kalan artıklarının uzaklaştırılması ve değerlendirilmesidir. Budama yapıldıktan sonra oluşan budama artıkları, uzun dallar ve sürgünler, ya parçalanmadan olduğu gibi bağın içinde bırakılmakta ya da bağ sınırını oluşturan duvar bentlerinin üzerine hayvan girişlerini önlemek için çit amacıyla kullanılmaktadır. Bağın içerisinde parçalanmadan bırakılan bu artıklar aynı zamanda toprak işlemeyi de zorlaştırmaktadır. Bağ çevreleyen duvarların üzerine çit amaçlı bırakılan artıklar ise çeşitli mantari hastalıklar ve zararlıların konaklamasına neden olduğu gibi kuru budama artıkları, özellikle kurak dönemlerde, yangın tehlikesini de artırabilmektedir. Yeterli iş gücüne sahip olanlar bu sürgünleri bağın dışına çıkararak kontrollü bir şekilde yakmaktadırlar. Bu da fazla iş gücü kullanımının yanı sıra, çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu sorunların önüne geçmek ve tarımda sürdürülebilirliği sağlamak için etkili bir çözüm gerekmektedir. Çözüm yollarından biri, budama artıklarının mekanik olarak parçalayarak topraktaki çözülme hızını artırarak organik artık (gübre) olarak toprağa kazandırılmasıdır. Bu yüzden dünya genelinde bağ-bahçe tarımında organik üretim uygulamaları ile ilgili bitkisel artıkların değerlendirilmesine yönelik olarak çeşitli alternatif yöntemler aranmaktadır. Özellikle, bağ budama artıklarının organik gübre olarak değerlendirilmesi ülkemiz toprakları için de önemli bir organik madde kaynağı oluşturacaktır (Çanakçı ve ark., 2019; Sessiz ve ark., 2021; Öngören ve Sessiz, 2022). Artıkların bu şekilde değerlendirilmesiyle ekolojik tarımın yaygınlaştırılması, çevresel

kirliliğin önlenmesi, artıkların toprağa kazandırılarak bağ tarımının sürdürülebilirliği ve kimyasal gübre kullanımının azaltılması bakımından oldukça önemlidir. Margaritis ve ark. (2020), sürdürülebilir tarım için asma budama artıklarının gübre olarak kullanılmasının yanı sıra önemli bir yakıt kaynağı olduğunu da belirtmişlerdir. Spinelli ve ark. (2014), bağlardaki budama artıklarının yakılmasına alternatif olarak, traktörlerle ulaşılamayan dağlık alandaki bağlarda oluşan budama artıklarının geri kazanılması için yeni bir balyalama sistemini tasarlamış geliştirmiş ve test etmiştir. Çanakçı ve ark. (2019), budama artıklarının farklı şekillerde geri dönüştürülmesinde öğütmenin kritik bir süreç olduğunu ve bu amaçla kullanılan makinelerde doğru bıçakların seçilmesinin, uygun parçacıkların elde edilmesine ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına olumlu katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. Özellikle, İtalya ve Fransa gibi bağ üreticisi ülkelerde budama artıklarının parçalanıp yarayışlı hale getirilmesinde geniş bağ ve bahçe alanlarında traktör kuyruk milinden hareket alan makineler kullanılırken, daha küçük alanlarda ise sabit çalışan ya da insan tarafından hareket ettirilen dal parçalama makineleri kullanılmaktadır. Bu makineler zaman, enerji ve iş gücü tüketiminin azaltılmasının yanı sıra toprak ıslahı için de önemli faydalar sağlamaktadır. Ayrıca bağ ve diğer tarımsal artıkların parçalamasını ve öğütülmesini sağlayacak kıyıcı ve öğütücü makinelerin kullanılması ve yaygınlaşması, uzun vadede toprağın verimliliğine ve dolayısıyla sürdürülebilirliğine de önemli katkı sunacaktır. Ancak, tercih edilecek makineler çiftçilerin ekonomik durumu ve sahip oldukları bağ alanlarına uygun olmalıdır. Bu yüzden, makinanın ekonomik edinimi için, düşük enerji tüketimiyle dalların istenilen boyutta parçalanmasını sağlayacak kıyıcı bıçak tipinin ve bıçaklara hareket veren motorun optimum güç seviyesinin belirlenmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Konuyla ilgili olarak, Yiğit (2023), budama artıklarının istenilen boyut ve şekillerde ekonomik olarak parçalanmasının önemli bir konu olduğunu, budama artıklarını değerlendirilmesine yönelik çalışmaların gerek makina imalatında gerekse kullanımında

güç seviyesinin dikkate alınması gereken konular olduğunu ve konuyla ilgili araştırmaların yürütülmesinin yararlı olacağını ifade etmiştir. Çanakçı ve ark. (2018) kendi yürür bir budama artığı parçalama makinasının işletme giderlerinin belirlenmesi üzerine benzer bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, işgücü teminindeki zorluklar, girdi maliyetlerinin yükselmesi gibi nedenlerden dolayı mekanizasyon araçlarının kullanım yöntemlerinin belirlenmesi, planlama ve maliyetlerin hesaplanması gibi konuların önemine değinilmiştir. Bağ budama artıklarının parçalanması ve değerlendirmesine yönelik benzer çalışmalar Şeflek ve ark. (2006), Demir (2007), Dereli (2009), Corona ve Nicoletti (2010), Spinelli ve ark. (2010), Spinelli ve ark. (2012 a), Çolakoğlu (2018), Sucipto ve ark. (2020) tarafından yapılmıştır. Yine, Spinelli ve ark. (2012b), bağ alanlarında budama sonrası milyonlarca hektarlık artıkların uzaklaştırılmasının zor olduğunu bildirirken, işleri kolaylaştırmak için hasadın ve budama işlerinin mekanik olarak yapılmasının bir zorunluluk olduğunu ifade etmişlerdir. Hande ve Padole (2015), kompost üretimine yönelik taşınabilir organik artık parçalama makinasının tasarımı ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Adamchuk ve ark. (2016), bağ artıkları ve meyve ağacı budama artıkları için bir dal doğrama makinası tasarlamış, imal etmiş ve arazi koşullarında test etmişlerdir. Dal doğrama makinasının enerji ve işgücü tüketimini azaltmakla kalmayıp, kimyasal gübre ihtiyacının azaltmasına katkı sağlayarak yenilikçi teknolojilerin bağ/bahçe faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Pavankumar ve ark. (2018), çeşitli organik artıklar için bir parçalama makinasının tasarımı ve imalatı ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. Pekitkan ve ark. (2019) tarafından Boğazkere, Öküzgözü ve Şire üzüm çeşitlerine ait asma sürgünlerinin parçalanmasına yönelik kesme özelliklerini araştırmışlardır. Öngören (2021), bağ budama artıklarının değerlendirilmesine yönelik bir dal parçalama makinasının performansını ve bazı işletmecilik özelliklerini incelemiştir. Yine,

Sessiz ve ark. (2021), Sessiz ve Öngören (2022), Diyarbakır ilinde bağ budama artıklarının değerlendirmek amacıyla özel bir firma tarafından üretilen bir dal öğütme makinasını kullanarak parçalama denemelerini yapmışlar ve çeşitli parametreler kullanarak boyut özelliklerini ve enerji tüketim değerlerini ölçmüşlerdir. Popa ve ark. (2022), meyve ve şaraplık üzüm çeşidine ait budama artıklarının parçalanmasında kullanılacak bir makinanın denemelerini yapmışlardır. Pekitkan ve ark. (2022), 7 farklı bitki türü için farklı nem seviyelerinde parçalama ve kesme enerjisi değerlerini belirlemişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçların, test edilen çeşitlerin budama artıklarının etkin ve verimli bir şekilde parçalanması için geliştirilecek bir makinenin tasarımında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yiğit (2023), zeytin ve bağ budama artıklarının bir dal parçalama makinasıyla farklı çalışma koşullarında işletme parametrelerini belirlemiştir. Öngören ve Sessiz (2023), üç farklı üzüm çeşidini kullanarak farklı bıçak devir sayılarında motor güç ihtiyacını, moment değerlerini, yakıt tüketimini ve bıçak devir sayılarına bağlı olarak her üzüm çeşidi için budama artıklarının parçacık boyutlarını belirlemişlerdir. Daha etkin bir artık parçalama yönetimi ve işletmecilik için mekanik araçlar kullanılmalıdır (Marti ve ark., 2012; Çanakçı ve ark., 2018; Öngören ve Sessiz., 2022). Ayrıca, Çanakçı ve ark. (2019), öğütmenin, budama artıklarının farklı şekillerde geri dönüştürülmesinde kritik bir işlem olduğunu ve bu amaçla kullanılan makinalarda doğru bıçakların seçilmesinin, uygun parçacık elde edilmesine ve işletme maliyetlerinin düşürülmesine olumlu katkı sağlayacağını belirtmişlerdir.

Yürütülen benzeri çalışmalardan da anlaşılacağı gibi budama artığı parçalama makinalarının bağ-bahçe üreticileri tarafından kullanılmaya başlanmasıyla da tarım makinaları imalat sanayisinin gelişimine de yarar sağlayarak gelecekte yeni bir istihdam alanının açılmasına yol açabilecektir.

Yukarıda ifade edilen durumlar göz önüne alınarak yürütülen bu çalışmada, bağ budama artıklarının değerlendirilmesine ve devam

eden sorunların çözümüne yönelik bir dal parçalama makinasının farklı çalışma koşullarında uygun işletmecilik parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yürütülen çalışmada 2'li, 3'lü ve 4'lü parçalayıcı bıçak kullanılarak 1500 d d⁻¹, 2000 d d⁻¹ ve 2500 d d⁻¹ olmak üzere üç farklı devir sayılarında üç üzüm çeşidinin budama artıklarıyla parçalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bıçak sayısının ve bıçak devir sayısının sabit besleme miktarında parçacık boyut dağılımı ve yakıt tüketimi değerleri ölçülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

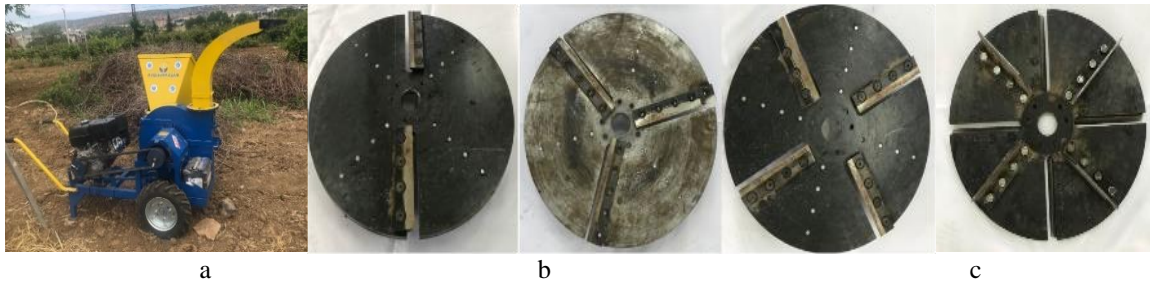
Denemelerde, Boğazkere (Şaraplık), Öküzgözü (Şaraplık) ve Mazurmi (Şire) üzüm çeşitlerine ait budama artıkları kullanılmıştır. Nisan 2023 tarihinde Diyarbakır ili Dicle ilçesinde bir üreticiye ait bağ alanlarında yapılan budama sonrası, sıra aralarına bırakılan budama artıkları her çeşit için ayrı ayrı toplanarak bağın boş bir alanında yığın ve desteler haline getirilmiş ve denemelerin yapıldığı tarih olan Haziran 2023'e kadar bekletilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Denemelerin yürütüldüğü bağ alanının budama ve sonrası görünümü

Parçalama deneyleri için özel bir firma tarafından imal edilen 15 BG (11.2 kW) güçlü, üzerinde 3 adet bilenebilir çelik bıçak bulunan, 4 zamanlı, marşlı, akülü ve benzinli motoru olan savurma sistemi 360° dönebilen hem sabit hem de hareket edebilecek özelliğe sahip özel bir firma tarafından imal edilen ve kıyııcı ünitesinde değişiklikler yapılan makina

kullanılmıştır (Şekil 2a). Kıyııcı ünite, sanayide özel olarak imalatı yaptırılan Şekil 2b'de görülen ikili, üçlü ve dördü bıçak üniteleri (uzunluk: 180 mm, genişlik:40 mm, kalınlık 10 mm, bıçak ağız genişliği 15 mm) ve diskin arka yüzeyine monte edilen fan görevini gören kanatlar kullanılmıştır (Şekil 2c).



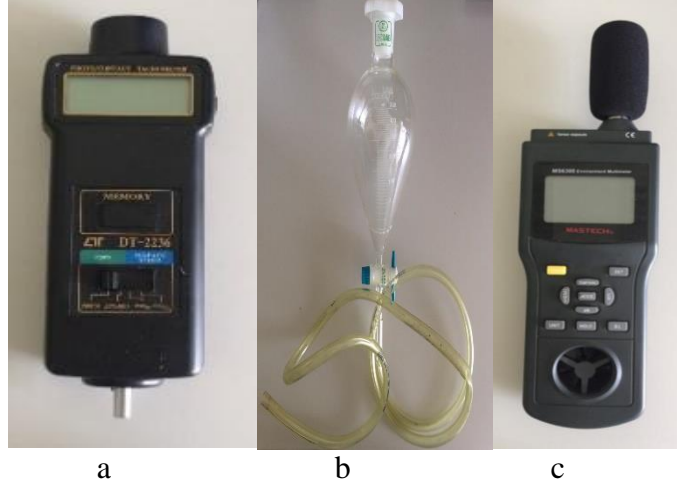
Şekil 2. Çalışmada kullanılan (2, 3 ve 4 bıçaklı) dal parçalama bıçakları ve diskin arka yüzeyine yerleştiren üfleyici kanatlar.

Denemelere başlamadan önce makina üzerindeki kıyııcı bıçak montajı, bıçak açıklığı ayarı, kayış-kasnak ayarı, motorun devir

ayarları gibi ayarlar yapılmış daha sonra denemeler gerçekleştirilmiştir. Parçalama deneyleri için 3 farklı üzüm çeşidinin budama

artıkları kullanılmıştır (Şekil 1). Denemeler 1500 d d^{-1} , 2000 d d^{-1} ve 2500 d d^{-1} bıçak devirlerinde ve 2'li, 3'lü ve 4'lü parçalayıcı bıçaklar kullanılarak yürütülmüştür (Şekil 2b). Bu parametrelere bağlı olarak yakıt tüketimi,

gürültü, titreşim ve parçacık boyut uzunlukları ölçülmüştür. Bıçak diskinin bağlı olduğu milin devir sayılarının belirlenmesinde DT-2236 marka devir takometresi kullanılmıştır (Şekil 3a).



Şekil 3. Devir takometresi (a), dereceli ayırma hunisi (b), gürültü ölçüm cihazı (c)

Yakıt tüketim miktarının (l h^{-1}) belirlenmesinde Şekil 3b'de görülen 500 mililitrelik (ml) cam malzemeden imal edilmiş dereceli ayırma hunisi kullanılmıştır. Denemeler esnasında yakıt tüketimi ölçümü için yakıt deposu devre dışı bırakılarak yakıtın dereceli huniden doğrudan motora girişi

sağlanmıştır. Her deneme sonrasında azalan yakıt miktarı (ml) dereceli huniye ilave edilerek ölçümler yapılmıştır. Ölçümler azalan miktar üzerinden yapılmıştır. Denemeler sabit besleme miktarlarında ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



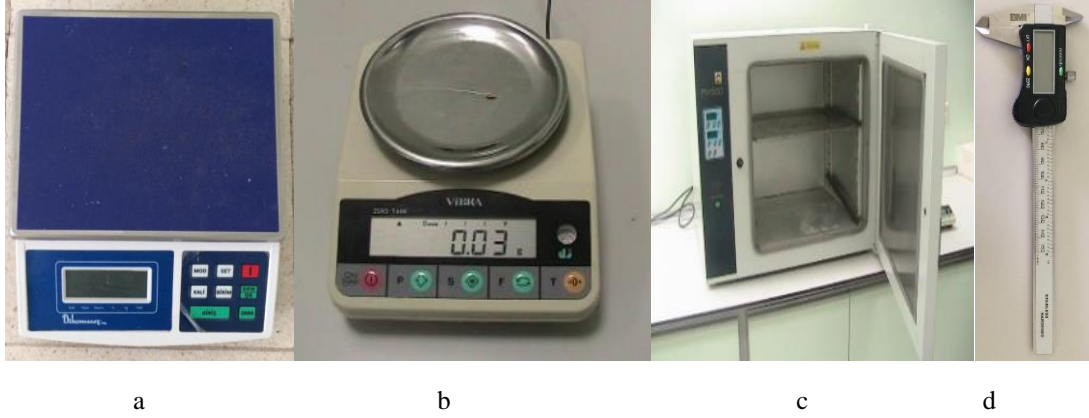
Şekil 4. Budama artıklarının makinaya yedirilmesi deneylerinden görünüşler

Her deneme için yedirilen materyal (besleme) miktarı (kg s^{-1}) homojen olacak şekilde ve zaman tutularak belirlenmiştir. Öncesinden terazi ile tartımı yapılan ve miktarı belli olan materyal, mümkün olduğunca aynı sürede makinaya yedirilmeye çalışılmıştır

(Şekil 4). Çeşitli tartım işleri için 15 kilogram (kg) kapasiteli şarj edilebilir Dikomsan ve 0.01 g hassasiyetli VİBRA marka elektronik terazi kullanılmıştır (Şekil 5). Nem miktarının belirlenmesinde NÜVE FN 500 marka ETÜV'den yararlanılmıştır (Şekil 5). Nem ölçümleri

ASABE (2006) standartlarına göre fırında kurutma yöntemine göre yapılmıştır. Materyalin çaplarının belirlenmesinde dijital kumpas kullanılmıştır (Şekil 5). Deneme

esnasındaki budama artıklarının nem içerikleri, Boğazkere üzüm çeşidinde % 6, Öküzgözü üzüm çeşidinde % 8 ve Mazurmi (Şire) üzüm çeşidinde ortalama % 6.8 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. Teraziler (a,b), kurutma dolabı (c) ve dijital kumpas (d)

Denemeler esnasında materyalin kıyılmadan önce her bir çeşit için olmak üzere budanan dallardan 30 adet örnek alınarak, dalların alt, orta ve üst kısımları kumpasla

ölçülerek ortalama çap değerleri belirlenmiştir (Tablo 1). Dalların uzunlukları 73-120 cm arasında değişmiştir.

Tablo 1. Boğazkere, Öküzgözü ve Mazurmi (Şire) çeşidinin alt, orta, üst kısımlarına ait ortalama çapları

Örnek	Boğazkere			Öküzgözü			Mazurmi (Şire)		
	Alt (mm)	Orta (mm)	Üst (mm)	Alt (mm)	Orta (mm)	Üst (mm)	Alt (mm)	Orta (mm)	Üst (mm)
Ortalama Çap (mm)	7.72	5.83	4.08	7.07	5.86	3.47	6.41	5.02	3.46

Devir sayısı ve parçalayıcı bıçak sayısına bağlı olarak parçalanmış dalların parçacık boyut dağılımının (%) belirlenmesinde eleme yöntemi kullanılmıştır. Eleme işleminde ise

sanayide bir tornacıya özel olarak yaptırılan 20, 30, 40 ve 50 mm delik çaplarına sahip 4 adet sac elek kullanılmıştır (Öngören, 2021).



Şekil 6. Parçacık boyutlarının ölçülmesinde kullanılan sac elekler

Denemeler sonrasında her bıçak sayısı, devir sayısı ve çeşit için parçalanmış materyalden 5 kg örnek alınarak tartılmış ve daha sonra eleme işlemine tabi tutulmuştur. Tartım işleminden sonra alınan örnekler en

büyük delik çapına sahip olan 50 mm'lik elek üzerine bırakılarak 15-20 saniye süreyle eleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Eleme sonunda deliklerden geçmeyen elek üzerinde kalan parçacıklar, tekrar tartılarak toplam

materyal (5 kg) miktarına oranlanmıştır. Bu işlem 40 mm, 30 mm ve 20 mm delik çapına sahip elekler kullanılarak da tekrarlandıktan sonra elde edilen veriler, her elek için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Eleklerden geçen elenen artık

miktarı toplam artık miktarına oranlanarak yüzdelik değerlere dönüştürülmüştür. Parçacık boyut dağılımlarının yüzdeleri elek çaplarına göre ayrı ayrı belirlenmiştir (Pari ve ark., 2015; Öngören., 2021; Sessiz ve ark., 2022).



Şekil 7. Tarım makinaları atölyesinde yapılan eleme işlemlerinden görüntüler

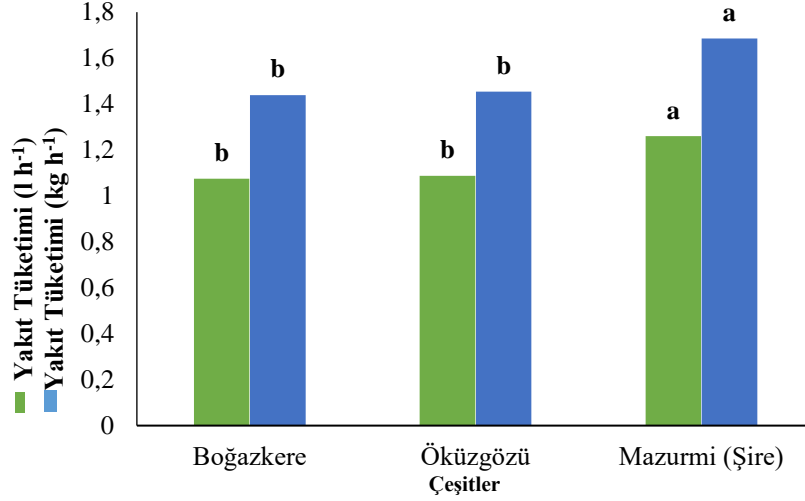
Denemede elde edilen veriler arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar için JMP (13. Version) paket programı kullanılmıştır. Denemeler tesadüfi parsel deneme desenine göre planlanmış ve varians analiz yöntemi (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırmalar LSD testi ve % 5 önem derecesine göre yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yakıt tüketimine ilişkin bulgular

Denemelerde kullanılan çeşitlere bağlı olarak ölçülen ortalama yakıt tüketimi değerleri Şekil 8’de hem ($l h^{-1}$) hem de ($kg h^{-1}$) olarak verilmiştir. $kg h^{-1}$ ’e dönüşümü için yakıt yoğunluk değeri 0.7475 olarak alınmıştır (Dinçer, 1981; Sabancı, 1993; Goering ve Hansen 2004; Srivastava ve ark., 2006; Saral ve ark., 2008; Sessiz ve ark., 2020). Tablo 2 ve Şekil 8’den görüleceği gibi çeşitlerin yakıt

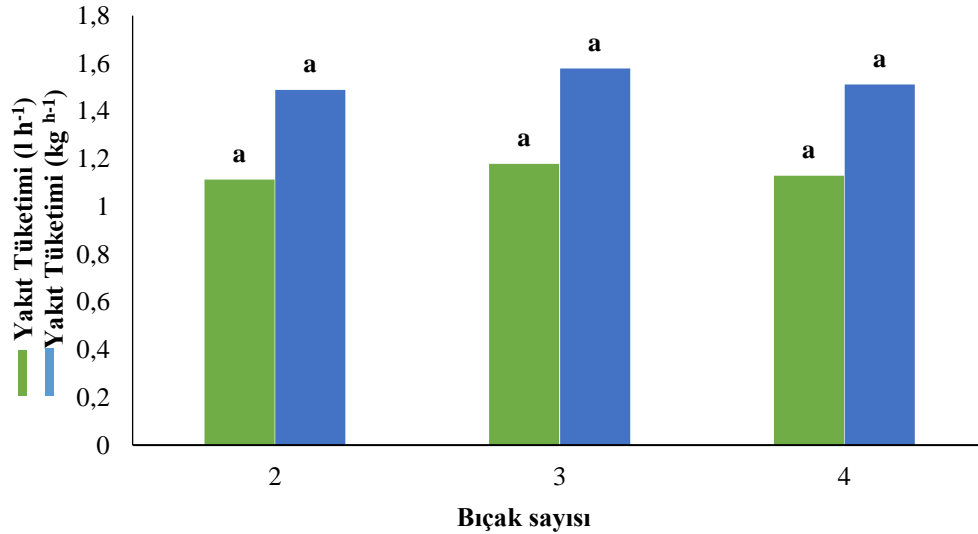
tüketimine etkisi önemli olmuştur. Ancak, Boğazkere ve Öküzgözü çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.02$) bulunurken, bu çeşitler ile Mazurmi (Şire) çeşidi arasındaki fark çok önemli bulunmuştur ($p<0.001$). En yüksek yakıt tüketimi Şire çeşidinde $1.260 l h^{-1}$ ($1.685 kg h^{-1}$) olarak elde edilirken, Boğazkere $1.075 l h^{-1}$ ($1.439 kg h^{-1}$) ve Öküzgözü $1.088 l h^{-1}$ ($1.454 kg h^{-1}$) çeşitlerinde aynı olmuştur. Bu durum sofralık olan Mazurmi (Şire) çeşidinin dallarının parçalama direncinin diğer iki şaraplık çeşidi olan Boğazkere ve Öküzgözü’ne göre daha yüksek olduğu, özellikle Şire çeşidinin ortalama dal çaplarının diğer çeşitlere göre ince olması nedeniyle parçalanmasının zorlaştığı ve ince dalların parçalanması için daha fazla yakıtın tüketildiği şeklinde ifade edilebilir. Nitekim yapılan ön denemelerde ve gözlemlerde çapı büyük olan dalların daha kolay parçalandığı görülmüştür.



Şekil 8. Çeşitlere bağlı olarak tüketilen ortalama yakıt (l/h, kg/h) miktarı değerleri

Kıyıcı bıçak sayısına bağlı olarak ölçülen ortalama yakıt tüketiminin değişimi ise Şekil 9’ da verilmiştir. Tablodan ve şekilden görüleceği gibi kıyıcı bıçak sayısının yakıt tüketimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur ($p>0.2$). Bununla birlikte

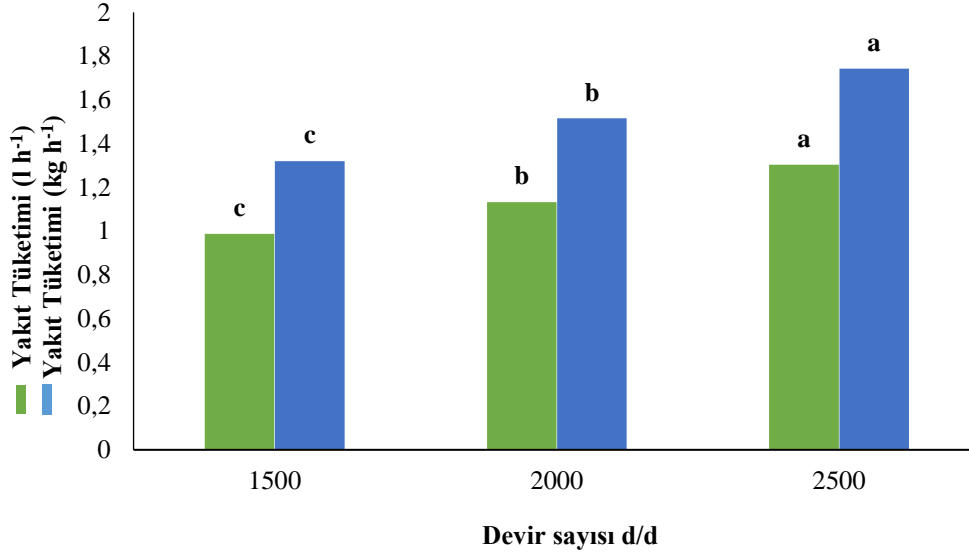
bıçak sayısının artışı yakıt tüketimini de artırmıştır. Bu durumun, disk üzerindeki bıçak sayısı artışının neden olduğu ek ağırlıktan ve kanatların yaratmış olduğu hava direncinden kaynaklanmış olabileceği şeklinde ifade edilebilir.



Şekil 9. Kıyıcı bıçak sayısına bağlı olarak tüketilen ortalama yakıt (l/h, kg/h) miktarı değerleri

Kıyıcı bıçakların devir sayısına bağlı olarak tüketilen yakıt miktarlarına ilişkin ortalama değerler de Şekil 10’ da verilmiştir. Şekil 10’da görüleceği gibi kıyıcı bıçakların devir sayılarının, yakıt tüketim değerlerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Her üç devir sayısında elde edilen değerler arasındaki fark çok önemli

bulunmuştur ($p<0.001$). En yüksek yakıt tüketimi değeri 2500 d d⁻¹’lık kıyıcı bıçak devir sayısında 1.303 l h⁻¹ (1.743 kg l⁻¹) olarak elde edilirken, 2000 d d⁻¹’lık çalışma devrinde 1.132 l h⁻¹ (1.515 kg h⁻¹) ve 1500 d d⁻¹’lık çalışma devrinde 0.987 l h⁻¹ (1.320 kg h⁻¹)’e düşmüştür.



Şekil 10. Kıyıcı bıçak devir sayılarına bağlı olarak ölçülen ortalama yakıt tüketim değerleri

3.2. Parçalanmış budama artıklarının boyut dağılımlarına ilişkin bulgular

Denemelerde kullanılan 3 üzüm çeşidinin budama artıklarının, farklı bıçak sayısı ve farklı devirlerde elde edilen parçacık boyutlarının dağılımları toplu olarak Tablo 2’te verilmiştir. Ayrıca, bıçak sayılarına göre değişim ise iki bıçaklı kıyıcı için Şekil 11’de, üç bıçaklı kıyıcı için Şekil 12’de ve dört bıçaklı kıyıcı Şekil 13’de verilmiştir.

Tablo 2, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13’ten görüleceği gibi tüm parametreler bir arada değerlendirildiğinde, tüm çeşitler için bıçak devir sayısı ile dal parçalama boyutu arasında ters bir ilişki meydana gelmiştir. Tüm çeşitler için devir ve bıçak sayılarının artışı, parçacık boyutlarını küçültmüştür. Diğer bir deyişle bıçak dönü sayısı ve bıçak sayısı arttıkça 50 mm üzeri boyuttaki parçacık miktarı azalırken, 20 mm’den küçük parçacık miktarında önemli artış olmuştur. 20-50 mm arası çaplara sahip eleklerden geçen parçacık miktarlarında önemli bir değişim olmamıştır. Tablodan da görüleceği üzere benzer değerler elde edilmiştir. Tarımsal artıkların organik artık olarak değerlendirilmesini ve etkinliğini artırmak için olabildiğince parçacık boyutlarının küçük olması istenmektedir (Sessiz ve Öngören, 2022). Küçük boyutlu artıkların toprağa karışması ve parçalanması daha kolaydır. Bu nedenle çiftçiler için artıkların olabildiğince daha fazla

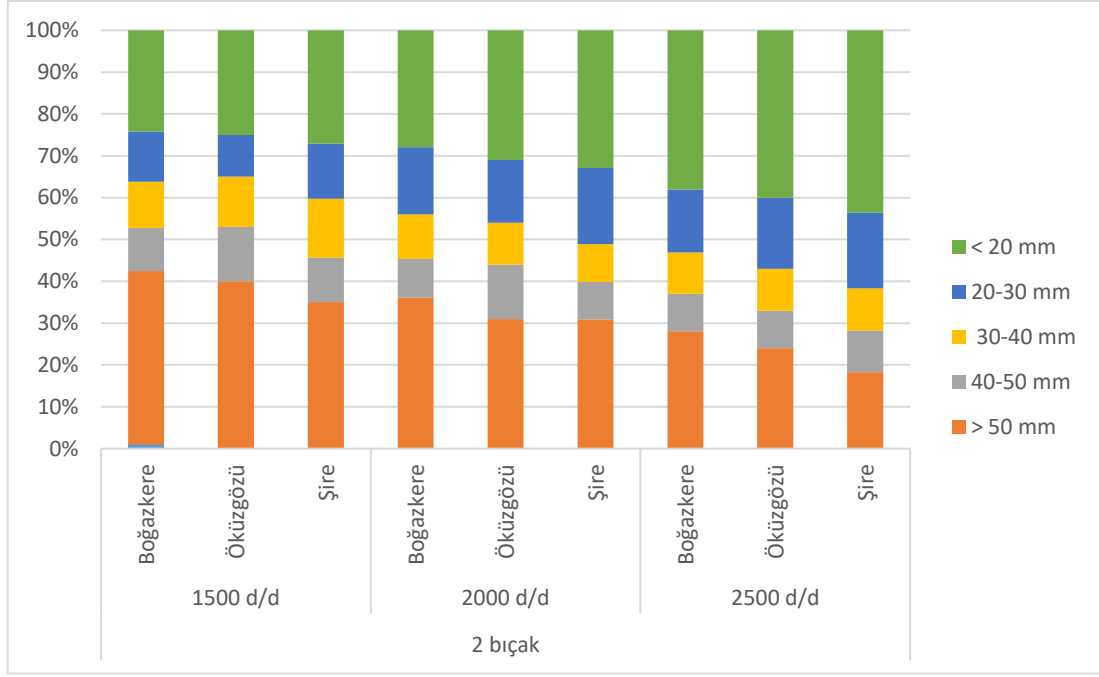
parçalanması ve toprağa kolay karışması istenmektedir. Nitekim çalışmada elde edilen bulgular bunu doğrulamaktadır. Bıçak dönü sayısı ve bıçak sayılarındaki artış dalların parçalanmasını artırırken en küçük parçacık oranı 20 mm çapa ait elekten geçen parçacıkların oranı 2500 d d⁻¹ ve 4 bıçaklı kıyıcı üniteden, % 50 üzerinde bir oran ile elde edilmiştir. Nitekim bu oran 2 bıçaklı parçalayıcı ünite ile karşılaştırıldığında <20 mm altındaki parçacıkların oranı % 24-27 olarak elde edilirken, 3 bıçaklı olanda bu oran % 33-50 arasında değişmiştir. Anlaşılacağı gibi en yüksek oranlar devir sayısına bağlı olarak 4 bıçaklı parçalayıcı ünite de % 45-63 arasında değişmiştir. 2500 d d⁻¹’da bu değer yaklaşık % 60 civarında gerçekleşmiştir (Tablo 2, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13). Bu durum çeşitten öte parçalayıcı bıçakların sayısı ve bıçak dönü sayılarının dal parçalama üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermektedir (Öngören ve Sessiz, 2022; Sessiz ve ark., 2022; Pekitkan ve ark., 2022). Ayrıca, Pari ve ark. (2015), tarafından parçacık boyutu dağılımı, enerji amaçlı kullanılan biyokütle kalitesini etkileyen ana parametrelerden biri olduğunu ve bitkisel artıkların parçacık boyutu küçüldükçe kalitesinin arttığı ifade edilmiştir. Aygun ve Çakır (2014), bağ sürgünlerinin makinayla parçalanması sonucu elde edilen boyut değerlerinin 0-100 mm aralığında olması gerektiğini, Sucipto ve ark. (2020), tasarlayıp

imal ettikleri makinayla parçacık boyutlarının 1-50 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu değerler arasındaki farklılıklar makinelerin

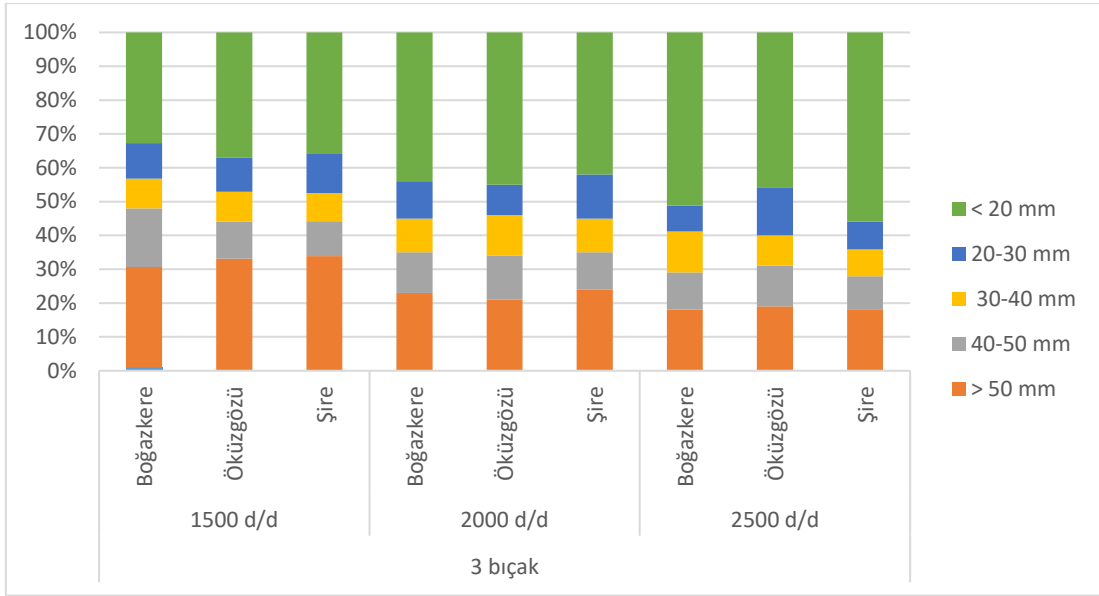
yapısal özellikleri, kullanılan sürgün ve çalışma parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Öngören ve Sessiz, 2022).

Tablo 2. Bıçak sayısı, devir sayısı ve çeşitlere göre parçacık boyut dağılımı (%)

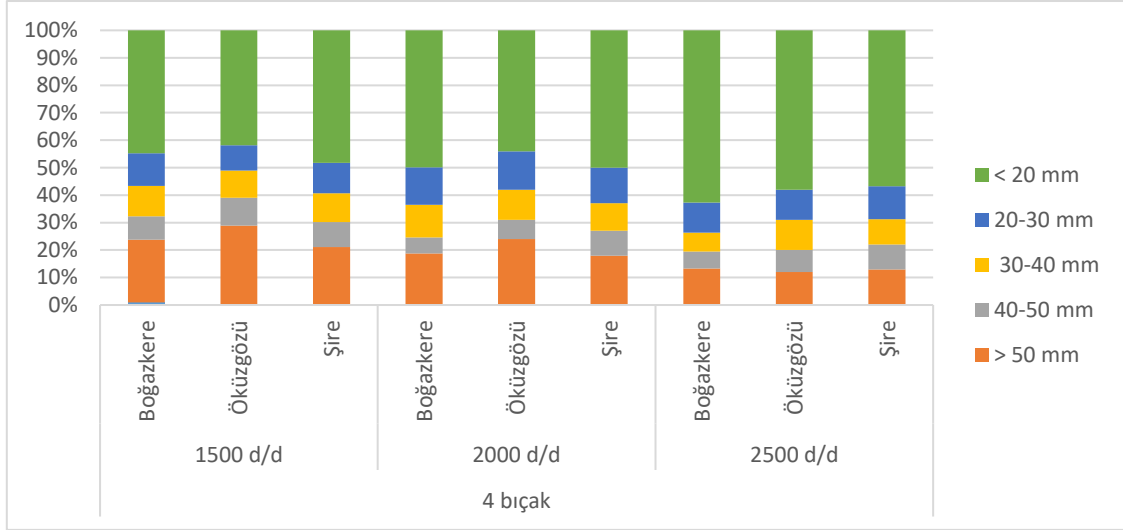
Bıçak sayısı	Devir (d d ⁻¹)	Çeşit	> 50 mm	40-50 mm	30-40 mm	20-30 mm	< 20 mm
2 Bıçak	1500	Boğazkere	42	10	11	12	24
		Öküzgözü	40	13	12	10	25
		Şire	35	11	14	13	27
	2000	Boğazkere	36	9	11	16	28
		Öküzgözü	31	13	10	15	31
		Şire	31	9	9	18	33
	2500	Boğazkere	28	9	10	15	38
		Öküzgözü	24	9	10	17	40
		Şire	18	10	10	18	44
3 bıçak	1500	Boğazkere	30	17	9	11	33
		Öküzgözü	33	11	9	10	37
		Şire	34	10	8	12	36
	2000	Boğazkere	23	12	10	11	44
		Öküzgözü	21	13	12	9	45
		Şire	24	11	10	13	42
	2500 d/d	Boğazkere	18	11	12	9	50
		Öküzgözü	19	12	9	14	46
		Şire	18	10	8	8	56
4 bıçak	1500	Boğazkere	23	9	11	12	45
		Öküzgözü	29	10	10	9	42
		Şire	21	9	11	11	48
	2000	Boğazkere	19	6	12	14	50
		Öküzgözü	24	7	11	14	44
		Şire	18	9	10	13	50
	2500	Boğazkere	13	6	7	11	63
		Öküzgözü	12	8	11	11	58
		Şire	13	9	9	12	57



Şekil 11. Denemede kullanılan iki bıçaklı kırıcının çeşit ve devir sayılarına göre boyut dağılımları



Şekil 12. Denemede kullanılan üç bıçaklı kırıcının çeşit ve devir sayılarına göre boyut dağılımları



Şekil 13. Denemede kullanılan dört bıçaklı kıyıcının çeşit ve devir sayılarına göre boyut dağılımları

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, Diyarbakır ilinin Dicle ilçesinde modern ve geleneksel bağ alanlarında bağ budama artıklarının mekanik olarak parçalanması amacıyla mevcut bir makina üzerinde modifikasyon yapılarak arazi koşullarında denenmiştir. Üç farklı üzüm çeşidinin (Boğazkere, Öküzgözü ve Mazurmi) asmalarından alınan budama artıklarıyla, üç farklı bıçak sayısı (2'li, 3'lü ve 4'lü) ve üç farklı devir sayısında (1500 d d^{-1} , 2000 d d^{-1} ve 2500 d d^{-1}) parçalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir. Yakıt tüketimine ilişkin bulgularda yakıt tüketimi açısından önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Mazurmi (Şire) çeşidi 1.260 l h^{-1} (1.685 kg h^{-1}) ile en yüksek yakıt tüketim değerlerine sahipken, Boğazkere 1.075 l h^{-1} , (1.439 kg h^{-1}) ve Öküzgözü 1.088 l h^{-1} , (1.454 kg h^{-1}) çeşitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çeşitler arası bu farklılıklar Mazurmi (Şire) çeşidinin parçalanma direncinin diğer çeşitlere göre daha yüksek olması, bu çeşidin budama artıklarının parçalanması sırasında daha fazla enerjiye ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak bıçakların etkisi önemsiz olurken, rakamsal olarak bıçak sayısının artışı yakıt tüketimini artırmıştır. Bu durum disk üzerinde yerleştirilen bıçak sayılarının artışının neden olduğu ek ağırlıktan ve kanatların yaratmış

olduğu hava direncinden kaynaklanmış olabileceği şeklinde ifade edilebilir. Parçalanmış budama artıklarının boyut dağılımlarına ilişkin bulgularda; bıçak sayılarının, çeşitler ve devir sayılarına göre parçalama performansları incelendiğinde özellikle bütün çeşitlerde ve bıçak sayılarında, devir sayısının artmasıyla parçacık boyutları küçülmüştür. Tüm çeşitler için bıçak devir sayısı ile dal parçalama boyutu arasında ters bir ilişki meydana gelmiştir. Diğer bir deyişle bıçak dönü sayısı ve bıçak sayısı arttıkça 50 mm üzeri boyuttaki parçacık miktarı azalırken, 20 mm'den küçük boyuttaki parçacık miktarında önemli artış olmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada üreticilerin optimum verim elde etmesi amacıyla araştırmanın bulgularına dayanarak istenilen parçacık boyutlarını elde etmek için uygun devir sayısı seçilmelidir. Yine en uygun devir sayısında, yakıt tüketiminde enerji verimliliğini artırabilir ve işlem sırasında yakıt tasarrufu sağlanabilir. Makinanın gürültü seviyeleri çeşitli sağlık sorunlarına neden olabileceğinden iş sağlığı ve güvenliği yönünden gerekli tedbirler alınmalı, makinanın etkin kullanımıyla daha verimli bir parçalama işlemi gerçekleştirilmesiyle ve budama artıklarının çevre dostu bir şekilde yönetilmesiyle de ekolojik tarımda sürdürülebilirlik sağlanabilecektir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışmanın yürütülmesinde sağladıkları finansal destek için Dicle Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (DÜBAP), (Proje No: Ziraat.23.005) teşekkür ederiz.

Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Adamchuk, V., Bulgakov, V., Skorikov, N., Yezekyan, T., Olt, J., 2016. Developing a new design of wood chopper for grape vine and fruit tree pruning and the results of field testing. *Agronomy Research*, 14(5): 1519–1529.

ASABE Standarts, 2006. S358. 2: 1: 1 Measurement Forages. 52nd edn. *American Society of Agricultural Engineers, St Joseph MI*.

Aygun, I., Çakır, E., 2014. Development and determination of the field performance of stalk choppers equipped with different blade configurations, *Bulgarian journal of Agriculture*, 20:1273-1276.

Corona, G., Nicoletti, G., 2010. Renewable energy from the production residues of vineyards and wine: evaluation of a business case. *New Medit*, 9(4): 41-47.

Çanakçı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Ünal, İ., Çakır, M., Yiğit, M., Özdemir, E., 2018. Kendi yürür bir budama artığı parçalama makinası işletme giderlerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(2): 127-134.

Çanakçı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Ağsaran, B., Kabaş, Ö., Yiğit, M., 2019. The effect of different blades on the performance values of a pruning chopper used to improve soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(5): 1052–1059.

Çolakoğlu, B., 2018. Tarımsal atıkların alternatif kullanım alanları konusunda üretici eğilimleri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Demir, O., 2007. Anız parçalama makinasının performans değerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Konya.

Dereli, İ., 2009. Bağ çubuklarını parçalama makinalarında kullanılan farklı bıçak tiplerinin parçalama performansına etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, İzmir.

Diñer, H., 1981. Tarımsal kuvvet makinaları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Yayınları, Ankara.

Goering, C.E., Hansen, A.C., 2004. Power Efficiencies and Measurement. In *Engine & Tractor Power, 4th Edition* (pp. 75-110). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Hande, A.S., Padole, V., 2015. Design and fabrication of portable organic waste chopping machine to obtain compost. *Journal for Innovative Research in Science*, 2(3): 2349-6010.

Kılıç, K., Sessiz, A., Eliçin, A.K., 2022. Diyarbakır ili bağcılığının mekanizasyonu. *International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies-II Conference Proceedings Book*, 26-28 July, Batumi, Georgia.

- Margaritis, N., Grammelis, P., Karampinis, E., Kanaveli, I.P., 2020. Impact of torrefaction on vine Pruning's fuel characteristics. *Journal of Energy Engineering*, 146(3):1-9.
- Marti, B.V., Gonzalez, E.F., Ferre, A., Cremades, J.E., 2012. Mechanized methods for harvesting residual biomass from Mediterranean fruit tree cultivations. *Scientia Agricola* 69(3):180-188.
- Öngören, N., 2021. Bağ budama atıklarının parçalanmasında kullanılacak bir makinanın modifikasyonu ve performansının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Öngören, N., Sessiz, A., 2022. Bağ ve bahçe atıklarının değerlendirilmesinde kullanılan mekanik yöntemler. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(2): 58-67.
- Öngören, N., Sessiz, A., 2023. Determination of fuel and power requirement of a branch shredder for different vineyard pruning wastes. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 7(4): 847-852.
- Pari, L., Assirelli, A., Acampora, A., Giudice, A., Santangelo, E., 2015. A new prototype for increasing the particle size of chopped *Arundo donax* (L.). *Biomass and Bioenergy*, 74: 288-295.
- Pavankumar, S.B., Sachin, K.R., Shankar, R., Thyagaraja, B., Madhusudhan, T., 2018. Organik atık parçalama makinası tasarımı ve imalatı. *Uluslararası Bilim ve Mühendislik Buluşları Dergisi*, 7(6): 26 -31.
- Pekitkan, F.G., Eliçin, A.K., Sessiz, A., 2019. Bazı yerli tip üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin budama sürgünlerinin kesme özelliklerinin belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1): 33-40.
- Pekitkan, G., Çanakçı, M., Esgici, R., Sessiz, A., 2022. Parçalama makinelerinin tasarımında kullanılmak üzere farklı budama artıklarının bazı kesme özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(2):390-403.
- Popa, L., Trokhaniak, V., Constantin, A.M., Miron, C., Zaica, A., Persu, K., Pruteanu, A., 2022. Experimental research regarding the achievement of an equipment designed for chopping woody waste. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 68(3): 757-766.
- Sabancı, A., 1993. Termik Motorlar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 45, Ders Kitapları Yayın No: 8, Sayfa: 220. Adana.
- Saral, A., Onurbaş A.A., Eliçin, A.K., 2008. Termik motorlar uygulama örnekleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1564, Ders Kitabı No: 517, Sayfa: 111. Ankara.
- Sessiz, A., Elicin, A.K., Esgici, R., Pekitkan, F.G., Turgut, M.M., Öngören, N., 2021. Bir dal öğütme makinasının parçalama performansının bağ budama atıkları için değerlendirilmesi (Ed: D. Yılmaz, O. Gökdoğan, Ö. Uysal, M.E., Gökdoğan, A. Süslü). *Tarımsal mekanizasyon ve enerji üzerine güncel araştırmalar. Akademisyen Kitabevi*, Ankara.
- Sessiz, A., Öngören, N., 2022. Bir dal öğütme makinası için dal parçalama kapasite ile kesme özellikleri arasındaki ilişkisinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3): 786–793.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Nati, C., 2010. Harvesting vineyard pruning residues for energy use. *Biosystems Engineering*, 105: 316-322.
- Spinelli, R., Cavallo, E., Facello, A., Magagnotti, N., Nati, C., Paletto, G., 2012a. Performance and energy efficiency of alternative comminution principles: Chipping versus grinding. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(4): 393-400.

- Spinelli, R., Nati, C., Pari, L., Mescalchin, E., Magagnotti, N., 2012b. Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. *Applied Energy*, 89(1):374-379.
- Spinelli, R., Lombardini, C., Pari, L., Sadauskiene, L., 2014. An alternative to field burning of pruning residues in mountain vineyards. *Ecological Engineering*, 70: 212-216.
- Sucipto, A., Kurnia, A., Halim, A., Irawan, A.P., 2020. Design and fabrication of multipurpose organic chopper machine. *Materials Science and Engineering*, 725: 012021.
- Şeflek, A.Y., Çarman, K., Özbek, O., 2006. Budama atıklarının parçalanmasında kullanılan makinenin performans değerlerinin irdelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(3): 219-224.
- Yiğit, M., 2023. Bir budama artığı parçalama makinasının farklı çalışma koşullarında işletme parametrelerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Antalya.

Atıf Şekli	Demirel, İ., Sessiz, A., 2024. Bir Dal Parçalama Makinasının Modifikasyonu ve Bağ Budama Artıkları için Bazı İşletmecilik Değerlerinin Belirlenmesi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 667-681. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12737327 .
To Cite	Demirel, İ., Sessiz, A., 2024. Modification of Branch Shredding Machine and Determination of Some Operational Values for Vineyard Pruning Residues. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 667-681. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12737327 .



Sıyrma Kabağının (*Lagenaria siceraria*) Farklı Kısımlarındaki Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi

Ümit Haydar EROL^{1*}

¹ Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): umith.erol@kilis.edu.tr

Özet

Sıyrma kabağı, *Cucurbitaceae* familyasına ait olan su kabağı (*Lagenaria siceraria*) türünün bir çeşidi olup, Türkiye'nin Kilis ve Gaziantep bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen yerel bir bitkidir. Bu bitki, geniş kullanım alanları ve önemli besinsel değerleri ile dikkat çekmektedir. Çalışmada, sıyrma kabağının çeşitli kısımlarının (meyve eti, kabuk, yaprak, tohum ve çiçek) fenolik bileşenleri, organik asitleri, şekerleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Yapraklar en yüksek toplam fenolik içeriğe (25.12 mg GAE g⁻¹) ve antioksidan aktiviteye (60.23 µmol TEAC g⁻¹) sahiptir. Kabuk (18.34 mg GAE g⁻¹ ve 45.74 µmol TEAC g⁻¹), tohum (20.49 mg GAE g⁻¹ ve 50.88 µmol TEAC g⁻¹) ve çiçek (15.75 mg GAE g⁻¹ ve 40.36 µmol TEAC g⁻¹) de dikkate değer fenolik içerik ve antioksidan aktiviteler göstermiştir. Çiçek kısmı, süksinik asit (35952.35 µg g⁻¹) açısından zengindir. Şeker analizleri, meyve etinin en yüksek fruktoz (9155.62 µg g⁻¹) ve glikoz (10503.37 µg g⁻¹) konsantrasyonlarına sahip olduğunu göstermiştir. Bulgular, sıyrma kabağının sağlık açısından önemli bileşenler içerdiğini ve farklı kısımlarının sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, yerel olarak yetiştirilen sıyrma kabağının besin ve sağlık değerlerini anlamak ve potansiyel kullanım alanlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır, ayrıca çalışmanın bölgesel tarım ürünlerinin katma değerini artırabileceği ve yerel çiftçilere ekonomik faydalar sağlayabileceği düşünülmektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :20.04.2024

Kabul Tarihi :25.05.2024

Anahtar Kelimeler

Fenolik bileşikler
antioksidan aktivite
Sıyrma kabağı
organik asitler
şekerler

Determination of Bioactive Compounds in Different Parts of Sıyrma Gourd (*Lagenaria siceraria*)

Abstract

Sıyrma gourd, a variety of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) belonging to the *Cucurbitaceae* family, is a locally grown plant that is widespread in the Kilis and Gaziantep regions of Turkey. This plant is known for its wide range of uses and significant nutritional values. This study investigated the phenolic compounds, organic acids, sugars and antioxidant activities in different parts of Sıyrma gourd (flesh, peel, leaves, seeds and flowers). The leaves showed the highest total phenolic content (25.12 mg GAE g⁻¹) and antioxidant activity (60.23 µmol TEAC g⁻¹). The peel (18.34 mg GAE g⁻¹ and 45.74 µmol TEAC g⁻¹), seeds (20.49 mg GAE g⁻¹ and 50.88 µmol TEAC g⁻¹) and flowers (15.75 mg GAE g⁻¹ and 40.36 µmol TEAC g⁻¹) also showed considerable phenolic content and antioxidant activity. The flowers were rich in succinic acid (35,952.35 µg g⁻¹). Sugar analyses showed that the pulp had the highest concentrations of fructose (9,155.62 µg g⁻¹) and glucose (10,503.37 µg g⁻¹). These results indicate that Sıyrma gourd contains important health-promoting compounds and that its different parts may have beneficial effects on health. This study aimed to understand the nutritional and health values of locally grown Sıyrma gourd and identify potential applications. In addition, the study suggests that the promotion of this local product could increase the added value of regional agricultural products and provide economic benefits to local farmers.

Research Article

Article History

Received :20.04.2024

Accepted :25.05.2024

Keywords

Phenolic compounds
antioxidant activity
Sıyrma gourd
organic acids
sugars

1. Giriş

Sıyırma kabağı, *Cucurbitaceae* familyasına ait su kabağı (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standley) türünün yerel bir çeşididir ve özellikle Türkiye'nin Kilis ve Gaziantep yörelerinde yaygın olarak yetiştirilen yerel bir bitkidir (Yanmaz, 2015). Dünya genelinde farklı kültürlerde su kabağı veya şişe kabağı çeşidi olarak da bilinen bu bitki, geniş bir kullanım yelpazesi ile önemli ekonomik ve besinsel değerlere sahiptir (Mkhize ve ark., 2021). Sıyırma kabağı, tarih boyunca insanlar tarafından çeşitli amaçlarla yetiştirilmiş ve kullanılmıştır; özellikle meyvesi ve yaprakları hem mutfakta hem de endüstriyel alanlarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Brdar-Jokanović ve ark., 2024). Sıyırma kabağının meyvesi, özellikle yerel mutfaklarda çeşitli yemeklerin yapımında kullanılmaktadır. Bu meyve, yüksek besin değeri ve zengin fenolik bileşen içeriği ile dikkat çekmektedir. Fenolik bileşenler, antioksidan özellikleri ile bilinir ve sağlık açısından çeşitli faydalar sağlar (Mkhize ve ark., 20219). Bu bileşenler, vücudu serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyarak, kanser ve kalp hastalıkları gibi kronik hastalıkların riskini azaltabilir. Ayrıca, su kabağı meyvesinin lif içeriği de sindirim sistemi sağlığını destekler ve tok tutucu özelliği ile diyetlerde tercih edilebilir (Katara ve ark., 2014). Ancak, bu bitkinin farklı kısımlarının fenolik bileşen, organik asit, şekerler ve antioksidan aktivite özellikleri bakımından detaylı bir şekilde araştırılmamış olması, çalışmanın önemini artırmaktadır.

Bitkinin kabukları ise tarih boyunca çeşitli ev eşyaları, süslemeler ve müzik aletleri üretiminde kullanılmıştır (Nath ve ark., 2017). Kabukların sağlam ve dayanıklı yapısı, onları bu tür kullanımlar için ideal kılmaktadır. Özellikle Kilis ve Gaziantep yörelerinde, su kabağından yapılan el sanatları ve süs eşyaları, yerel kültürün önemli bir parçasıdır ve bölgesel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Ayrıca, su kabağı kabukları, doğal ve biyolojik olarak parçalanabilir olmaları nedeniyle çevre dostu bir malzeme olarak da tercih edilmektedir. Bununla birlikte, kabuklarının fenolik bileşenler ve antioksidan aktivite

bakımından potansiyel faydalarının bilimsel olarak yeterince araştırılmamış olması, bu çalışmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yaprakları ise bazı kültürlerde sarma yapımında kullanılmakta olup, yüksek besin içeriği ile mutfaklarda yerini almaktadır (Behera ve ark., 2012). Yapraklar, içerdiği fenolik bileşenler ve antioksidanlar ile sağlık açısından önemli faydalar sunar. Bu bileşenler, bağışıklık sistemini güçlendirir ve vücudu hastalıklara karşı korur. Ayrıca, su kabağı yaprakları, içerdiği vitamin ve mineraller ile dengeli bir beslenmeye katkıda bulunur (Palamthodi ve Lee, 2014). Yapraklarının fenolik bileşen, organik asit, şekerler ve antioksidan aktivite özellikleri açısından kapsamlı bir şekilde incelenmemiş olması, bu çalışmanın literatüre katkısını daha da değerli kılmaktadır.

Sıyırma kabağı bitkisinin farklı organları (meyve eti, kabuk, yaprak, tohum ve çiçek), sağlık açısından faydalı olabilecek fenolik bileşenler, organik asitler ve antioksidanlar gibi biyoaktif maddeler bakımından zengindir (Zhang ve ark., 2023). Sıyırma kabağının sadece meyve ve yaprakları değil, aynı zamanda çiçek ve tohumlarının da incelenmesi, bu bitkinin tüm kısımlarının potansiyel biyoaktif özelliklerini anlamak ve değerlendirmek açısından önemlidir. Bu biyoaktif bileşenler, vücudu serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyarak çeşitli kronik hastalıkların riskini azaltabilir. Fenolik bileşenler ve antioksidanlar, özellikle kanser ve kalp hastalıkları gibi ciddi sağlık sorunlarına karşı koruyucu etkiye sahiptir. Organik asitler ise vücudun pH dengesini korumada ve metabolik süreçlerin düzenlenmesinde önemli rol oynar (Griffiths ve ark., 2016). Ancak, sıyırma kabağının bu bileşenler bakımından bilimsel olarak detaylı bir şekilde araştırılmamış olması, çalışmanın önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Bu çalışma, Kilis ve çevre illerinde yetiştirilen sıyırma kabağı bitkisinin farklı kısımlarının fenolik ve organik asit içerikleri ile şekerler ve antioksidan aktivitelerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, sıyırma kabağının farklı organlarının biyoaktif

maddeler bakımından incelenmesi, bu bitkinin sağlık açısından potansiyel faydalarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerindeki potansiyel etkileri nedeniyle, bu çalışma bitki beslenmesi, sağlık ve tarım alanlarında önemli bir bilgi katkısı sağlayacaktır. Örnekler, meyve eti, kabuk, yaprak, tohum ve çiçekler olarak beş farklı kısım üzerinden incelenmiş ve laboratuvar analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler, fenolik bileşen içeriği, organik asit ile şeker içeriği ve antioksidan aktivite üzerine odaklanacaktır. Bu denli kısım kısım detaylı araştırılmamış olması, çalışmamızın literatüre ve pratik kullanıma katkısını artırmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitkisel materyal ve yetiştirme koşulları

Çalışma, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezinde (TUAM) ve Kilis 7 Aralık Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (İTAMER) laboratuvarlarında yürütülmüştür. Sıyırma kabağı (haylan kabağı, Lot: GA0062 KH) bitkilerine ait tohumlar, Akgen tohumculuk firmasından temin edilmiştir. Bu çalışma için kullanılan bitkiler, yerel su kabağı çeşidi olup bölgede haylan kabağı olarak ta bilinmektedir. Bitkiler, TUAM seralarında 10 litrelik, 60/20/20 (m/m) torf/perlit/toprak ile doldurulmuş saksılarda, Nisan-Eylül ayları arasında yetiştirilmiştir. Her saksıya tek bir bitki dikilmiş olup, çalışma üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Toprak analizi yapılmış ve bitkilerin gelişimine uygun olduğu belirlenmiştir.

Bitkilerin yetiştirilmesi süresince sıcaklık, nem ve ışık gibi çevresel faktörler sürekli olarak kontrol edilmiştir. Serada iklim kontrolü sağlanmış olup, sıcaklık 22-28 °C arasında, nem oranı % 60-70 arasında tutulmuş ve bitkiler günlük olarak 12 saat ışık almıştır. Sulama işlemleri, bitkilerin gelişim evrelerine göre ayarlanmış ve haftada üç kez düzenli olarak yapılmıştır. Yetiştirme süresi boyunca bitkilerin herhangi bir hastalık veya zararlıdan etkilenmemesi için gerekli tüm önlemler alınmıştır. Bu koşullar altında yetiştirilen bitkilerden elde edilen meyve eti, kabuk,

yaprak, tohum ve çiçek örnekleri, fenolik bileşenler, organik asitler, şekerler ve antioksidan aktiviteleri açısından analiz edilmek üzere İTAMER laboratuvarlarına soğuk zincir altında götürülmüştür. Her bir örnek, uygun laboratuvar koşullarında işlenmiş ve analiz edilmiştir.

2.2. Numune toplama ve hazırlık

Hasat zamanı, her bitki kısmından (meyve eti, kabuk, yaprak, tohum ve çiçek) beş adet örnek alınmıştır. Meyve eti ve yapraklar, bitkilerin ortasındaki olgun meyve ve en büyük yapraklardan toplanmıştır. Çiçekler, tam açmış durumdaki çiçeklerden, tohumlar ise olgunlaşmış meyvelerden elde edilmiştir. Her bitki kısmı için üç tekerrürlü olarak toplamda 15 örnek analiz edilmiştir.

2.3. Toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite için ekstraksiyon yöntemi

Hasat zamanı toplanan yaprak, meyve eti, kabuk, tohum ve çiçek örnekleri öncelikle yüzey kirlerinden arındırılmıştır. Temizlenmiş her bitki kısmının yaklaşık 25 gramı, üzerine 100 mL metanol eklenerek, oda sıcaklığında manyetik karıştırıcılar üzerinde ve ağzı kapalı balon jojelerde ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Uçan Türkmen ve ark., 2024; Erol ve Arpacı, 2023). Ekstraksiyon işlemi, çözücü renksiz hale gelene kadar devam etmiş ve bu işlem en az beş kez tekrarlanmıştır. Elde edilen ekstraktlar, Whatman filtre kağıdı (No:1) kullanılarak süzülüş ve süzüntüler toplanmıştır. Süzülen metanol ekstraktları, Buchi marka R300 model evaporatör kullanılarak 60 °C'de metanolün uzaklaştırılması işlemi ile yoğunlaştırılmıştır. Balon dibinde oluşan tortular, farklı hacimlerde metanol içinde yeniden çözülerek, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite analizleri için hazır hale getirilmiştir.

Bu yöntem, bitkisel örneklerden fenolik bileşenlerin ve antioksidanların etkin bir şekilde ekstraksiyonunu sağlamak amacıyla optimize edilmiştir. Ekstraksiyonun tekrar edilmesi, çözeltinin tamamen renksiz hale gelmesi ve metanolün dikkatlice uzaklaştırılması, elde edilen sonuçların

doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini artırmaktadır. Böylece, sıyırma kabağı bitkisinin farklı kısımlarının biyoaktif bileşen içeriklerinin güvenilir bir şekilde belirlenmesi sağlanmıştır.

2.4. Toplam fenolik madde analiz koşulları

Toplanan örneklerin toplam fenolik içeriği spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiştir. Absorbans ölçümleri, Biocrome marka Libra S70 model spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Gallik asit standart olarak kullanılmış ve sonuçlar, kısım gramı başına miligram gallik asit eşdeğeri (GAE) yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir. Gallik asit standart çözeltileri kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve bu eğri yardımıyla örneklerin toplam fenolik içeriği hesaplanmıştır. Tüm analizler, her bir örnek için üç tekrarlı olarak yapılmıştır (Castro-Concha ve ark., 2014; Çakır ve Ergenokon, 2021; Erol ve Arpacı, 2023).

2.5. Toplam antioksidan aktivite analiz koşulları

Toplanan bitki örneklerinin antioksidan aktivite ölçümleri, ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, Re ve arkadaşlarının (1999) geliştirdiği metoda göre, ABTS radikal katyonunun antioksidanlar tarafından indirgenmesi sonucunda 734 nm dalga boyunda absorbans değerlerinin azalması esasına dayanır. İlk olarak, 7 mM ABTS çözeltisi, 2.45 mM potasyum persülfat çözeltisi ile karıştırılarak 12-15 saat süreyle reaksiyona bırakılmış ve ardından seyreltme işlemi uygulanmıştır. Seyreltilmiş ABTS çözeltisi, ekstrakte edilmiş bitki örneklerine eklenmiş ve absorbans değeri ölçülmüştür. Şahit numune olarak seyreltik ABTS çözeltisi, standart olarak ise Troloks kullanılmıştır. Troloks standart kalibrasyon eğrisi yardımıyla, antioksidan aktivite sonuçları $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır. Tüm analizler, her bir örnek için üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (Coşkun ve İnci, 2020; Uçan Türkmen ve ark., 2023; Gümüş ve ark., 2023).

2.6. Bazı organik asit ve şekerlerin HPLC ile analizi

2.6.1. Ekstraksiyon yöntemi

Yaş meyve kısımlarından alınan örnekler tartılarak 50 mL'lik falcon tüplere aktarılmıştır. Bu örnekler, yüksek hızlı bir parçalayıcı homojenizatör (IKA marka, T18 model) kullanılarak 25 mL deiyonize su/metanol (7/3, v/v) karışımı içinde homojenize edilmiştir. Homojenize edilen çözelti, 80 °C'ye ayarlanmış su banyosunda yarım saat bekletilmiştir. Sonrasında, 4 °C sıcaklıkta 10,000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüj edilerek üst faz elde edilmiştir. Bu üst faz, 0.45 mikron şırınga tipi filtrelerden geçirilerek analiz için hazır hale getirilmiştir (Gallardo-Guerrero ve ark., 2010).

2.6.2. HPLC analiz koşulları

Ekstrakte edilen bitki kısımlarından elde edilen ekstraktlar ile şeker ve organik asit analizleri, Korkmaz ve arkadaşlarının (2020) yönteminde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler, Shimadzu marka Prominence Modular LC20A model yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) cihazında yapılmıştır. Şekerlerin analizi için, Rezex marka RCM-Monosaccharide Ca^{+2} (8%), LC Column 300 x 7.8 mm model kolon kullanılmıştır. Sakaroz, glikoz ve fruktoz analizi için kolon sıcaklığı 80°C olarak ayarlanmıştır. Şeker analizleri, kırılma indisi dedektörü kullanılarak ve isokratik akışta 0.5 mL dk^{-1} akış hızıyla, hareketli faz olarak ultra saf su kullanılarak 15 dakika sürede tamamlanmıştır. Standart şeker çözeltileri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi yardımıyla örneklerin sonuçları mg g^{-1} yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır. Tüm örnekler üçer kez analiz edilmiştir.

2.7. Fenoliklerin LC-MS/MS ile analizi

2.7.1. Ekstraksiyon yöntemi

Fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu için her bitki kısmından 25 gramlık örnekler alınarak, üzerine 50 mL metanol/kloroform (3/1, v/v) karışımı eklenmiştir. Bu karışım, 5°C sıcaklıkta manyetik karıştırıcılar üzerinde ve kapalı şişelerde sürekli olarak karıştırılmıştır.

Ekstraksiyon işlemi her bitki kısmı için üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen ekstraktlar, Whatman filtre kağıdı (No:1) ile süzölmüş ve süzöntüler toplanmıştır. Daha sonra, elde edilen süzöntüler Buchi R300 model evaporatörde 60 °C'de çözücü buharlaştırılarak uzaklaştırılmıştır. Balonun dibinde kalan tortular, farklı hacimlerde metanol içinde çözümlenerek fenolik bileşenlerin analizi için kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

2.7.2. LC-MS/MS analiz koşulları

Fenolik bileşenlerin kantitatif analizi, LC-MS/MS (Agilent Technologies 1260 Infinity II, 6460 Triple Quad Mass spectrometer) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Poroshell 120 SB-C18 (3.0 × 100 mm, I.D., 2.7 µm) kolon kullanılmıştır (Erenler ve ark., 2023). Analiz için hazırlık aşamasında, bitki ekstraktlarından 50 mg örnek alınarak 2.0 mL'lik Eppendorf tüplerine yerleştirilmiş ve 1.0 mL metanol ile çözülmüştür. Bu çözeltiye hekzan eklenmiş ve karışım 9000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Metanol fazından 100 µL alınarak 450 µL su ve 450 µL metanol ile seyreltilmiştir. Son aşamada, bu çözelti 0.22 µm filtre ile filtrasyon işlemine tabi tutulmuş ve LC-MS/MS cihazına enjekte edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 5.12 µL olup, akış hızı 0.40 mL dk⁻¹ olarak ayarlanmıştır.

Mobil faz olarak formik asit (% 0.1) ve amonyum format (5.0 mM) içeren su (A fazı) ile formik asit (% 0.1) ve amonyum format (5.0 mM) içeren metanol (B fazı) kullanılmıştır. Gradient programı, B mobil fazı için 1-3 dakika arasında % 25, 4-12 dakika arasında % 50, 13-21 dakika arasında % 90 ve 22-25

dakika arasında % 3 olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 40 °C olarak belirlenmiştir. Kapiler voltajı 4000 V, nebulizasyon gazı (N₂) akış hızı 11 L dk⁻¹, basınç 15 psi ve gaz sıcaklığı 300 °C olarak ayarlanmıştır. Bu yöntem, sıyırma kabağı bitkisinin farklı kısımlarındaki fenolik bileşenlerin kantitatif analizini gerçekleştirmek için optimize edilmiş ve güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

2.8. İstatistiksel analizler

Elde edilen tüm verilerin varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testleri JMP 14 programı yardımıyla yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalar için Tukey's HSD testi kullanılmıştır. Varyasyon analizindeki parametreler için, 0.05 altındaki her p değeri anlamlı kabul edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite

Fenolik bileşenler ve antioksidan aktivite, bitkilerin sağlık açısından önemli bileşenleridir ve bu bileşenlerin konsantrasyonları bitki kısımlarına göre değişiklik gösterebilir. Sıyırma kabağının farklı kısımlarında fenolik bileşenler ve antioksidan aktiviteler incelendiğinde, yaprakların en yüksek toplam fenolik içeriğe (25.12 mg GAE g⁻¹) ve en yüksek antioksidan aktiviteye (60.23 µmol TEAC g⁻¹) sahip olduğu görülmektedir (Tablo 1). Bu durum, yaprakların sağlık açısından önemli bir kaynak olabileceğini göstermektedir, çünkü yüksek fenolik bileşen içeriği ve antioksidan aktivite, sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratabilir.

Tablo 1. Bitki kısımlarına ait toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite miktarları

Bitki Kısmı	Toplam Fenolik İçerik (mg GAE g ⁻¹ , yaş ağırlık)	Antioksidan Aktivite (µmol TEAC g ⁻¹ , yaş ağırlık)
Meyve Eti	12.51 d	35.08 d
Kabuk	18.34 c	45.74 c
Yaprak	25.12 a	60.23 a
Tohum	20.49 b	50.88 b
Çiçek	15.75 c	40.36 c
Toplam	92.21	232.29
CV (%)	23.14	18.64

Aynı sütündeki harfler arasındaki farklılıklar ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu (p<0.05) göstermektedir.

Kabuk, tohum ve çiçek kısımları da dikkate değer fenolik bileşen içeriklerine ve antioksidan aktivitelere sahiptir. Kabuklar, 18.34 mg GAE g⁻¹ fenolik içerik ve 45.74 µmol TEAC g⁻¹ antioksidan aktivite ile öne çıkmaktadır. Tohumlar ve çiçekler ise sırasıyla 20.49 mg GAE g⁻¹ ve 15.75 mg GAE g⁻¹ fenolik içerik ile 50.88 µmol TEAC g⁻¹ ve 40.36 µmol TEAC g⁻¹ antioksidan aktivite göstermektedir. Bu sonuçlar, bitkinin bu kısımlarının da sağlık açısından önemli bileşenler içerdiğini ortaya koymaktadır. Meyve eti ise diğer kısımlara kıyasla daha düşük fenolik içerik ve antioksidan aktivite değerlerine sahiptir. Bu durum, meyve etinin diğer bitki kısımlarına göre daha az fenolik bileşen içerdiğini ve antioksidan aktivitesinin nispeten daha düşük olduğunu göstermektedir. Ancak, meyve etinin tat ve enerji kaynağı olarak önemini koruduğu unutulmamalıdır.

Literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışmanın sonuçlarının genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir. Örneğin, Peng ve arkadaşlarının (2021) yaptığı bir çalışmada, *Cucurbita pepo* L. türüne ait kabak çekirdeği yağının yüksek fenolik içerik ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, Priori ve arkadaşlarının (2016) kabak meyvesi üzerinde yaptığı çalışmada, yüksek fenolik içerik ve antioksidan aktivite değerleri bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen sonuçlarla paralel olarak, kabak yapraklarının fenolik bileşenler açısından zengin olduğunu belirten bir diğer çalışma da Magalhães ve arkadaşlarının (2020) çalışmasıdır. Bu çalışmada, kabak yapraklarının 24.5 mg GAE g⁻¹ fenolik bileşen içerdiği ve 58.2 µmol TEAC g⁻¹ antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Zahin ve arkadaşlarının (2009) çeşitli tıbbi bitkilerin farklı kısımlarında yüksek fenolik içerik ve antioksidan aktiviteler tespit ettiği çalışmasında ise ortalama olarak 23.7 mg GAE g⁻¹ fenolik bileşen ve 55.1 µmol TEAC g⁻¹ antioksidan aktivite tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, sıyırma kabağı yapraklarının 25.12 mg GAE g⁻¹ fenolik bileşen ve 60.23 µmol TEAC g⁻¹ antioksidan aktivite içerdiği bulgularımızla uyumludur. Diğer çalışmalar da bitkisel bileşenlerin sağlık açısından önemini

vurgulamaktadır. Zahoor ve arkadaşlarının (2023) biber meyveleri üzerinde yaptığı araştırmada, bu meyvelerin 28.3 mg GAE g⁻¹ fenolik içerik ve 63.4 µmol TEAC g⁻¹ antioksidan aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde, Re ve arkadaşlarının (1999) ABTS yöntemiyle yaptıkları antioksidan aktivite ölçümlerinde yüksek değerler (62.1 µmol TEAC g⁻¹) elde edilmiştir. Bu literatür çalışmaları, sıyırma kabağının farklı kısımlarındaki fenolik bileşen ve antioksidan aktivite bulgularımızla paralellik göstermektedir. Bu da sıyırma kabağının sağlık açısından önemli biyoyararlı bileşenler içerdiğini ve potansiyel biyolojik ve endüstriyel uygulamalar için değerlendirilebileceğini göstermektedir.

3.2. Fenolik bileşenlerin analizi

Fenolik bileşenler, bitkilerde yaygın olarak bulunan ve çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyen fitokimyasallardır. Bu bileşenler, bitkilerin savunma mekanizmalarında, büyüme düzenlemelerinde ve çevresel streslere karşı adaptasyonlarında önemli rol oynar. Bu çalışmada, farklı bitki kısımlarında (yaprak, kabuk, tohum, çiçek, meyve eti) bulunan fenolik bileşenlerin dağılımı incelenmiş ve bazı önemli bulgular elde edilmiştir. Tabloya göre, bazı fenolik bileşenlerin tüm bitki kısımlarında ortak olduğu görülmektedir. Örneğin, şikimik asit (Yaprak: 4819.39 µg g⁻¹, kabuk: 4018.62 µg g⁻¹, tohum: 0.00 µg g⁻¹, çiçek: 1553.61 µg g⁻¹, meyve eti: 143.50 µg g⁻¹) ve gallik asit (Yaprak: 81.95 µg g⁻¹, kabuk: 39.15 µg g⁻¹, tohum: 51.46 µg g⁻¹, çiçek: 81.93 µg g⁻¹, meyve eti: 21.20 µg g⁻¹) tüm bitki kısımlarında tespit edilmiştir (Tablo 2, Şekil 1)). Bu durum, bu bileşenlerin bitkinin genel metabolik süreçlerinde kritik rol oynadığını ve bitki genelinde yaygın olarak sentezlendiğini göstermektedir. Bazı fenolik bileşenler yalnızca belirli bir bitki kısmında bulunur ve bu durum, bu bileşenlerin o dokuya özgü biyolojik fonksiyonlarla ilişkili olabileceğini gösterir. Örneğin, kateşin yalnızca yaprakta (0.27 µg g⁻¹) tespit edilmiştir. Benzer şekilde, protokateşik asit tohum (684.05 µg g⁻¹) ve çiçekte (9.58 µg g⁻¹) yüksek

konsantrasyonlarda bulunurken, diğer kısımlarda daha düşük seviyelerde veya hiç bulunmamaktadır. Bu tür bileşenlerin dağılımı, bitki dokularının spesifik biyolojik fonksiyonlarına ve adaptif stratejilerine işaret edebilir.

Tablo 2'deki verilere göre, en fazla bulunan fenolik bileşen şikimik asit olup, bu bileşen özellikle yaprak kısmında $4819.39 \mu\text{g g}^{-1}$ gibi yüksek bir konsantrasyonda bulunmaktadır. Yaprakların fotosentez ve metabolik aktiviteler açısından zengin olması, bu bileşenin yüksek konsantrasyonlarda bulunmasını açıklayabilir. Kabuk kısmında da yüksek miktarlarda ($4018.62 \mu\text{g g}^{-1}$) bulunması, bitkinin savunma ve yapısal destek mekanizmalarında önemli rol oynadığını göstermektedir. Fenolik bileşenlerin konsantrasyonları açısından bitki kısımları karşılaştırıldığında, yaprak kısmının en zengin olduğu görülmektedir. Yapraklar, hem yüksek konsantrasyonlarda hem de çeşitli fenolik bileşenlerin bulunduğu bir doku olarak öne çıkmaktadır. Yaprığı kabuk, çiçek, tohum ve meyve eti izlemektedir. Örneğin, yaprak kısmında şikimik asit ($4819.39 \mu\text{g g}^{-1}$) ve gallik asit ($81.95 \mu\text{g g}^{-1}$) yüksek miktarlarda bulunurken, kabuk kısmında da bu bileşenler (sırasıyla $4018.62 \mu\text{g g}^{-1}$ ve $39.15 \mu\text{g g}^{-1}$) önemli seviyelerde tespit edilmiştir. Çiçek ve meyve eti kısımları ise genellikle daha düşük konsantrasyonlarda fenolik bileşen içermekte olup, bu durum bu kısımların bitkinin çekici ve üreme fonksiyonlarına hizmet eden belirli bileşenler içermesi ile açıklanabilir. Bu analiz, farklı bitki kısımlarındaki fenolik bileşenlerin çeşitliliği ve konsantrasyonları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Yaprakların fenolik bileşenler açısından en zengin kısım olduğu, şikimik asidin ise en bol bulunan fenolik bileşen olduğu tespit edilmiştir.

Bu bulgular, bitkisel ürünlerin işlenmesi ve fenolik bileşenlerin biyoyararlanımı açısından önemli çıkarımlar sağlayabilir. Fenolik bileşenlerin dağılımının anlaşılması, bitki biyokimyasının ve fonksiyonlarının derinlemesine anlaşılmasına katkıda

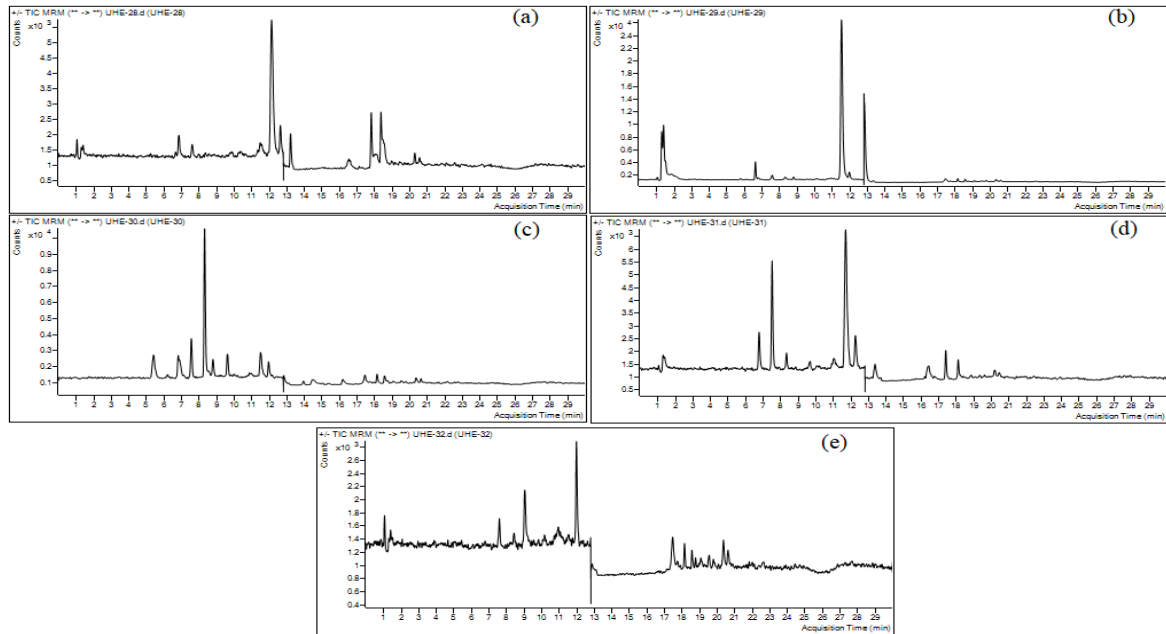
bulunacaktır. Özellikle yaprak ve kabuk kısımlarının fenolik bileşenler açısından zenginliği, bu kısımların potansiyel biyolojik ve endüstriyel uygulamalarda kullanımını artırabilir. Bu bilgiler, tarımsal ve farmasötik alanlarda stratejik planlamalar yapılırken dikkate alınmalıdır.

Literatürde, kabak türlerinin farklı kısımlarında bulunan fenolik bileşenlerin analiz edildiği çalışmalarda da benzer bulgulara rastlanmıştır. Örneğin, Peiretti ve arkadaşlarının (2017) yaptığı çalışmada, *Cucurbita pepo* L. Türü kabak çekirdeğinin 25.7 mg g^{-1} protokateşik asit içerdiği, yapraklarının ise 15.3 mg g^{-1} çeşitli fenolik bileşenler açısından zengin olduğu belirtilmiştir. Hussain ve arkadaşlarının (2022) gerçekleştirdiği çalışmada, kabak kabuğunun 22.5 mg g^{-1} fenolik bileşen içerdiği ve bu bileşenlerin $50.6 \mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ antioksidan aktivite sergilediği rapor edilmiştir. Kaur ve arkadaşlarının (2020) çalışması da kabak çiçeklerinin 18.1 mg g^{-1} fenolik bileşen içerdiğini ve bu bileşenlerin anti-inflamatuar etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Hagos ve arkadaşlarının (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, kabak meyve etinin 30.2 mg g^{-1} fenolik asitler ve flavonoidler içerdiği ve bu bileşenlerin $60.3 \mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ antioksidan kapasiteye önemli katkı sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışmalar, mevcut bulgularımızı desteklemekte ve fenolik bileşenlerin bitkinin farklı kısımlarında nasıl farklılaştığını ve bitkinin biyolojik fonksiyonlarına nasıl katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, sıyırma kabağı yapraklarının $25.12 \text{ mg GAE g}^{-1}$ fenolik bileşen ve $60.23 \mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. Kabuk kısmı $18.34 \text{ mg GAE g}^{-1}$ fenolik bileşen ve $45.74 \mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ antioksidan aktivite, çiçek kısmı ise $15.75 \text{ mg GAE g}^{-1}$ fenolik bileşen ve $40.36 \mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ antioksidan aktivite içermektedir. Bu değerler, literatürde bildirilenlerle uyumlu olup, sıyırma kabağının da benzer potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Bitki kısımlarına ait fenolik bileşen miktarları ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

Fenolik Bileşen	Alınma Zamanı (dk)	Yaprak	Kabuk	Tohum	Çiçek	Meyve Eti
Şikimik asit	1.39	4819.39 a	4018.62 b	0.00	553.61 c	143.5 d
Gallik asit	3.23	81.95 a	39.15 c	51.46 b	81.93 a	21.2 d
Protokateşik asit	5.43	23.10 a	2.12 c	684.05 a	9.58 b	4.67 c
Epigallokateşin	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kateşin	6.95	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Klorojenik asit	7.23	20.81 a	8.94 c	12.86 b	20.41 a	5.51 d
Hidroksibenzaldehit	7.59	106.92 c	18.14 d	314.77 b	335.73 a	15.94 e
Vanilik asit	7.76	0.00	0.00	4162.06 a	351.02 b	0
Kafeik asit	7.77	22.88 d	82.12 a	13.54 e	25.88 b	31.67 c
Şirincik asit	8.30	601.32 a	259.06 d	374.88 c	493.89 b	180.58 e
Kafein	8.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanilin	8.75	55.69 b	26.36 c	788.47 a	57.45 b	14.44 d
orto-kumarik asit	9.54	31.45 b	14.28 c	98.57 a	31.33 b	37.33 b
Salisilik asit	9.35	376.85 c	214.49 d	1178.00 a	715.51 b	112.9 e
Morin	9.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resveratrol	9.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polidatin	9.82	4.61 a	1.92 c	2.84 b	4.46 a	1.12 c
Trans-ferulic asit	10.11	103.12 c	271.44 b	306.91 a	94.29 c	22.31 d
Sinapik asit	10.44	65.44 b	28.09 c	51.72 b	75.6 a	16.22 d
Skutellarin	11.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
para-kumarik asit	11.57	36.69 a	15.94 c	20.76 b	32.95 a	0.00
Kumarin	11.50	486.09 a	0.00	0.00	266.19 b	0.00
Protokateşik etil ester	11.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hesperidin	12.09	930.33 a	181.46 d	236.01 c	579.72 b	155.23 d
Isoquercitrin	12.12	628.54 c	1921.04 a	3.54 d	397.17 b	0
Rutin	12.07	2691.93 a	492.13 c	39.34 d	980.29 b	450.69 c
Kuersetin-3-Ksilozid	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kampferol-3-glucosid	13.19	83.22 a	5.30 d	22.35 c	65.69 b	3.21 d
Fisetin	13.20	50.18 a	24.81 b	30.69 b	49.81 a	12.38 c
Baicalin	13.69	14.82 a	6.43 b	9.51 b	14.88 a	3.74 c
Chrysin	14.24	0.76 a	0.32 b	0.47 b	0.73 a	0.19 b
Trans-sinamik asit	14.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kuersetin	14.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Naringenin	14.99	86.56 a	37.87 c	55.32 b	87.76 a	22.06 d
Hesperetin	15.66	75.38 a	33.00 c	47.70 b	75.26 a	19.16 d
Kateşin	15.85	1.04 a	0.45 b	0.77 a	1.06 a	0.27 c
Kaempferol	16.54	256.79 a	119.81 c	214.96 b	257.99 a	67.22 d
Baicalin	17.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Luteolin	17.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Biochanin A	17.85	0.97 a	0.42 c	0.73 b	1.08 a	0.25 d
Diosgenin	23.56	9.31 a	4.88 c	6.44 b	10.84 a	3.06 c
Toplam		1666.41 a	8111.23 c	8728.72 c	672.12 b	1352.87 d
CV (%)		231.44	131.88	258.18	154.94	174.41

Aynı satırdaki harfler arasındaki farklılıklar ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu ($p < 0.05$) göstermektedir



Şekil 1. Kabak bitkisinin yaprak (a), kabuk (b), tohum (c), çiçek (d) ve meyve eti (e) kısımlarına ait fenolik bileşenlerin LC-MS/MS kromatogramları

Sıyırma kabağı gibi daha önce fenolik bileşenler bakımından detaylı bir şekilde incelenmemiş bitkilerin analiz edilmesi, bu bitkilerin potansiyel sağlık faydaları ve endüstriyel uygulamaları hakkında yeni bilgiler sunmaktadır. Bu tür yerel bitkilerin araştırılması, genellikle göz ardı edilen ancak önemli biyolojik özelliklere sahip olabilecek bitkisel kaynakların keşfedilmesine olanak tanır. Böylece, bu bitkilerin tarımsal üretim ve biyoteknolojik uygulamalarda değerlendirilmesi için bilimsel bir temel oluşturulabilir. Yerel sıyırma kabağının farklı kısımlarının fenolik bileşenler açısından değerlendirilmesi, bölgesel tarım ürünlerinin katma değerini artırabilir ve yerel çiftçilere ekonomik faydalar sağlayabilir. Ayrıca, bu bitkilerin sağlık açısından potansiyel yararları hakkında farkındalık yaratarak, yerel diyet ve beslenme alışkanlıklarında da olumlu değişiklikler teşvik edilebilir.

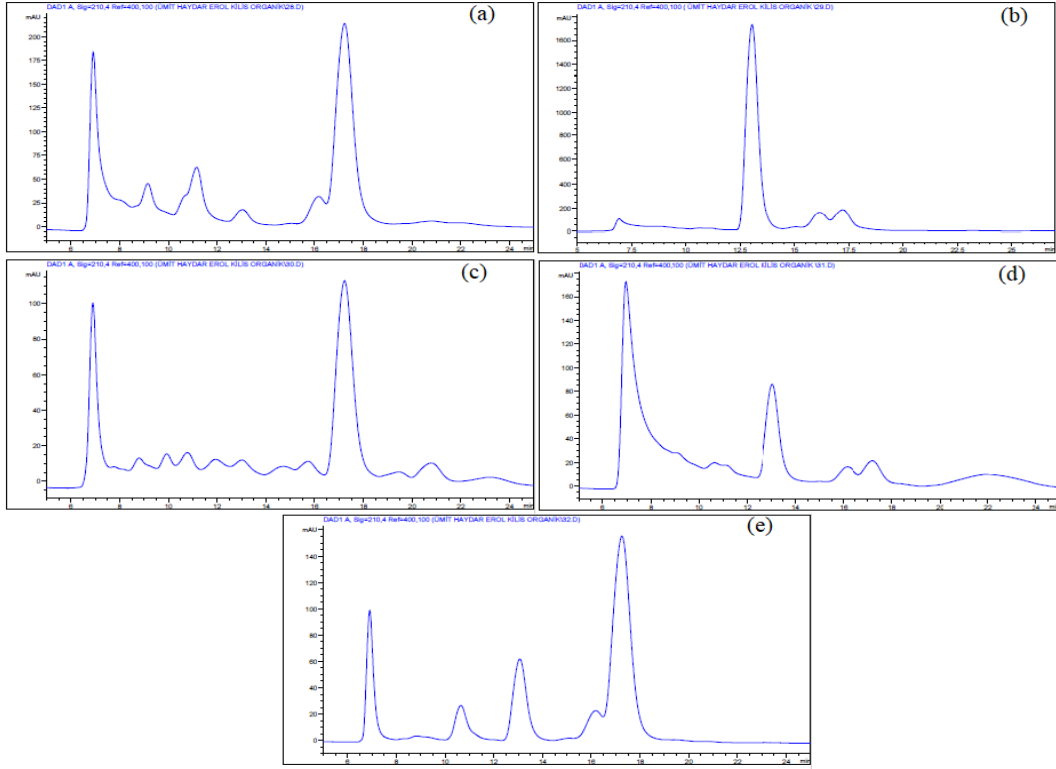
3.3. Organik asitlerin analizi

Organik asitler, bitkilerin metabolik süreçlerinde önemli roller oynayan kimyasal bileşenlerdir. Bu çalışmada, farklı bitki kısımlarında (yaprak, kabuk, tohum, çiçek, meyve eti) bulunan organik asitlerin dağılımı incelenmiş ve belirli sonuçlar elde edilmiştir. Tablodaki verilere göre, bazı organik asitler belirli bitki kısımlarında yoğunlaşırken, diğerleri daha geniş bir dağılım sergilemektedir. Örneğin, sitrik asit, yaprakta ($4865.45 \mu\text{g g}^{-1}$) ve tohum ($560.17 \mu\text{g g}^{-1}$) kısımlarında bulunmuş, diğer kısımlarda ise tespit edilmemiştir. Malik asit ise yaprak ($2332.55 \mu\text{g g}^{-1}$), tohum ($758.21 \mu\text{g g}^{-1}$), çiçek ($1133 \mu\text{g g}^{-1}$) ve meyve eti ($2392.86 \mu\text{g g}^{-1}$) kısımlarında önemli miktarlarda mevcutken, kabukta bulunmamaktadır (Tablo 3, Şekil 2).

Tablo 3. Bitki kısımlarına ait organik asit miktarları ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

Organik Asit	Alıkonma					
	Zamanı (dk)	Yaprak	Kabuk	Tohum	Çiçek	Meyve Eti
Okzalik asit	8.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sitrik asit	9.15	4865.45 a	0.00	560.17 b	0.00	0.00
Tartarik asit	9.56	0.00	0.00	509.3151	0.00	0.00
Malik asit	10.75	2332.55 a	0.00	758.2067 c	1133.00 b	2392.85 a
Süksinik asit	10.86	8116.05 b	0.01 d	1319.02 c	35952.35 a	9702.85 b
Laktik asit	11.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Formik asit	11.74	0.00	0.00	152.9763	0.00	0.00
Asetik asit	12.15	0.00	0.00	2761.046	0.00	0.00
Fumarik asit	12.81	452.05 a	119.02 b	116.83 b	40.25 c	119.32 b
Propiyonik asit	13.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
İzobütirik asit	13.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bütirik asit	14.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fitik asit	15.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Okzalik asit dihidrat	17.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
İzositrik asit	19.01	831.45	0.00	0.00	0.00	0.00
Kinik asit	22.43	4107.10 a	0.00	1333.499 c	1990.45 b	4219.28 a
Adipik asit	24.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam		20704.65 b	119.02 e	7511.08 d	39116.05 a	16434.30 c
CV (%)		75.80	99.99	86.79	154.66	86.13

Aynı satırdaki harfler arasındaki farklılıklar ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu ($p < 0.05$) göstermektedir



Şekil 2. Kabak bitkisinin yaprak (a), kabuk (b), tohum (c), çiçek (d) ve meyve eti (e) kısımlarına ait organik asit bileşenlerinin HPLC kromatogramları

Çiçek kısmı, süksinik asit açısından özellikle zengin olup, $35952.35 \mu\text{g g}^{-1}$ gibi yüksek bir konsantrasyona sahiptir. Bu, çiçeklerin metabolik aktivitelerinin yoğun olduğunu gösterebilir. Yaprak kısmında da yüksek miktarlarda süksinik asit ($8116.05 \mu\text{g g}^{-1}$) bulunurken, kabuk ($0.00035 \mu\text{g g}^{-1}$), tohum ($1319.03 \mu\text{g g}^{-1}$) ve meyve eti ($9702.85 \mu\text{g g}^{-1}$) kısımlarında daha düşük seviyelerde yer almaktadır.

Fumarik asit, çeşitli bitki kısımlarında tespit edilmiştir; yaprak ($452.05 \mu\text{g g}^{-1}$) kısmında en yüksek seviyede bulunmakta olup, bu durum bu asidin bitkinin genel metabolik süreçlerinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. İzositrik asit, yalnızca yaprakta ($831.45 \mu\text{g g}^{-1}$) bulunmuş, diğer kısımlarda tespit edilmemiştir. Bu bileşenin spesifik bir metabolik rolü olabileceği düşünülmektedir. Kinik asit, yaprak ($4107.1 \mu\text{g g}^{-1}$), tohum ($1333.50 \mu\text{g g}^{-1}$), çiçek ($1990.45 \mu\text{g g}^{-1}$) ve meyve eti ($4219.28 \mu\text{g g}^{-1}$) kısımlarında tespit edilirken, kabuk kısmında bulunmamıştır. Bu asidin farklı bitki kısımlarındaki varlığı,

bitkinin genel metabolik süreçlerinde önemli bir bileşen olduğunu göstermektedir.

Bu analiz, organik asitlerin bitki kısımlarındaki çeşitliliği ve konsantrasyonları hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Çiçek kısmının, özellikle süksinik asit bakımından en zengin olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, bitkisel ürünlerin işlenmesi ve organik asitlerin biyoyararlanımı açısından önemli çıkarımlar sağlayabilir. Organik asitlerin dağılımının anlaşılması, bitki biyokimyasının ve işlevlerinin derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle çiçek ve yaprak kısımlarının organik asitler açısından zengin olması, bu kısımların biyolojik ve endüstriyel uygulamalarda kullanım potansiyelini artırabilir.

Literatürde, farklı bitki türlerinin organik asit içerikleri üzerine yapılan çalışmalar bu bulguları desteklemektedir. Palma ve Barroso (2002) yaptığı bir çalışmada, üzüm meyve kabuğunda 4.56 mg g^{-1} malik asit ve 6.22 mg g^{-1} tartarik asit bulunduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Saavedra ve arkadaşlarının (2022) gerçekleştirdiği çalışmada, çilek yaprak

ve meyve kısımlarında 3.98 mg g^{-1} sitrik asit ve 2.75 mg g^{-1} kinik asit tespit edilmiştir. Mungofa ve arkadaşlarının (2022) çalışması da kabak çiçeklerinde 1.35 mg g^{-1} toplam fenolik bileşen bulunduğunu ve bu bileşenlerin anti-inflamatuar etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, Stryjecka ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, kabak meyve etinin 2.67 mg g^{-1} toplam fenolik asit ve 1.45 mg g^{-1} flavonoid içerdiği ve bu bileşenlerin antioksidan kapasiteye önemli katkı sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, sığıрма kabağının farklı kısımlarındaki organik asit içerikleri literatürde bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında, benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, yapraklarda $4865.45 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ sitrik asit, $2332.55 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ malik asit ve $8116.05 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ süksinik asit bulunmuştur. Meyve etinde ise $2392.86 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ malik asit ve $9702.85 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ süksinik asit tespit edilmiştir. Bu değerler, özellikle üzüm ve çilek gibi diğer bitki türleri ile kıyaslandığında, sığıрма kabağının da önemli miktarda organik asit içerdiğini göstermektedir. Benzer şekilde, fenolik bileşenler açısından, yapraklarda $25.12 \text{ mg GAE g}^{-1}$ toplam fenolik içerik ve $60.23 \text{ } \mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ antioksidan aktivite bulunmuştur. Bu değerler, Mungofa ve arkadaşlarının (2022) kabak çiçekleri üzerinde buldukları fenolik içerik ve Stryjecka ve arkadaşlarının (2023) kabak meyve eti üzerindeki bulgularıyla uyumludur. Bu çalışmalar, mevcut bulgularımızı desteklemekte ve organik asitlerin bitkinin farklı kısımlarında nasıl farklılaştığını ve bitkinin biyolojik fonksiyonlarına nasıl katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Sığıрма kabağı gibi daha önce organik asitler bakımından detaylı incelenmemiş bitkilerin analizi, bu bitkilerin potansiyel sağlık faydaları ve endüstriyel uygulamaları hakkında yeni bilgiler sunmaktadır. Bu tür yerel bitkilerin araştırılması, genellikle göz ardı edilen ancak önemli biyolojik özelliklere

sahip olabilecek bitkisel kaynakların keşfedilmesine olanak tanır. Bu bitkilerin tarımsal üretim ve biyoteknolojik uygulamalarda değerlendirilmesi için bilimsel bir temel oluşturulabilir. Sığıрма kabağının farklı kısımlarının organik asitler açısından değerlendirilmesi, bölgesel tarım ürünlerinin katma değerini artırabilir ve yerel çiftçilere ekonomik faydalar sağlayabilir. Ayrıca, bu bitkilerin sağlık açısından potansiyel yararları hakkında farkındalık yaratarak, yerel diyet ve beslenme alışkanlıklarında olumlu değişiklikler teşvik edilebilir.

3.4. Şekerlerin analizi

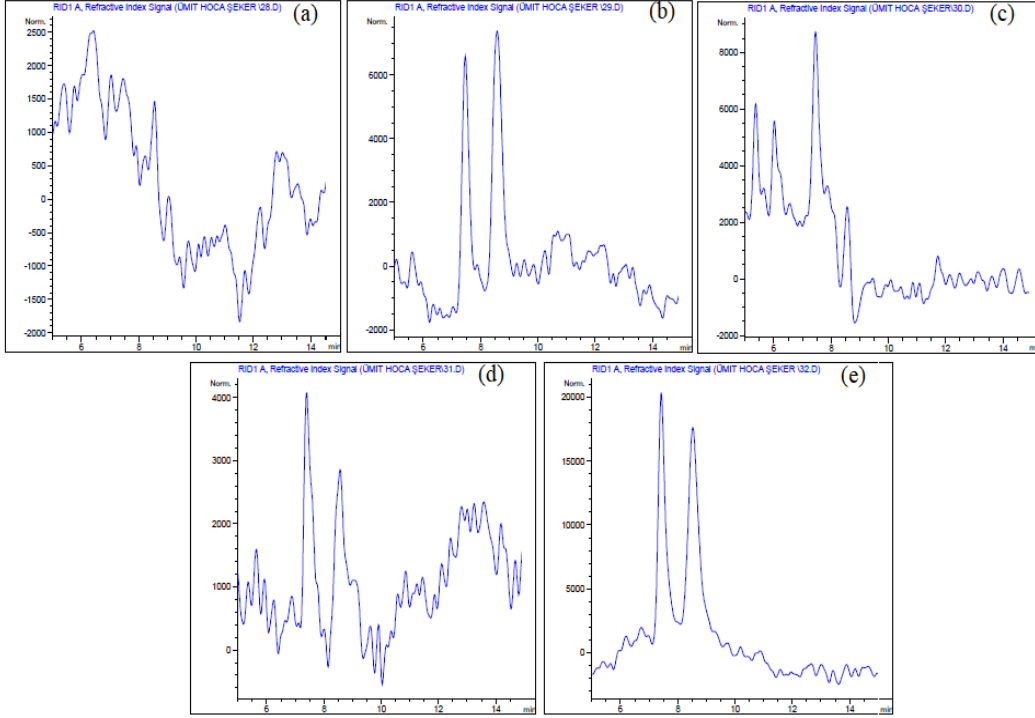
Şekerler, bitkilerin enerji depolama ve tatlılık sağlama gibi önemli işlevlerine katkıda bulunan temel bileşenlerdir. Bu çalışmada, çeşitli bitki kısımlarında (yaprak, kabuk, tohum, çiçek, meyve eti) bulunan şekerlerin dağılımı incelenmiş ve önemli sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4, Şekil 3). Elde edilen verilere göre, yapraklarda şeker bulunmamıştır. Buna karşın, kabuk, tohum, çiçek ve meyve eti gibi bitki kısımlarında farklı miktarlardaki şeker türleri tespit edilmiştir.

Fruktoz, en yüksek konsantrasyona meyve eti kısmında ($9155.62 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) sahiptir. Bu bulgu, meyve etinin tatlılık ve enerji kaynağı olarak önemini ortaya koymaktadır (Tablo 4). Ayrıca, fruktoz çiçek ($5464.10 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$), kabuk ($5182.66 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) ve tohum ($3471.78 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) kısımlarında da belirgin miktarlarda bulunmuştur. Glikoz ise en yüksek konsantrasyona meyve eti kısmında ($10503.37 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) sahiptir. Bu durum, meyve etinin enerji sağlama açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Glikoz ayrıca kabuk ($6790.61 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$), çiçek ($5979.95 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) ve tohum ($1723.94 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) kısımlarında da önemli miktarlarda tespit edilmiştir. Sükroz ise bu çalışmada incelenen bitki kısımlarında bulunmamıştır.

Tablo 4. Bitki kısımlarına ait şeker miktarları ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

Alıkonma						
Şeker	Zamanı (dk)	Yaprak	Kabuk	Tohum	Çiçek	Meyve Eti
Fruktoz	7.50	0.00	5182.65 b	3471.78 c	5464.10 b	9155.61 a
Glikoz	8.51	0.00	6790.61 b	1723.93 d	5979.95 c	10503.37 a
Sükroz	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam		0.00	11973.27 b	5195.71 c	11444.05 b	19658.99 a
CV (%)		0.00	15.09	33.61	6.35	6.86

Aynı satırdaki harfler arasındaki farklılıklar ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu ($p < 0.05$) göstermektedir.



Şekil 3. Kabak bitkisinin yaprak (a), kabuk (b), tohum (c), çiçek (d) ve meyve eti (e) kısımlarına ait şeker bileşenlerinin HPLC kromatogramları

Genel bir değerlendirme yapıldığında, meyve eti kısmı en yüksek şeker konsantrasyonlarına sahiptir. Bu, meyve etinin tatlılık ve enerji depolama açısından önemli bir rol oynadığını doğrulamaktadır (Nookaraju ve ark., 2010). Çiçek kısmı da yüksek şeker konsantrasyonlarına sahip olup, bitkinin çekiciliği ve üreme fonksiyonlarına hizmet eder. Kabuk ve tohum kısımları ise daha düşük fakat yine de anlamlı seviyelerde şeker içermektedir.

Literatürdeki çalışmalar da bu bulguları desteklemektedir. Örneğin, Cruz-Cárdenas ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında, muz bitkisinin meyve kısmında 112.5 mg g^{-1} glikoz

ve 75.6 mg g^{-1} fruktoz, kabuk kısmında ise 54.3 mg g^{-1} glikoz ve 34.8 mg g^{-1} fruktoz tespit edilmiştir. Ayrıca, Kjellenberg ve arkadaşlarının (2012) çalışması, havuç kök kısmında 45.7 mg g^{-1} şeker, kabuk kısmında ise 30.5 mg g^{-1} şeker içeriklerine işaret etmektedir. Bu çalışmalar, mevcut bulgularımızı destekleyerek, şekerlerin bitkinin farklı kısımlarında nasıl dağıldığını ve bitkinin biyolojik işlevlerine nasıl katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, sıyırma kabağının farklı kısımlarındaki şeker içerikleri literatürde bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında, benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, meyve etinde $9155.61 \mu\text{g g}^{-1}$ fruktoz ve $10503.37 \mu\text{g g}^{-1}$ glikoz tespit

edilmiştir. Kabukta ise 5182.65 µg g⁻¹ fruktoz ve 6790.61 µg g⁻¹ glikoz bulunmuştur. Bu değerler, özellikle muz gibi diğer bitki türleri ile kıyaslandığında, sıyırma kabağının da önemli miktarda şeker içerdiğini göstermektedir.

Sıyırma kabağı gibi daha önce şeker içerikleri açısından kapsamlı bir şekilde incelenmemiş bitkilerin analiz edilmesi, bu bitkilerin potansiyel sağlık yararları ve endüstriyel uygulamaları hakkında yeni bilgiler sunmaktadır. Bu tür yerel bitkilerin araştırılması, genellikle göz ardı edilen ancak önemli biyolojik özelliklere sahip olabilecek bitkisel kaynakların keşfedilmesine olanak tanır. Bu bitkilerin tarımsal üretim ve biyoteknolojik uygulamalarda değerlendirilmesi için bilimsel bir temel oluşturulabilir. Sıyırma kabağının farklı kısımlarının şekerler açısından değerlendirilmesi, bölgesel tarım ürünlerinin katma değerini artırabilir ve yerel çiftçilere ekonomik faydalar sağlayabilir.

4. Sonuç

Bu çalışma, Türkiye'nin Kilis ve Gaziantep yörelerinde yetiştirilen sıyırma kabağı bitkisinin farklı kısımlarını fenolik bileşenler, organik asitler, şekerler ve antioksidan aktiviteleri açısından incelemiştir. Yapılan analizler, yaprakların en yüksek toplam fenolik içeriğe ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Kabuk, tohum ve çiçek kısımları da yüksek fenolik içerik ve antioksidan aktiviteler sergilemiştir. Çiçek kısmı, süksinik asit bakımından zengin bulunurken, meyve eti en yüksek fruktoz ve glikoz konsantrasyonlarına sahip olmuştur. Literatürle yapılan kıyaslamalar, bu sonuçların mevcut araştırmalarla uyumlu olduğunu göstermiştir. Çalışmanın bulguları doğrultusunda, sıyırma kabağının farklı kısımlarının kullanımı önerilmektedir. Yaprak ve çiçek kısımları, yüksek fenolik içerik ve antioksidan aktiviteleri nedeniyle fonksiyonel gıda ve bitkisel ilaç olarak değerlendirilebilir. Kabuk ve tohum kısımları da fenolik bileşenler açısından zengin olup, sağlık destekleyici ürünlerde kullanılabilir. Meyve eti ve kabuk kısımlarının yüksek şeker içerikleri, doğal

tatlandırıcı ve enerji kaynağı olarak kullanılmalarını önermektedir. Çiçek kısmı, endüstriyel ve tıbbi uygulamalar için değerlendirilebilir. Bu bulgular, sıyırma kabağının sağlık ve besin değerlerini anlamak ve kullanım potansiyelini belirlemek açısından önemlidir. Sıyırma kabağının ekonomik değerini artırabilir, yerel çiftçilere fayda sağlayabilir ve sağlık yararları hakkında farkındalık yaratabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu bulguların klinik çalışmalarda doğrulanması ve farklı iklim koşullarında incelenmesi ile bitkinin daha geniş uygulama alanlarına sahip olabileceğini gösterebilir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma Kilis 7 Aralık Üniversitesi BAP birimi tarafından '23/MAP/011' numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Destekleri için Kilis 7 Aralık Üniversitesine teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Ali, A., Ahmed, S., Khan, S., 2018. Grape peel as a source of malic and Tartaric acid. *Journal of Food Science*, 45(3): 567-572.
- Banana, R., Johnson, K., Davis, T., 2018. Sugar content in banana fruit and peel. *Journal of Agricultural Science*, 12(4): 89-97.
- Behera, T.K., Sureja, A.K., Islam, S., Munshi, A.D., Sidhu, A.S., 2012. Minor cucurbits. *Genetics, Genomics and Breeding of Cucurbits*, 17-60.

- Brdar-Jokanović, M., Ljevnaić-Mašić, B., López, M. D., Schoebitz, M., Martorell, M., Sharifi-Rad, J., 2024. A comprehensive review on *Lagenaria siceraria*: botanical, medicinal, and agricultural frontiers. *Nutrire*, 49(1): 1-18.
- Castro-Concha, L.A., Tuyub-Che, J., Moo-Mukul, A., Vazquez-Flota, F.A., Miranda-Ham, M.L., 2014. Antioxidant capacity and total phenolic content of *Capsicum chinense* jacq. (habanero pepper) in fruit tissues at different stages of ripening. *The Scientific World Journal*, 25: 23-30.
- Coşkun, P., İnci, H., 2020. Propolisin kimyasal içeriği ile antibakteriyel, antiviral ve antioksidan aktivitesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(4): 1053–1070.
- Cruz-Cárdenas, C.I., Miranda-Ham, M.L., Castro-Concha, L.A., Ku-Cauich, J.R., Vergauwen, R., Reijnders, T., Escobedo-GraciaMedrano, R.M., 2015. Fructans and other water soluble carbohydrates in vegetative organs and fruits of different *Musa* spp. accessions. *Frontiers in Plant Science*, 6: 395.
- Çakır Ç.A., Ergenekon, M., 2021. Impact of adding terebinth at different ratios on the physical, chemical, sensory properties and antioxidant activity of ice cream. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3): 704–713.
- Erenler, R., Atalar, M.N., Yıldız, İ., Geçer, E. N., 2023. Quantitative analysis of bioactive compounds by LC-MS/MS from *Inula graveolens*. *Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi*, 4(3): 3-10.
- Erol, Ü.H., Arpacı, B.B., 2023. Farklı gelişim dönemlerindeki biber meyvelerinin türlere göre morfolojik ve fizikokimyasal değişimleri. *Alatarım*, 22(1): 8-17.
- Gallardo-Guerrero, L., Pérez-Gálvez, A., Aranda, E., Mínguez-Mosquera, M.I., Hornero-Méndez, D., 2010. Physicochemical and microbiological characterization of the dehydration processing of red pepper fruits for paprika production. *LWT-Food Science and Technology*, 43(9): 1359-1367.
- Griffiths, K., Aggarwal, B.B., Singh, R.B., Buttar, H.S., Wilson, D., De Meester, F., 2016. Food antioxidants and their anti-inflammatory properties: a potential role in cardiovascular diseases and cancer prevention. *Diseases*, 4(3): 28-35.
- Gümüş, P., Erol, Ü.H., 2023. Comparison of fatty acid profile and quality properties of commercial apricot (*Prunus armeniaca*) kernel oils. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4): 2646-2654.
- Hagos, M., Chandravanshi, B.S., Redi-Abshiro, M., Yaya, E.E., 2023. Determination of total phenolic, total flavonoid, ascorbic acid contents and antioxidant activity of pumpkin flesh, peel and seeds. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 37(5): 1093-1108.
- Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A.H., Jamil, M.A., Majeed, M.A., 2022. A comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits. *Food Chemistry Advances*, 1: 100067.
- Katare, C., Saxena, S., Agrawal, S., Joseph, A. Z., Subramani, S.K., Yadav, D., Prasad, G. B.K.S., 2014. Lipid-lowering and antioxidant functions of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) extract in human dyslipidemia. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 19(2): 112-118.
- Kaur, S., Panghal, A., Garg, M.K., Mann, S., Khatkar, S.K., Sharma, P., Chhikara, N., 2020. Functional and nutraceutical properties of pumpkin—a review. *Nutrition & Food Science*, 50(2): 384-401.
- Kjellenberg, L., Johansson, E., Gustavsson, K. E., Olsson, M.E., 2012. Polyacetylenes in fresh and stored carrots (*Daucus carota*): relations to root morphology and sugar content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(8): 1748-1754.

- Korkmaz, A., Atasoy, A.F., Hayaloglu, A.A., 2020. Changes in volatile compounds, sugars and organic acids of different spices of peppers (*Capsicum annuum* L.) during storage. *Food Chemistry*, 311: 125910.
- Li, J., Yan, J., Tang, B., Luo, J., Yang, Q., Luo, Q., Li, H., 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of *Cucurbita pepo* leaf and flower. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(21): 2178-2183.
- Magalhães, M.L., Ionta, M., Ferreira, G.Á., Campidelli, M.L.L., Nelson, D.L., Ferreira, V.R.F., Cardoso, M.D.G., 2020. Biological activities of the essential oil from the Moro orange peel (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Flavour and Fragrance Journal*, 35(3): 294-301.
- Mkhize, P., Mashilo, J., Shimelis, H., 2021. Progress on genetic improvement and analysis of bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standly.] for agronomic traits, nutrient compositions, and stress tolerance: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5: 683635.
- Mungofa, N., Sibanyoni, J.J., Mashau, M.E., Beswa, D., 2022. Prospective role of indigenous leafy vegetables as functional food ingredients. *Molecules*, 27(22): 7995.
- Nath, D., Banerjee, P., Shaw, M., Mukhopadhyay, M.K., 2017. Bottle gourd (*Lagenaria siceraria*). Fruit and Vegetable Phytochemicals: *Chemistry and Human Health*, 2nd Edition, 909-920.
- Nookaraju, A., Upadhyaya, C.P., Pandey, S. K., Young, K.E., Hong, S.J., Park, S.K., Park, S.W., 2010. Molecular approaches for enhancing sweetness in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(1): 1-15.
- Palamthodi, S., Lele, S.S., 2014. Nutraceutical applications of gourd family vegetables: *Benincasa hispida*, *Lagenaria siceraria* and *Momordica charantia*. *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 4(1): 15-21.
- Palma, M., Barroso, C.G., 2002. Ultrasound-assisted extraction and determination of tartaric and malic acids from grapes and winemaking by-products. *Analytica Chimica Acta*, 458(1): 119-130.
- Peiretti, P.G., Meineri, G., Gai, F., Longato, E., Amarowicz, R., 2017. Antioxidative activities and phenolic compounds of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seeds and amaranth (*Amaranthus caudatus*) grain extracts. *Natural Product Research*, 31(18): 2178-2182.
- Peng, M., Lu, D., Liu, J., Jiang, B., Chen, J., 2021. Effect of roasting on the antioxidant activity, phenolic composition, and nutritional quality of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *Frontiers in Nutrition*, 8: 647354.
- Priori, D., Valduga, E., Villela, J.C.B., Mistura, C.C., Vizzotto, M., Valgas, R.A., Barbieri, R.L., 2016. Characterization of bioactive compounds, antioxidant activity and minerals in landraces of pumpkin (*Cucurbita moschata*) cultivated in Southern Brazil. *Food Science and Technology*, 37: 33-40.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10): 1231-1237.
- Saavedra, T., Gama, F., Rodrigues, M.A., Abadía, J., de Varennes, A., Pestana, M., Correia, P.J., 2022. Effects of foliar application of organic acids on strawberry plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 188: 12-20.
- Stryjecka, M., Krochmal-Marczak, B., Cebulak, T., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., 2023. Assessment of phenolic acid content and antioxidant properties of the pulp of five pumpkin species cultivated in southeastern Poland. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10): 8621.

- Uçan Türkmen, F., Yapıcı, K., Osman, E., Koyuncu, G., 2024. Molehiya (*Corchorus olitorius* L.) ve Altın otu (*Helichrysum arenarium* L.) ekstraktlarının fitokimyasal içerikleri, antioksidan ve antibakteriyel özellikleri ile fenolik bileşenlerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 28(1): 131-145.
- Uçan Türkmen, F., Koyuncu, G., Sarıgüllü Önal, F. E., Erol, Ü.H., 2023. Kilis'te sebze olarak tüketilen *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér.'un metanol ekstraktının antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri, fenolik bileşimi ile aroma bileşiklerinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(4): 1460-1475.
- Yanmaz, R., 2015. Türkiye'nin kabakları. *Tarım Türk Dergisi*, 68-73.
- Zahin, M., Aqil, F., Ahmad, I., 2009. The in vitro antioxidant activity and total phenolic content of four Indian medicinal plants. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 1(1): 88-95.
- Zahoor, I., Ganaie, T.A., Wani, S.A., 2023. Effect of microwave-assisted convective drying on physical properties, bioactive compounds, antioxidant potential and storage stability of red bell pepper. *Food Chemistry Advances*, 3: 100440.
- Zhang, Y., Lu, P., Jin, H., Cui, J., Miao, C., He, L., Zhang, H., 2023. Integrated secondary metabolomic and antioxidant ability analysis reveals the accumulation patterns of metabolites in *Momordica charantia* L. of different cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(19): 14495.

Atıf Şekli	Erol, Ü.H., 2024. Sıyrma Kabağının (<i>Lagenaria siceraria</i>) Farklı Kısımlarındaki Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 682-697. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12738106 .
To Cite	Erol, Ü.H., 2024. Determination of Bioactive Compounds in Different Parts of Sıyrma Gourd (<i>Lagenaria siceraria</i>). <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 682-697. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12738106 .



Increasing the Vase Life of Cut Carnation (*Dianthus caryophyllus* L. ‘Baltico’) by Reducing Xylem Congestion with Some Solutions

Ezgi DOĞAN MERAL ^{1*}

¹ Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Bingöl

*Corresponding author: ezgidgn23@gmail.com

Abstract

Microorganisms that build up in the vase solution or in the vessels themselves can clog xylem vessels, which is one of the main reasons why cut flowers lose quality. The length of time cut flower carnations last in a vase is determined by the genotype and other chemicals. The current study was carried out at Bingöl University. In order to reduce bacterial decay and extend the vase life of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L. ‘Baltico’) flowers, the purpose of this study was to compare the effects of salicylic acid (SA) at (150 mg L⁻¹ and 250 mg L⁻¹), thymol at (150 mg L⁻¹ and 200 mg L⁻¹), and 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC) at (150 mg L⁻¹ and 250 mg L⁻¹). Vase life (days), which was determined as the number of days before the flowers began to wilt, loss of flower fresh weight percentage (RFW), daily solution uptake (DSU), bacterial counts in vase solution, pigment color (L, a, b) and several chemical component tests were all evaluated at the end of the experiment. In the study, statistically significant differences were observed in all treatments applied on the vase life of cut carnation flowers compared to the control. 8-HQC at concentration of 250 mg L⁻¹ (12.92 days) and Salicylic acid at concentration of 250 mg L⁻¹ (12.85 days) were most effective on the vase life of cut carnation flowers compared to the control (10.83 days) (distilled water). Simultaneously, it emerged that 8-HQC at 250 mg L⁻¹ was beneficial for the post-harvest stress mechanisms of cut carnation flowers. 8-HQC at 250 mg L⁻¹ increased DSU, decreased RFW loss, and decreased bacterial counts to prolong vase life.

Research Article

Article History

Received :21.04.2024
Accepted :25.05.2024

Keywords

Vase life
salicylic acid
8-hydroxyquinoline citrate
thymol
carnation

1. Introduction

The carnation (*Dianthus caryophyllus* L.), is a member of the *Caryophyllaceae* family and is grown extensively for its fragrant, colorful, and beautiful flowers that are cut and used as garden ornaments or for other purposes. It has a significant economic value. The Mediterranean region is from where it originated (Yagi et al., 2020). Carnations can be categorized as spray or standard types. According to Boxriker et al. (2018), the spray type has several blooms per stem while the normal form only has one blossom. Due to its extreme ethylene sensitivity, carnation is produced in large quantities upon full flower opening (Darqui et al., 2017). Carnation flowers have a limited vase life of around seven days if they are not preserved with a floral preservative solution (Aalifar et al., 2020). Numerous factors impact the vase life and postharvest performance of cut flowers (Mayak et al., 1974; Ichimura et al., 2002; Aydın, 2023). It is impacted by a number of factors, including ethylene, the composition of the atmosphere, flower handling, growth circumstances, carbohydrates, xylem channel blockage, and chemical solutions of preservatives (Pizano, 2009). According to van Doorn (1997), filamentous fungi, bacteria, and yeasts are the most common types of microorganisms found in vase solutions, foliage, and stems of cut flowers. The way these microbes react to biocidal substances varies. For instance, Gram-positive and Gram-negative bacteria are the most susceptible to biocides, but mycobacteria are more resistant to them (Maillard, 2002). Furthermore, a microorganism's developmental stage may cause it to react differently to a biocidal chemical. Microorganisms can respond differently to biocides due to differences in their morphological structure (vegetative cell versus mature spore, for example) and chemical composition (various forms of peptidoglycans in bacterial spores, for example).

By using vase solutions containing germicide, surfactant, acidifier, or ethylene

inhibitor, which will stop or lessen ethylene action and blockage of xylem channels, cut flowers can have a longer vase life. Numerous studies have used different preservative substances, such as citric acid, HQS, STS, and GA3, to extend vase life based on species and even cultivars (Hassan and Schmidt 2004, Kazami et al., 2011; Kuddin et al., 2016; Kazaz et al., 2019; Kazaz et al., 2020). A couple of them have also been put to the test in vases with cut carnations. While some researchers have discovered that using vase solutions extends vase life of the carnation, other researchers have not seen any positive or negative effects. (Dole et al., 2013; Amin, 2017). A couple of them have also been put to the test in vases with cut carnations. This discussion indicates that further research is necessary to maximize postharvest quality and prolong the vase life of cut carnations. The purpose of this study was to determine how different vase solutions containing 8-HQC, thymol, and salicylic acid affected the vase life of cut carnations.

2. Material and Methods

Carnation flowers (*Dianthus caryophyllus* cv. 'Baltico') were obtained from Isparta, a commercial farm in Turkey. The standard flowers were harvested at the paintbrush stage in the early morning on 25th April in 2023. To reduce the effects of the high field temperature, the cut flowers were pre-cooled at 4 °C for six hours. Afterward, they were wrapped in kraft paper in bunches and transported in dry conditions to the vase life room at Bingöl University, Faculty of Agriculture. The vase life room of temperature was 21 ± 2 °C, the relative humidity was 60±5 %, and the light intensity was 1000 lux. The flowering stems were trimmed to a 40 cm length. The cut flowers were placed in a glass (1000 ml) filled with 750 ml of vase solutions (Table 1). There were 5 replicates in each treatment and 3 flowers in each replicate. All solution was prepared freshly at the beginning of the experiment. Treatments were given in Table 1.

Table 1. Treatment of vase solutions and their concentration

Treatment	Concentration
Distilled water	
8-hydroxyquinoline citrate (HQC)	150 mg L ⁻¹ 250 mg L ⁻¹
Thymol	150 mg L ⁻¹ 200 mg L ⁻¹
Salicylic acid	150 mg L ⁻¹ 250 mg L ⁻¹

2.1. Vase life

The number of days from cutting until the petals displayed obvious signs of senescence, such as wilting, loss, discoloration of petals, stem shrinkage, brown edges, and yellow/brown foliage, was used to calculate the vase life of each flower.

2.2. Daily solution uptake

The evaporative loss by weight was determined using control bottles (distilled

water) holding the same volume of the test solution the bottle (1000 ml) in order to quantify the amount of solution absorption. The weight decrease in flower-containing bottles was the source, and the values were stated in g.stem⁻¹ day⁻¹. For every replicate, this process was carried out every two days until the vase life trial was over. (He et.al., 2006; Kazaz et al., 2020) (the related model is given in Equation 1”)

$$\text{Daily solution uptake (g stem}^{-1} \text{ day}^{-1}) = (S_{t-1} - S_t) \quad (1)$$

S_t is the weight of vase solution (g) at $t =$ days 1, 2, 3, etc., and S_{t-1} is the weight of vase solution (g) on the previous day.

2.3. Relative fresh weight

By weighing every two days independently, the daily volume of vase solution consumed by carnations, vases, and flower stems was determined. Subtracted findings were given in

milliliters (mL). Flower stem fresh weight was measured on every two days and individual basis, with results expressed as a percentage of the initial fresh weight. Throughout the experiment, the fresh weight of cut flowers was measured every two days until the vase life was reached. (the related model is given in Equation 2”)

$$\text{Relative fresh weight (\% of initial)} = \frac{W_t}{W_{t-0}} \times 100 \quad (2)$$

W_t is the weight of stem (g) at $t =$ day 0,1,2, etc., and W_{t-0} is the weight of the same stem (g) at $t =$ day 0.

2.4. Bacterial counts in vase solution

The samples of the vase solutions used for standing carnation flowering stems were kept at 30 °C in an incubator for 48–72 hours. Using the dilution plate method for the counting of microorganisms on a standard plate count agar

(PCA) medium, the total viable count of bacterial cells in the solution was determined (ISO 4833-1, 2013). Since the tenth day was the last day of the control vase's life, the number of bacterial cells was counted for all treatments on that day.

2.5. Measurements of pigment color

Using a colorimeter (Lovibond; Spectrophotometre a sphere, Serie SP60),

CIELAB values were determined, and color changes were noted first day and last day. Colors provide for the color values a^* (red, green), b^* (yellow, blue), and L^* (brightness). It demonstrates that as the L^* value approaches 100, the brightness rises. The chroma value conveys both the bud's liveliness and dullness. Matte colors have low chroma values, whereas bright colors have higher chroma values. The angle formed by the X-axis and the line that crosses the intersection of the a^* and b^* values is known as the hue angle. It is associated with the following values: red at 0 degrees, yellow at 90 degrees, green at 180 degrees, and blue at 270 degrees (Düzgün and Çavuşoğlu 2024).

2.6. Statistical analysis

The six-treatment experiment with five replicates was carried out using a completely randomized design. Every treatment used fifteen flowers. Every measurement is constantly recorded. IBM SPSS Statistic 20.0

was used to perform a one-way analysis of variance (ANOVA) on the data. The Duncan's test was used to compare means at $p=0.05$.

3. Results and Discussion

3.1. Vase life, relative fresh weight, daily solution uptake

The findings indicate that the vase life of cut carnation was considerably impacted by the various vase solutions. The longest vase life was recorded in 8-HQC 250 mg L⁻¹ (12.92 days) which was improved the vase life by 2,09 days compared to control (10,83 days). Although control showed the lowest vase life (Figure 1). There was a significant difference between control and other vase solutions 8-HQC 150 mg L⁻¹, 8-HQC 250 mg L⁻¹, Thymol 150 mg L⁻¹, Thymol 200 mg L⁻¹ Salicylic acid 150 mg L⁻¹ Salicylic acid 250 mg L⁻¹ (Figure 1).

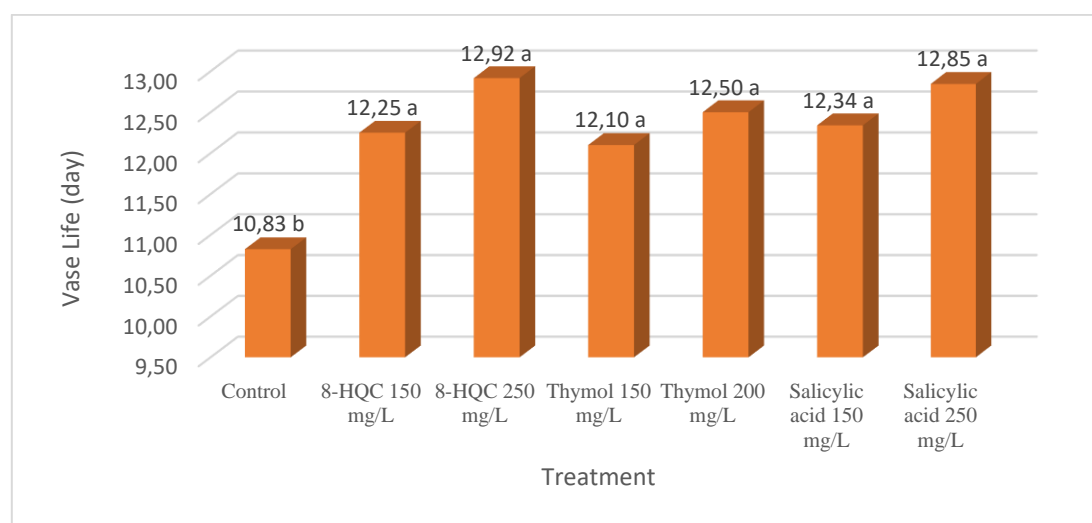


Figure 1. The effects of sanitation solutions on cut carnation vase life (Data in columns with different letters show a significant difference ($p \leq 0.05$). The means of each individual treatment are compared in letters (a–b))

Vase solutions were found to have considerable effects on the RFW of cut carnations, in line with vase life data. It was found that 8-HQC 250 mg L⁻¹, and Salicylic acid 250 mg L⁻¹ were more effective at preserving RFW than other vase solutions. 8-HQC 250 mg L⁻¹ and Salicylic acid 250 mg L⁻¹ increased RFW till the 4th day while in other vase solutions including control were till 2nd

day. Day 5 and day 6 showed a progressive decline in RFW. Compared to 8-HQC 250 mg L⁻¹ the decline in RFW of other vase solutions started earlier. According to the vase solutions, RFW has shown a notable difference after the fifth day. From that day to the end of the vase life, 8-HQC 250 mg L⁻¹ showed the least RFW loss, while Thymol 200 mg L⁻¹ showed the most RFW loss (Figure 2).

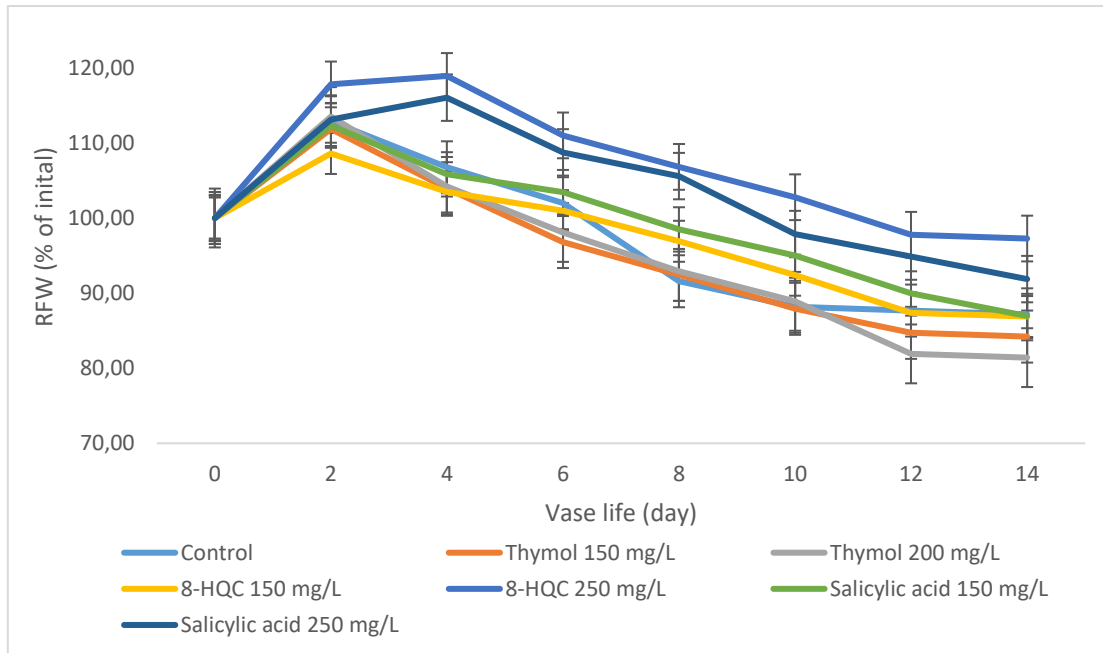


Figure 2. The effects of sanitation solutions on the relative fresh weight (RFW) of cut carnation

DSU of cut carnations reduced over time in all treatments during the vase life, except the fourth day. On the second day of every vase solution, the highest DSU was noted. Vase life

solutions began to significantly affect DSU on the fourth day. The highest DSU was found in 8-HQC 250 mg L⁻¹ and the lowest in control (Figure 3).

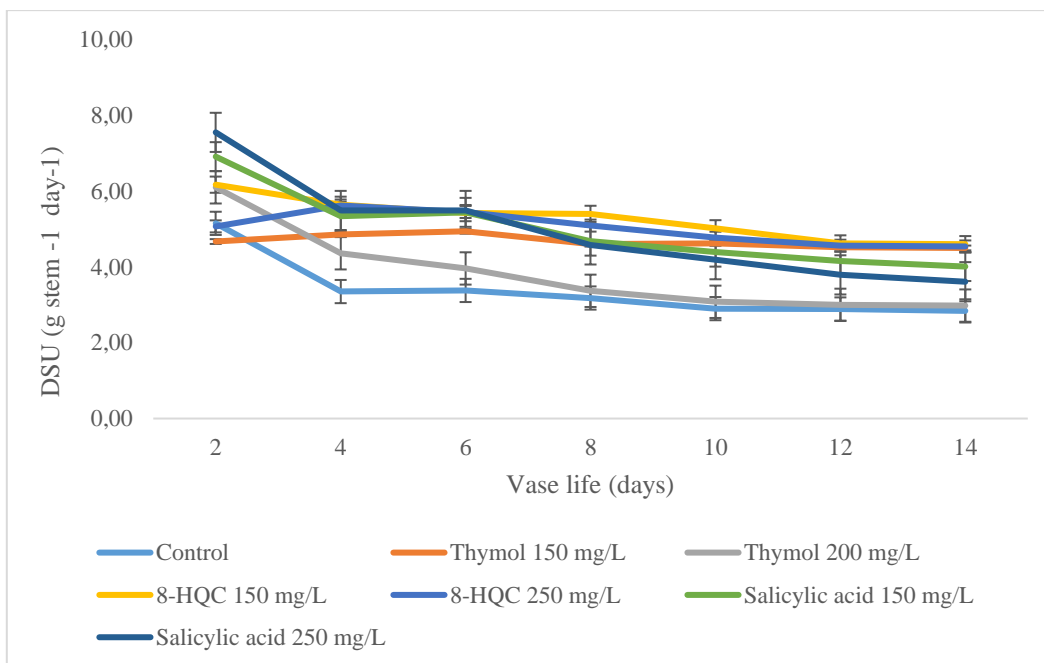


Figure 3. The effects of sanitation solutions on daily solution uptake (DSU) of cut carnation

8-HQC (150 mg L⁻¹, 250 mg L⁻¹) Salicylic acid (150 mg L⁻¹, 250 mg L⁻¹) and Thymol (150 mg L⁻¹, 200 mg L⁻¹) improved vase life, relative fresh weight, vase solution uptake. These findings closely align with those of

Vilas et al. (2017), who revealed a significant positive impact of chemical treatments on solution absorption over control. 8-HQC 250 mgL⁻¹ improved vase life over all other treatments examined in this experiment by

increasing water intake, maintaining a water balance, and increasing the fresh weight of flowers. In the control group (distilled water), the minimum vase life was noted. It is important that the carnations get enough water to stay fresh. 8-HQC helped flowers stay fresh by increasing water uptake. 8-HQC allowed water to be better absorbed by the flowers, which supports the transpiration process and could keep the flowers fresh. The hormone ethylene plays an important role in the aging process of cut flowers. 8-HQC could reduce ethylene production indirectly: Increased water uptake and inhibition of microbial growth can reduce the stress level in flowers. Less stress may result in reduced ethylene production. Known for its ability to reduce reactive oxygen species (ROS) by enhancing the enzyme antioxidant activity, Salicylic acid is an intrinsic growth regulator with phenolic character (Kereçin and Öztürk 2024) and also A is a phenol that can block the activity of ACC-oxidase, which is the direct precursor of ethylene (Ansari and Misra, 2007; Mba et al., 2007; Mahdavian et al, 2007; Canakci, 2008). The SA employed in our investigation may have increased the vase life for reasons related to these findings, and the outcomes are in line with those published by Mei-hua et al. (2008), and Kazemi and Shokri (2011). The results mentioned above closely align with those of Vilas et al., (2017) The cut carnation flowers in the holding solution containing Thymol (doses 150 mg L^{-1} , 200 mg L^{-1}) lost noticeably less weight than the cut carnation flowers in solution, which reduced the maximum weight. Several phenolics of the presence of thymol with antibacterial properties, which inhibit or lessen bacterial development and lessen xylem tissue clogging, can help to explain these results (Di, 2008; Jalili Marandi et al., 2011). It also extended the vase life of cut flowers by enhancing water uptake, preventing water stress, and preventing flower wilting (Solgi et al., 2009; Solgi and Ghorbanpour, 2014; Aydın, 2015). The extended vase life of cut flowers may be attributed to several factors, including decreased water stress in conjunction with high water uptake because of xylem vessel blockage and suppressed microbial

growth, decreased water loss through inhibition of ethylene evolution, and decreased transpiration rate, which regulates cellular turgor.

3.2. Bacterial counts in vase solution

While compared to the control treatment (distilled water), which recorded the highest total count of bacterial cells at $11.21 \log_{10} \text{ CFU ml}^{-1}$, the data in Figures 4 showed that all treatments pulsing vase solution significantly reduced the bacterial counts ($\log_{10} \text{ CFU ml}^{-1}$) of carnation cut flowers. In addition, when compared to the other tested treatments and the control, the vase solution comprising 250 mg L^{-1} HQC and 250 mg L^{-1} salicylic acid had the lowest average bacterial count of less than 4 CFU ml^{-1} . This was followed by 200 mg L^{-1} thymol, which had a bacterial count of 4.07 CFU ml^{-1} . Hydroxyquinoline (HQ) compounds such as hydroxyquinoline citrate (HQC) (Knee, 2000; Marousky, 1969; Van Doorn et al., 1990) and 8-hydroxyquinoline sulphate (HQS) (Hussein, 1994) have been reported to play an important role among the major antimicrobial compounds used to prolong the vase life of cut flowers. Numerous investigations have demonstrated the potent antibacterial qualities of the essential oils isolated from various plant components against a wide range of diseases. High concentrations of phenolic, aldehyde, terpene, alcohol, and flavonoid compounds, including methyl cinnamate, eugenol, e-cinnamaldehyde, alpha-pinene, citral-a, citral-b, beta-pinene, patchouli alcohol, azadirachtin, 1-8-cineole, pongamicin, and karanjin, have been reported to be present (Prabuseenivasan et al., 2006; Damjanović-Vratnica et al., 2011; Khan and Ahmad, 2011; Lavanya and Brahma Prakash, 2011; Assiri et al., 2016). Furthermore, vascular obstruction brought on by bacteria and other microorganisms has been shown in numerous studies on cut flowers to reduce water intake, which in turn can cause stem breakage and petal wilting (Van doorn and De Witte, 1994; Nair et al., 2003). 8-HQC inhibited the proliferation of bacteria and fungi in water. These microorganisms could cause flowers to wilt by reducing their water intake.

By inhibiting the growth of microorganisms, it prevented blockage of the water transport vessels of flowers. This allows flowers to take up water better and slows down the wilting process. Carnation flowers are ethylene sensitive plants. ethylene increases during vase life. 8-HQC, salicylic acid, and thymol limited the growth of microorganisms and increased

the water uptake of the flowers for a longer period of time and kept them fresh longer. Although studies on the inhibition of ethylene production by 8-HQC, salicylic acid, and thymol are limited, it is thought that these treatments indirectly reduce stress-induced ethylene production in flowers by increasing water uptake and limiting bacterial growth.

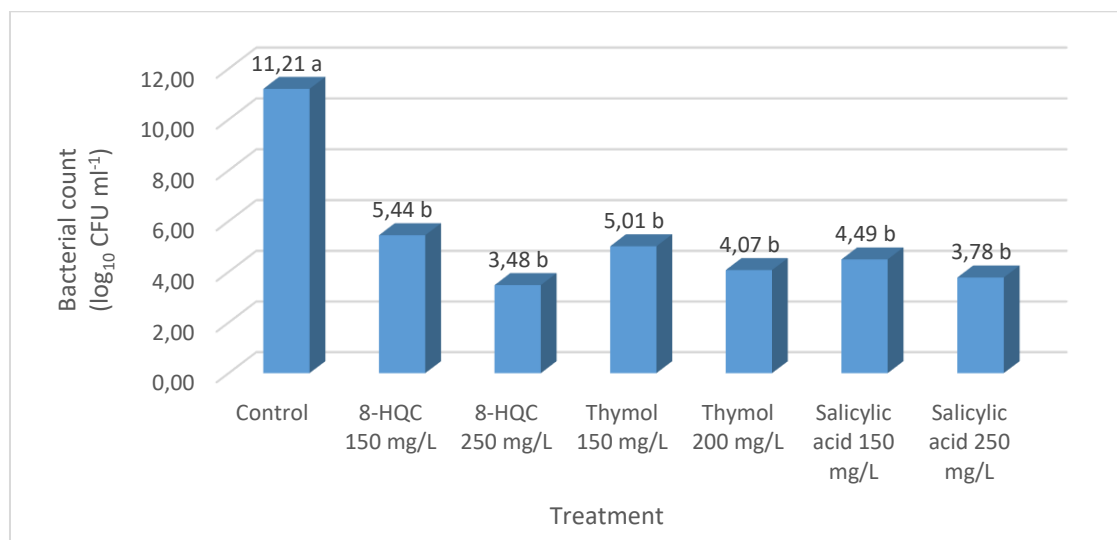


Figure 4. The effects of sanitation solutions on bacterial count of cut carnation (Data in columns with different letters show a significant difference ($p \leq 0.05$). The means of each individual treatment are compared in letters (a–b)).

3.3. Pigment content

In the study, various changes in L a b values occurred during the vase life of white carnations. White carnations usually have a high L value on the first day, because the white colour shows high luminosity (brightness). When the flower faded completely, the white color became dull and the L value decreased in all treatments, including the control (Figure 5). In general, the a-value of white carnations is usually close to zero or may have a very low

positive or negative value. As the flower wilted, the value became more pronounced in the control treatment in the last days of vase life, as the white color deteriorated to brown or grey (Figure 6). On the first day, the b-value in carnations of ‘Baltico’ is also usually close to zero or has a very low positive (slightly yellow) value. With aging there may be a slight yellowing, which caused the b value to increase positively in all treatments, including the control (Figure 7).

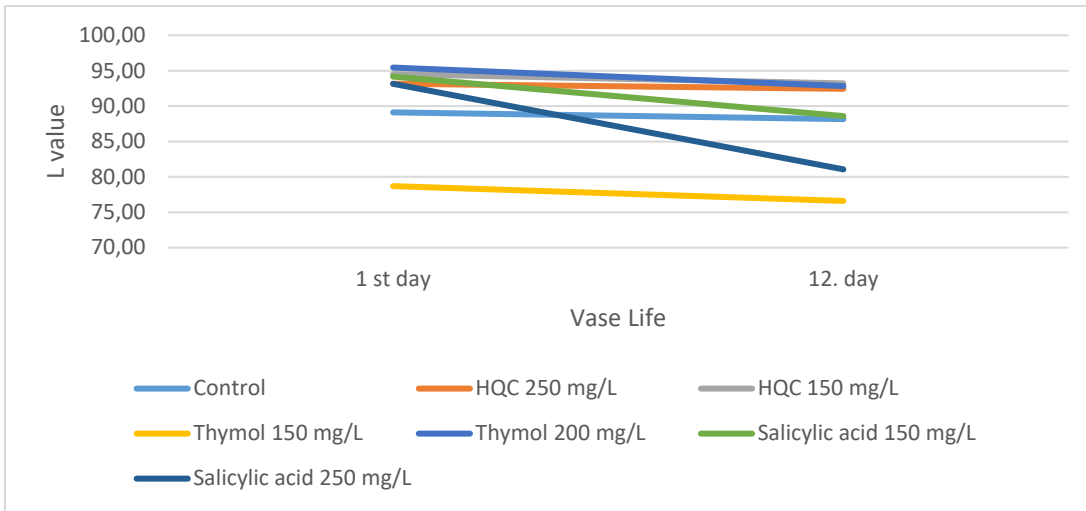


Figure 5. Variances in ‘Baltico’ flower color and L value (brightness) during the vase life

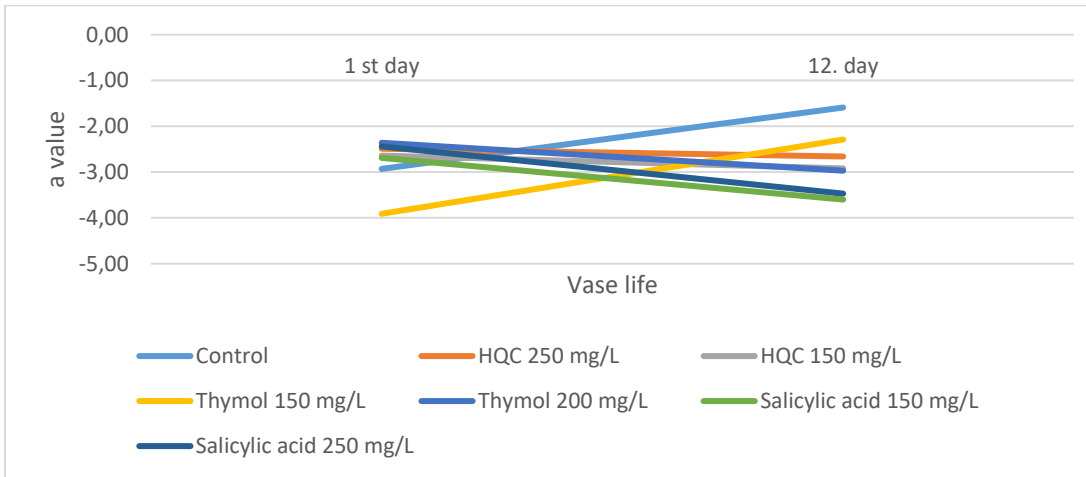


Figure 6. Variances in *a*-value color of ‘Baltico’ flowers during vase life

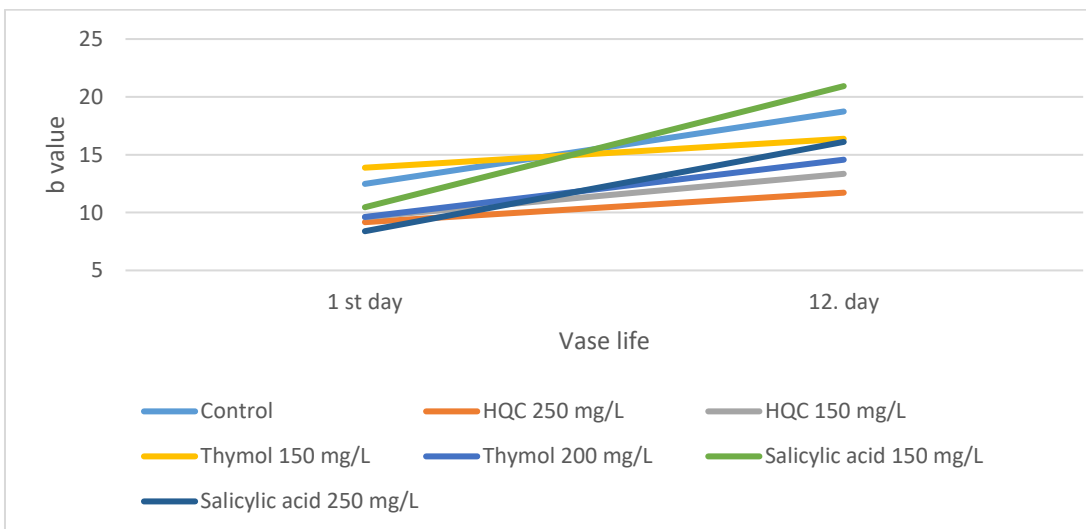


Figure 7. Variances in *b*-value color of ‘Baltico’ flowers during vase life

4. Conclusions

This study had a significant effect on the physiological changes that occur in carnation cut flowers during their vase life after harvest. The vase life of the 'Baltico' flowers was extended by up to 2.09 days and 2.02 days, respectively, by the 250 mg L⁻¹ 8-HQC and 250 mg L⁻¹ salicylic acid treatments, compared to the control. 8-HQC and salicylic acid prevented bacterial development, floral wilting, and color deterioration. These statistics are crucial because they highlight how difficult it can be to choose the right pulse solution treatment to prolong the vase life of a carnation-cut flower. Players in the cut carnation market can utilize this research as a resource to help them choose the best pulsing solution treatment for carnation cut flowers that will satisfy consumers while also interests of taking farmers into account.

References

- Aalifar, M., Aliniaiefard, S., Arab, M., Zare Mehrjerdi, M., Dianati Daylami, S., Serek, M., Woltering, E., Li, T., 2020. Blue light improves vase life of carnation-cut flowers through its effect on the antioxidant defense system. *Frontiers in Plant Science*, 11:511.
- Amin, O.A., 2017. II-Effect of some chemical treatments on keeping quality and vase life of cut chrysanthemum flowers. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 6 (1): 221-243.
- Ansari, M.S., Misra, N., 2007. Miraculous role of salicylic acid in plant and animal system. *American Journal of Plant Physiology*, 2:51-58.
- Assiri, A.M.A., Elbanna, K., Abulreesh, H.H., Ramadan, M.F., 2016. Bioactive compounds of cold-pressed thyme (*Thymus vulgaris*) oil with antioxidant and antimicrobial properties. *Journal of Oleo Science*, 65(8):629–640.
- Aydın, V., 2015. Magnum kesme gül çeşitinin vazo ömrü üzerine pulsing, nano gümüş ve sakkaroz uygulamalarının etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Aydın, V., 2023. Research topics in Agriculture, (Ed: K. Kökten, S. Özdemir). Some chemicals used in cut flower vase solutions and their effects, Iksad Publishing House, Ankara, pp.147-162.
- Boxriker, M., Möhring, J., Piepho, H.P., 2018. Genetic and phenotypic correlation for breeding relevant traits in *Dianthus caryophyllus* L. *Postharvest Biology and Technology*, 143:129-136.
- Canakci, S., 2008. Effects of salicylic acid on fresh weight change, chlorophyll and protein amounts of radish (*Raphanus sativus* L.) seedling. *Journal of Biological Sciences*, 8:431-435.
- Damjanović-Vratnica, B., Đakov, T., Šuković, D., Damjanović, J., 2011. Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(3):277–284.
- Darqui, F.S., Radonic, L.M., Hopp, H., Bilbao, M.L., 2017. Biotechnological improvement of ornamental plants. *Ornamental Horticulture*, 23(3):279-288.
- Di W.U., 2008. Effects of antibiotics on the senescence of *Gerbera jamesonii* cut flowers. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 25.
- Dole, J.M., Carlson, A.S., Crawford, B.D., McCall, I.F., 2013. Vase life of new cut flowers. *Acta Horticulturae*, 1000:63-70.
- Düzgün, S., Çavuşoğlu, Ş., 2024. Maintaining the quality and storage life of strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.) with melatonin and methyl jasmonate. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(2):273-282.
- Hassan, F., Schmidt, G., 2004. Post-harvest characteristics of cut carnations as the result of chemical treatments, *Acta Agronomica Hungarica*, 52(2):125-132.

- He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E., Faragher, J.D., 2006. Stem end blockage in cut *Grevillea* 'Crimson Yul-lo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, 41:78–84.
- Hussein, H.A.A., 1994. Varietal responses of cut flowers to different antimicrobial agents of bacterial contamination and keeping quality. *Acta Horticulturae*, 368: 106–116.
- Ichimura, K., Kawabata, Y., Kishimoto, M., Goto, R., Yamada, K., 2002. Variation with the cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bulletin of the National Institute of Floricultural Science*, 2: 9–20.
- Jalili Marandi, R., Hassani, A., Abdollahi, A., Hanafi, S., 2011. Application of *Carum copticum* and *Saturega hortensis* essential oils and salicylic acid and silver thiosulphate in increasing the vase life of cut rose flowers. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(20):5034–5038.
- Kazaz, S., Kilic, T., Doğan, E., Sekmen, Ş., 2020. Vase life extension of cut hydrangea (*Hydrangea macrophylla*) flowers, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(3): 325-330.
- Kazaz, S., Doğan, E., Kilic, T., Sahin, E.G.E., Seyhan, S., 2019. Influence of holding solutions on vase life of cut hydrangea flowers (*Hydrangea macrophylla* Thunb.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4A): 3554-3559.
- Kazemi, M., Shokri, K., 2011. Role of salicylic acid in decreases of membrane senescence in cut lisianthus flowers. *World Applied Sciences Journal*, 13(1):142-146.
- Kereçin, G., Öztürk, F., 2024. The effect of salicylic acid and salt stress on seeder development of some soya (*Glycine max.* L.) cultivars. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 25-35.
- Khan, M.S.A., Ahmad, I., 2011. Antifungal activity of essential oils and their synergy with fluconazole against drug resistant strains of *Aspergillus fumigates* and *Trichophyton rubrum*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 90:1083–1094.
- Knee, M., 2000. Selection of biocides for use in floral preservatives. *Postharvest Biology and Technology*, 18: 227–234.
- Kuddin, A.F.M.J., Shamsuzzoha, M., Nusrat, A., Taufique, T., Mehraj, H., 2016. Vase life improvement of yellow gladiolus through different preservative solutions. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 10(1):837-842.
- Lavanya, G., Bramhaprakash, G.P., 2011. Phytochemical screening and antimicrobial activity of compounds from selected medicinal and aromatic plants. *International Journal of Science and Nature*, 2(2):287–291.
- Mahdavian, K., Kalantari, K.M., Ghorbanli, M., 2007. The effect of different concentrations of salicylic acid on protective enzyme activities of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10:3162-3165.
- Maillard, J.Y., 2002. Bacterial target sites for biocide action. *Journal of Applied Microbiology*, 92: 16–27.
- Marousky, F.J., 1969. Vascular blockage, water absorption, stomatal opening and respiration of cut 'Better Times' roses treated with 8-hydroxyquinoline citrate and sucrose. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 94: 223–226.
- Mayak, S., Halevy, A.H., Sagie, S., Bar-Yoseph, A., Bravdo, B., 1974. The water balance of cut rose flowers. *Physiologia Plantarum*, 31: 15–22.
- Mba, F.O., Zhi-Ting, X., Hai-Jie, Q., 2007. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in chinese cabbage (*Brassica chinensis*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10:3065-3071.

- Mei-hua, F., Jian-Xin, W., Shi, L., Shi, G., Fan, L., 2008. Salicylic acid and 6-BA effects in shelf-life improvement of *Gerbera jamesonii* cut flowers. *Anhui Agricultural Science Bulletin*.
- Nair, S.A., Singh, V.T., Sharma, V.R.S., 2003. Effect of chemical preservatives on enhancing vase-life of gerbera flowers. *Journal of Tropical Agriculture*, 41:56–58.
- Pizano, M., 2009. Research shows the way for postharvest treatment roses. *Flower Tech.* 12(6):1-13.
- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., Ignacimuthu, S., 2006. In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6(39):1–8.
- Solgi, M., Ghorbanpour, M., 2014. Application of essential oils and their biological effects on extending the shelf-life and quality of horticultural crops. *Trakia Journal of Sciences*, 2:198–210.
- Solgi, M., Kafi, M.T., Taghavi, S., Naderi, R., 2009. Essential oils and silver nanoparticles (snp) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. ‘Dune’) flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 53:155–158.
- Van Doorn, W.G., 1997. Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews*, 18: 1–85.
- Van Doorn, W.G., Witte, Y.D., Perik, R.R.J., 1990. Effect of antimicrobial compounds on the number of bacteria in stems of cut rose flowers. *Journal of Applied Bacteriology*, 1(68): 117–122.
- Van Doorn, W.G., Witte, Y.D., 1994. Effect of bacteria on scape bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119:568–571.
- Vilas, R., Karhana, P.K., Meena, R.K., Singh, S., 2017. Effect of biocides {AgNO₃, Al₂(SO₄)₃, 8-HQC and Sucrose} on the post harvest life of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(5): 1599-1602.
- Yagi, A., Ataka, S., Yu, B.P., 2021. Putative roles of aloe ingredients in aging and age-related diseases: management of microbiota senescence inflammatory process. *Journal of Gastroenterology and Hepatology Research*, 10(2):3460-3465.

To Cite

Doğan Meral, E., 2024. Increasing the Vase Life of Cut Carnation (*Dianthus caryophyllus* L. ‘Baltico’) by Reducing Xylem Congestion with Some Solutions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 698-708.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12745986>.



İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* Lam.)'nin Ot Verimi ve Yem Değeri Üzerine Organik Gübrelere ve Biçim Zamanlarının Etkileri

Vedat ESER¹, Zübeyir AĞIRAĞAÇ^{1*}, Şeyda ZORER ÇELEBİ¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): zubeyiragiragac@yyu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü araştırma arazisinde 2021-2022 yaz sezonunda gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı, İtalyan çimi (süt otu) bitkisinde farklı olgunluk dönemlerinde yapılan biçim ve üç farklı organik gübrenin verim ve kalite üzerine olan etkilerini belirlemektir. Çalışmada, Süt otu'nun Master çeşidi kullanılmış olup organik gübre olarak vermikompost, hümik asit ve deniz yosunu; standart gübre olarak ise DAP (Diamonyum Fosfat) ve amonyum sülfat uygulanmıştır. Biçimler çiçeklenme öncesi, erken çiçeklenme ve geç çiçeklenme dönemlerinde yapılmıştır. Deneme, tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, bitki boyu 38.4-72.5 cm arasında değişmiş ve en yüksek değer geç çiçeklenme döneminde vermikompost uygulamasından elde edilmiştir. Yeşil ot verimi 3130.0-1347.5 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup, en yüksek verim erken çiçeklenme döneminde vermikompost uygulamasından alınmıştır. En yüksek ham protein oranı çiçeklenme öncesi dönemde tüm organik gübrelere elde edilmiştir. Sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değeri, çiçeklenme öncesi hümik asit uygulamasında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Sonuç olarak, erken çiçeklenme dönemi verim açısından, çiçeklenme öncesi dönem ise kalite açısından en uygun biçim zamanı olarak belirlenmiştir. Organik gübre uygulamaları, özellikle vermikompost ve hümik asit, bitkinin verim ve kalitesini artırmada ön plana çıkmıştır.

Effects of Organic Fertilizers and Mowing Times on Grass Yield and Feed Value of Italian Grass (*Lolium multiflorum* Lam.)

Abstract

This study was carried out in the research field of Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in the summer season of 2021-2022. The study aimed to determine the effects of mowing at different maturity periods and three different organic fertilizers on the yield and quality of Italian grass (milkweed). A master variety of milkweed was used in the study. Vermicompost, humic acid, and seaweed were applied as organic fertilizers, and DAP (Diammonium Phosphate) and ammonium sulfate were applied as standard fertilizers. Mowing was done at pre-flowering, early flowering, and late flowering periods. The experiment was established using the factorial trial design in randomized blocks with three replications. According to the results, plant height varied between 38.4-72.5 cm, and the highest value was obtained from vermikompost application in the late flowering period. Green grass yield varied between 3130.0-1347.5 kg ha⁻¹ and the highest yield was obtained from vermikompost application during the early flowering period. The highest crude protein content was obtained from all organic fertilizers in the early flowering period. Digestible dry matter and relative feed value reached the highest values in humic acid application before flowering. As a result, the early flowering period was determined as the most suitable harvesting time in terms of yield and the pre-flowering period in terms of quality. Organic fertilizer applications, especially vermikompost and humic acid, came to the forefront in increasing the yield and quality of the plant.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :22.04.2024

Kabul Tarihi :28.05.2024

Anahtar Kelimeler

Biçim dönemi
organik gübre
süt otu
verim

Research Article

Article History

Received :22.04.2024

Accepted :28.05.2024

Keywords

Mowing period
organic fertiliser
ryegrass (milkweed)
yield

1. Giriş

Hayvansal üretim, dünya nüfusunun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için kritik bir öneme sahiptir. Ancak, bu üretimin sürdürülebilir ve verimli bir şekilde yapılması, doğal kaynakların korunması ve besin güvenliği açısından büyük bir sorumluluk gerektirir. Bu çerçevede, yem bitkileri yetiştiriciliği, hayvansal üretimin sürdürülebilirliğinde ve besin zincirinin etkin işleyişinde kilit bir rol üstlenmektedir. Yem bitkileri, hayvanların sağlıklı büyümesi ve yeterli besin değerlerine sahip et ve süt ürünleri üretmesi için gerekli protein, vitamin ve minerallerin kaynağını sağlar. Böylece, hayvanların dengeli bir diyetle beslenmesine katkıda bulunarak, insanlar için yüksek kaliteli hayvansal ürünlerin üretimini mümkün kılar (Tan, 2010; Tufan ve ark., 2023). Yem bitkilerinin çoğu buğdaygil ve baklagil familyalarına aittir (Açıkgöz, 2001). Buğdaygiller familyası (Poaceae), tek çenekliler (Monocotyledoneae) alt sınıfında yer alır ve dünya genelinde yaklaşık 650-785 cins ile 10.000 tür içerir (Açıkgöz, 2001; Avcıoğlu ve ark., 2009). Bu bitkiler arasında süt otu, hızlı büyüme, uzun boylu olma ve yüksek besin değeriyle dikkat çekmektedir. İtalyan çimi veya tek yıllık çim olarak bilinen süt otu, Avrupa, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'da geniş çapta yetiştirilmekte olup, özellikle sığır, koyun ve keçi besiciliği için önemli bir protein ve enerji kaynağıdır. Türkiye'nin iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olan bu bitki, yüksek metabolize edilebilir enerji (ME) içeriği ve sindirilebilir oranıyla değerli bir yem bitkisidir. Otlama, biçilerek, silaj yapma veya kurutularak kullanma gibi çeşitli yöntemlerle tarımsal üretimde farklı amaçlar için değerlendirilebilir (Bernard ve ark., 2002; Cooke ve ark., 2008; Baldinger ve ark., 2011; Gemalmaz ve Talay, 2016; Çetinkaya, 2019; Ağırağaç ve Zorer Çelebi, 2021; Ensar ve Hanife, 2023). Ayrıca istenilen özellik ve kalitede yem üretiminde, yem bitkisi tür ve çeşidinin yanı sıra biçim devresinin de yem kalitesine etkisi olduğu bilinmektedir (Özyazıcı ve Açıkgöz, 2019). Erken dönemde biçilen yem bitkilerinin kalitesi artmakta, ancak verim düşmektedir. Biçim döneminin

gecikmesiyle verim artsa da lignifikasyonun etkisiyle yem kalitesi ve lezzetinde azalmalar meydana gelmektedir (Gürsoy ve Macit, 2020). Kültürel tarım pratiği içerisinde yer alan tüm bitkilerde olduğu gibi, süt otu yetiştiriciliğinde de daha yüksek kaliteli ve verimli ürünler elde etmek için bir dizi faktörün önemi büyüktür. İklim, toprak yapısı, rakım, ekim zamanı, ekim sıklığı, gübreleme, sulama, hasat zamanı ve kullanılan çeşit gibi faktörler bu süreçte etkilidir. Ancak bu parametreler arasında, ürünün kalitesi ve miktarı üzerinde doğrudan etkili olan en kritik faktör gübrelemedir. Gübreleme, bitkilerin çimlenme sürecinden olgunluğa kadar geçen dönemde, topraktan veya bitkilerin toprak üstü organları tarafından alabileceği organik veya inorganik maddelerin sağlanmasıdır. Bu maddeler, bitkilerin gelişmesini ve büyümesini destekleyen besin maddeleridir ve genellikle toprağa, bitkilerin gövde ve yapraklarına uygulanarak verilir (Ağırağaç, 2024). Tarımsal üretimde yüksek verim için genellikle yoğun kimyasal gübre kullanımı tercih edilse de (Gronle ve ark., 2015), bu uzun vadede çeşitli sorunlara yol açabilir. Bu sebeple, bitkilerin topraktan aldıkları besin maddelerinin tekrar toprağa kazandırılması ve toprak yapısının korunması önemlidir. Organik gübreler, bitkisel ve hayvansal atıkların doğal olarak ayrışması sonucu oluşan gübrelerdir. Toprağın yapısını iyileştirerek verimliliğini artırır ve bitkiler için gerekli besinleri sağlarlar. Ayrıca, sürdürülebilir tarımı teşvik eder ve gelecek nesillerin gıda güvencesini sağlamada önemli bir rol oynarlar (Ağırağaç ve Zorer Çelebi, 2022). Günümüzde tarımda en çok kullanılan organik gübreler arasında hümik asit, deniz yosunu ve vermikompost bulunmaktadır. Bu gübreler genellikle sıvı formda olup yapraktan uygulanır (Ağırağaç, 2024). Yaprak gübreleri, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinden bir veya birkaçını içerir ve püskürtme yöntemiyle uygulanarak bitkilerin besinleri hızlı ve etkili bir şekilde almasını sağlar (Nazar ve ark., 2012). Bu çalışma, bölgede yetiştirilen süt otunun birden fazla biçim potansiyelini belirlemeyi, verim kalitesini artırmak için uygun biçim dönemlerini saptamayı ve organik gübre

kullanımının etkinliğini araştırmayı hedeflemektedir. Özellikle Doğu Anadolu bölgesinde yaygın olan büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkla birlikte süt otunun tarım sistemi içerisindeki potansiyelini belirlemek, bölge hayvancılığının gelişimine ve sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma aynı zamanda, tarımsal uygulamaların verimliliğini artırarak bölgedeki tarımsal üretimin bilimsel temellerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama alanında 2021-2022 yılında yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü döneme ait iklim verileri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre, çalışmanın kapsadığı 2021 Ekim ve 2022 Eylül dönemine ait sıcaklık ortalaması 10.2 °C olup, bu değer uzun yıllar ortalamasından (9.5 °C) yüksektir. Toplam yağış ortalaması 392.7 mm olarak kaydedilmiş ve uzun yıllar ortalamasıyla benzerlik göstermiştir.

Tablo 1. Denemenin yürütüldüğü Van ili için 2021-2022 dönemine ait ve uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim değerleri

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)	
	UYO	2021-2022	UYO	2021-2022
Ekim	11.3	10.3	46.5	46.5
Kasım	4.9	4.5	47.1	46.8
Aralık	-0.4	-0.2	37.7	38.7
Ocak	-3.1	-3.1	36.1	36.2
Şubat	-2.5	-2.5	32.6	32.6
Mart	1.6	1.6	46.0	46.7
Nisan	7.8	7.8	54.6	54.0
Mayıs	13.2	18.6	45.6	45.7
Haziran	18.3	24.0	18.4	18.5
Temmuz	23.3	26.3	6.3	6.1
Ağustos	22.2	23.4	5.8	5.4
Eylül	17.9	17.4	15.3	15.2
Ortalama/Toplam	9.5	10.2	392.0	392.7

Deneme alanından 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre, toprak yapısı hafif alkali, kireçli ve az tuzlu özellik göstermiştir. Organik

madde içeriği % 1.21-1.44 ile düşük seviyede olup, toprak yapısı kumlu, killi ve tınlı bir yapıdadır

Tablo 2. Deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	pH	Kireç	Toplam Tuz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Organik Madde (%)	Tekstür Sınıfı
0-20 cm	7.72	18.4	0.09	43.97	35.08	20.95	1.44	Kumlu-killi-tınlı
20-40 cm	7.61	19	0.07	49.39	31.76	18.88	1.21	Kumlu-killi-tınlı

Denemede bitki materyali olarak süt otu'nun Master çeşidi kullanılmış olup, gübre olarak DAP, amonyum sülfat, hümik asit (GO ENERGY), deniz yosunu (EXOVA) ve vermikompost (RİVASOL) kullanılmıştır.

Deneme, 15.10.2021 tarihinde tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Her parsel, 20 cm sıra arası, sıra uzunluğu 3 m ve 7 sıradan oluşacak şekilde planlanmış olup, parsel

büyüklüğü 4.2 m²'dir (20 cm x 300 cm x 7 sıra). Parseller arasında 150 cm, bloklar arasında ise 200 cm boşluk bırakılmıştır. Ekim işlemi, 3-4 cm derinliğe denk gelecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Gübreleme işlemi, DAP gübresi ekimle birlikte her parselde 2.5 kg da⁻¹ saf azota denk gelecek şekilde uygulanmıştır. Amonyum sülfat gübresi ise kontrol grubunu oluşturan parsellere her biçim sonrası 2.5 kg da⁻¹ saf N gelecek şekilde verilmiştir. Organik gübrelerin uygulanacağı parsellere ise her biçim sonrası firmaların önerdiği miktarda yapraklı olarak uygulanmıştır. Sulama işlemi suyu etkin kullanmak amacıyla yetiştirme periyodu boyunca yağmurlama sulama olarak yapılmıştır. Yabancı ot kontrolü çıkıştan sonra el çapasıyla yapılmıştır. Biçimler, çiçeklenme öncesi, erken çiçeklenme ve geç çiçeklenme olmak üzere üç farklı olgunluk aşamasında gerçekleştirilmiştir. Çiçeklenme öncesi ve erken çiçeklenme dönemlerinde toplam dört biçim, geç çiçeklenme döneminde ise üç biçim yapılmıştır. Biçim tarihleri şu şekildedir; Erken çiçeklenme dönemleri için 12.05.2022, 13.06.2022, 15.07.2022, 09.08.2022; çiçeklenme öncesi dönemleri için 20.05.2022, 20.06.2022, 21.07.2022, 16.08.2022; geç çiçeklenme dönemleri için ise 06.05.2022, 27.06.2022, 02.08.2022 tarihlerine denk gelmektedir. Araştırmada bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru madde oranı, ham protein oranı, ham protein verimi, ADF (asit

deterjan lifi), NDF (nötr deterjan lifi), sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi ve nispi yem değeri incelenmiştir. Bitki boyu, her parselden tesadüfen seçilen 10 bitkinin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Yeşil ot verimi, parsel kenarlarındaki bitkiler atıldıktan sonra ortada kalan iki sıradaki bitkiler biçilip tartılarak kg cinsinden ölçülmüştür. Kuru ot verimleri, bitki örnekleri 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak belirlenmiştir. Ham protein oranı belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi kullanılmış, ADF (asit deterjan lifi) ve NDF (nötr deterjan lifi) belirlenmesinde ise fiber analiz cihazı kullanılmıştır. Sindirilebilir kuru madde, ham protein verimi, kuru madde tüketimi ve nispi yem değeri ise (Altınok ve Karakaya, 2002 ile Aygün, 2021) tarafından belirtilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler, SPSS 27.0 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre analiz edilmiştir. Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gözlemler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada, farklı organik gübre uygulamalarının ve biçim dönemlerinin süt otunun verim, kimyasal kompozisyon ve bağıl yem değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Organik gübrelerin farklı olgunluk döneminde biçilen süt otunun verim, kimyasal kompozisyon ve bağıl yem değeri etkisine ilişkin varyans analizi

Varyasyonlar	Verim				Kimyasal Kompozisyon				Bağıl Yem Değeri		
	BB	YOV	KOV	HPV	KMO	HPO	ADF	NDF	SKM	KMT	NYD
Gübre	78.04**	73.38**	15.30**	17.39**	0.97	1.86**	3.62*	1.83*	1.83*	5.47*	5.93**
Biçim Dönemi	1682.21**	320.84**	129.92**	127.77**	33.57**	105.02**	1.86	62.21**	62.17**	62.80**	102.72**
Gübre x Biçim Dönemi	26.54**	28.16**	5.50**	5.83**	0.67	1.31**	8.04**	1.91**	1.91**	1.92*	3.22*
Blok	1.66	0.44	3.25	4.10	1.97	1.52	2.79	31.79	1.78	2.59	3.15

*: 0.05 düzeyinde anlamlı farklılıkları gösterir; **: 0.01 düzeyinde anlamlı farklılıkları gösterir. BB: bitki boyu; YOV: yeşil ot verimi; KOV: kuru ot verimi; HPV: ham protein verimi; KMO: kuru madde oranı; HPO: ham protein oranı; ADF: asit deterjan lif; NDF: nötr deterjan lif; SKM: sindirilebilir kuru madde; KMT: kuru madde tüketimi; NYD: nispi yem değeri

3.1. Verim parametreleri

3.1.1. Bitki boyu

Elde edilen sonuçlara göre gübre, biçim dönemi ve gübre x biçim dönemi interaksyon etkisi bitki boyu üzerine % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübre uygulamalarının bitki boyuna etkisi incelendiğinde, en yüksek

bitki boyu 60.83 cm ile vermikompost uygulamasından elde edildiği ve bunu hümik asit uygulamasının 60.44 cm ile takip ettiği görülmektedir. En düşük bitki boyu ise 52.94 cm ile kontrol grubunda ölçülmüştür. Biçim dönemi ortalamalarına bakıldığında Biçim dönemi ortalamalarına bakıldığında en yüksek bitki boyu 66.82 cm ile geç çiçeklenme ve

66.04 cm ile erken çiçeklenme dönemlerinde, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde gözlemlenmiştir (Tablo 4). Gübre ve biçim dönemi interaksiyonunda, hümik asit ve vermikompost en iyi sonuçları erken ve geç çiçeklenme dönemlerinde vermiştir. Tüm gübre uygulamalarında en düşük değerler çiçeklenme öncesi dönemde ölçülmüştür (Tablo 5). Süt otu üzerine yapılan çalışmalarda, bitki boyu Kahramanmaraş'ta 60.3-71.6 cm (Kesiktaş 2010), Kırşehir'de 74.5 cm (Şimşek 2015) ve Aydın'da iki biçim ortalaması olarak 100.6 cm (Kara 2016) olarak ölçülmüştür. Araştırmamızda elde edilen bitki boyu ortalamaları, Kesiktaş (2010) ve Şimşek (2015) ile uyumlu, ancak Kara (2016) çalışmasındaki değerinden altındadır.

3.1.2. Yaş ot verimi

Elde edilen sonuçlara göre gübre, biçim dönemi ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi yaş ot verimi üzerinde % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübre uygulamalarından elde edilen en yüksek yeşil ot verimi, 2312.22 kg da⁻¹ ile vermikompost uygulamasından elde edilirken, bunu 2236.38 kg da⁻¹ ile hümik asit takip etmiştir. En düşük verim ise 1664.44 kg da⁻¹ ile kontrol grubunda ölçülmüştür. Biçim dönemlerine göre en yüksek verim 2658.33 kg da⁻¹ ile erken çiçeklenme döneminde, en düşük verimler ise çiçeklenme öncesi 1719.19 kg da⁻¹ ve geç çiçeklenme döneminde 1745.83 kg da⁻¹ olarak kaydedilmiştir (Tablo 4). Organik gübre ve biçim dönemi interaksiyonunda en yüksek verim, 3130.0 kg da⁻¹ ile erken çiçeklenme döneminde vermikompost uygulamasında, en düşük verim ise geç çiçeklenme döneminde deniz yosunu uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 5). Süt otu üzerine yapılan çalışmalarda, yeşil ot verimi Samsun'da 1038.6 kg da⁻¹ (Göktepe 2015), Kırşehir'de 683.5 kg da⁻¹ (Şimşek, 2015) ve Aydın'da iki biçim ortalaması olarak 3119.2 kg da⁻¹ (Kara, 2016) olarak belirlenmiştir.

3.1.3. Kuru ot verimi

Elde edilen sonuçlara göre gübre, biçim dönemi ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi kuru ot verimi üzerine %

1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübre ortalamalarına göre, en yüksek kuru ot verimi 1300.44 kg da⁻¹ ile vermikompost uygulamasından elde edilmiş, bunu 1184.00 kg da⁻¹ ile hümik asit uygulaması takip etmiştir. En düşük verim ise 866.77 kg da⁻¹ ile kontrol grubunda ölçülmüştür. Biçim dönemlerine göre en yüksek kuru ot verimi 1613.00 kg da⁻¹ ile erken çiçeklenme döneminde, en düşük verim ise çiçeklenme öncesi dönemde 699.50 kg da⁻¹ olarak kaydedilmiştir (Tablo 4). Organik gübre ve biçim dönemi interaksiyonunun en yüksek kuru ot verimi erken çiçeklenme döneminde tüm organik gübre uygulamalarından alınmışken, en düşük verim çiçeklenme öncesi dönemde tüm gübre uygulamaları ve geç çiçeklenme döneminde deniz yosunu uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 5). Araştırma sonuçlarına göre, kuru madde verimi çiçeklenme öncesi ve erken çiçeklenme dönemlerinde dört biçim, geç çiçeklenme döneminde ise üç biçim yapıldığından biçim dönemlerinin belirleyici bir faktör olduğu görülmüştür.

3.1.4. Ham protein verimi

Elde edilen sonuçlara göre gübre, biçim dönemi ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi ham protein verimi üzerine % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). En yüksek ham protein verimi, 119.23 kg da⁻¹ ile vermikompost uygulamasından elde edilmiş, bunu 109.49 kg da⁻¹ ile hümik asit uygulaması takip etmiştir. En düşük verim ise 76.36 kg da⁻¹ ile kontrol grubunda ölçülmüştür. Biçim dönemlerine göre en yüksek ham protein verimi 151.54 kg da⁻¹ ile erken çiçeklenme döneminde elde edilmişken, en düşük verimler geç çiçeklenme dönemi (78.70 kg da⁻¹) ve çiçeklenme öncesi dönem (75.28 kg da⁻¹) için kaydedilmiştir (Tablo 4). İnteraksiyon sonuçlarına göre, en yüksek ham protein içeriği erken çiçeklenme döneminde tüm organik gübre uygulamalarından alınmıştır. En düşük ham protein içeriği ise çiçeklenme öncesi dönemde tüm gübre uygulamaları ve geç çiçeklenme döneminde kontrol grubundan elde edilmiştir (Tablo 5). Ham protein verimi, bitkinin ham protein içeriği ve kuru ot verimiyle belirlenir. Erken biçim dönemlerinde ham protein verimi

artarken kuru ot verimi düşer. Geç biçim dönemlerinde ise ham protein verimi azalırken kuru ot verimi artar. Bu durum, hayvan besleme açısından önemlidir çünkü dengeli bir besleme için ideal biçim zamanını belirlemek gereklidir. Farklı biçim dönemleri, ham protein verimi üzerinde belirgin farklılıklar yaratabilir ve bu, optimal biçim dönemini belirlemede kritik bir parametredir. Süt otu üzerine yapılan çalışmalarda, Aydın'da ham protein verimi 67.70 kg da⁻¹ (Kara, 2016), Kahramanmaraş'ta 92.4 kg da⁻¹ (Keşiktaş, 2010), Tokat'ta ise 91.6 kg da⁻¹ (Çetin, 2017) olarak ölçülmüştür. Son yıllarda bitki beslemede organik gübre

kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bu gübrelerin kullanımı, bitkilerin kalite ve veriminde belirgin artışlar sağlamaktadır. Ağırağaç (2024), Van ekolojik koşullarında yürüttüğü mısır çalışmasında, hümik asit ve vermikompostun bitki boyu, yaş ot verimi, kuru ot verimi ve ham protein verimi gibi verim parametrelerini artırdığını kaydetmiştir. Hümik asit ve vermikompost yaprak gübrelerinin içeriğinde bulunan bitki besin elementleri ve bitki gelişim düzenleyicileri sayesinde, bitki boyu ve verimi üzerinde olumlu etkiler görülmektedir (Chandra Sharma ve Banik, 2014; Liu ve ark., 2019).

Tablo 4. Organik gübrelerin ve biçim dönemlerinin süt otunun verim, kimyasal kompozisyon ve bağıl yem değerine etkisi

F	U	Verim				Kimyasal Kompozisyon				Bağıl Yem Değeri		
		BB	YOY	KOV	HPV	KMO	HPO	ADF	NDF	SKM	KMT	NYD
G	DY	55.11b	1951.38b	1090.44b	102.27b	34.02	9.50a	42.30a	53.14ab	47.50ab	2.24bc	83.05bc
	HA	60.44a	2236.38a	1184.00ab	109.49ab	31.68	9.38ab	41.54ab	52.19b	48.24a	2.32a	87.52a
	VK	60.83a	2312.22a	1300.44a	119.23a	34.46	9.25ab	41.90a	52.67ab	47.86ab	2.27ab	84.67ab
	K	52.94c	1664.44c	866.77c	76.36c	32.37	8.95b	40.53b	53.98a	46.84b	2.18c	79.75c
BD	ÇÖ	39.13b	1719.16b	699.50c	75.28b	25.41b	10.76a	41.41	48.71c	50.95a	2.45a	97.00a
	EÇ	66.04a	2658.33a	1613.00a	151.54a	37.68a	9.33b	42.10	54.12b	46.73b	2.18b	79.31b
	GÇ	66.82a	1745.83b	1018.75b	78.70b	36.31a	7.71c	41.19	56.16a	45.15c	2.14b	74.93c

Aynı sütündeki farklı harfler P<0.05'e göre önemlidir. BB: bitki boyu; YOY: yeşil ot verimi; KOV: kuru ot verimi; HPV: ham protein verimi; KMO: kuru madde oranı; HPO: ham protein oranı; ADF: asit deterjan lif; NDF: nötral deterjan lif; SKM: sindirilebilir kuru madde; KMT: kuru madde tüketimi; NYD: nispi yem değeri; F: faktör; U: uygulama; G: gübre; BD: biçim dönemi; DY: deniz yosunu; HA: hümik asit; VK: vermikompost, K: kontrol, ÇÖ: çiçeklenme öncesi dönem; EÇ: erken çiçeklenme dönemi; GÇ: geç çiçeklenme dönemi.

3.2. Kimyasal Kompozisyon

3.2.1. Kuru madde oranı

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre gübre ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun kuru madde oranı üzerindeki etkisi önemsiz bulunurken, biçim dönemi % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Kuru madde oranı % 34.46 ile % 31.68 arasında değişmiştir ve farklı biçim dönemleri bu oranda önemli farklılıklar yaratmıştır. En yüksek kuru madde oranı % 37.68 ile erken çiçeklenme döneminde, % 36.31 ile de geç çiçeklenme döneminde ölçülmüştür (Tablo 4).

3.2.2. Ham protein oranı

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre gübre, biçim dönemi ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi ham protein oranı üzerinde % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübre uygulaması ortalamalarına göre, en yüksek ham protein oranı % 9.50 ile

deniz yosunu uygulamasından elde edilmiş, bunu % 9.38 ile hümik asit ve % 9.25 ile vermikompost uygulamaları takip etmiştir. En düşük ham protein oranı ise % 8.95 olarak kontrol grubundan ölçülmüştür. Biçim dönemi ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek ham protein oranı % 10.76 ile çiçeklenme öncesi döneminde elde edilmiştir. En düşük ham protein oranı ise % 7.71 ile geç çiçeklenme döneminden ölçülmüştür (Tablo 4). İnteraksiyon sonuçlarına göre, en yüksek ham protein oranı, kontrol grubu dahil tüm gübre uygulamalarında çiçeklenme öncesi dönemde elde edilmiştir. En düşük ham protein oranı ise yine kontrol grubu dahil tüm gübre uygulamalarında geç çiçeklenme döneminden ölçülmüştür (Tablo 5). Samsun ili iklim şartlarında yapılan araştırmada İtalyan çiminde ham protein oranı % 17.39 olarak belirlenmiştir (Göktepe, 2015). Başka bir çalışmada ise Samsun koşullarında bu oran % 11.46 ile % 13.81 arasında değişmiştir (Yavuz

ve ark., 2017). Ege bölgesinde yapılan çalışmada ise üç biçim ortalaması olarak ham protein oranı % 10.10 olarak tespit edilmiştir (Kavut, 2016). Bu çalışmaların sonuçlarına göre, Göktepe (2015)'nin çalışmasından daha düşük, Yavuz ve ark. (2017) ve Kavut (2016)'nın çalışmalarına daha uyumlu ham protein oranları elde edilmiştir.

3.2.3. ADF

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre gübre etkisi % 5, biçim dönemi etkisi önemsiz ve gübre x biçim interaksiyonunun etkisi % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). En yüksek ADF (% 42.30) değeri deniz yosunu uygulamasından, onu % 41.90 ile vermikompost ve % 41.54 ile hümik asit uygulamaları takip etmiştir. En düşük ADF

değeri kontrol grubunda (% 40.53) ölçülmüştür (Tablo 4). İnteraksiyon sonuçlarına göre, en yüksek ADF değerleri erken çiçeklenme döneminde tüm organik gübre uygulamalarında, geç çiçeklenme döneminde deniz yosunu uygulamasında ve çiçeklenme öncesi kontrol grubunda bulunmuştur. En düşük ADF değeri ise erken çiçeklenme döneminde kontrol grubundan (% 38.53) elde edilmiştir (Tablo 5). Isparta ili iklim şartlarında yapılan çalışmada ADF oranı % 33.30 olarak belirlenmiştir (Türk ve ark., 2019). Çankırı'da yapılan bir çalışmada ise ADF oranı % 37.40 olarak rapor edilmiştir (Kuşvuran ve ark., ark., 2014). Tokat ilinde yapılan çalışmada ise üç biçim ortalaması olarak ADF oranı % 34.9 olarak elde edilmiştir (Çetin, 2017).

Tablo 5. Organik gübre ve biçim dönemi interaksiyonunun süt otunun verim, kimyasal kompozisyon ve bağıl yem değerine etkisi

G	BD	Verim				Kimyasal Kompozisyon				Bağıl Yem Değeri		
		BB	YOY	KOV	HPV	KMO	HPO	ADF	NDF	SKM	KMT	NYD
DY	ÇÖ	40.67d	1716def	702.0d	78.08de	25.53	11.14a	41.05bcd	49.27c	50.51b	2.44b	95.85b
	EÇ	62.07b	2790b	1765a	163.57ab	39.60	9.26 c	42.62abc	53.64b	47.11c	2.16de	79.06cd
	GÇ	62.60b	1347g	804.3d	65.17e	36.93	8.10de	43.24ab	56.52ab	44.87cd	2.13de	74.23d
HA	ÇÖ	38.43d	1750de	705.6d	76.45e	25.20	10.81a	40.35cde	46.00d	53.06a	2.61a	107.3a
	EÇ	71.03a	2896b	1729a	165.77ab	36.06	9.56bc	43.78a	54.90ab	46.12cd	2.21de	79.13cd
	GÇ	71.87a	2062c	1116bc	86.25de	33.80	7.77ef	40.51cde	55.67ab	45.53cd	2.15de	76.08cd
VK	ÇÖ	38.53d	1793de	743.6d	76.42e	25.93	10.29ab	41.15bcd	49.95c	49.98b	2.40b	93.2b
	EÇ	71.74a	3130a	1850a	178.15a	36.93	9.61bc	43.46ab	53.21b	47.44c	2.24cd	82.54c
	GÇ	72.50a	2013c	1307b	103.13bc	40.53	7.86ef	41.08bcd	54.86ab	46.16cd	2.18de	78.26cd
K	ÇÖ	38.90d	1616de	646.6d	70.16e	25.00	10.82a	43.12ab	49.62c	50.24b	2.35bc	91.59b
	EÇ	59.60c	1816d	1107bc	98.66cd	38.13	8.91cd	38.53e	54.74ab	46.25cd	2.13de	76.50cd
	GÇ	60.33bc	1560f	846.6cd	60.25e	34.00	7.13f	39.94de	57.59a	44.04d	2.08e	71.14d

Aynı sütündeki farklı harfler P<0.05'e göre önemlidir. BB: bitki boyu; YOY: yeşil ot verimi; KOV: kuru ot verimi; HPV: ham protein verimi; KMO: kuru madde oranı; HPO: ham protein oranı; ADF: asit deterjan lif; NDF: nötral deterjan lif; SKM: sindirilebilir kuru madde; KMT: kuru madde tüketimi; NYD: nispi yem değeri; G: gübre; BD: biçim dönemi; DY: deniz yosunu; HA: hümik asit; VK: vermikompost; K: kontrol; ÇÖ: çiçeklenme öncesi dönem; EÇ: erken çiçeklenme dönemi; GÇ: geç çiçeklenme dönemi.

3.2.4. NDF

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre gübre etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunurken, biçim dönemi ve gübre x biçim interaksiyonunun etkisi % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübre uygulamalarından sağlanan en yüksek NDF oranları istatistik olarak aynı grupta yer alan kontrol (% 53.98), deniz yosunu (% 53.14) ve vermikompost (% 52.67) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değer ise % 52.19 ile hümik asit uygulamasından elde edilmiştir. Biçim dönemlerine göre, en yüksek NDF değeri % 56.16 ile geç çiçeklenme döneminde, en

düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde belirlenmiştir (Tablo 4). Gübre ve biçim dönemi interaksiyonunu incelendiğinde, en yüksek NDF değeri % 57.59 ile geç çiçeklenme dönemi kontrol grubunda, en düşük NDF değeri ise % 46.00 ile çiçeklenme öncesi biçim döneminde hümik asit uygulamasında bulunmuştur (Tablo 5). Isparta ili iklim şartlarında yapılan çalışmada NDF oranı % 57.30 (Türk ve ark. 2019). Çankırı koşullarında yapılan çalışmada NDF % 58.7 (Kuşvuran ve ark., 2014), Tokat ilinde yapılan çalışmada üç biçim ortalaması olarak % 56.5 olarak elde edilmiştir. (Çetin, 2017). Yemin besleyici

değeri genellikle ham protein oranı ve toplam sindirilebilir besin (TSB) değeri ile ölçülür. Yüksek protein içeriğine sahip yemlerle beslenen hayvanlarda verim artışı ve maliyetlerin düştüğü gözlemlenmiştir (Boman, 2003). Çalışmada kullanılan organik gübrelerin başta deniz yosunu olmak üzere kullanılan diğer gübrelerinde bitkideki ham protein oranının artırdığı görülmektedir. Deniz yosunları, gübre olarak kullanımının yanı sıra, insanlar ve hayvanlar için besin kaynağı ve agar, alginik asit, karragen gibi polisakkaritlerin kaynağı olarak da önemlidir. İçerdikleri indol asetik asit, indol butirik asit, sitokinin, oksin ve absisik asit gibi büyümeyi teşvik edici hormonlar; demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), kobalt (Co), molibden (Mo), mangan (Mn), nikel (Ni) gibi iz elementler; vitaminler ve aminoasitler sayesinde değerli bir organik gübre kaynağıdır (Arıkan et al., 2011; Latique et al., 2013; Shahbazi et al., 2015). Layek ve ark., (2015), yürüttükleri bir çalışmada, deniz yosunu özünü konsantrasyonunun bitkideki karbonhidrat içeriğini % 12.3 ile % 17.4 ve protein içeriğini % 4.8 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca kaba yemdeki karbonhidratlar, hayvanların sindirim sistemlerinde kısmen sindirilebilirken, bir kısmı sindirilemeyen fraksiyonlardan oluşur. Bu sindirilemeyen fraksiyonlar genellikle selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi bileşenlerden oluşur (Mertens, 1987; Moon ve ark., 2002; Yavuz ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2011). ADF ve NDF oranları, yemin lifli yapısını belirleyen önemli göstergelerdir. Yüksek ADF ve NDF oranları, yemin lif içeriğinin arttığını gösterir ve bu durum yemden elde edilen faydayı azaltabilir. Dolayısıyla, düşük ADF ve NDF oranları arzu edilir (Boman, 2003).

3.3. Bağlı Yem Değeri

3.3.1. Sindirilebilir kuru madde

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre sindirilebilir kuru madde üzerine gübre etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunurken,

biçim dönemi ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübrelerin etkisi incelendiğinde, en yüksek sindirilebilir kuru madde oranı (% 48.24) hümik asit uygulamasından elde edilirken, bunu sırasıyla % 47.86 ile vermikompost ve % 47.50 ile deniz yosunu uygulamaları takip etmiştir. En düşük sindirilebilir kuru madde verimi ise kontrol grubunda % 46.84 olarak ölçülmüştür. Biçim dönemlerine göre en yüksek sindirilebilir kuru madde oranı % 50.95 ile çiçeklenme öncesi dönemde elde edilirken, en düşük değer % 45.15 ile geç çiçeklenme döneminde gözlenmiştir (Tablo 4). İnteraksiyon sonuçları incelendiğinde en yüksek sindirilebilir kuru madde % 53.06 ile çiçeklenme öncesi dönemde hümik asit uygulamasından elde edilirken, en düşük değer % 44.04 ile geç çiçeklenme dönemi kontrol grubunda bulunmuştur (Tablo 5). Yapılan çalışmalarda SKM oranının % 65.32 ile % 61.6 (Göktepe, 2015; Kara, 2016; Çetin, 2017) arasında olduğu belirlenmiştir.

3.3.2. Kuru madde tüketimi

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre kuru madde tüketimi üzerine gübre ve gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunurken biçim dönemi etkisi % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Gübrelerin etkisi incelendiğinde en yüksek kuru madde tüketimi % 2.32 ile hümik asit uygulamasında gözlemlenmiş, bunu % 2.27 ile vermikompost takip etmiştir. Kontrol ve deniz yosunu uygulamalarında ise en düşük kuru madde tüketimi % 2.18 ve % 2.24 olarak belirlenmiştir. Biçim dönemine göre en yüksek kuru madde tüketimi % 2.45 ile çiçeklenme öncesi dönemde gerçekleşirken, en düşük değerler erken ve geç çiçeklenme dönemlerinde kaydedilmiştir (Tablo 4). Gübre ve biçim dönemi interaksiyonuna bakıldığında ise en yüksek kuru madde tüketimi çiçeklenme öncesi dönemde hümik asit uygulamasında görülmüş, en düşük

tüketim ise geç çiçeklenme döneminde kontrol grubunda saptanmıştır (Tablo 5). Bingöl ilinde yapılan çalışmada KMT % 2.02 (Lale, 2020), Samsun ilinde yapılan çalışmada iki biçim ortalaması KMT % 2.42 olarak elde edilmiştir (Göktepe, 2015).

3.3.3. Nispi yem değeri

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre nisbi yem değeri üzerine gübre ve biçim dönemi etkisi % 1 düzeyinde önemli bulunurken, gübre x biçim dönemi interaksiyonunun etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). En yüksek NYD (87.52) hümik asit ve vermikompost (84.67) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük NYD ise kontrol grubundan 79.75 olarak ölçülmüştür. Biçim dönemlerine göre, en yüksek NYD 97.00 ile çiçeklenme öncesi dönemde belirlenirken, en düşük 74.93 ile geç çiçeklenme döneminde görülmüştür (Tablo 4). İnteraksiyon sonuçları incelendiğinde, en yüksek NYD 107.36 ile çiçeklenme öncesi dönem hümik asit uygulamasından, en düşük ise 74.93 ile geç çiçeklenme dönemi kontrol grubundan elde edilmiştir (Tablo 5). Aydın ili iklim şartlarında yapılan çalışma sonucu iki biçimden alınan NYD oranı 120.98 (Kara, 2016), Bingöl koşullarında yapılan çalışmada NYD 91.63 (Lale, 2020), Ankara ili koşullarında yapılan çalışmada NYD oranı 106.7 olarak elde edilmiştir (Çolak, 2015). Çalışmada ele alınan yem kalitesini etkileyen faktörler arasında sindirilebilir kuru madde (SKM), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değeri (NYD) bulunmaktadır. Sindirilebilir kuru madde (SKM), yemin genel sindirilebilirliğini ölçmek için kullanılır ve asit deterjanda çözünmeyen lif oranı (% ADF) üzerinden hesaplanır. Kuru madde tüketimi (KMT) ise hayvanın vücut ağırlığının yüzdesi olarak nötral deterjanda çözünmeyen lif oranı (% NDF) ile hesaplanır (Boman, 2003). Nispi yem değeri (NYD) ise ADF (% 41) ve NDF (% 53) oranlarından hesaplanan 100 endeksini temel alarak yemin besleme

değerini belirlemede kullanılan önemli bir göstergedir. NYD'nin 100'ün altına düşmesiyle kaba yem kalitesi azalırken, 100'ün üzerine çıkmasıyla kalite artmaktadır (Seydoşoğlu ve Gelir, 2019; Karadeniz ve ark., 2020; Gül ve Tan, 2021). Vermikompost, hümik asit ve deniz yosunu gibi yaprakten organik gübre uygulamaları, bağıl yem değeri üzerinde kontrol grubuna göre olumlu etkiler göstererek organik gübrelemenin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Toprak gübrelemesinin ardından yapılan yaprak gübresi uygulaması hem ürünlerin iz element içeriğini hem de ürün verim ve kalitesini artırmaktadır (Niu ve ark., 2020).

Sonuç

Türkiye'de hayvancılık sektörü hem istihdam hem de kırsal ve ulusal ekonomi açısından önemli bir yere sahiptir. Bu önem, Doğu Anadolu Bölgesi için daha da belirgindir. Hayvansal üretimin en kritik girdilerinden biri yemdir. Farklı hayvan türlerine göre değişmekle birlikte, hayvancılık işletmelerindeki toplam giderlerin % 60-70'ini yem giderleri oluşturmaktadır. Bu işletmelerde, yüksek verimliliğe sahip hayvanlardan istenen verimin alınabilmesi için hayvanların mutlaka yeterli ve kaliteli yemlerle beslenmesi gerekmektedir. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki süt sığırcılık işletmelerinde süt veriminin düşük olmasının en önemli sebeplerinden biri, hayvanların yeterince kaliteli kaba yem tüketememesidir. Bu bağlamda, buğdaygil yem bitkilerinden biri olan süt otu, hızlı büyümesi, birim alandan yüksek miktarda ot sağlama ve zengin besin değeri ile mevcut yem sorununu çözmede iyi bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, istenilen özellik ve kalitede yem üretiminde, yem bitkisi türü ve çeşidinin yanı sıra biçim devresinin de yem kalitesine etkisi olduğu bilinmektedir. Yetiştiriciliği yapılan bitkinin verim ve kalitesini artırırken, sürdürülebilirlik kavramına

önem veren gübre uygulamalarının da önemi göz ardı edilmemelidir. Van ekolojik koşullarında yapılan çalışmada, süt otunun farklı organik ve inorganik gübrelerle ve farklı biçim dönemleriyle yüksek verim ve kaliteye etkisi incelenmiştir. Çiçeklenme öncesi dönemde yapılan biçimlerde yüksek kaliteli yem elde edilirken, biçimin geciktirilmesiyle verim artmıştır. Erken çiçeklenme döneminde yapılan biçimlerin ise hem verim hem de kalite açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Organik gübreler arasında hümik asit ve vermikompost öne çıkmış, bu gübrelerin her biçim döneminde kalite ve verimi artırdığı görülmüştür.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar, makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 2001. Yem bitkileri. 3. Baskı. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, Bursa.
- Ağırağaç, Z., 2024. Bazı organik gübrelerin silajlık mısır üretiminde kullanım olanaklarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Ağırağaç, Z., Çelebi, Ş.Z., 2021. Kentsel atık suların Karamba (*Lolium multiflorum* cv. Caramba)'nın ağır metal ve bazı besin elementi içeriğine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(3): 2400-2411.

- Ağırağaç, Z., Zorer Çelebi, Ş., 2022. The effect of seaweed application on silage yield of second crop maize cultivated in continental climate. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 7-19.
- Altınok, S., Karakaya, A., 2002. Forage yield of different alfalfa cultivars under Ankara conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(1): 11-16.
- Arıkan, Ş., İpek, M., Pırlak, L., 2011. Effects of organic products on yield and fruit quality of "Fern" Strawberry cultivar. *Australian Journal of Industry Research*, 16-18.
- Avcıoğlu, R., Geren, H., Tamkoç, A., Karadağ, Y., 2009. Yembitkileri, Baklagil Yembitkileri. Cilt II, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları, 277-545, Ankara.
- Aygün, F., 2021. Çukurova koşullarında farklı organomineral gübre dozlarının ikinci ürün silajlık mısır bitkisinde yem verimi ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Baldinger, L., Baumung, R., Zollitsch, W., Knaus, WF., 2011. Italian ryegrass silage in winter feeding of organic dairy cows: forage intake, milk yield and composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91:435-442.
- Bernard, J.K., West, J.W., Trammell, D.S., 2002. Effect of replacing corn silage with annual ryegrass silage on nutrient digestibility, intake, and milk yield for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85: 2277-2282.
- Boman, R.L., 2003. New forage analysis: Increased feed efficiency potential. *USU Dairy Newsletter*, 26(3).

- Chandra Sharma, R., Banik, P., 2014. Vermicompost and fertilizer application: Effect on productivity and profitability of baby corn (*Zea mays* L.) and soil health. *Compost Science and Utilization*, 22(2): 83-92.
- Cooke, K.M., Bernard, J.K., West, J.W., 2008. Performance of dairy cows fed annual ryegrass silage and corn silage with steam-flaked or ground corn. *Journal of Dairy Science*. 91:2417-2422.
- Çetin, R., 2017. Tokat Kazova şartlarında tek yıllık çimde (*Lolium multiflorum* L.) azotlu gübrelemenin ot verimi ve kalitesine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Çetinkaya, A.V. 2019. Sütotu (*Ryegrass-lolium multiflorum* L.) ve yonca (*Alfalfa-medicago sativa* L.)'nın besin madde içerikleri ve sindirilebilirliklerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Çolak, E., 2015. Azotlu gübre dozlarının İtalyan çimi (*Lolium italicum* L.) çeşitlerinin ot verimi, kalitesi ve bazı tarımsal özelliklerine etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ensar, E.R., Mut, H., 2023. Bilecik koşullarında iskenderiye üçgülü (*Trifolium resupinatum* L.) ile İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 730-738.
- Gemalmaz, E., Talay, B., 2016. Alternatif kaba yem kaynakları. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 56(2): 63-69.
- Göktepe, A.E., 2015. Ruminantlar için karamba (*Lolium multiflorum* cv. Caramba) bitkisinin nispi yem değerinin ve in vitro sindirilebilirliğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Gronle, A., Lux, G., Böhm, H., Schmidtke, K., Wild, M., Demmel, M., Heß, J., 2015. Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 148: 59-73.
- Gül, Z., Tan, M., 2021. The effect of the harvest stages and additives on the silage value of the different sunflower populations. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1): 57-72.
- Gürsoy, E., Macit, M., 2020. Hasat zamanının kaba yemin kimyasal kompozisyonu ve kalitesi üzerine etkisi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7(9): 168-177.
- Kara, E., 2016. Aydın koşullarında kışlık ara ürün olarak yetiştirilecek tek yıllık bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Karadeniz, E., Eren, A., Saruhan, V., 2020. Determination of silage quality of grasspea (*Lathrus sativus* L.) and triticale (*xTriticosecale* Wittmack) mixtures. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 249-259.
- Kavut, Y.T., 2016. Farklı hasat dönemlerinde biçilen italyan çimi ve bazı yıllık baklagil yem bitkisi karışımlarının ot verimi ve diğer bazı özellikleri üzerine bir araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-2): 253-258.

- Kesiktaş, M., Tükel, T. 2010. Karamanda farklı ekim zamanları ve azotlu gübre dozu uygulamalarının italyan çiminin (*Lolium multiflorum westervoldicum* Caramba) yem verimlerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kuşvuran, A., Kaplan, M., Nazlı, R.I., 2014. Effects of mixture ratio and row spacing in hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) intercropping sys. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(1): 118-128.
- Lale, V., 2020. Bingöl şartlarında bazı italyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) çeşitlerinin ot verimi ve kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Latique, S., Chernane, H., Mansori, M., El Kaoua, M., 2013. Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of Bean Plant (*Phaesolus vulgaris* variety Paulista) under hydroponic system. *European Scientific Journal*, 9(30): 174-191.
- Layek, J., Das, A., Ramkrushna, G.I., Trivedi, K., Yesuraj, D., Chandramohan, M, Ghosh, A., 2015. Seaweed sap: a sustainable way to improve productivity of maize in North-East India. *International Journal of Environmental Studies*, 72(2): 305-315.
- Liu, M., Wang, C., Wang, F., Xie, Y., 2019. Maize (*Zea mays*) growth and nutrient uptake following integrated improvement of vermicompost and humic acid fertilizer on coastal saline soil. *Applied Soil Ecology*, 142: 147-154.
- Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64(5): 1548-1558.
- Moon, Y.H., Lee, S.C., Lee, S.S., 2002. Chewing activities of selected roughages and concentrates by dairy steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(7): 968-973.
- Nazar, H., Ereku, O., Koca, Y.O., 2012. Ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi ve kalitesi üzerine farklı yaprak gübresi uygulamalarının etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 5-12.
- Niu, J., Lu, T.P., Lin, Y.J., Zhang, W.X., 2020. Effect soft nitrogen addition the characteristics of foliar and soil ecological stoichiometry in Xishuangbanna tropical rainforest, southwest China. *Journal of Tropical Forest Science*, 32(1): 1-7.
- Özyazıcı, M. A., Açıkbaş, S., 2019. Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin yarı kurak iklim koşullarında bazı tarımsal özellikleri ile verim performanslarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17): 1058-1068.
- Seydoşoğlu, S., Gelir, G., 2019. Farklı oranlarda karıştırılan mürdümük (*Lathrus sativus* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) hâsıllarının silaj özellikleri üzerinde bir araştırma. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(1): 397-406.
- Shahbazi, F., Seyyed Nejad, M., Salimi, A., Gilani, A., 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(3): 283-287.
- Şimşek, S., 2015. Kırşehir koşullarında farklı Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) karışım oranlarının verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.

- Tan, A., 2010. Türkiye gıda ve tarım bitki genetik kaynaklarının durumu, gıda ve tarım için bitki kaynaklarının muhafazası ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin ikinci ülke raporu. *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü*, 53.
- Tufan, Y., Kurt, A.N., Özkurt, M., 2023. Sürdürülebilir tarım açısından yem bitkilerinin önemi. 2. *Uluslararası Güncel Akademik Çalışmalar Konferansı*, 19-20 Ekim, Konya.
- Türk, M., Merve, P., Bıçakçı, E., 2019. Farklı azotlu gübre dozlarının bazı tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* L.) çeşitlerinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 219-225.
- Yavuz, T., Sürmen, M., Albayrak, S., Çankaya, N. 2017. Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* Lam.) hatlarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23: 234-241.
- Yavuz, M., 2005. Deterjan lif sistemi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 2005(1): 93-96.
- Zhao, X.H., Zhang, T., Xu, M., Yao, J.H., 2011. Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *Journal of Animal Science*, 89(2): 501-509.

Atıf Şekli	Eser, V., Ağırağaç, Z., Zorer Çelebi, Ş., 2024. İtalyan Çimi (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)'nin Ot Verimi ve Yem Değeri Üzerine Organik Gübrelere ve Biçim Zamanlarının Etkileri. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 709-721. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12746136 .
To Cite	Eser, V., Ağırağaç, Z., Zorer Çelebi, Ş., 2024. Effects of Organic Fertilizers and Mowing Times on Grass Yield and Feed Value of Italian Grass (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.). <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 709-721. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12746136 .

Amygdalus communis (Badem) Meyvesinden Elde Edilen Özütlelerin Bazı *in vitro* Biyolojik Aktivitelerinin, Kimyasal ve Pestisit Kompozisyonlarının Araştırılması

Cumali KESKİN^{1*}, İbrahim Oğuz ARAS², Ayşe BARAN², Mehmet Fırat BARAN³

Songül ÇETİK YILDIZ¹, Rozerin TARHAN²

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Mardin

² Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Mardin

³ Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Batman

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): cumalikeskin@artuklu.edu.tr

Özet

Amygdalus communis (*A. communis*) yüksek düzeyde protein ve doymamış yağ asitlerinden oluşur ve bu da onları doğal kaynakların sınırlı olması gereken diyet beslenmesinde faydalı kılar. Bu çalışmada badem meyvesinden elde edilen kloroform ve metanol özütlelerinin antioksidan, antikolinesteraz, antimikrobiyal özellikleri, kimyasal bileşen miktarı ile ağır metal kompozisyonu ve pestisit kalıntı miktarları araştırıldı. *A. communis* meyvesinde en yüksek toplam fenolik bileşen ve flavonoid içeriğinin kloroform özütlede olduğu ayrıca kloroform özütleünün DPPH radikal söndürme aktivitesinin daha yüksek olduğu belirlendi. *A. communis* meyve kloroform ve metanol özütlelerinin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakteri suşları ve *Candida albicans* mayasının üremesi üzerinde standart antibiyotikler ile kıyaslandığında düşük konsantrasyonlarda oldukça güçlü inhibisyona sebep olduğu belirlendi. *A. communis* meyve metanol ve kloroform özütlelerinin kimyasal bileşen içerikleri LCMS/MS kullanılarak belirlendi. Metanol (Me-OH) özütlede ana bileşenlerin sırasıyla sitrik asit, şikorik asit ve 4-Hidroksibenzoik asit kloroform özütlede ise 4-Hidroksibenzoik asit, p-kumarik asit ve klorojenik asit olduğu belirlendi. *A. communis* meyve numunesi için pestisit kalıntı analizi GC-MS ve LCMS-MS kullanılarak yapıldı. Test edilen numune içeriğinde Deltametrin kalıntısının varlığı belirlendi. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde *A. communis* meyvesinin zengin biyokimyasal içeriği ve güçlü antibakteriyel, antioksidan ve antikolinesteraz enzim inhibisyon kapasitesi ile biyomedikal ve gıda endüstrilerinde potansiyel uygulamalara sahip olması beklenmelidir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :23.04.2024

Kabul Tarihi :28.05.2024

Anahtar Kelimeler

Amygdalus communis
antimikrobiyal aktivite
enzim inhibisyon aktivitesi
kimyasal kompozisyon
pestisit kalıntı

Investigation of Some *in vitro* Biological Activities, Chemical and Pesticide Compositions of Extracts Obtained from *Amygdalus communis* (Almond) Fruit

Abstract

Amygdalus communis (*A. communis*) consists of high levels of protein and unsaturated fatty acids, making them useful in dietary nutrition where natural resources must be limited. In this study, the antioxidant, anticholinesterase, antimicrobial properties, amount of chemical components, heavy metal composition, and pesticide residue amounts of chloroform and methanol extracts obtained from almond fruit were investigated. It was determined that the highest total phenolic component and flavonoid content in *A. communis* fruit was in the chloroform extract, and the DPPH radical quenching activity of the chloroform extract was higher. It was determined that *A. communis* fruit chloroform and methanol extracts caused powerful inhibition on the growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacterial strains and *Candida albicans* yeast at low concentrations compared to standard antibiotics. Chemical component contents of *A. communis* fruit methanol and chloroform extracts were determined using LCMS/MS. It was determined that the major components in the methanol (Me-OH) extract were citric acid, chicoric acid, and 4-Hydroxybenzoic acid, respectively, and in the chloroform extract, 4-Hydroxybenzoic acid, p-coumaric acid, and chlorogenic acid. The inhibition effect of chloroform and methanol extracts obtained from *A. communis* fruit on the acetylcholinesterase enzyme was tested. Pesticide residue analysis was performed for the *A. communis* fruit sample using GC-MS and LCMS-MS. The presence of Deltamethrin residue was determined in the tested sample content. When the obtained data were evaluated, it should be expected that *A. communis* fruit, with its rich biochemical content and strong antibacterial, antioxidant, and anticholinesterase enzyme inhibition capacity, will have potential applications in the biomedical and food industries.

Research Article

Article History

Received :23.04.2024

Accepted :28.05.2024

Keywords

Amygdalus communis
antimicrobial activity
enzyme inhibition activity
chemical composition
pesticide residue

1.Giriş

Bitkiler, tozlayıcıları çekmek veya avcılara karşı bariyer görevi görmek, olumsuz stres koşullarına karşı kendini korumak gibi çeşitli amaçlara hizmet eden ikincil metabolitler (SM'ler) üretirler. Bu Metabolitlerin üretimi için çeşitli minerallerde ihtiyaç duyarlar (Yaşar ve ark., 2024 a, b). SM'ler organizmanın büyümesi, gelişmesi ve üremesi gibi temel işlevlerde doğrudan yer almasa da, uzun süreli hayatta kalma için gereklidirler. SM'ler çok çeşitli biyolojik işlevlere sahip olduklarından, insan sağlığı ve refahının korunması için de çok önemlidirler. Ayrıca kimyasal ve biyolojik özelliklerinden dolayı SM'ler pigment, kozmetik, beslenme önleyici olarak ve diğer birçok endüstride kullanılmaktadır. Bitkiler tarafından oluşturulan SM'lerin en büyük ve en karmaşık ailelerinden biri, aromatik bileşikler için öncüller üreten şikimat biyosentetik yolunun bir yan ürünü olan polifenollerdir. Basit fenoller, fenolik asitler, flavonoidler ve tanenler, biyosentetik yola, aromatik halkaların miktarına, karbon atomlarına ve hidroksil gruplarına göre sınıflandırıldıkları alt sınıflardan bazılarıdır (Bravo, 1998; Chiochio ve ark., 2021).

Fenolik bileşikler, bir veya daha fazla hidroksil grubuna sahip en az bir aromatik halkaya sahiptir ve flavonoidler ve flavonoid olmayanlar olarak sınıflandırılabilir. Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, biyoaktif nitelikleri nedeniyle değerlidir ve önemli doğal kimyasallar olarak kabul edilir. Fenoller metal şelatör olmalarının yanı sıra serbest radikalleri de ortadan kaldırır. Antioksidanlar olarak çeşitli fizyolojik etkilere sahiptirler ve lipid peroksidasyonunu önleyebilirler. Bitkinin savunma mekanizmaları, adaptasyonu ve pigmentasyon süreçleri bu kimyasallar sayesinde kolaylaştırılmaktadır. İnsan sağlığıyla ilgili diğer konuların yanı sıra kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar da dahil olmak üzere birçok kronik hastalığın önlenmesine ve tedavi edilmesine yardımcı olabilirler. Ayrıca bitkilerde ve bunların ekstraktlarında bulunan fenolik bileşikler, çeşitli gıda kaynaklı patojenik ve bozulmaya

neden olan bakterilerin engellenmesinde çok etkili olabilir. Gıdaya bağlanan çeşitli mikroorganizmalar biyofilm oluşturabildiklerinden gıda sektörünü ciddi şekilde kirletebilmektedir (Takó ve ark., 2020).

Bitkiler tarafından üretilen biyoaktif bileşiklerin antimikrobiyal, antioksidan, antikolinerjik aktiviteleri son yıllarda birçok araştırmaya konu olmuştur (Ndhlala ve ark., 2024; Kavaz ve ark., 2022; Kızıldağ ve ark., 2021; Yüksel ve ark., 2021). Biyoaktif gıda bileşenlerinin çoğu bitkilerden elde edilir ve bu şekilde üretilenlere topluca fitokimyasallar denir. Bu fitokimyasalların büyük çoğunluğu redoks aktif moleküllerdir ve bu nedenle antioksidanlar olarak tanımlanırlar. Antioksidanlar pek çok kronik hastalığın sebebi olarak gösterilen serbest radikalleri ve diğer reaktif oksijen ve nitrojen türlerinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırabilir. Meyve ve sebzeler, zararlı serbest radikalleri temizleyen, besin içeriğini iyileştiren, gıda bozulmasını önleyen ve oksidasyona karşı koruma sağlayan doğal olarak oluşan antioksidanlar içerir. Ayrıca, antioksidanların tüketilmesi, çoğu dejeneratif hastalığın önlenmesi ve hücre içi oksidasyonu önleyerek sağlığın teşviği ile bağlantılıdır. Hücreleri ve yapılarını oksidatif strese ve hasara karşı koruyan düşük molekülü antioksidanlar, meyvelerin, sebzelerin, şifalı otların ve baharatların sağlığı geliştiren niteliklere sahip olmasının bir başka nedenidir (Advas ve ark., 2019; Ali ve ark., 2020; Sarv ve ark., 2020; Poljsak ve ark., 2021).

Yiyecek ve içeceklerdeki polifenol içeriği, her biri kendi avantaj ve dezavantajlarını sunan çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Antioksidan maddeler doğal veya sentetik olabilir. Doğal antioksidanlar tamamen doğal kaynaklardan elde edilir ve bir süredir gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılmaktadır. Öte yandan, sentetik antioksidanlar kimyasal işlemlerden oluşturulan maddelerdir (Augustyniak ve ark., 2010; Dini, 2022). Bu sebeplerle araştırmacıların doğal antioksidanları içeren bitkisel kaynaklara olan ilgisi giderek artmıştır. Nörodejeneratif hastalıklar özellikle

oksidatif stresle ilişkilidir. Önemli bir nörotransmitter olan asetilkolinin konsantrasyonu ve aktivitesindeki değişiklikler de bu hastalıkların karakteristik özelliğidir. Spesifik bir tedavi, bu nörotransmitterin parçalanmasında anahtar enzimler olan asetilkolinesteraz (AChE) ve bütilkolinesteraz (BChE) aktivitesinin engellenmesi yoluyla asetilkolin konsantrasyonunun artırılmasına dayanmaktadır. Bitkilerden elde edilen fenolik bileşiklerin aynı anda antioksidan ve antikolinesteraz özellikleri gösterdiği ve nöronları oksidatif stresten koruduğu ileri sürülmüştür. Bu nedenle bu nörolojik bozuklukların önlenmesi ve tedavisinde büyük ilgi görüyorlar (Jara-Palacios ve ark., 2020; De Morais ve ark., 2021).

En çok çalışılan bitkilerden biri *Amygdalus communis* L. (Badem) ağacıdır. 40'ı aşkın türüyle badem (*Amygdalus* L.), güneybatı ve orta Asya ile güneydoğu Avrupa'nın İran-Turan bölgesinde dağıtılan, ekonomik açıdan en önemli Rosaceae meyve bitkileri arasındadır. *Amygdalus*, Asya ülkelerinde floristik tedavilerde ayrı bir cins olarak kabul edilirken, diğer tedavilerde *Prunus* L.'nin bir alt cinsi veya bölümüdür (Vafadar ve ark., 2014). Bu özellikleri bakımından insan sağlığı birçok yararı olan bademin, bulundurduğu yağ, vitaminler ve zengin mineraller sebebiyle üretimi ve tüketimi gün geçtikçe yükselmektedir (Beyhan ve ark., 2011, Gülsoy ve Balta, 2014). Badem kalsiyum, potasyum, fosfor ve magnezyum gibi mineraller ve başta tokoferoller olmak üzere antioksidanlar açısından zengindir. Badem besin özelliklerinin yanı sıra glikoz seviyesi ve vücut ağırlığını düşürme, oksidatif stres ve iltihaplanma üzerinde etkili olmak rapor edilmiştir (Kamil ve Chen, 2012). Bütün badem tohumu, kahverengi deri, kabuk, yeşil kabuk örtüsü (kabuk) ve yaprakların özleri, flavonoidlerin ve diğer fenolik bileşiklerin varlığıyla ilişkili olarak güçlü radikal temizleme kapasitelerine sahiptir (Esfahlan ve ark., 2010).

Bu nedenle, çalışmada, *A. communis* kloroform ve metanol özütlerinde bulunan

fenolik ve flavonoid bileşiklerin miktarını, kimyasal kompozisyonunu belirlemeyi ve özütlerin biyolojik aktivitelerini antimikrobiyal, antioksidan ve enzimatik inhibisyon yoluyla değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı ayrıca test edilen numune içeriğindeki ağır metal konsantrasyonu ve pestisit kalıntı analizleri de yapılarak besinsel değeri hakkında detaylı bilgi edinilmesi amaçlandı.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Amygdalus communis (badem) meyve örnekleri Zınar vadisi (Mardin) olarak bilinen mevkiden 2022 Mart-Haziran dönemleri arasında toplandı. Mardin Artuklu Üniversitesi'nden Dr. Cumali Keskin, bitki örneğinin taksonomik kimliğini doğruladı. Bitki örnekleri aynı kurumun Herbaryumunda (Herbaryum No: MAU: 2022-20) saklandı. Örnekler özellikleri ve kullanılacak yöntemler dikkate alınarak yapılan kurutma işleminden sonra analizlere hazır hale getirildi.

2.1.1. Kullanılan mikroorganizmalar ve reaktifler

A. communis kloroform ve metanol özütlerinin antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi için *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*; ATCC 25923) ve *Escherichia coli* (*E. coli*; ATCC 25922), standart bakteri suşları ve *Candida albicans* (*C. albicans*; ATCC 10231) mayası kullanıldı (LGC Standarts GmbH, Marcatorstr 51, 46485 Wesel, Germany). DMSO (dimethyl sulfoxide), gallik asit (3,4,5-trihidroksi benzoik asit), DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl), BHT (bütillenmiş hidroksi toluen), BHA (bütillenmiş hidroksi anisol), kuersetin dihidrat, alüminyum nitrat [Al(NO₃)₃], potasyum asetat (CH₃COOK), etanol, metanol ve kloroform ticari olarak (Merck; % 99 saflıkta) temin edildi. 96 kuyucuklu hücre doku kültürü U plakaları, (Sigma-Aldrich), 0.5 Polymer McFarland Standard (Thermo Scientific), vankomisin (VancomisinHclDbl 500 Mg), flukonazol (Candimax 100 Mg), kolistin (Colitim 150 Mg) standart antibiyotikleri (Thermo Scientific) ticari olarak temin edildi. *E. coli* ve

S. aureus üremesi için Nutrient Broth (BD234000) ve Nutrient Agar (BD213000) besiyerleri (Difco laboratories Detroit Mich.) kullanıldı. Sabouraud % 2 Dextrose Broth (SDB) ve Sabouraud % 4 Dextrose Agar (SDA) besiyerleri (Oxoid) *C. albicans* mayası üremesi için kullanıldı.

2.2.Yöntem

2.2.1.Bitki özütlerinin elde edilmesi ve stok çözeltilerin hazırlanması

Kurutulmuş ve toz haline getirilmiş bitki numunesinden 30 g tartıldı ve özütlemeye için Soxlet kartuşuna yerleştirildi. Polariteye bağlı fraksiyonlamayı gerçekleştirmek için ilk olarak solvent haznesine 300 mL kloroform ilave edildi. Bitki örneği 4 saat boyunca özütlemeye için Soxlet cihazında işlendi. Elde edilen özüt süzülükten sonra aynı işlemler aynı miktarda metanol kullanılarak tekrarlandı. Böylece iki farklı fraksiyone edilmiş bitki özütü elde edildi. Döner bir buharlaştırıcı (Heidolph 4000 Rotavapor), elde edilen bitki özütlerinin çözücülerinden ayırmak için kullanıldı. Düşük sıcaklıkta tutulan ve vakumlanan özütler çözücülerinden uzaklaştırılarak ham özütler elde edildi. Çalışma için DPPH radikal söndürme aktivitesi ve toplam fenolik madde ölçümleri için 1 mg mL⁻¹ konsantrasyonda stok çözeltiler, toplam flavonoid bileşen miktarı tespiti için ise 5 mg mL⁻¹ konsantrasyonda stok çözeltiler hazırlandı.

2.2.2.Toplam fenolik bileşen miktar tayini

Özütlerin içeriğindeki toplam fenolik bileşik miktarı Folin-Ciocalteu yöntemine göre tayin edildi. Test için gallik asit ve özüt çözeltilerinden 40 µL alınıp, üzerine 1160 µL saf su ve 200 µL folin & ciocalteus fenol reaktifi (2.0 N) ilave edildi daha sonra karışıma 600 µL % 20'lik sodyum karbonat çözeltisi ilave edilerek 2 saat reaksiyon oluşu için çalkalama işlemine tabi tutuldu. UV spektrofotometre kullanılarak 765 nm'de absorbans değerleri okundu (Keskin ve ark., 2018).

2.2.3.Toplam flavonoid bileşen miktar tayini

Badem meyve özütlerinin toplam flavonoid bileşen içeriği modifiye moreno yöntemini kullanarak belirlendi (Moreno-Montoro ve ark., 2015). Standart flavonoid bileşiği olarak quercetin kullanıldı. Etanol içerisinde 5 mg mL⁻¹ fraksiyone badem meyvesi kloroform ve metanol ekstraktlarının çözeltileri hazırlandı. Reaksiyon ortamına 0.1 mL % 10 Al(NO₃)₃, 1 M CH₃COOK ve 3.8 mL etanol eklendi. Son olarak 1 mL quercetin/bitki solüsyonunu ekleyip 25 °C su banyosunda 40 dakika inkübe edildi. Renk değişiminden sonra absorbans değerleri 415 nm'de ölçüldü.

2.2.4.Bitki özütlerinin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi

2.2.4.1.DPPH radikalini söndürme aktivitesi

Bu test için tüplere bir mililitre DPPH çözeltisi (0,1 mM) ve çeşitli konsantrasyonlarda (5-500 µg mL⁻¹) üretilen üç mililitre bitki özütü eklendi. Oda sıcaklığında 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra karışımın çeşitli konsantrasyonlardaki absorbans değerleri 517 nm'de ölçüldü. % inhibisyon değeri, artan özüt konsantrasyonuna karşı grafiğe geçirildi ve mg mL⁻¹ cinsinden hesaplandı (Zhang ve ark., 2023). Serbest radikal söndürme aktivitesi aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı; DPPH Söndürme Aktivitesi (%) = [(A₀ - A₁ / A₀) x 100] A₀ = Negatif kontrol numunesinin (DPPH) absorbansı, A₁ = Örnek çözeltisinin absorbansı.

2.2.5.Antimikrobiyal aktivite testi

Mevcut çalışma için *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (Gram-pozitif) ve *Escherichia coli* ATCC 25922 (Gram-negatif) ve *Candida albicans* mayası kullanıldı. Bakteri kültürleri Muller Hinton sıvı besiyeri (MHA) üzerinde maya ise RPMI sıvı besiyeri üzerinde üremeye bırakıldı.

İlk inkübasyonun ardından organizmalar, 10 mL fizyolojik tuzlu su çözeltisi içinde süspanse edildi ve optik yoğunluk okumaları, bir 0.5 McFarland standardı ile karşılaştırıldı. Minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) tayini için 5×10^5 koloni oluşturan birim (CFU) mL'lik bakteri solüsyonları kullanıldı. Bitki özlerinin antimikrobiyal aktivitesi, steril 2 mL 96 oyuklu plakalar kullanılarak belirlendi.

Minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) mikrodilüsyon tekniği özütlerin patojen mikroorganizmalara karşı inhibisyon özelliklerini test etmek için uygulandı (Keskin ve ark., 2022). Bakteri için büyüme ortamı olarak Muller-Hinton, maya için ise RPMI sıvı ortamını kullandı. Her mikroorganizma için 96'lık mikro plaka kuyucuklarına özel olarak hazırlanmış besiyerinden $100 \mu\text{g L}^{-1}$ ilave edildi. Her bir özütten ve ticari olarak temin edilen antibiyotik çözeltilerinden ilk kuyucuklara $100 \mu\text{g L}^{-1}$ ilave edildi. İlk kuyucuktan başlamak üzere sonraki kuyucuğa $100 \mu\text{g L}^{-1}$ test edilen tüm çözeltilerden aktarılarak seyrelme işlemi yapıldı. Bu işlem toplam on kuyucuk için yapıldı. On birinci kuyucuk boş bırakılırken, on ikinci kuyucuğa yalnızca büyüme ortamı ve mikroorganizma kültürü eklendi. Böylece kontrol için kullanılan kuyucuklar hariç diğer kuyucuklarda $100 \mu\text{g L}^{-1}$ hacimde farklı konsantrasyonlarda test edilen çözeltiler eklenmiş oldu. On birinci kuyucuk hariç diğer tüm kuyucuklara MacFarland standardı (0.5 bulanıklık) eklendi. Ticari antibiyotikler vankomisin (gram-pozitif), colistin (gram negatif) ve flukonazol (maya) özütlerin inhibisyon etkisini kıyaslamak için pozitif kontrol olarak kullanıldı. Hazırlanan mikropalakalar 37°C de 24 saat inkübasyon işlemine tabi tutuldu. Bu periyot sonunda üremeden kaynaklanan bulanıklığın görüldüğü kuyucuktan bir önceki kuyucuktaki konsantrasyon miktarı MİK değeri olarak belirlendi.

3.2.6. Antikolinesteraz aktivitenin belirlenmesi

A. *communis* meyvesinden elde edilen kloroform ve metanol özütlerinin asetilkolinesteraz (AChE) enzimi üzerindeki inhibisyon etkisi Ellman metoduna göre test edildi (Ellman ve ark., 1961). Asetiltiyokolin iyodür reaksiyonunun substratı olarak, DTNB (5,5-dithio-bis (2-nitrobenzoic) acid) de antikolinesteraz aktivitesi ölçümü için kullanıldı. Takrin (9-amino-1, 2, 3, 4-tetrahidroakridin) geri dönüşümlü bir kolinesteraz inhibitörüdür ve Alzheimer 'in plasatif tedavisi için ilk ilaçtır, dolayısıyla verilerimizi standart olarak takrin ile karşılaştırıldı.

Enzim kaynağı olarak *Electrophorus electricus* 'tan (elektrikli yılan balığı) izole edilen AChE'nin ticari formu kullanıldı (EC 3.1.1.7, Sigma). Asetiltiyokolin iyodür (AChI), kolinerjik reaksiyonlar için substrat olarak kullanıldı. Reaksiyonları başlatmak için $50 \mu\text{L}$ AChE enzim solüsyonuna (5.32×10^{-3}) bir miktar Tris/HCl tampon (1.0 M, pH 8.0) ve farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış *Amygdalus communis* özüt solüsyonları ($00-0.25 \mu\text{g mL}^{-1}$) eklendi.

Tüm numuneler, $4000 \mu\text{g mL}^{-1}$ konsantrasyonda stok solüsyonlarını hazırlamak için etanol içinde çözüldü. 150 mL 100 mM sodyum fosfat tamponu (pH 8.0), $10 \mu\text{L}$ numune solüsyonu ve $20 \mu\text{L}$ AChE solüsyonu alikotları karıştırıldı. 25°C 'de 15 dakika inkübe edildi ve $10 \mu\text{L}$ DTNB eklendi. Daha sonra reaksiyon $10 \mu\text{L}$ asetiltiyokolin iyodür ilavesiyle başlatıldı. Test edilen solüsyonların son konsantrasyonu $200 \mu\text{g mL}^{-1}$ idi. Bu substratın hidrolizi, bir BioTek Power Wave XS kullanılarak, DTNB'nin tiyokolin ile reaksiyonunun sonucu olarak sarı 5-tiyo-2-nitrobenzoat anyonunun oluşturulmasıyla 412 nm dalga boyunda izlendi. Deneylerde üç tekrar gerçekleştirildi. Takrin kıyaslama yapmak için standart ilaç olarak kullanıldı ve % inhibisyon aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı:

$$\text{İnhibisyon \%} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100$$

2.2.7. Kimyasal kompozisyonun belirlenmesi

Sıvı kromatografiye (LC) uygun formik asit, amonyum format, analitik saflıkta 31 fenolik standart ve metanol ve asetonitril, ticari olarak Sigma-Aldrich'ten (Almanya) temin edildi. 50 mg ham özüt, 0.1 formik asit içeren 50 mL metanol içerisinde tamamen çözüldü. Bir ayırma fazı oluşturmak için bir mL hegzan ilave edildi. Hazırlanan karışım 9000 devir dakikada⁻¹ 10 dakika santrifüj edildi. Bu işlemden sonra 100 µL metanol fazı alınarak 5 mM amonyum format ve 0.1 formik asit içeren metanol karışımına aktararak 1 mL'ye tamamlandı. Çözelti, gözenek çapı 0.22 olan membran filtreden geçirildi ve analiz için cihaza enjekte edildi. Bileşenleri ayırmak için bir Poroshell 120 EC-C18 kolonu (100 mm, 4.6 mm iç çap, 2.7 mm) kullanıldı. Filtrelenen bitki karışımı, % 0.1 formik asit taşıyıcı faz ve 5 mM amonyum format mobil fazının yanı sıra metanol içindeki % 0.1 formik asit ve 5 mM amonyum format mobil faz ile kolondan aşağı geçirildi (Irteğün-Kandemir ve ark., 2024).

2.2.8.A. *communis* meyvelerinde pestisit kalıntı analizi

A. communis meyvelerinin ekstrakte edilmesi için QuEChERS metodu kullanıldı (Wilkowska ve Biziuk, 2011). Analiz için kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneğinden 10 gram tartıldı ve bir teflon tüp içerisine konuldu, üzerlerine 15 mL % 1 asetik asitli asetonitril, 6 g magnezyum sülfat, 1.5 g sodyum asetat ilave edildikten sonra örnek iki dakika boyunca santrifüj edildi (10000 devir dakika⁻¹). Santrifüj edilen örneğin üst fazından 4 mL alınıp başka bir kaba aktarıldı ve üzerine 0.6 g magnezyum sülfat ve 0.2 g primer sekonder amin ilave edildi. Örnekler tekrar santrifüjleme işlemine tabi tutulduktan sonra üst fazlarından alınan sıvı numune uygun kaplara konularak analize hazır hale getirildi. Pestisit kalıntı analizi Tablo 5'teki parametreler ve ölçüm limitleri kullanılarak AOAC (Resmi Analitik Kimyacılar Derneği)

2007.01. analiz metodu uygulanarak belirlendi (Varela-Martínez ve ark., 2020).

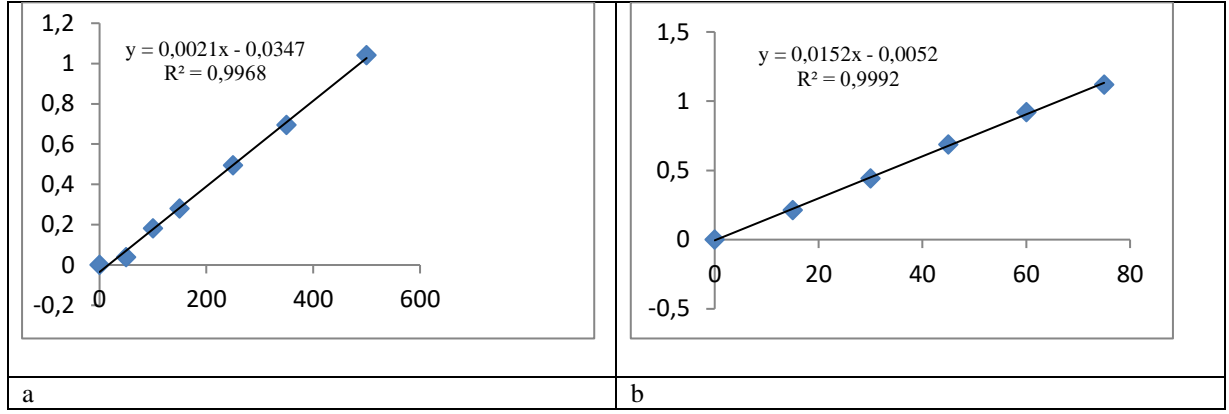
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki özütlerinin miktarları

A. communis (badem), meyvelerinin kloroform ve metanol ile sırasıyla muamele edilmesi sonucu kloroform fazından (polarite indeksi; 4.4) 1.12 g, metanol fazından (polarite indeksi; 6.6) 2.86 g fraksiyonlandırılmış özüt elde edildi. Polariteye bağlı olarak özüt miktarının arttığı görüldü.

3.2. Toplam fenolik ve flavonoid bileşen miktarları

Polifenoller, bitki bazlı gıdalardaki biyolojik olarak aktif bileşiklerin bir grubudur. Bu bileşikler insan beslenmesinde yer almaktadır ve meyveler, sebzeler, tahıllar ve kahve gibi bitkilerden kaynaklanmaktadır. Polifenoller aynı zamanda dejeneratif hastalıklara karşı koruyucu olarak da bilinmektedir. Polifenoller üzerine yapılan araştırmalar, onların kendine has özellikleri ve yapısal karmaşıklıkları nedeniyle gecikmektedir. Diyetimizde en sık bulunan antioksidanlar polifenollerdir (Abbas ve ark., 2017). Total fenolik miktar tayini modifiye Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlendi (Keskin ve ark., 2018). *A. communis* için kloroform ve metanol özütlerinin içerdiği toplam fenolik bileşen miktarları gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak hesaplandı. Standart olarak kullanılan gallik asitin 50–500 µg mL⁻¹ konsantrasyon aralığına denk gelen absorbans değerleri grafiğe geçirildi (Şekil 1a). *A. communis* meyvelerinden elde edilen kloroform ve metanol özütlerinin etanolde hazırlanan 2 mg mL⁻¹'lik çözeltileri içindeki toplam flavonoid bileşen miktarı ölçüldü. Kuersetinin metanol içindeki 500 µg mL⁻¹'lik stok çözeltilisinden 15 µg mL⁻¹, 30 µg mL⁻¹, 45 µg mL⁻¹, 60 µg mL⁻¹, 75 µg mL⁻¹'lik çözeltiler hazırlandı, 415 nm dalga boyunda ölçülen absorbans değerleri grafiğe geçirildi (Şekil 1b).



Şekil 1. a. Toplam fenolik bileşen miktarı kalibrasyon eğrisi b. Toplam flavonoid bileşen miktarı kalibrasyon eğrisi

Çalışmada düşük polariteye sahip çözücülerden başlayıp polar çözücüye doğru yapılan fraksiyonlandırma işlemi sonucunda elde edilen özütlerinin, fenolik ve flavonoid bileşen

miktarları bakımından düşük polariteye sahip kloroform özütünde daha yüksek olduğu belirlendi (Tablo 1).

Tablo 1. *A. communis* (badem)' dan elde edilen özütlerin toplam fenolik ve toplam flavonoid bileşen miktarları

	Total Fenolik İçerik Miktarı* (µg GAE/mg özüt)		Total Flavonoid İçerik Miktarı* (µg QE/mg özüt)	
	Kloroform	Metanol	Kloroform	Metanol
<i>A. communis</i>	68.42±1.69	40.65±1.13	166.34±2.39	64.91±0.86

*Her bir değer üç kez (n=3) tekrarlandı ve ± standart sapmalar (SD) hesaplanarak verildi.

3.3.DPPH radikalini söndürme aktivite sonuçları

A. communis meyve özütlerinin serbest radikal söndürme aktivitesi 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) metodu kullanılarak test edildi. Sonuçlar test edilen konsantrasyonlarda (5-500 µg mL⁻¹) pozitif kontrol olarak kullanılan BHT ve BHA değerleri ile karşılaştırıldı. Çalışılan konsantrasyon aralığında pozitif kontrol olarak kullanılan BHA 40.24–98.37, BHT 19.98–93,67

arasında, *A. communis* bitkisinin kloroform özütü 4.15–92.46, metanol özütü 8.31–84.81 aralığında % inhibisyon gösterdi. Elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan *A. communis* meyve kısımlarından elde edilen kloroform ve metanol özütlerinin artan konsantrasyonlarının DPPH radikal söndürme aktivitelerinin pozitif kontrollere oldukça yakın aktivite gösterdiği ve antioksidan kapasitelerinin yüksek olduğu belirlendi (Tablo 2).

Tablo 2. *A. communis* (badem) meyvesinden elde edilen özütlerin ve pozitif kontrollerin % DPPH radikalini giderme aktiviteleri

	% DPPH Radikalini Söndürme Aktivitesi* (µg mL ⁻¹ özüt)						
	5	25	50	100	250	350	500
BHA	40.24±0.08	87.70±0.09	90.78±0.53	95.57±0.37	98.46±0.09	98.46±0.00	98.37±0.00
BHT	19.98±0.59	40.51±0.59	66.00±1.57	81.92±2.04	91.59±1.44	93.58±0.08	93.67±0.45
Klf	4.15±0.09	13.69±0.59	22.74±0.28	46.48±0.56	78.89±1.48	90.45±0.28	92.46±0.09
MeOH	8.31±0.56	19.29±0.59	28.05±1.30	50.55±0.09	75.95±0.00	82.83±0.09	84.81±0.19

*Her bir değer üç kez (n=3) tekrarlandı ve ± standart sapmalar (SD) hesaplanarak verildi. BHA: Bütilenmiş hidroksi anisol; BHT: Bütilenmiş hidroksi tolüen; Klf: Kloroform; MeOH: Metanol

3.4. Antimikrobiyal aktivite sonuçları

A. communis meyve kloroform ve metanol özütlerinin ve çalışmada kullanılan patojen mikroorganizmalara karşı etkili olduğu bilinen ticari antibiyotiklerin minimum inhibisyon

konsantrasyonları (MİK) test edildi. Denenen tüm özütlerin patojen mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon etkisinin ticari antibiyotikler ile kıyaslandığında oldukça yüksek olduğu belirlendi (Tablo 3).

Tablo 3. *Amygdalus communis* meyve özütlerinin patojen mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon aktiviteleri

	Patojen Mikroorganizmalar	<i>Amygdalus communis</i> meyve özütleri		Ticari Antibiyotikler
		Kloroform [mg mL ⁻¹]	Metanol [mg mL ⁻¹]	Antibiyotikler* [mg mL ⁻¹]
Gram (+) Suş	<i>S. aureus</i> (ATCC 2921)	0.125	0.0625	1
Gram (-) Suş	<i>E. coli</i> (ATCC25922)	0.0312	0.125	2
Maya	<i>C. albicans</i> (ATCC 10231)	0.0312	0.125	2

* Antibiyotikler: kolistin (gram pozitif bakteri), vankomisin (gram negatif bakteri) ve flukonazol (maya).

S. aureus gıdalar üzerinde rahatlıkla çoğalabilen ve ürettikleri toksinler sebebiyle intoksikasyona sebep olan bir bakteri türüdür. İnsanlarda hastalık etkeni olan bir patojendir ve menenjit, septisemi ve geç iyileşen yaralara sebebiyet verebilmektedir. Çalışmada kullanılan metanol özütünün *S. aureus*'a karşı oldukça güçlü inhibisyon göstermesi bu bakımdan oldukça önemlidir (Tablo 3). *E. coli* normalde bağırsak florasında yaşayan bir bakteridir. Ancak ortam değiştirip bulup üreme fırsatı bulduğunda patojen özellik kazanabilmektedir. Başta idrar yolu enfeksiyonları olmak üzere menenjit ve pönomoni gibi insanlar için oldukça tehlikeli hastalık tabloları oluşturabilmektedir.

Çalışmada kullanılan tüm özütlerin *E. coli* çoğalması üzerinde standart antibiyotik ile kıyaslandığında yüksek inhibisyon etkisi göstermesi çalışmamızın olumlu sonuçlarından biridir (Tablo 3). *Candida albicans* insan vücut florasında yaşayan fırsatçı bir mikroorganizmadır. Özellikle bağışıklığı baskılanmış hastalarda sebep olduğu enfeksiyonlar sebebi ile hastalık ve hatta ölümlere sebep olabilmektedir. Bu

bakımdan sağaltımı oldukça büyük önem arz etmektedir. Çalışmada kullanılan meyve özütlerinin *C. albicans*'ın üremesi üzerindeki baskılayıcı etkisi standart ilaç olarak kullanılan flukonazol ile kıyaslandığında oldukça düşük konsantrasyonda daha etkili olduğu belirlendi (Tablo 3).

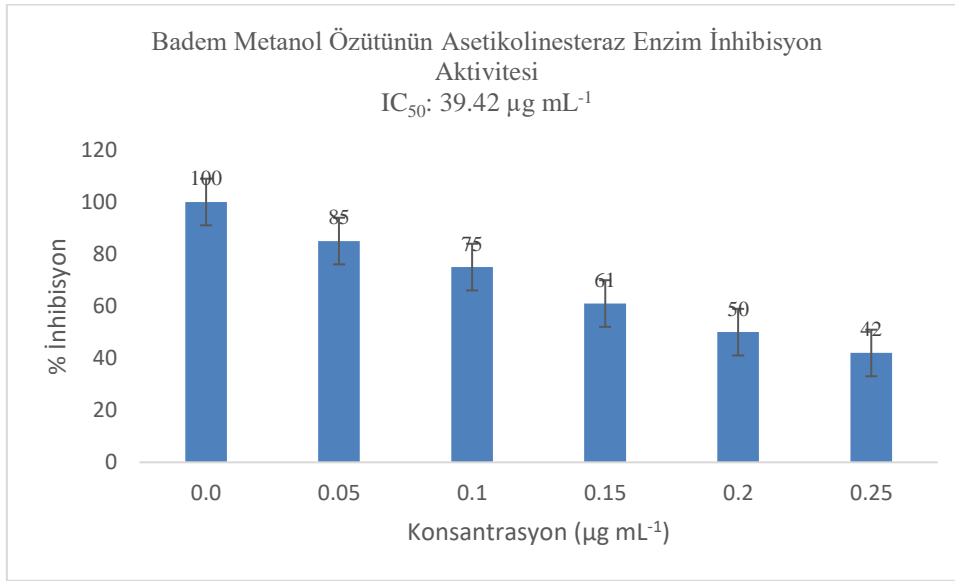
3.5. Antikolinesteraz aktivite sonuçları

Asetilkolinesteraz kolinerjik enzimi (AChE) sinir sisteminde (periferik) etki gösteren nörotransmitterlerden biri olan asetilkolini (ACh) hidrolize ederek kolin ve asetata dönüştürür. ACh seviyeleri yaşlanma süreciyle birlikte azalır ve bu durum Alzheimer hastalığı (AD) gibi nörolojik bozuklukların ilerlemesiyle sonuçlanır. Araştırmalar AChE aktivitesinin AD erken evresinde arttığını göstermektedir. Bu nedenle, kolinerjik eksikliğin iyileştirilmesinde AChE inhibitörlerinin önemli bir yer olabileceği düşünülmektedir (Taslami ve Gulçin, 2018; Türkan ve ark., 2020). Asetilkolinesteraz inhibitörleri yan etkilerinin az olması ve faydalı sonuçlar vermesiyle nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde tercih edilen ilaçlar

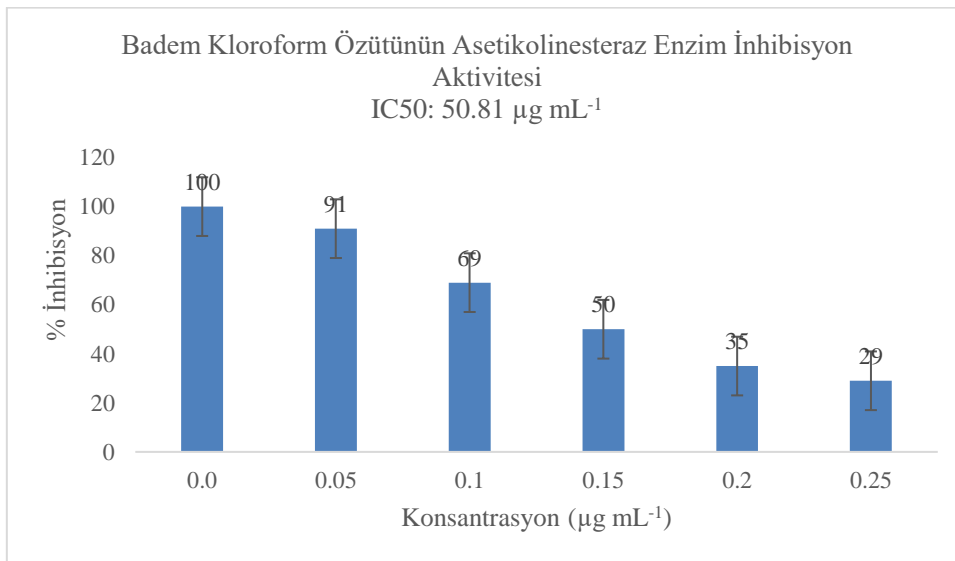
arasında yerini almıştır (Pohanka, 2011; Mukherjee ve ark., 2007).

A. communis meyvelerinin metanol ve kloroform özütleri için bulunan AChE IC₅₀ değerleri sırasıyla 39.42 ve 50.81 µg/mL olarak, kolinerjik enzimler için standart inhibitör olarak kullanılan takrinin AChE'ye karşı IC₅₀ değeri 98.4 µg mL⁻¹ hesaplandı (Şekil 2, 3). Sonuçlar *A. communis* meyve kloroform özütünün daha yüksek enzim

inhibisyonu aktivitesi gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4). (R²: 0.9904) olarak hesaplandı. Fenolik bileşiklerin kolinerjik enzimleri inhibe edebildiği bilinmektedir. Özellikle vanilik, ferulik ve kafeik asitler nörodejeneratif hastalıkların geriletilmesinde oldukça etkili bileşikler olarak bilinmektedir (Tohma ve ark., 2019). Bu sebeple *A. communis* meyve özütlerinde bulunan fenolik bileşiklerin AChE inhibitörleri olarak işlev gördüğünü düşünüyoruz.



Şekil 2. *A. communis* metanol özütü enzim inhibisyonu aktivitesi



Şekil 3. *A. communis* kloroform özütü enzim inhibisyonu aktivitesi

3.7.LCMS/MS ile fenolik bileşen analiz sonuçları

A. communis meyvesi özütlerindeki 31 standart fenolik bileşiğin varlığını belirlemek için LC-MS/MS tekniği kullanıldı. *A. communis* metanol özütünde majör bileşenler sitrik asit (2022.70 ng mL⁻¹), şikorik asit (553.00 ng mL⁻¹), 4-Hidroksibenzoik asit (355.95) ve klorojenik asit (160.05 ng mL⁻¹) olarak tespit edilirken kloroform özütünde majör bileşenler 4-Hidroksibenzoik asit (653.09 ng mL⁻¹), p-kumarik asit (162.92 ng mL⁻¹), klorojenik asit (158.83 ng mL⁻¹) ve sitrik asit (131.75 ng mL⁻¹) olarak tespit edildi (Tablo 4).

Sitrik asit, belirli sinir sistemi dejenerasyonlarını, obeziteyi, hepatoproteksiyonu, hiperlipidemi ve immünmodülasyonu önleyebilen bir maddedir (Brimson ve ark., 2019; Izquierdo-Vega ve ark., 2020). Ek olarak, *A. communis*'in metanol ve kloroform özütleri, hindistan cevizinde ve yeşil çay için kişilerde doğal olarak bulunan ana kateşin metabolitlerinden biri olan 4-hidroksibenzoik asit ve yüksek çay tüketiminin getirdiği oksidatif hasarı durdurabilen epikateşin içermektedir. Şikorik asit, fenilpropanoid ailesinin bir üyesidir ve birçok

bitkinin köklerinde bulunur. Bu bitkilerin birçoğu geleneksel tıp uygulamalarında ve besin takviyesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Peng ve ark., 2019). Şikorik asit, özellikle antioksidan, antiviral ve antikanser özelliklerinden dolayı biyolojik aktivite açısından önemli rollere sahiptir (Lee ve Scagel, 2013; Kuban-Jankowska ve ark., 2016; Peng ve ark., 2019). McDougall ve ark. (1998), farklı konsantrasyonlarda şikorik asidin insan immün yetmezlik virüsünün girişini ve özellikle replikasyonunu inhibe ettiğini bildirmiştir.

Klorojenik asit (CGA), gıdalarda en çok bulunan fenolik asit bileşiklerinden biridir. CGA, antioksidan aktivite, antibakteriyel, hepatoprotektif, kardiyoprotektif, antiinflamatuvar, antipiretik, nöroprotektif, anti-obezite, antiviral, antimikrobiyal, antihipertansiyon, serbest radikal temizleyici gibi birçok önemli ve terapötik rol oynayan önemli ve biyolojik olarak aktif bir diyet polifenolüdür. Ek olarak CGA'nın hem genetik olarak hem de metabolik olarak ilişkili sağlıklı hastalıklarda lipid metabolizmasını ve glikozu modüle edebildiği bulunmuştur (Naveed ve ark., 2018).

Tablo 4. LC-MS/MS kullanılarak *A. communis* metanol ve kloroform özüt içeriğinde tespit edilen fenolik bileşenlerin kantitatif sonuçları

Kantitatif Sonuçlar									Khl	Met-OH
Bileşikler	R.T	M.I (m/)	T (m/)	I.M	R ²	LOD (ng/m)	LOQ(ng/m)	Geri dönüşüm (%)	Final Kons.	Final Kons.
Tartarik Asit	1.696	149	87	-	0.999	12.31	37.3	98.91	34.31	49.75
Sitrik Asit	1.793	19.1	111	-	0.999	6.28	18.9	98.35	131.75	2022.70
Askorbik Asit	1.802	175.1	114.9	-	0.999	7.75	23.5	96.70	59.59	92.97
Fumarik Asit	1.821	115	71.1	-	0.999	6.43	19.5	99.76	14.26	29.10
Maleik Asit	1.821	115	71.2	-	0.999	6	18.2	101.03	ND	185.11
Şikorik Asit	1.989	472.8	310.5	-	0.999	50.16	152	88.73	ND	553.00
Gallik Asit	2.605	169	125	-	0.998	9	54.6	101.13	ND	ND
Klorojenik Asit	5.526	353	191	-	0.999	64.68	196	88.83	158.83	160.05
4-Hidroksibenzoik Asit	6.531	137	93.1	-	0.999	2.38	7.2	94.67	653.09	355.95
Kateşin	6.660	28.9	245.1	-	0.999	2.57	7.8	98.03	29.47	43.88
Epikateşin	6.666	353	191	+	0.998	2.90	8.8	93.70	46.57	45.71
Hesperidin	6.674	611.3	357	+	0.999	32.67	99	102.77	5.19	167.77
Rutin	6.675	60.9	299.4	-	0.997	28.5	85	101.33	ND	151.50
Vanilik Asit	6.687	167	151.8	-	0.998	2.54	7.7	95.60	77.64	91.32
Sirinjik Asit	6.703	197.1	181.8	-	0.999	4.22	12.8	101.90	ND	ND
Kafeik Asit	6.703	178.9	135.1	-	0.999	25.74	78	100.70	0.66	0.02
Luteolin-7-Glukozid	6.740	449	286.9	+	0.997	16.5	50	104.33	ND	96.11

Apigenin-7-O-Glikozid	6.808	430.8	267.4	-	0.998	18.24	55.3	96.53	ND	ND
Quercetin-3-Xyloside	6.816	432.7	299.5	-	0.995	9.87	29.9	103.77	ND	ND
Oleuropein	6.849	539.1	275.1	-	0.999	17.35	52.6	102.37	ND	ND
Rosmarinik Asit	6.875	35.9	160.7	-	0.998	15.9	48.2	96.07	16.95	16.24
P-Kumarik Asit	6.919	163	119	-	0.999	3	9.1	100.03	162.92	70.25
4-Hidroksibenzaldehit	6.929	121	92	-	0.999	1.91	5.7	99.83	48.79	21.58
Trans-Ferulik Asit	6.967	193.0	133.8	-	0.998	7.26	22.3	95.90	69.90	37.53
Gentisik Asit	7.243	153	109	-	0.999	44.55	135	98.27	ND	ND
Protokateşoik Asit	7.243	15.9	108.9	-	0.999	15.44	46.8	96.85	28.38	27.77
Kuersitin	7.306	300.7	150.9	-	0.997	14.85	45	101.67	ND	9.58
Apigenin	7.555	269	117	-	0.999	17.82	54	102.40	ND	ND
Naringenin	7.588	270.9	119.1	-	0.999	24.37	73.8	100.27	ND	ND
Trans-Sinnamik Asit	7.592	148.9	104.9	-	0.999	13.59	41.2	101.33	27.82	26.84
Kaempferol	7.613	284.9	116.9	-	0.998	12.39	37.5	100.93	34.31	N.D

RT: Saklama süresi; R²: Belirleme katsayısı; RSD: Bağıl standart sapma; LOD / LOQ (µg / L): Tespit sınırı/Kantitasyon

3.8.A. *communis* meyvelerinde pestisit kalıntı analiz sonuçları

GS/MS ve LC/MSMS cihazları kullanılarak *Amygdalus communis* meyveleri üzerinde pestisit kalıntı analizi yapıldı. LC/MSMS sonuçları meyvelerde yaygın kullanılan bir pestisit olan deltametrin varlığı gösterdi. Ölçülen değerlerin TGK pestisit maksimum kalıntı limitleri yönetmeliğine (25.11.2016-29899) göre kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlendi (Gazete, 2016, Kodeksi, 2021). Tablo 5 ayrıntılı analitik bulgular sunmaktadır FAO/WHO'nun pestisit kalıntılarında ilişkin

ortak toplantısında deltametrin için günlük vücut ağırlığı başına 0.01 mg'lık bir ADI belirlenmiştir (McGregor, 2000). Deltametrin, zararlılara ve parazitlere karşı değerli böcek öldürücü aktivitesi nedeniyle dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Artan kanıtlar deltametrinin değişen derecelerde toksisiteye neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca oksidatif stres ve metabolizma toksisite ile oldukça ilişkilidir (Lu ve ark., 2019). Bu tip toksik pestisit kalıntısı içermesi yüksek olasılık dahilinde olan meyvelerin tüketilmeden önce mutlaka bol su ile yıkanması maruz kalma riskini önemli ölçüde azaltabilir.

Tablo 5. Badem meyvesinden elde edilen numunenin pestisit analiz sonuçları

Yapılan Analizler	Birim	Sonuçlar	Ölçüm limiti	Analiz Metodu	Değerlendirme Kaynağı
Pestisitler-GCMS	mg/kg	Tespit edilmedi	≤0.01 mg/kg	AOAC Official Method 2007.01	TGK Pestisitlerin maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği (25.11.2016-29899)
Pestisitler-LCMSMS	mg/kg	Deltamethrin: 94.74±47.36	≤0.01 mg/kg	AOAC Official Method 2007.01	TGK Pestisitlerin maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği (25.11.2016-29899)

4.Sonuçlar

Bitkiler üretmiş oldukları doğal metabolizma ürünleri sayesinde pek çok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Değişen çevre şartlarına, herbivorlara ve patojen mikroorganizmalara karşı bitkiler hayatlarını koruyabilmek için fenolikler, flavonoidler, terpenler ve proantosiyandinler gibi çok çeşitli sekonder metabolitler sentezlemektedirler. Bu ürünler pek çok biyolojik aktiviteye sahiptir. Bunların içerisinde en önemlilerinden biride

antioksidan aktivitedir. Antioksidan özellik göstermesi sebebiyle en iyi bilinen maddelerden biri fenoliklerdir. En sık karşılaşılan fenolik asitler ise kafeik asit klorojenik asit, epikateşin, kuersetin ve ferulik asittir. Polifenoller insan bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, antimikrobiyal, viral replikasyonu önleme ve konakçı hedef hücre zarından viral geçişin azaltılması gibi işlevlere de sahiptir. Fenolik bileşiklerin antimikrobiyal etki mekanizmaları henüz yeterince

açıklanamamıştır. Bu aktivite şimdiye kadar yapılan araştırmalarda hücre zarlarının geçirgenliğini artırmak, çeşitli hücre enzimlerine fenolik bileşiklerin hidrojen bağlanması ile çeşitli hücre içi fonksiyonlarının değiştirilmesi ile ve parazitin hücre bütünlüğünün kaybettirilmesi ile olduğu açıklanmaktadır. Bununla birlikte fenolik bileşiklerin kolinerjik enzim inhibitörlerine sahip olduğu da bilinmektedir. Çalışmamızda kullandığımız *A. communis* kloroform ve metanol özütlerin yüksek fenolik ve flavonoid bileşen içeren kimyasal kompozisyonları antioksidan, antimikrobiyal ve antikolinesteraz aktiviten sorumlu olarak görülmektedir. *A. communis* meyve özütleri içerdikleri zengin içerikler sayesinde hem pek çok bilimsel çalışmada hem de endüstriyel proseslerde kullanılabilecek potansiyele sahiptir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M.S., Suleria, H.A.R., 2017. Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties*, 20(8):1689-1699.
- Augustyniak, A., Bartosz, G., Čipak, A., Duburs, G., Horáková, L.U., Łuczaj, W., Žarković, N., 2010. Natural and synthetic antioxidants: an updated overview. *Free Radical Research*, 44(10):1216-1262.
- Ali, S.S., Ahsan, H., Zia, M.K., Siddiqui, T., Khan, F.H., 2020. Understanding oxidants and antioxidants: classical team with new players. *Journal of Food Biochemistry*, 44(3): e13145.
- Beyhan, Ö., Aktaş, M., Yılmaz, N., Şimşek, N., Gerçekcioğlu, R., 2011. Determination of fatty acid composition in seed oils of

some important almond (*Prunus amygdalus* L.) genotypes growing in Tokat province and Aegean region of Turkey. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(19): 4907–4911.

- Bravo, L., 1998. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(1):317–333.
- Brimson, J.M., Onlamoon, N., Tencomnao, T., Thitilertdecha, P., 2019. *Clerodendrum petasites* S. Moore: The therapeutic potential of phytochemicals, hispidulin, vanillic acid, verbascoside, and apigenin. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 118(1):109319.
- Chiocchio I, Mandrone M, Tomasi P, Marincich L, Poli F., 2021 Plant Secondary Metabolites: An opportunity for circular economy. *Molecules*, 26(2):495-526.
- De Morais, S.M., da Silva Lopes, F.F., Fontenele, G.A., da Silva, M.V.F., Fernandes, V.B., Alves, D.R., 2021. Total phenolic content and antioxidant and anticholinesterase activities of medicinal plants from the State's Cocó Park (Fortaleza-CE, Brazil). *Research, Society and Development*, 10(5): e7510514493.
- Dini, I., 2022. Contribution of nanoscience research in antioxidants delivery used in nutraceutical sector. *Antioxidants*, 11(3):563.
- Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres Jr, V., Featherstone, R.M., 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2): 88-95.
- Esfahlan, A.J., Jamei, R., Esfahlan, R.J., 2010. The importance of almond (*Prunus amygdalus* L.) and its by-products. *Food Chemistry*, 120: 349-360.
- Gazete, R., 2016. Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği. *Resmi Gazete*, 27.

- Gülsoy, E., Balta, F., 2014. Aydın ili Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu ilçelerinden selekte edilen badem (*Prunus amygdalus* Batch) genotiplerinin protein, yağ ve yağ asidi bileşimlerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 9-14.
- Irteğin Kandemir, S., Aktepe, N., Baran, A., Baran, M.F., Atalar, M.N., Keskin, C., Khalilov, R., 2024. Determination of chemical composition and antioxidant, cytotoxic, antimicrobial, and enzyme inhibition activities of *Rumex acetosella* L. plant extract. *Chemical Papers*, 78:4583–4592.
- Izquierdo-Vega, J.A., Arteaga-Badillo, D.A., Sánchez-Gutiérrez, M., Morales-González, J.A., Vargas-Mendoza, N., Gómez-Aldapa, C.A., Castro-Rosas, J., Delgado-Olivares, L., Madrigal-Bujaidar, E., Madrigal-Santillán, E., 2020. Organic acids from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)-A Brief review of its pharmacological effects. *Biomedicines*, 8(5):100-116.
- Jara-Palacios, M.J., Gonçalves, S., Heredia, F.J., Hernanz, D., Romano, A., 2020. Extraction of antioxidants from winemaking byproducts: Effect of the solvent on phenolic composition, antioxidant and anti-cholinesterase activities, and electrochemical behaviour. *Antioxidants*, 9(8): 675-685.
- Kamil, A., Chen, C.Y.O., 2012. Health benefits of almonds beyond cholesterol reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(27): 6694-6702.
- Kavaz, A., Işık, M., Dikici, E., Yüksel, M., 2022. Anticholinergic, antioxidant, and antibacterial properties of *Vitex agnus-castus* L. seed extract: assessment of its phenolic content by LC/MS/MS. *Chemistry & Biodiversity*, 19(10): e202200143.
- Keskin, C., Baran, A., Baran, M. F., Hatipoğlu, A., Adıcan, M.T., Atalar, M.N., Eftekhari, A., 2022. Green synthesis, characterization of gold nanomaterials using *Gundelia tournefortii* leaf extract, and determination of their nanomedicinal (antibacterial, antifungal, and cytotoxic) potential. *Journal of Nanomaterials*, 2022(1):1-10.
- Keskin, C., Özen, H.Ç., Toker, Z., Kızıl, G., Kızıl, M., 2018. Determination of in vitro antioxidant and antimicrobial properties of shoot and root extracts of *Astragalus diphtherites* Fenzl var. *diphtherites* and *Astragalus gymnaopecias* Rech. Fil. obtained by different solvents. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(2):157-166.
- Kızıldaş, H., Bingöl, Z., Gören, A.C., Kose, L.P., Durmaz, L., Topal, F., Gulcin, İ., 2021. LC-HRMS profiling and antidiabetic, anticholinergic, and antioxidant activities of aerial parts of kinkor (*Ferulago stellata*). *Molecules*, 26(9): 2469-2481.
- Kodeksi, T.G., 2021. TGK Pestisitlerin maksimum kalıntı limitleri yönetmeliği. Resmi Gazete, 27.
- Kuban-Jankowska, A., Sahu, K.K., Gorska, M., Tuszyński, J.A., Wozniak, M., 2016. Chicoric acid binds to two sites and decreases the activity of the YopH bacterial virulence factor. *Oncotarget*, 7(3): 2229–2238.
- Lee, J., Scagel, C.F., 2013. Chicoric acid: chemistry, distribution, and production. *Frontiers in Chemistry*, 1(40): 1-17.
- Lu, Q., Sun, Y., Ares, I., Anadón, A., Martínez, M., Martínez-Larrañaga, M.R., Martínez, M.A., 2019. Deltamethrin toxicity: A review of oxidative stress and metabolism. *Environmental Research*, 170(1):260-281.
- McDougall, B., King, P.J., Wu, B.W., Hostomsky, Z., Reinecke, M.G., Robinson Jr, W.E., 1998. Dicafeoylquinic and dicafeoyltartaric acids are selective inhibitors of human immunodeficiency virus type 1 integrase. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 42(1):140-146.
- McGregor, D.B., 2000. Pesticide residues in food 2000: Deltamethrin. *International Agency for Research on Cancer*. France. 1(1):253-261.

- Moreno-Montoro, M., Olalla-Herrera, M., Gimenez-Martinez, R., Navarro-Alarcon, M., Rufian-Henares, J.A., 2015. Phenolic compounds and antioxidant activity of Spanish commercial grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38(1):19-26.
- Mukherjee, P.K., Kumar, V., Mal, M., Houghton, P.J., 2007. Acetylcholinesterase inhibitors from plants. *Phytomedicine*, 14(4): 289-300.
- Naveed, M., Hejazi, V., Abbas, M., Kamboh, A.A., Khan, G.J., Shumzaid, M., XiaoHui, Z., 2018. Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 97(1): 67-74.
- Ndhilala, A. R., Işık, M., Kavaz-Yüksel, A., Dikici, E., 2024. Phenolic content analysis of two species belonging to the lamiaceae family: antioxidant, anticholinergic, and antibacterial activities. *Molecules*, 29(2): 480-492.
- Peng, Y., Sun, Q., Park, Y., 2019. The bioactive effects of chicoric acid as a functional food ingredient. *Journal of Medicinal Food*, 22(7):645-652.
- Pohanka, M., 2011. Cholinesterases, a target of pharmacology and toxicology. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of Palacky University in Olomouc*, 155(3):219-230.
- Poljsak, B., Kovač, V., Milisav, I., 2021. Antioxidants, Food Processing and Health. *Antioxidants*. 10(3):433-445.
- Sarv, V., Venskutonis, P.R., Bhat, R., 2020. The Sorbus spp.-underutilised plants for foods and nutraceuticals: Review on polyphenolic phytochemicals and antioxidant potential. *Antioxidants*. 9(9): 813-836.
- Taslimi, P., Gulçin, İ., 2018. Antioxidant and anticholinergic properties of olivetol. *Journal of Food Biochemistry*, 42(3):e12516.
- Takó, M., Kerekes, E. B., Zambrano, C., Kotogán, A., Papp, T., Krisch, J., Vágvölgyi, C., 2020. Plant phenolics and phenolic-enriched extracts as antimicrobial agents against food-contaminating microorganisms. *Antioxidants*, 9(2):165-186.
- Tohma, H., Altay, A., Köksal, E., Gören, A.C., Gülçin, İ., 2019. Measurement of anticancer, antidiabetic and anticholinergic properties of sumac (*Rhus coriaria*): analysis of its phenolic compounds by LC-MS/MS. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1):1607-1619.
- Türkan, F., Atalar, M.N., Aras, A., Gülçin, İ., Bursal, E., 2020. ICP-MS and HPLC analyses, enzyme inhibition and antioxidant potential of *Achillea schischkinii* Sosn. *Bioorganic Chemistry*, 94(1):103333.
- Varela-Martínez, D.A., González-Curbelo, M.Á., González-Sálamo, J., Hernández-Borges, J., 2020. Analysis of pesticides in cherimoya and gulupa minor tropical fruits using AOAC 2007.1 and ammonium formate QuEChERS versions: A comparative study. *Microchemical Journal*, 157(1):104950.
- Vafadar, M., Osaloo, S.K., Attar, F., 2014. Molecular phylogeny of the genus *Amygdalus* (Rosaceae) based on nrDNA ITS and cpDNA trnS-trnG sequences. *Turkish Journal of Botany*. 38(3):439-452.
- Wilkowska, A., Biziuk, M., 2011. Determination of pesticide residues in food matrices using the QuEChERS methodology. *Food Chemistry*, 125(3):803-812.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Erez, M.E., Tuğra, H., Baytin Alacı, R., Kaymaz, Ö., Hassan, D.A., Yaşar, Ö., 2024a. Kuraklık stresi uygulanmış ve uygulanmamış domates bitkilerine farklı dozlarda mangan uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(3): 105-115.

- Yaşar, F., Üzal, Ö., Erez, M.E., Tuğa, H., Baytin Alacı, R., Kaymaz, Ö., Hassan, D.A., Yaşar, Ö., 2024b. The effect of different doses of manganese on plant development on tomato plants with and without drought stress. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3):105-115.
- Yüksel, A. K., Dikici, E., Yüksel, M., Işık, M., Tozoğlu, F., Köksal, E., 2021. Phytochemicals analysis and some bioactive properties of *Erica manipuliflora* Salisb.(EMS); antibacterial, antiradical and anti-lipid peroxidation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, 20(4):422-434.
- Zhang, N., Baran, A., Valioglu, F., Teng, L., Atalar, M.N., Keskin, C., Beilerli, A., 2023. Antioxidant, AChE inhibitory, and anticancer effects of *Verbascum thapsus* extract. *Cellular and Molecular Biology*. 69(14): 211-217.

Atıf Şekli	Keskin, C., Aras, İ.O., Baran, A., Baran, M.F., Çetik Yıldız, S., Tarhan, R., 2024. <i>Amygdalus communis</i> (Badem) Meyvesinden Elde Edilen Özütlelerin Bazı <i>in vitro</i> Biyolojik Aktivitelerinin, Kimyasal ve Pestisit Kompozisyonlarının Araştırılması. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 722-736. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12774905 .
To Cite	Keskin, C., Aras, İ.O., Baran, A., Baran, M.F., Çetik Yıldız, S., Tarhan, R., 2024. Investigation of Some <i>in vitro</i> Biological Activities, Chemical and Pesticide Compositions of Extracts Obtained from <i>Amygdalus communis</i> (Almond) Fruit. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 722-736. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12774905 .



Chemical Composition and Antioxidant Potential of *Aristolochia maurorum* Above-ground Extract: Phenolic and Phytochemical Analysis

Emine İncilay TORUNOĞLU¹, Erdi Can AYTAR^{2*}, Alper DURMAZ³, Betül AYDIN⁴

Ayşen Melda ÇOLAK²

¹ Necmettin Erbakan University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Konya

² Uşak University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Uşak

³ Artvin Coruh University, Ali Nihat Gök Yigit Botanical Garden Application and Research Center, Artvin

⁴ Gazi University, Faculty of Science, Department of Biology, Ankara

*Corresponding author: erdicanaytar@gmail.com

Abstract

The aim of this study is to evaluate the antioxidant activity, chemical composition, phenolic components, and fatty acid content of extracts obtained from the aerial parts of *Aristolochia maurorum*. The above-ground of *A. maurorum* were collected from remote areas in Havza and Kavak districts of Samsun province, Turkey. The plants were dried, powdered, and extracted with methanol. The total phenolic contents, total flavonoid contents, total tannin contents, and total proanthocyanidin contents of the extracts were determined using spectrophotometric methods. Additionally, DPPH free radical scavenging activity was measured. The fatty acid contents were analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The methanol extract of *A. maurorum* above-ground contains high levels of phenolic compounds and exhibits strong antioxidant activity. The total phenolic content of the extract was found to be 12.24 ± 0.91 mg GAE/g, total flavonoid content 27.45 ± 0.31 mg QE/g, total tannin content 28.41 ± 0.31 mg GAE/g, and total proanthocyanidin content 155.24 ± 32.20 mg CAE/g. The DPPH free radical scavenging activity showed an IC_{50} value of 506.29 ± 38.35 mg/mL. GC-MS analyses demonstrated that the extract contains various bioactive compounds, notably eicosane, which is reported to have anti-inflammatory, analgesic, and antipyretic properties. In conclusion, extracts derived from the above-ground of *A. maurorum* are rich in phenolic compounds and exhibit high antioxidant activity. These findings may contribute to a better understanding of the potential therapeutic uses of *A. maurorum* and could aid in the development of future plant-based medicines.

Research Article

Article History

Received	:23.04.2024
Accepted	:28.05.2024

Keywords

GC-MS analysis
antioxidant activity
Aristolochia maurorum
phytochemicals

1. Introduction

Aristolochiaceae belongs to the order Piperales and comprises seven different genera including *Asarum*, *Saruma*, *Lactoris*, *Hydnora*, *Prosopanche*, *Thottea*, and *Aristolochia* (Wagner et al., 2014). In this family, there are approximately 550 species, which are commonly found in tropical and temperate regions (Zhou et al., 2019). *Aristolochia* is the best-known and most widespread genus within this family (Zhou et al., 2017). *Aristolochia* species are typically perennial, have tuberous roots, and exhibit herbaceous or vine-like structures, known for their striking flowers (Kuo et al., 2012).

Due to its diverse climate, Turkey hosts 29 different species of *Aristolochia*, particularly in regions where the influence of the Mediterranean climate is prevalent. *Aristolochia maurorum* L. is a native species to Türkiye, Lebanon, Syria, and Sinai. Because of its limited distribution range, *Aristolochia* is considered an important species. It is commonly found in the western and central parts of the Black Sea Region, as well as in the western regions of Central Anatolia, extending to the Upper Euphrates basin and the Mediterranean Region.

The various metabolites found in *Aristolochia* plants are chemical compounds that determine the biological effects of the plant and play roles in various biological functions. Among these metabolites are compounds from different chemical groups such as aristolochic acids and derivatives, monoterpenes, diterpenes, triterpenes, alkaloids, and lignans (Al-Barham et al., 2017; Ali et al., 2022; Karaşin et al., 2019; Pacheco et al., 2009).

In the past, *Aristolochia*, which was widely used in traditional Chinese medicine, has also been frequently preferred in other countries for preparing traditional medicines used for human and animal health (Wanke et al., 2006).

Aristolochia species exhibit a wide range of activities including anti-fungal, antioxidant, anti-inflammatory, anti-fibrotic, anti-neuroprotective, anti-ulcer, antiallergic,

antidiabetic, anti-dyslipidaemia, antihistaminic, and anticancer activities. They are used in traditional medicine for various purposes including treating bronchitis, constipation, rheumatism, bladder diseases, as well as for the treatment of various animal and insect bites (Pacheco et al., 2009).

Plants harbor a variety of phytochemicals, notably polyphenols, which boast potent antioxidant properties pivotal in neutralizing free radicals, quenching singlet and triplet oxygen, and degrading peroxides (Anderson et al., 2001). The surge in research endeavors in recent years has focused on investigating the biological activities and compositions of plants (Dicson et al., 2015) crucial for assessing antioxidant potential and discerning associated health advantages.

Lipids are ubiquitous across plant tissues, serving as nutritional reservoirs and contributing to the management of diverse cardiovascular ailments (Chen and Chuang, 2002; López-Miranda et al., 2006). The lipogenic attributes of polyunsaturated fatty acids can be leveraged to augment the therapeutic efficacy of anticancer medications (Wang et al., 2012). Noteworthy fatty acids like palmitic and stearic acid find widespread applications in pharmaceutical and cosmetic sectors (Kalustian, 1985). The extraction and preservation of natural antioxidants, with the aim of supplanting synthetic oxidants, emerge as pivotal objectives for the future landscape of the health, pharmaceutical, and cosmetic industries (Binic et al., 2013).

Although numerous phytochemical and biochemical studies have been conducted on *Aristolochia*, there is no study available specifically on *A. maurorum*. We know that the biological activities of *A. maurorum* have not been fully explored, and their therapeutic potentials have yet to be fully discovered. This study aims to evaluate extracts obtained from the above-ground parts of *A. maurorum*. This evaluation includes investigating antioxidant activity, chemical composition, phenolic compounds, and fatty acid content.

2. Materials and Methods

2.1. Collection of plant material

A. maurorum samples were collected from grassy and rocky areas along the old road between Havza and Kavak, specifically at the 3rd kilometer opposite Boğaziçi Petrol. The collected plants were identified by Dr. Alper Durmaz. The collected specimens were recorded under the herbarium number OMUB-9032. When sampling from *A. maurorum* populations, only the aboveground parts were pruned to ensure the plant's undamaged continuity and population sustainability. The collected plant materials were dried in a plant and soil laboratory and prepared for analysis. These materials were stored in containers without air until the analysis process.



Figure 1. *A. maurorum* plant morphological structure

2.2. Plant extraction

The above-ground parts of *A. maurorum* were initially dried in an oven at 40°C and then ground into powder using a blender. The maceration method suggested by Aytar (2024) was employed for extraction. The aboveground parts, dried at 40°C, were extracted with methanol at room temperature for two days in a dark environment. The obtained methanolic extracts were filtered with filter paper. After filtration, the solvent was evaporated under reduced pressure at 40°C using a rotary evaporator, and solid extracts were stored at +4°C (Aytar et al., 2024). The morphological structure of the *A. maurorum* plant is shown in Figure 1.

2.3. Spectroscopic analysis of secondary metabolites

2.3.1. Total phenolic content

In this study, equal volumes of the sample and diluted Folin-Ciocalteu reagent were mixed. After incubating at room temperature for 3 minutes, 1 mL of 2 % sodium carbonate solution was added. The mixture was then left to incubate in the dark at room temperature for 1 hour, followed by measuring the absorbance at 760 nm using a UV spectrophotometer. The total phenolic content was expressed as gallic

acid equivalent (GAE) in milligrams per gram of dried extract (mg GAE/g extract). All measurements were performed in triplicate (Singleton and Rossi, 1965).

2.3.2. Total flavonoid content

This method was assessed using the $AlCl_3$ method with minor adjustments, following the procedure by Osuna-Ruiz et al., (2016). Extracts were mixed with distilled water, followed by $NaNO_2$ (5 %) addition and a standing period. Subsequently, $AlCl_3$ (10 %) was added, and the solution underwent

incubation. NaOH (1M) was then introduced, and the solution was left at room temperature. Absorbance was measured using a UV spectrophotometer, and total flavonoid content was quantified as quercetin equivalent (QE) per gram of dried extract (mg QE/g). All measurements were performed in triplicate (Osuna-Ruiz et al., 2016).

2.3.3. Total flavanols content

The total flavonoid content was determined using the aluminium chloride method. Briefly, 1 mL of the extracts was mixed with of AlCl₃. Subsequently, 3 mL of sodium acetate solution was added. The mixture was then kept at room temperature in a dark environment for 30 minutes. After the incubation period, the absorbance of the sample was measured at 415 nm using quercetin as the standard. The total flavanols was expressed as quercetin equivalents (mg QE/g) (Mahmoudi et al., 2023).

2.3.4. Total tannin content

Modified according to the method specified by Lou et al. (2014). A calibration curve was prepared using different concentrations of gallic acid in methanol. Samples were mixed with diluted Folin–Ciocalteu reagent in water and aqueous sodium carbonate solution. After incubation in darkness at room temperature, absorbance was measured at 760 nm. Total tannin content was quantified as gallic acid equivalent (GAE) per gram of dried extract (mg GAE/g). All measurements were performed in triplicate.

2.3.5. Total proanthocyanin content

Modified according to the method specified by Porter et al. (1985). Diluted phenolic extract was mixed with n-butanol/HCl reagent, followed by the addition of ferric ammonium sulfate in HCl. After boiling and cooling, the absorbance of the solutions was measured at 550 nm. Total proanthocyanidins content was expressed as catechin equivalent (CAE) per gram of dried extract. All measurements were performed in triplicate.

2.4. Determination of antioxidant capacity

2.4.1. DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) assay

Modifications were made based on the procedure of Braca et al. (2001). The free radical scavenging potential of the extract was determined using the DPPH assay. For this test, various concentrations of 1 mL extract were mixed with a methanol solution of DPPH radical (0.1 mM) in a tube. The mixture was left to incubate in the dark at room temperature for 30 minutes. Subsequently, the absorbance was measured at 517 nm using a UV spectrophotometer against a blank. Ascorbic acid was used as the standard (Braca et al., 2001).

The percentage inhibition of DPPH radical scavenging activity of the extract was calculated using the following equation:
DPPH scavenging activity (% inhibition) =

$$[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100.$$

To determine the extract concentration that would cause a 50% reduction in the initial DPPH concentration, a concentration curve against the percentage inhibition of the extract was plotted, and the IC₅₀ value was obtained by linear regression analysis. A lower IC₅₀ value indicates a stronger antioxidant capacity of the extract.

2.5. Extraction and analysis of fatty acids

Fatty acid analysis of *A. maurorum* samples was conducted according to the procedure outlined by Aytar et al. (2023). The above-ground parts of the plant at the flowering stage were collected and dried at 40°C before being ground into powder. Oil extraction was performed using a Soxhlet apparatus. For gas chromatography analysis (Thermo Scientific Trace 1310), fatty acids were converted into methyl esters. Samples were analyzed using a Thermo Scientific ISQ LT GC/MS system with a Trace Gold TG-WaxMS capillary column. Fatty acids were identified by comparing their retention times with a standard FAME mixture containing 37 components.

2.6. Gas Chromatography-mass spectroscopic analysis of *A. maurorum*

For gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis following the methodology outlined by (Aytar et al. 2023). Following this, the samples underwent centrifugation at 3500 revolutions per minute for 10 minutes, and the resulting supernatant was utilized for GC-MS analysis. The GC-MS analysis was conducted in accordance with the protocol, utilizing the NIST Standard Reference Database.

2.7. Statistical analysis

To determine the relationship between two variables, correlation coefficients (R) were calculated using the CORREL statistical function in MS Excel software. Data are expressed as mean \pm SD obtained from three separate observations. The analysis of the data was conducted using SPSS 21.

3. Results and Discussion

The total phenolic content of the extract obtained from the above-ground parts was determined to be 12.24 ± 0.91 mg GAE/g crude extract, the total flavonoid content was 27.45 ± 0.31 mg QE/g crude extract, the total flavonol content was 98.92 ± 9.08 mg QE/g crude extract, the total tannin content was 28.41 ± 0.31 mg GAE/g crude extract, and the total proanthocyanidin content was 155.24 ± 32.20 mg CAE/g crude extract. The DPPH content (IC_{50} mg/mL) of the extract obtained from the above-ground parts was found to be 506.29 ± 38.35 mg QE/g crude extract. These results indicate that the above-ground parts are rich in phenolic compounds, and the contents are shown in the Table 1. Additionally, Table 1 demonstrates the DPPH radical scavenging activity of the above-ground parts of *A. maurorum*, which is associated with high levels of radical scavenging activity, indicating high antioxidant activity.

Table 1. DPPH radical scavenging activities of *A. maurorum* extracts (IC_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$) \pm SD) and total flavonol, flavonoid, phenolic, proanthocyanidin, and tannin contents \pm SD* Values

Plant Name	DPPH (IC_{50} $\mu\text{g mL}^{-1}$)	Total Flavonol Compound (mg QE/g extract)	Total Flavonoid Compound (mg QE/g extract)	Total Phenolic Compound (mg GAE/g extract)	Total Proanthocyanidin content (mg CAE/g extract)	Total Tanen Content (mg GAE/g extract)
<i>Aristolochia maurorum</i>	506.29 ± 38.35	98.92 ± 9.08	27.45 ± 0.31	12.24 ± 0.91	155.24 ± 32.20	28.41 ± 0.31

In the study conducted by El et al. in 2020, the extract was obtained from the roots of *Aristolochia longa*. Additionally, the methanolic extract was reported to have a flavonoid content of 34.02 ± 1.87 mg QE/g and a total polyphenol content of 89.41 ± 4.96 mg GAE/g. When evaluated using the DPPH method, the IC_{50} value of the methanolic root extract of *A. longa* was determined to be 1.32 mg/mL (El et al., 2020). In the study conducted by Bourhia et al. in 2019, the total phenolic and flavonoid contents of methanolic extracts of *A. baetica* and *A. paucinervis* were determined to be 360 ± 20 mg GAE/g and 280 ± 27 mg GAE/g, respectively. Additionally, the total

flavonoid contents of *A. baetica* and *A. paucinervis* methanolic extracts were found to be 35 ± 8 mg QE/g and 235 ± 7 mg QE/g, respectively. For DPPH radical scavenging activity, the IC_{50} values of *A. baetica* and *A. paucinervis* methanolic extracts were approximately determined to be 150 ± 8 $\mu\text{g mL}^{-1}$ and 160 ± 10 $\mu\text{g/mL}$, respectively (Bourhia et al., 2019).

The methanol extract of the combination of *A. indica* and *Piper nigrum* was reported to have a total phenolic content of 150.65 ± 0.08 mg GAE/g extract and a flavonoid content of 158.97 ± 0.93 mg RE/g extract. For DPPH radical scavenging activity, the IC_{50} values of

the methanol extract of the combination of *A. indica* and *P. nigrum* were approximately determined to be 3.05 µg/mL. In the same study, it was reported that the phenolic content of *A. indica* root extract was determined to be 54.27 ± 0.77 mg GAE/g extract (Sivaraj et al., 2018).

It can be said that in this study, we determined the DPPH radical scavenging activity of the methanol extract of *A. maurorum*, demonstrating its ability to effectively neutralize free radicals. These findings highlight the high antioxidant properties of *A. maurorum* and the significant role of phenolic compounds in this activity.

We analyzed the methanol extract of the above-ground parts of *A. maurorum* to determine various bioactive contents. The retention time (RT), concentration (% area), and chemical structure of 15 bioactive phytochemical compounds in the extract are presented in Tables 2. The main components identified in the above-ground part of *A. maurorum* were eicosane (%31.57), 2-(3-Hydroxy-4-methoxyphenyl)-1,3-benzodioxane (% 17.26), heneicosane (% 6.28), pentadecane (% 6.13), myristate <methyl-> (% 3.82), 12-methoxy-3-methylcholan (% 3.64), and 9,12-octadecadienoic acid (Z, Z) (% 3.63) (Table 2).

Table 2. GC-MS analysis results of *A. maurorum*

No	Retention time(min)	Name of the compound	Area %
1	3.400	Glycerin	2.11
2	3.880	2,2-dimethoxybutane	1.55
3	18.564	o-Tolualdehyde	2.12
4	22.265	Benzenemethanol, 3-hydroxy-	2.52
5	25.821	Levogluconan	2.02
6	29.001	Pentadecane	6.13
7	33.646	Eicosane	31.57
8	36.350	Myristate	3.82
9	37.723	1-docosanol	1.48
10	39.763	9,12-Octadecadienoic acid (Z, Z)-	3.63
11	39.885	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (9Z,12Z,15Z)-	1.49
12	41.684	Heneicosane	6.28
13	43.334	3-Ethoxy-3-methylhexane	3.64
14	43.466	1-Pentacontanol	2.34
15	43.772	1-(3-Hydroxy-4-methoxyphenyl) ethanone	17.26

Furthermore, we conducted an analysis to determine various bioactive components of the methanol extract of *A. maurorum* above-ground parts. Among the major components identified in the above-ground parts, linoleic acid (% 25.96),

alpha-linolenic acid (% 35.94), palmitic acid (% 20.55), stearic acid (% 3.20), lignoceric acid (% 1.55), palmitoleic acid (% 1.21), and oleic acid (% 6.19) were found (Table 3 and Figure 2).

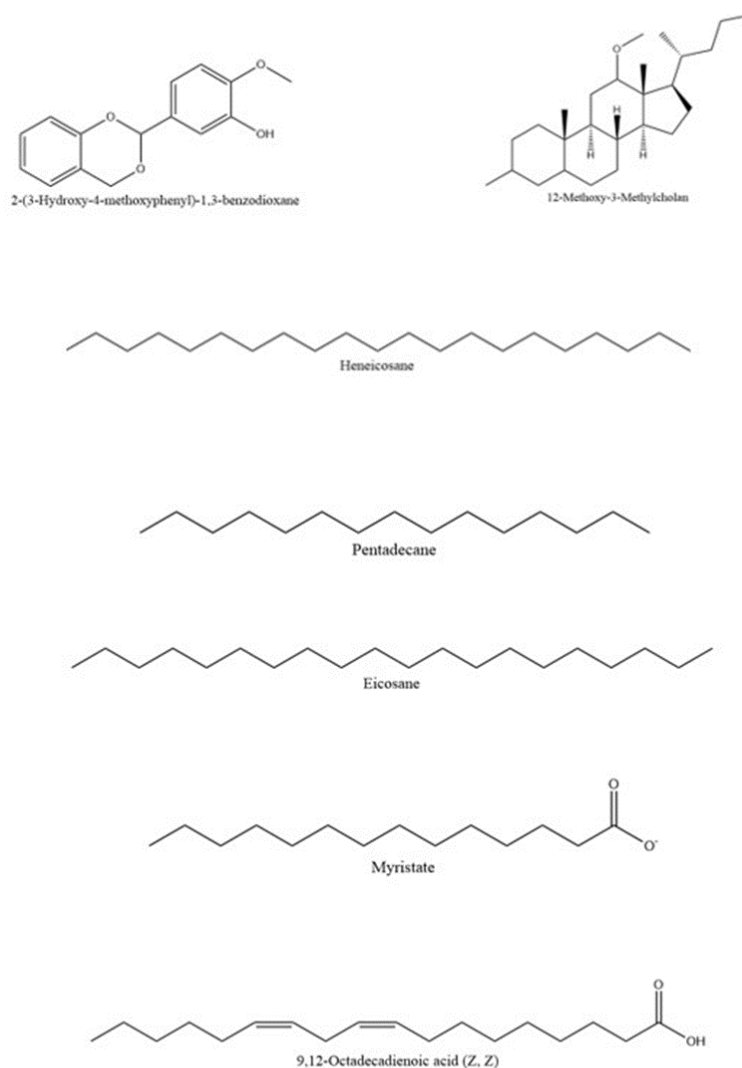


Figure 2. *A. maurorum* major component structure

In the study by Okechukwu et al. (2020), among the identified major compounds of *A. maurorum*, Eicosane has been reported to possess anti-inflammatory, analgesic, and antipyretic properties (Okechukwu, 2020).

Additionally, linoleic acid has been reported to possess anti-inflammatory effects. (Kolar et al., 2019). The study has extracted compounds with diverse pharmacological properties from all parts of *A. maurorum*.

Table 3. Results of fatty acid composition in *A. maurorum*

No	Retention time(min)	Name of the fatty acid	Area %
1	24.40	Palmitic Acid	20.55
2	25.07	Palmitoleic Acid	1.21
3	27.94	Stearic Acid	3.60
4	28.57	Oleic Acid	6.19
5	29.67	Linoleic Acid	25.96
6	30.95	Alpha Linolenic Acid	35.94
7	36.94	Lignoceric Acid	1.55

In the study by Bourhia et al. (2019), the phytochemical composition of *A. paucinervis* methanol extracts were analyzed using GC-MS, uncovering the presence of dihydro-4,4,5,5-tetramethyl 2(3H)-furanone, mesitylene, dodecane, maaliol, 2-palmitoylglycerol, dioctyl terephthalate, phthalic acid, and di(2-propylpentyl) ester. Furthermore, the phytochemical composition of *A. baetica* methanolic extracts was determined via GC-MS analysis, revealing the presence of pseudocumen, tetrasiklodekan-10-one, p-vinylguaicol, 2-epi-trans-p-caryophyllene, guaia-6,9-diene, pacifigorgiol, maaliol, methylglucoside, isoaromadendrene epoxide, and trans-sinapyl alcohol (Bourhia et al., 2019). In the study by Das et al. (2016), the phytochemical composition of *A. bracteolata* methanol extracts were determined using GC-MS analysis, revealing the presence of dodecane (7.50 %), tetradecane (7.31 %), tridecane (6.59 %), undecane (6.29%), pentadecane (3.99 %), hexadecane (2.69 %), and decane (1.49 %) (Das et al., 2016).

The diverse phytochemical compositions observed across *Aristolochia* species indicate variations in their potential medicinal uses. Phytochemical analyses play a crucial role in understanding the pharmacological effects of plants and help in identifying potential therapeutic compounds. Such studies provide valuable insights for the development of plant-based medicines and the advancement of herbal medicine.

This research represents one of the first significant investigations on *A. maurorum*, providing detailed insights into its antioxidant activity and phenolic components. Previous studies have indicated similar antioxidant properties in *Aristolochia* species. Given the absence of prior research on *A. maurorum* in the literature, this study stands as one of the pioneering inquiries into this plant.

4. Conclusions

In conclusion, this study demonstrates that the methanol extract obtained from the above-ground parts of *A. maurorum* possesses a wide range of phenolic compounds and exhibits potent antioxidant activity. The high content of

total phenolics, flavonoids, flavonols, tannins, and proanthocyanidins in the extract suggests that it may serve as a source of biological activities in the plant. Additionally, significant levels of fatty acids such as linoleic acid and alpha-linolenic acid were identified in the extract, enhancing its nutritional value. These findings suggest that *A. maurorum* harbours significant pharmacological and nutritional potential. Further research is warranted to elucidate the biological activities of this plant in more detail and to better understand its health benefits. The outcomes of this study could contribute to the development of new products in the pharmaceutical and food industries by providing insights into the usability and potential therapeutic applications of the plant.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

References

- Al-Barham, M.B., Al-Jaber, H.I., Al-Qudah, M.A., Abu Zarga, M.H., 2017. New aristolochic acid and other chemical constituents of *Aristolochia maurorum* growing wild in Jordan. *Natural Product Research*, 31(3): 245–252.
- Ali, Q., Kurubaş, M.S., Erkan, M., 2022. Biochemical composition and antioxidant activity of different types of tomatoes affected by ethylene treatment. *Journal of Agricultural Sciences*, 28(1): 8-15.
- Anderson, K.J., Teuber, S.S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Steinberg, F.M., 2001. Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation. *The Journal of Nutrition*, 131(11): 2837–2842.

- Aytar, E.C., 2024. Antioxidant and antimicrobial properties of stachys maritima via quantum dots and molecular docking. *Chemistry & Biodiversity*, e202401057.
- Binic, I., Lazarevic, V., Ljubenovic, M., Mojsa, J., Sokolovic, D., 2013. Skin ageing: Natural weapons and strategies. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.
- Bourhia, M., Laasri, F.E., Moussa, S.I., Ullah, R., Bari, A., Saeed Ali, S., Kaoutar, A., Haj Said, A.A., El Mzibri, M., Said, G., Khlil, N., Benbacer, L., 2019. Phytochemistry, antioxidant activity, antiproliferative effect, and acute toxicity testing of two moroccan aristolochia species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019(1): 9710876.
- Braca, A., De Tommasi, N., Di Bari, L., Pizza, C., Politi, M., Morelli, I., 2001. Antioxidant principles from bauhinia tarapotensis. *Journal of Natural Products*, 64(7): 892–895.
- Chen, S.H., Chuang, Y.J., 2002. Analysis of fatty acids by column liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 465(1–2): 145–155.
- Das, T.S., Ramesh, L., Agastian, P., 2016. GC-MS analysis of bioactive constituents of *Aristolochia bracteolata* Linn with in-vitro antioxidant properties. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(12): 061–066.
- Dicson, S.M., Samuthirapandi, M., Govindaraju, A., Kasi, P.D., 2015. Evaluation of in vitro and in vivo safety profile of the Indian traditional medicinal plant *Grewia tiliaefolia*. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(1): 241–247.
- El, A., El Idrissi, Y., Khouchlaa, A., Bouyahya, A., Bakri, M'hamed Tijane, Y., 2020. Phytochemical characterization, in vitro antioxidant, cytotoxic, and antibacterial effects of *Aristolochia longa* L. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(1): 8129–8140.
- Kalustian, P., 1985. Pharmaceutical and cosmetic uses of palm and lauric products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 62(2): 431–433.
- Karaşin, N., Tolan, V., Haşimi, N., Demirci, Ö., 2019. Investigation of genotoxic, antimicrobial and antioxidant activities of leaf and flower extracts of *Cynara syriaca* Boiss. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(3): 346–353.
- Kolar, M.J., Konduri, S., Chang, T., Wang, H., McNerlin, C., Ohlsson, L., Härröd, M., Siegel, D., Saghatelian, A., 2019. Linoleic acid esters of hydroxy linoleic acids are anti-inflammatory lipids found in plants and mammals. *Journal of Biological Chemistry*, 294(27): 10698–10707.
- Kuo, P.C., Li, Y.C., Wu, T.S., 2012. Chemical constituents and pharmacology of the *Aristolochia* (馬兜鈴 mǎdōu líng) species. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 2(4): 249–266.
- López-Miranda, J., Badimon, L., Bonanome, A., Lairon, D., Kris-Etherton, P.M., Mata, P., Pérez-Jiménez, F., 2006. Monounsaturated fat and cardiovascular risk. *Nutrition Reviews*, 64: S2–S12.
- Lou, S.N., Lin, Y.S., Hsu, Y.S., Chiu, E.M., Ho, C.T., 2014. Soluble and insoluble phenolic compounds and antioxidant activity of immature calamondin affected by solvents and heat treatment. *Food Chemistry*, 161: 246–253.
- Mahmoudi, M., Boughalleb, F., Maaloul, S., Mabrouk, M., Abdellaoui, R., 2023. Phytochemical screening, antioxidant potential, and LC–ESI–MS profiling of ephedra alata and ephedra altissima seeds naturally growing in Tunisia. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 195(10): 5903–5915.
- Okechukwu, P.N., 2020. Evaluation of anti-inflammatory, analgesic, antipyretic effect of eicosane, pentadecane, octacosane, and heneicosane. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 29–35.

- Osuna-Ruiz, I., López-Saiz, C.M., Burgos-Hernández, A., Velázquez, C., Nieves-Soto, M., Hurtado-Oliva, M.A., 2016. Antioxidant, antimutagenic and antiproliferative activities in selected seaweed species from Sinaloa, Mexico. *Pharmaceutical Biology*, 54(10): 2196–2210.
- Pacheco, A.G., De Oliveira, P.M., Piló-Veloso, D., De Carvalho Alcântara, A.F., 2009. ¹³C-NMR data of diterpenes isolated from *Aristolochia* species. *Molecules*, 14(3): 1245-1262.
- Porter, L.J., Hrstich, L.N., Chan, B.G., 1985. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25(1): 223–230.
- 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.
- Sivaraj, D., Shanmugam, S., Rajan, M., Sasidharan, S.P., Sathyanarayanan, S., Muniyandi, K., Thangaraj, P., de Souza Araújo, A.A., 2018. Evaluation of *Aristolochia indica* L. and *Piper nigrum* L. methanol extract against centipede *Scolopendra moristans* L. using *Wistar albino* rats and screening of bioactive compounds by high pressure liquid chromatography: a polyherbal formulation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 97: 1603–1612.
- Wagner, S.T., Hesse, L., Isnard, S., Samain, M.S., Bolin, J., Maass, E., Neinhuis, C., Rowe, N.P., Wanke, S., 2014. Major trends in stem anatomy and growth forms in the perianth-bearing Piperales, with special focus on *Aristolochia*. *Annals of Botany*, 113(7): 1139–1154.
- Wang, J., Luo, T., Li, S., Zhao, J., 2012. The powerful applications of polyunsaturated fatty acids in improving the therapeutic efficacy of anticancer drugs. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 9(1): 1–7.
- Wanke, S., González, F., Neinhuis, C., 2006. Systematics of pipevines: combining morphological and fast-evolving molecular characters to investigate the relationships within subfamily Aristolochioideae (Aristolochiaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 167(6): 1215–1227.
- Zhou, J., Chen, X., Cui, Y., Sun, W., Li, Y., Wang, Y., Song, J., Yao, H., 2017. Molecular structure and phylogenetic analyses of complete chloroplast genomes of two *Aristolochia* Medicinal Species. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(9): 1839-1845.
- Zhou, X.X., Jiang, G. Bin, Zhu, X.X., Liu, Z. Y., Huang, Y., Wang, G.T., Wang, R.J., 2019. *Isotrema plagiostomum* (Aristolochiaceae), a new species from Guangdong, South China. *Phytotaxa*, 405(4): 221-225.

To Cite

Torunoglu, E.İ., Aydar, E.C., Durmaz, A., Aydın, B., Çolak, A.M., 2024. Chemical Composition and Antioxidant Potential of *Aristolochia maurorum* Above-ground Extract: Phenolic and Phytochemical Analysis. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 737-746.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12787050>.



Alternatif Mutajenlerin Maternal Haploidlerin Çimlenme Döneminde Kromozom Katlaması Üzerine Etkileri

Merve ÇAKIR¹, Rahime CENGİZ¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sakarya

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): rahimecengiz@subu.edu.tr

Özet

İslah çalışmalarının, yıllardır artan nüfusun istek ve arzularına paralel olarak değeri ve önemi her geçen gün daha da iyi anlaşılmaktadır. Gelişen teknoloji ve imkanlar doğrultusunda ıslah tekniklerine yeni teknolojiler dahil edilmiştir. İslah süresini kısaltmak amacıyla kullanılan haploid teknikleri, mısır hatlarının 1-2 yıl gibi kısa sürede geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Kromozom katlaması için çoğunlukla colchicine mutajeni kullanılmaktadır. Colchicine insanlar ve hayvanlar için toksik bir maddedir. Colchicine alternatifi, daha az toksik ve daha ekonomik herbisitleri belirleyebilmek amacıyla pronamid, trifluralin ve oryzalin etken maddeleri ile çalışılmıştır. Colchicine uygulaması pozitif kontrol grubunu, Dimetil sülfoksit uygulaması ise negatif kontrol grubunu oluşturmuştur. Haploid tohumlar çimlendirilerek koleoptil ve kökükte kısaltma-yaralama yapılmıştır. Kromozom katlaması için çimlendirilmiş tohumlara 3 farklı herbisit etken madde, pozitif kontrol ve negatif kontrol uygulanmıştır. Canlı kalan bitki oranı, erkek ve dişi çiçek oluşturma oranları, fertil erkek çiçek oranı, kendileme yapılan bitki oranı ve bitki başına düşen tohum sayısı parametrelerinin tamamı için uygulamalar arasında fark %0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Pronamid ve trifluralin fertil erkek çiçek oranında, oryzalin bitki başına tohum sayısında başarılı olurken kendileme yapılan bitki oranında mutajenlerin tamamı başarılı olmuştur. Çimlenme döneminde uygulama yapılan herbisit etken maddelerinin colchicine oranla canlı bitki oluşturmada letal etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Effects of Alternative Mutagens on Chromosome Doubling during the Germination Period of Maternal Haploids

Abstract

The value and importance of breeding studies, in parallel with the demands and desires of the population that has been increasing for years, is understood better every day. New technologies have been included in breeding techniques in line with developing technology and opportunities. Haploid techniques used to shorten the breeding period have allowed the development of maize lines in a short time of 1-2 years. Colchicine mutagen is mostly used for chromosome doubling. Colchicine is a toxic substance to humans and animals. The active ingredients propanamide, trifluralin, and oryzalin were studied to identify less poisonous and more economical herbicides as alternatives to the chemical substance colchicine. Colchicine application constituted the positive control group, and dimethyl sulfoxide application constituted the negative control group. Haploid seeds were germinated and shortening-wounding was done in the coleoptile and radicle. Three different herbicide active ingredients, positive control, and negative control, were applied to the germinated seeds for chromosome doubling. The difference between treatments was significant at 0.01% for all parameters such as the rate of surviving plants, rates of male and female flower formation, rate of fertile male flowers, rate of selfed plants, and number of seeds per plant. Propanamide and trifluralin were successful for the fertile male flower rate, oryzalin for the number of seeds per plant, and all mutagens were successful for the selfed plant rate. It has been determined that the herbicide active ingredients applied during the germination period have a more lethal effect on creating viable plants than colchicine.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :25.04.2024

Kabul Tarihi :30.05.2024

Anahtar Kelimeler

Mısır
ıslah
haploid
kromozom katlaması
mutajen
herbisit

Research Article

Article History

Received :25.04.2024

Accepted :30.05.2024

Keywords

Maize
breeding
haploid
chromosome doubling
mutagen
herbicide

1. Giriş

Klasik bitki ıslahı hem genetik faktörler hem de çevresel koşullar etkisinde olduğundan sonuca ulaşmak çok uzun zaman almaktadır. Bitki türüne göre değişmekle beraber bir çeşidin ıslah edilebilmesi yaklaşık 10 ile 14 generasyon sürmektedir. Kendilenmiş hat geliştirme, melez mısır ıslah programlarının temel konusudur. Geleneksel metotlarla bu saf hatların elde edilmesinde (çeşitlere göre farklılık göstermekle beraber) en az 6-7 generasyona ihtiyaç duyulmakta ve bu sürenin sonunda yine de % 100 homozigotluk düzeyine ulaşmak mümkün olmayabilmektedir. Islah çalışmalarında haploid bitki elde etme tekniklerinin kullanılmasıyla birlikte kısa sürede % 100 homozigot hatlar elde edilebilmekte ve böylece ıslah çalışmalarında süreç kısalmakta, ıslah çalışmalarının hızlı ve güvenilir bir şekilde etkinliği arttırılmaktadır (Cerit ve ark., 2016).

Mısır bitkileri indirgeyici olarak adlandırılan özel genotipler ile melezlendiğinde haploid ve normal diploid embriyoya sahip mısır taneleri kesin ve net bir ayırım gösterir. Bu durum in vivo haploid indüklenme olarak isimlendirilir. Genellikle haploid embriyolu taneler normal triploid endosperme sahiptir. Bu yüzden bu taneler diploid embriyolu taneler gibi aynı çimlenme oranı ve çimlenme gücünü gösterir (Coe ve Sarkar, 1964).

Günümüzde yaygın kullanılan haploid indirgeyici hatlarda R1-nj alleli antosiyanin biyosentezi için gerekli diğer genlerle birleştirilmiştir. Islah programlarında kullanılan çoğu mısır germplasmı tane veya bitki dokusunda kırmızı-mor rengi veren antosiyanin biyosentezleyen genlere veya R1-nj alleleline sahip değildir. Antosiyanin renk geni içermeyen kaynak materyal ile baba olarak kullanılan indirgeyici hatlar melezlendiğinde R1-nj geni renksiz r1 alleleline dominant olduğundan elde edilen tüm tohumlarda embriyo ve endospermde Navajo fenotipinin ortaya çıkması beklenir. Fakat R1-nj allelinin farklı ifadeleri maternal haploidlerin diploidlerden ayırma olanak

sağlar (Chaikam ve Boddupalli, 2012). İndirgeyici hatlar kullanılarak in vivo tekniği ile haploid bitki elde etme başarısı, kullanılan indirgeyici hattın özelliklerine göre %2-15 arasında değişmektedir (Röber ve ark., 2005). Haploid bitkilerin tanımlanmasında; flowsitometrik yöntem, çiçek tozlarının boyutlarının ölçülmesi, epidermis hücrelerinde kloroplastların sayılması, karyotipik çalışmalarla kromozom sayılması kullanılması yanı sıra R1-nj renk markörü ile morfolojik düzeyde çok daha hızlı, basit ve ucuz bir şekilde tanımlama yapılmaktadır.

Haploid bitkilerin üreme organlarında mayoz bölünme esnasında homolog kromozom çiftleri oluşturma gibi ilerleyemediğinden, erkek ve dişi gametler üretken değildir. Haploid bitkilerin $2n=20$ kromozomlu fertil bitki oluşturacak duruma gelebilmesi için kromozom katlaması yapılması gerekmektedir. Kromozom katlayıcı ajan olarak colchicine (*Colchicum autumnale* L.), kloral hidrat, eter, kloroform, fenil ürean gibi maddeler kullanılmaktadır (Yaralı ve Yanmaz, 2013). Yapay kromozom katlama, haploid bitkilerin anti-mikrotübül aktivite sergileyen mutajenlerle işlenmesiyle elde edilir. Colchicine kimyasal maddesi, yapay kromozom katlama işlevi neticesinde doubled haploid (DH) hattı üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Chaikam ve Mahuku, 2012; Melchinger ve ark., 2016b). Colchicine, β -tübüline bağlanarak tübülün dimerlerinin oluşumunu önleyerek mikrotübül oluşumunu engeller. Sürgün apeksindeki meristematik hücrelerde mitoz sırasında mikrotübüllerin bulunmaması, kopyalanan kromozomların ayrılmasını, polar migrasyonu ve hücre bölünmesini önler bu da iki kat kromozom sayısına sahip bir hücreye dönüşmesine neden olur (Chaikam ve ark., 2019). Kısacası mitotik bir inhibitör görevi gören colchicine, mitoz bölünme sırasında iğ iplikçiklerinin oluşumunu engellemekte dolayısıyla kromozomların ayrılmasını inhibe ederek kromozomları katlama işlevini gerçekleştirmektedir (Şehirali ve Özgen, 2013; Özgören, 2015).

Haploid bitkiler *in vitro* ve *in vivo* olarak elde edilebilmektedir. Haploidler, döllenmemiş dişi yumurtadan (gynogenesis) veya erkek hücrenden (androgenesis) geliştirilir. *In vitro* androgenesis metodu anter kültürü ile yapılır. İndirgeyici hatların tozlayıcı olarak kullanıldığı yöntem *in vivo* olarak tanımlanır (Cengiz ve Korkut, 2016). *In vitro* haploid bitki elde etme teknikleri laboratuvar şartlarında örneğin, anter veya mikrospor kültürü, polenlerin farklı derecelerde sıcaklığa maruz bırakılarak haploid bitkilerin elde edilmesi (Mathur ve ark., 1980), polenlerin ışınlanması (Mathur ve ark., 1976), koçan püsküllerine maleic hydracide uygulaması (Zuoyo ve Mingguang, 1984) ve çeşitli herbisitlerin uygulanması şeklinde yapılmaktadır. Ancak mısır bitkisinde bu tür *in vitro* uygulamalarda genotip etkisi nedeniyle yeterli oranda sonuç alınamamaktadır. Ticari olarak geliştirilen mevcut katlanmış hatların birçoğunun *in vivo* haploid tekniği ile elde edildiği, diğer tekniklerin ise katlanmış hat geliştirmede daha az etkili olduğu bildirilmektedir (Geiger ve Gordillo, 2009).

Prigge ve ark. (2012) anti-mitotik aktivite sergileyen kimyasallar ya da çeşitli herbisitler ile standart bir protokol eşliğinde haploid bitkilere uygulanarak, diploid fertil bitki haline dönüştürüldüğü bildirilmiştir.

Colchicine, DH indüklenmesinde en sık kullanılan kimyasal ajandır. Ancak bu mutajen, yüksek toksisite dezavantajına sahiptir. Colchicine ile aynı etkiye sahip olması gereken fakat toksik olmayan veya düşük toksik ikame maddeleri bulmak gereklidir. Dhooghe ve ark. (2011) çalışmalarında birincil etki mekanizması olarak mitozu hedefleyen anti-mikrotübül etkideki çeşitli herbisitlerin, colchicine kimyasalına alternatif olabileceğini bildirmişlerdir. Bunların dinitroanilinler (trifluralin ve oryzalin), fosforotioamidatlar (amiprofos-methyl (APM)), benzamidler (pronamid), karbamatlar (klorpropham ve izopropil N -3-klorofenil karbamat) ve diğerleri olmak üzere çeşitli gruplarda sınıflandırıldığını açıklamışlardır. Ayrıca mitoz bölünme esnasında hücre bölünmesinin

inhibe edildiği ve etkilenen hücrelerde poliploid çekirdekler içerdiği belirtilmiştir.

APM ve oryzalin, farklı uygulama koşulları altında haploidleri ikiye katlamak için kullanılmış ve iki katına çıkma etkileri colchicine ile karşılaştırılmıştır. APM tarafından indüklenen en yüksek iki katına çıkma oranının 20 μ M 24 saat koşulunda yaklaşık % 45 olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, gerçek iki katına çıkma oranını (hayatta kalma oranı \times iki katına çıkma oranı) hesaplamış; % 38.23 APM, % 20.64 colchicine ve % 19.4 oryzalin olarak belirlemişlerdir. Hem APM hem de oryzalin, gerçek ikiye katlama oranıyla karşılaştırıldığında mısır bitkisinde haploidlerin ikiye katlanmasını indükleyebilse de APM colchicinden daha iyi olmuştur. Düşük toksik bir mitotik indükleyici olarak APM'nin, DH tabanlı mısır ıslahının uygulaması için mısır haploidlerini ikiye katlamada colchicine mutajenine iyi bir ikame olacağı belirtilmiştir (Ren ve ark., 2018).

Trifluralin uygulamalarının kromozom katlaması üzerindeki etkileri, 10 μ M'ye kadar artan herbisit konsantrasyonuyla yenilenen diploid bitkilerin yüzdeleri için yaklaşık olarak doğrusal bir artış gösterirken, 10 μ M'den fazla herbisit ile muameleden sonra şiddetli toksisite etkisinden dolayı bitki oluşumunu engellediği bilinmektedir (Hansen ve ark., 1996).

Oryzalin ve APM'nin mekanizması üzerine yapılan çalışmalarda, tübülün proteinlerine bağlandıklarını, mikrotübül polimerizasyonunu inhibe ettiklerini ve anafaz içinin depolimerizasyonunu teşvik ettiklerini bildirmişlerdir (Morejohn ve ark., 1987; Murthy ve ark., 1994). Pronamidin ise diğer herbisitlerden farklı olarak mikrotübülleri engellemek yerine kısalttığından bahsedilmektedir (Singh ve ark., 2023). Farklı çalışmalarda benzer yaklaşımlar gözlemlenmiştir. APM, trifluralin, oryzalin ve pronamid gibi herbisitler, tübülüne bağlanarak iğ oluşumunu önlemiş ve kardeş kromatidlerin zıt kutuplara doğru ayrılmasını kesintiye uğratarak kromozomal ikiye katlanmanın gerçekleşmesini mümkün kılmıştır (Bartels ve Hilton, 1973; Morejohn ve Fosket, 1984; Singh ve ark., 2023).

Melchinger ve ark. (2016a) ise colchicine'nin bitki tübülünlerine karşı afinitesinin anti-mikrotübül herbisitlerden daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu bilgi eşliğinde colchicine milimolar miktarlarda kullanılması gerekirken, anti-mitotik herbisitlerin ise mikromolar konsantrasyonlarda uygulanması gerektiği kanaatine varılmıştır (Bartels ve Hilton, 1973; Morejohn ve Fosket, 1984; Singh ve ark., 2023).

Trifluralin, oryzalin ve APM buğday (Hansen ve Andersen, 1998), mısır ve (Wan ve ark., 1991), mantar meşesi (Pintos ve ark., 2007) androjenz sırasında kromozom katlaması için kullanılmıştır. Birçok araştırmacı bu herbisitlerin bitki mikrotübüllerinde colchicine'den çok daha yüksek çekime sahip olduklarını ve mikromolar konsantrasyonlarda uygulanabilir olduklarını bildirmişlerdir (Morejohn ve ark., 1987; Bajer ve Mole-Bajer, 1986). Ayrıca bu herbisitler hayvan mikrotübüllerine bağlanamazlar (Morejohn ve ark., 1987; Murthy ve ark., 1994; Bajer ve Mole-Bajer, 1986), bu yüzden de insanlar için toksisite riskini azaltmış oldukları belirtilmiştir.

Chaikam ve ark. (2019) anti-mitotik herbisitlerin, colchicine kimyasalının uygulandığı protokollere kıyasla biraz daha düşük verimlilik gösterecek de bu herbisitlerin kullanımının, hayvan mikrotübülüne bağlanmadığı için daha az toksik olduklarını ve katı bir imha kurallarına uymaya ihtiyaç duyulmadığı için kromozom katlamasını uygulayan kişilerde sağlık risklerini en aza indirebildiğini ve kromozomal ikiye katlama maliyetlerini azaltabileceğini bildirmişlerdir.

Hansen ve Andersen (1998) trifluralin herbisit konsantrasyon uygulamalarının, kromozom katlaması üzerindeki etkileri 10 μ M'ye kadar artan konsantrasyonlarda denediklerini ve yenilenen diploid bitkilerin yüzdeleri yaklaşık olarak doğrusal bir artış gösterirken, 10 μ M'den fazla herbisit muamelesinden sonra şiddetli toksisite etkisinden dolayı bitki oluşumunu engellediğini bildirmişlerdir.

Bu çalışma; in vivo maternal haploid tekniğinde kromozom katlaması için kullanılan oldukça zehirli bir kimyasal olan colchicine kimyasalına alternatif ve daha ekonomik bir mutajen belirlemek amacıyla planlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesinde tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak laboratuvar koşullarında ve sera koşullarında yürütülmüştür. In vivo maternal haploid tekniği ile elde edilmiş haploid tohumlar bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Tek bir donörden elde edilen haploidler kullanılarak, kromozom katlamasına donörün etkisi ortadan kaldırılmıştır. Kromozom katlaması için colchicine, trifluralin, oryzalin ve pronamid etken maddeleri kullanılmıştır.

2.1. Konsantrasyonların hazırlanması

Kromozom katlaması için kullanılan colchicine uygulaması pozitif kontrol grubunu DMSO (Dimetil sülfoksit- Kromozom katlamasına etkili değildir) uygulaması ise negatif kontrol grubunu oluşturmuştur. Pronamid, trifluralin ve oryzalinin her biri için 3 mM ve % 2 DMSO ile karıştırılıp stok solüsyonları hazırlanmıştır. Nihai konsantrasyonlar pronamid 10 μ M, trifluralin 10 μ M ve oryzalin 20 μ M olacak şekilde % 2'lik DMSO kullanılarak ayarlanmıştır. Colchicine solüsyonu, % 0.04 colchicine % 0.5 DMSO ile çözdürülerek su ile 1.5 μ M konsantrasyonu ayarlanarak hazırlanmıştır. %2 DMSO hazırlanırken distile su kullanılmıştır.

2.2. Mutajenlerin uygulanması

Haploid tohumlar; petri kaplarına konularak inkübatörde, karanlıkta ve 23 °C'de çimlendirilmiştir. Bu çalışmada kromozom katlaması için colchicine uygulamasında Deimling metodu (Deimling ve ark., 1997) kullanıldığından ve diğer mutajenler de aynı dönemde uygulandığından yöntemle göre koleoptil uzunluğu 1.5-2 cm olduğunda materyaller inkübatörden alınmıştır. Koleoptil ve kökçüğün uçlarından bistüri ile kesilerek

yaralama yapılmıştır. Her bir mutajen ve DMSO için ayrı cam kavanozlara alınan çimlenmiş haploid tohumlara uygulama yapılmıştır. Koruyucu önlemler dikkate alınmış ve tüm uygulamalar 24 saat süre ile 20 °C'de inkübatörde bekletilmiştir. Süre sonunda saf su ile 3 kez yıkanmış ve ayrı viyollere ekilmiştir.

2.3. Bitkilerin büyütülmesi ve kendileme

Viyollere ekilen bitkiler 3-4 yapraklı döneme gelene kadar sera içinde plastik tünellerde büyütülmüştür. Her mutajen için fideler 5 m sıra uzunluğu, 70 cm sıra arası ve 20 cm sıra üzeri olacak şekilde sera içinde toprağa ayrı sıralara dikilmiştir. Gerekli gübreleme ve bakım şartları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; canlı kalan bitki oranı, erkek ve dişi çiçek oluşturma oranları, fertil erkek çiçek oranı, kendileme yapılan bitki oranı ve bitki başına düşen tohum sayısı parametreleri alınmıştır. Çiçeklenme döneminde bitkilerde koçan nüveleri henüz püskül çıkarmadan izolasyon kâğıdı ile kapatılmıştır. Aynı bitkide tepe püskülü kontrol edilerek fertil olanlarda ana eksen % 50 anter çıkarıp polen dökmeye başladığında izolasyon kâğıdı ile kapatılmıştır. Koçan püskülü 2-3 cm olduğunda aynı bitkideki tepe püskülünden alınan polen koçan püskülüne dökülerek kendileme yapılmış ve izolasyon kâğıdı ile kapatılmıştır. Koçana kapatılan izolasyon kağıtları hasada kadar muhafaza edilmiştir.

2.4. İstatistik analizler

Parametrelerden elde edilen veriler JMP istatistik paket programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizlerinde önemli farklılıklar tespit edilen parametreler için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Canlı kalan bitki oranı

Negatif kontrol (DMSO), pozitif kontrol (colchicine) ile pronamid, oryzalin ve trifluralin herbisitleri uygulanmış

çimlendirilmiş haploid tohumlar 3-4 yapraklı olana kadar viyollerde büyütülmüştür. 3-4 yapraklı fide olan bitki sayıları uygulama yapılan tohum sayısına oranlanarak elde edilen verilere yapılan istatistik analize ait değerler ve Duncan grupları Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre en yüksek canlı kalan bitki oranı negatif kontrol DMSO'da % 88.9 olarak belirlenmiştir. DMSO'nun kromozom katlaması üzerine etkisi olmadığı gibi uygulama sonrası mortalite oluşturma durumu da düşük olmuştur. Pozitif kontrol colchicine'in uygulandığı çimlendirilmiş tohumların % 56.7'si canlı bitki oluşturmuştur. Pronamid, oryzalin ve trifluralin uygulamaları düşük değerler vermiştir. Çimlenme döneminde herbisit uygulamasının canlı bitki oluşumuna olumsuz etki ettiği görülmüştür. Chaikam ve ark. (2019) anti-mikrotübül herbisitlerin, colchicine kimyasalının uygulandığı protokollere kıyasla biraz daha düşük verimlilik gösterdiğini belirtmişlerdir.

3.2. Erkek çiçek oluşturma oranı

Canlı kalan bitkiler seraya dikilmiş ve çiçeklenme döneminde erkek çiçek oluşturma durumları gözlemlenmiştir. Erkek çiçek sayıları uygulama yapılan tohum sayısına oranlanarak elde edilen erkek çiçek oluşturma oranı verileri ve Duncan grupları Tablo 1'de verilmiştir. En yüksek erkek çiçek oluşturma oranı DMSO'da % 88.9 olarak belirlenmiştir. Colchicine uygulaması ikinci sırada ve % 56.7 olarak bulunmuştur. Pronamid, oryzalin ve trifluralin uygulamalarında erkek çiçek oluşturma oranı canlı kalan bitki sayısına bağlı olduğundan düşük değerler vermiş ve c grubunda yer almışlardır.

3.3. Dişi çiçek oluşturma oranı

Çiçeklenme döneminde dişi çiçek oluşturma durumları gözlemlenmiştir. Dişi çiçek sayıları uygulama yapılan tohum sayısına oranlanarak elde edilen dişi çiçek oluşturma oranı verileri ve Duncan grupları Tablo 1'de verilmiştir. En yüksek dişi çiçek oluşturma oranı DMSO'da % 77.8 olarak belirlenmiş ve a grubunda yer almıştır. Colchicine uygulaması ikinci sırada % 56.7 olarak bulunmuştur.

Pronamid, oryzalin ve trifluralin uygulamalarında dişi çiçek oluşturma oranı düşük değerler vermiş ve c grubunda yer almıştır.

3.4. Fertil erkek çiçek oranı

Erkek çiçek oluşturan bitkilerde polen üretimi gerçekleşen tepe püskülleri belirlenmiştir. Bu çalışmada kromozom katlamasının gerçekleştiğine dair en net bilgileri oluşturan parametrelerden biri olan fertil erkek çiçek oranı değerleri ve Duncan grupları incelendiğinde en yüksek değer; pronamid ve trifluralin uygulamalarında % 100 olarak belirlenmiş, a grubunda yer almışlardır. Oryzalin uygulamasında % 91.7 ve colchicine

uygulamasında ise % 85.9 olarak belirlenmiştir. Kromozom katlamasına etkisi olmayan DMSO uygulamasında erkek çiçeklerin steril oldukları gözlemlenmiştir. Anti-mitotik aktivite sergileyen kimyasallar ya da çeşitli herbisitler ile standart bir protokol eşliğinde haploid bitkilere uygulanması ile diploid fertil bitki elde edilebildiği bildirilmiştir (Prigge ve ark. 2012). Trifluralin, oryzalin ve pronamid herbisitlerinin, tübülüne bağlanarak iğ oluşumunu önlediği ve kardeş kromatidlerin zıt kutuplara doğru ayrılmasını kesintiye uğratarak, kromozom katlamasının gerçekleşmesini mümkün kıldığı bilinmektedir (Singh ve ark., 2023).

Tablo 1. Canlı kalan bitki oranı, erkek çiçek oluşturma oranı, dişi çiçek oluşturma oranı, fertil erkek çiçek oranı ve duncan gruplandırmaları

Uygulama	Canlı kalan bitki oranı (%)	Erkek çiçek oluşturma oranı (%)	Dişi çiçek oluşturma oranı (%)	Fertil erkek çiçek oranı (%)
DMSO	88.9 a	88.9 a	77.8 a	0
Colchicine	56.7 b	56.7 b	56.7 b	85.9 b
Oryzalin	11.1 c	11.1 c	11.1 c	91.7 ab
Pronamid	8.9 c	8.9 c	8.9 c	100 a
Trifluralin	10.0 c	10.0 c	10.0 c	100 a
CV (%)	15.7	15.7	11.4	9.5

3.5. Kendileme yapılan bitki oranı

Erkek ve dişi çiçeği oluşturan ve fertil tepe püskülüne sahip bitkilerde kendileme yapılmıştır. Kendileme yapılan bitki sayısının canlı kalan bitki sayısına oranlanması ile bulunan kendileme yapılan bitki oranı değerleri ve Duncan grupları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde kromozom katlaması için kullanılan mutajenlerin tamamında % 100 olarak gerçekleşmiştir. Kromozom katlamasına etkisi olmayan DMSO fertil tepe püskülü oluşturmadığından kendileme yapılamamıştır. Colchicine kimyasalına alternatif olarak kullanılan oryzaline, pronamid ve trifluralin uygulamalarının fertil tepe püskülü oluşturmaları bitkilerde kendileme yapılmasını mümkün kılmıştır.

3.6. Bitki başına tohum sayısı

Kendileme yapılarak elde edilen tohumlar

bitki sayısına oranlanarak bitki başına tohum sayısı bulunmuştur. Bitki başına tohum sayısı verileri ve Duncan grupları incelendiğinde oryzalin uygulamasından elde edilen fertil bitkilerde yapılan kendileme sonucu daha fazla tohum elde edildiği görülmektedir. Trifluralin uygulamasında ise 17.1 adet bitki başına düşen tohum elde edilmiş ve colchicine uygulamasından elde edilen veri ile aynı grupta yer almıştır. Pronamid uygulamasında 12.4 bitki başına tohum elde edilmiştir. DH hatların ilk generasyonunda bitkiler diploid homozigot hatlara göre daha küçük ve daha zayıf olmaktadır. Tepe püsküllerinin fertilitesi değişkenlik göstermekte bir veya birkaç anterin polen üretmesinden püskülün tamamının verimli hale gelmesine kadar değişebildiği bildirilmiştir (Chaikam ve ark., 2019). Bitki başına düşen tohum sayısının azlığı kromozom katlaması sonrası ilk generasyonun üretkenliğinin sınırlı olması ile açıklanabilir.

Tablo 2. Kendileme yapılan bitki oranı, bitki başına tohum sayısı ve duncan gruplandırmaları

Uygulama	Kendileme yapılan bitki oranı	Bitki başına tohum sayısı
DMSO	0	0
Colchicine	100 a	14.5 ab
Oryzalin	100 a	36.9 a
Pronamid	100 a	12.4 b
Trifluralin	100 a	17.1 ab
CV (%)	9.9	24.4

4. Sonuçlar

Mısır bitkisi hem Dünya’da hem de Türkiye’de oldukça önemli oranda üretilmektedir. Yüksek adaptasyon kabiliyeti sayesinde ülkemizin birçok bölgesinde iklim ve toprak şartlarına uyum göstererek yetiştirilebilmektedir (Kolay ve ark., 2023). Türkiye’de mısır üretiminin artırılması konusunda yapılacak pek çok çalışma olmakla birlikte, bunların başında birim alan veriminin yükseltilmesi gelmektedir (Temiz ve Gökmen, 2023). Yüksek verimli yerli ve milli çeşitlerin geliştirilebilmesi için hızlı ve etkili bir ıslah programı yürütülmelidir. Melez mısır ıslahında homozigot hatların elde edilmesinde etkili bir yöntem olan in vivo maternal haploid tekniği yaygınlaşmaya başlamıştır. Maternal haploidlerin kromozom katlamasında tüm dünyada yaygın olarak kullanılan colchicine mutajeninin insan ve hayvanlar için zararlı etkileri nedeniyle uygulamanın özel ekipmanlar ve mekanlar gerektirmesi, atıkların bertarafında yaşanan güçlükler ve ekonomik olmaması araştırmacıları alternatif uygulamalar üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Bazı anti-microtübül herbisitler ile yapılan kromozom katlaması çalışmaları önemli sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Ülkemizde in vivo maternal haploid tekniğinde colchicine mutajeni yerine kromozom katlaması için kullanılacak herbisitlerin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür. In vivo maternal haploidlerin kromozom katlamasında colchicine uygulaması Deimling ve ark. (1997)’e göre yapıldığından bu çalışmada da uygulama dönemi olarak tüm mutajenler için haploid tohumların çimlendirilip koleoptil ve kökçük oluşturduğu dönem seçilmiştir. Canlı kalan bitki oranı verileri değerlendirildiğinde oryzalin, pronamid ve trifluralin herbisitlerinin bu

dönemde uygulanmasının letal etkisinin yüksek olduğu söylenebilir. Anti-microtübül herbisitlerinin uygulama dönemleri için yeni çalışmaların yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Aynı herbisitler kullanılarak kromozom katlaması için fide döneminde yeni çalışmaların yapılması önerilmektedir. Sonuç olarak; kromozom katlamasının etkinliğini ifade eden parametrelerden fertil erkek çiçek oranı, kendileme yapılan bitki oranı ve bitki başına düşen tohum sayısı verilerine dayanarak oryzalin, pronamid ve trifluralin herbisitlerinin colchicine uygulaması kadar etkili olduğu saptanmıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışma Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığınca “128-2023” numaralı proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Bartels, P.G., Hilton, J.L., 1973. Comparison of trifluralin, oryzalin, pronamide, propham, and colchicine treatments on microtubules. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 13:462-472.

- Bajer, A.S., Molè-Bajer, J., 1986. Drugs with colchicine-like effects, specifically those that break down plant but not animal microtubules. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 466: 767-784.
- Cengiz, R., Korkut, K.Z., 2016. In vivo tekniği ile katlanmış haploid mısır hatlarının elde edilmesi. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Cerit, İ., Cömertpay, G., Oyuncu, R., Çakır, B., Hatipoğlu, R., Özkan, H., 2016. Melez mısır ıslahında in vivo katlanmış haploid tekniğinde kullanılan farklı inducer genotiplerin haploid indirgeme oranların belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1):52-57.
- Chaikam, V., Boddupalli, P.M., 2012. Doubled Haploid Technology In Maize Breeding: Theory And Practise. CIMMYT, Mexico, pp. 20-23.
- Chaikam, V., Mahuku, G., 2012. Doubled Haploid Technology In Maize Breeding: Theory And Practise. CIMMYT, Mexico, pp. 24-29.
- Chaikam, V., Molenaar, W., Melchinger, A.E., Boddupalli, P.M., 2019. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects. *Theoretical and Applied Genetics*, 132:3227-3243.
- Coe, E.H., Sarkar K.R., 1964. The detection of haploids in maize. *Journal of Heredity*, 55: 231-233.
- Deimling, S., Röber, F., Geiger, H.H., 1997. Methodik and genetik der in-vivo-haploideninduktion bei mais. *Vortr Pflanzenzüchtg*, 38: 203-224.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları. No. 295. Ankara.
- Geiger, H.H., Gordillo, G.A., 2009. Doubled haploids in hybrid maize breeding. *Maydica*. 54:485- 499.
- Hansen, N.J.P., Andersen, S.B., 1998. In vitro chromosome doubling potential of colchicine, oryzalin, trifluralin, and APM in *Brassica napus* L. microspore culture. *Plant Breeding*, 117: 401-405.
- Kolay, B., Avşar, Ö., Bilge, U., Berekatoğlu, K., Kılınç, S., Oğurlu, F., Atakul, Ş., Çelik, Y., Eren, A., Öztürkmen, A.R., 2023. Killi bir toprakta yetiştirilen ana ürün mısırdaki farklı dar sıra ve çift sıra ekim yöntemlerinin mısır tanesinin kalite özelliklerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3): 572-586.
- Mathur, D.S., Sachan, J.K.S., Sarkar, K.R., 1976. Radiation induced haploid and hetero-fertilization in maize. *Journal of Nuclear Agriculture and Biology*, 5: 76-77.
- Mathur, M.A., Sarkar K.R., 1980. Induction of maternal haploids in maize through heat treatment of pollen. *Current Science*, 49:744-746.
- Melchinger, A.E., Molenaar, W.S., Mirdita, V., Schipprack, W., 2016a. Colchicine alternatives for chromosome doubling in maize haploids for doubled-haploid production. *Crop Science*, 56:559-569.
- Melchinger, A.E., Brauner, P.C., Böhm, J., Schipprack, W., 2016b. In vivo haploid induction in maize: comparison of different testing regimes for measuring haploid induction rates. *Crop Science*, 56,1127–1135.
- Morejohn, L.C., Büro, T.E., Molè-Bajer, J., Bayer, A.S., 1987. Oryzalina dinitroaniline herbicide, binds to plant tubulin and inhibits microtubule polymerization in vitro. *Planta*, 172: 252-264.
- Morejohn, L.C., Fosket, D.E., 1984. Inhibition of plant microtubule polymerization in vitro by the phosphoric amide herbicide amiprofos-methyl. *Science*, 224:874-876.
- Murthy, J.V., Kim, H., Hanesworth, V.R., Hugdahl, J.D., Morejohn, L.C., 1994. Competitive inhibition of high-affinity oryzalin binding to plant tubulin by the phosphoric amide herbicide amiprofos-methyl. *Plant Physiology*, 105(1):309-320.

- Özgören, B., 2015. Mısırdaki doubled haploid bitki üretimi, <https://genetiksel.blogspot.com/2015/10/msrda-doubled-haploid-bitki-uretimi-i.html> (Erişim tarihi: 10.02.2024).
- Prigge, V., Xu X., Li L., Babu, R., Chen, S., Atlin, G.N., Melchinger, A.E., 2012. New insights into the genetics of in vivo induction of maternal haploids, the backbone of doubled haploid technology in maize. *Genetics*, 190: 781-793.
- Pintos, B., Manzanera, J.A., Bueno, M.A., 2007. Antimitotic agents increase the production of doubled-haploid embryos from cork oak anther culture. *Journal of Plant Physiology*, 164:1595-1604.
- Ren, j., Ci, J., Ciu, X., Yang W., 2018. Doubling effect of anti-microtubule herbicides on the maize haploid. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(10):903-908.
- Röber, F.K., Gordillo, G.A., Geiger, H.H., 2005. In vivo haploid induction in maize performance of new inducers and significance of doubled haploid lines in hybrid breeding. *Maydica*, 50: 275-283.
- Singh, P., Karnwal, M.K., Sahoo, S., Varalakshmi, S., Adhikari, S., Singh, N.K., 2023. Haploid-doubled haploid technology for accelerating hybrid development in maize (*Zea mays* L.). *Tropical Plant Biology*, 16:244-258.
- Şehirli, S., Özgen, M., 2013. Bitki Islahı (no. 1553), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Temiz, A., Gökmen, S., 2023. Atışı mısırının F1 ve F2 generasyonlarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3):489-507.
- Zuoyo, Z., Minguang, G., 1984. Production of pure lines of maize through parthenogenesis induced by chemicals. *Acta Genetica Sinica*, 11:39-46.
- Yaralı, F., Yanmaz, R., 2013. Allium türlerinin ıslahında haploidi tekniğinden yararlanma. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2): 45-52.
- Wan, Y., Duncam, D.R., Rayburn, A.L., Petolino, J.F., Widholm, J.M., 1991. The use of antimicrotubule herbicides for the production of doubled haploid plants from anther-derived maize callus. *Theoretical and Applied Genetics*, 81:205-211.

Atf Şekli

Çakır, M., Cengiz, R., 2024. Alternatif Mutajenlerin Maternal Haploidlerin Çimlenme Döneminde Kromozom Katlaması Üzerine Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(3): 747-755.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12787118>.

To Cite

Çakır, M., Cengiz, R., 2024 Effects of Alternative Mutagens on Chromosome Doubling during the Germination Period of Maternal Haploids *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 747-755.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12787118>.

Kolza (*Brassica napus* L.) Tohumuna Borik Asit ve Gibberellik Asit Ön Uygulamalarının Kuraklık Stresine Karşı Etkisinin İncelenmesi

Ferzat TURAN¹ , Serap SAMUR 

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sakarya

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): ferzatturan@subu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, polietilen glikol'un (PEG) kolza (*Brassica napus* L.) tohumlarına ön uygulama olarak Gibberellik Asit (GA₃) ve Borik Asit'in (BA) çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemede tohumlar ekim öncesi GA₃ ve BA'nın beş farklı konsantrasyonu (kontrol, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 mg l⁻¹) ile ön muameleye alınmış ve daha sonra dört farklı PEG (6000) konsantrasyonu (kontrol, -0.4, -0.8, 1.2 Mpa) ile kuraklık stresi uygulamasına tabi tutulmuş. Deneme Tesadüf Parselleri Faktöriyel Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada çimlenme hızı, çimlenme gücü, fide uzunluğu, kök uzunluğu, su içeriği, fide yaş ve kuru ağırlığı özellikleri incelenmiştir. Denemede kuraklık stresinin artışıyla, çimlenme hızı ve çimlenme gücünde düşüşler ve diğer fide özelliklerinde olumsuz etkiler tespit edilmiştir. Ancak araştırma sonuçlarına göre çimlenme ve fide özelliklerini incelediğimizde, genel olarak -0.4 Mpa PEG stresinde 1.5 ile 2.00 mg l⁻¹ BA uygulaması kuraklık stresine karşı olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Sonuç olarak, PEG stresi koşullarında kolza tohumlarına Borik Asit uygulamalarının, bitki düzenleyici gruplara alternatif olarak fide gelişim dönemlerinde fayda sağlayabileceği neticesine varılmıştır.

Investigation of the Effect of Boric Acid and Gibberellic Acid Priming on Rapeseed (*Brassica napus* L.) Seeds Against Drought Stress

Abstract

Osmotic stress is a major concern in agricultural production because it can negatively affect plant growth, development, and productivity. In this study, the effects of Gibberellic Acid (GA₃) and Boric Acid (Br) on germination and seedling development as pre-application of polyethylene glycol (PEG) to rapeseed (*Brassica napus* L.) seeds were examined. The research was conducted at the Field Crops Laboratory of Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture. In the experiment, the seeds were pre-treated with five different concentrations of GA₃ and Br (control, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 mg l⁻¹) before planting, and then four different concentrations of PEG (6000) (control, -0.4, -0.8, 1.2 Mpa) were subjected to drought stress. The experiment was conducted with three replicates according to a Randomized Plot Factorial Trial Design. In this study, the germination rate, germination power, seedling length, root length, water content, and seedling fresh and dry weight characteristics were examined. In this experiment, as drought stress increased, decreases in germination rate and germination power and negative effects on other seedling characteristics were detected. However, when we examined the germination and seedling characteristics according to the research results, it was seen that the application of 1.5 to 2.00 mg l⁻¹ Br in -0.4 Mpa PEG stress generally gave positive results against drought stress. As a result, it was concluded that Boric Acid application to rapeseeds under PEG stress conditions may be beneficial during seedling development as an alternative to plant regulatory groups.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :25.04.2024

Kabul Tarihi :30.05.2024

Anahtar Kelimeler

Kolza (*Brassica napus* L.)
kuraklık
borik asit
gibberellik asit

Research Article

Article History

Received :25.04.2024

Accepted :30.05.2024

Keywords

Rapeseed (*Brassica napus* L.)
drought
boric acid
gibberellic acid

1. Giriş

Doğada bitkiler sürekli olarak biyotik ve abiyotik streslere maruz kalmaktadır (Anjum ve ark., 2015). Yağışın oluşumu ve dağılımı, buharlaşma miktarı, toprağın nem depolama kapasitesi gibi çeşitli faktörlerin bitkilerin kullanılabilir su üzerindeki etkisi, kuraklık stresini öngörülemez bir faktör haline getirmiştir (Barzana ve ark., 2014; Kereçin ve Öztürk., 2024). Kuraklık dünyadaki en önemli çevresel stres faktörü sayılarak, birçok bitkinin büyüme ve gelişmesini etkilemekte ve bunun sonucunda da verimde önemli azalmalara neden olmaktadır (Anjum ve ark., 2015). Kolza tohumu, soya ve palm yağından sonra dünyadaki üçüncü bitkisel yağ kaynağıdır (Thomas ve ark., 2016). Kolza (*Brassica napus* L.) turpgiller familyasına ait ve dünyada enerji ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli rol oynayan tek yıllık yağ bitkilerinden biri olup, çoğu yağ bitkisinden farklı olarak sonbahar mevsiminde yetiştirilebilen ve yüksek verimliliğe sahip bir bitkidir (Hatamvand ve ark., 2014).

Kuraklık stresinin bitkinin morfolojik özelliklerine etkisi farklıdır. Kuraklığa duyarlılıkta farklılığa neden olan mekanizmalar henüz tam olarak bilinmemektedir. Yapılan çalışmalar, topraktaki su durumu, bitkinin metabolik düzenlemelerini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Kuraklık stresinin kök ve gövde gelişimine etkisi farklıdır. Söz konusu stres koşullarında kök ve yaprak büyümesi ciddi şekilde azalabilir ve araştırmalara göre kök büyümesi genellikle gövde büyümesinden daha az etkilenmektedir (Sharp, 2002; Albaşavat ve ark., 2023).

Çimlenme ve fide oluşumu bitkilerin yaşam döngüsünde kritik ve önemli aşamalarıdır (Windauer ve ark., 2007). Aslında tohum çimlenmesi, çeşitli çevresel ve genetik faktörlerden etkilenen karmaşık bir biyolojik süreç olup, bitkilerin yaşam döngüsündeki en kritik dönemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Çimlenme geri dönüşü olmayan bir süreçtir ve bir kez başlatıldığında tohumun embriyosu büyümeyi ya da ölümü tecrübe etmiş olacaktır (Bradford, 2004). Suyun

mevcudiyeti tohumların çimlenme oranını etkilemektedir (Bewley ve ark., 2013). Su potansiyelinin azalması, homojenliğin, çimlenme oranı ve yeşillenmenin azalmasına neden olmaktadır (Rosalind ve ark., 1994). Kuraklık stresinin artmasıyla birlikte domates (Dahal ve Bradford., 1990), hint darısı (Manga., 1998), kolza (Soltani ve ark., 2013) ve şeker pancarı (Gummerson., 1986) tohumlarının çimlenme yüzdesi azalmıştır.

Kolza tohumunda farklı büyüme aşamalarında kuraklık stresinin uygulanması, kuraklığın kolza bitkisinin yaprak su potansiyelinde, bitki boyunda ve toprak üstü kısımlarının kuru ağırlığında azalmaya neden olduğunu göstermiştir (Shaabani ve ark., 2009). Huang ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, kışlık kolza çeşitlerine kuraklık stresi uygulamasının fide boyunda azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Seyed-ahmadi ve ark. (2012)'nin yaptıkları çalışmada, kuraklık stresinin kolza kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığında azalmaya ancak kök çapında artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada ortalama kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığında sırasıyla % 55 ve % 36.9 oranında azalma olmuştur. Kuraklık stresi ve sıcaklığın kolza köklerinin kuru ağırlığı üzerindeki etkisi önemli çıkmıştır. Kök kuru ağırlığı 2.83'ten 1.63'e düşerken, fide kuru ağırlığında önemli bir azalma görülmemiştir.

Tohum ön uygulamalarına (priming) ilişkin yapılan çeşitli çalışmaların sonuçları, ön uygulamanın çimlenme oranını artırdığını göstermiştir (Murungu ve ark., 2003; Demir Kaya ve ark., 2006). Ayrıca priming uygulamaları membran onarımı ile protein sentezinin artırarak tohumlarda ATP seviyesinin yükselmesine neden olmakta ve embriyo büyüme hızını artırmaktadır. Çevresel stres koşullarında tohumun çimlenme ve filizlenme bileşenlerini artırmanın yollarından biri priming tekniğinin kullanılmasıdır. Priming yönteminin kullanılması, olumsuz çevre koşullarında tohum performansını iyileştirerek, tohum kalitesinin artırmasına ve verim artışına sebep olmaktadır. Priming tekniği; tuzluluk, kuraklık ve sıcaklık gibi çevresel stres koşullarının varlığında tohumun

çimlenme oranını artırmaktadır (Basra ve ark., 2004; Varier ve ark., 2010; Harris ve ark., 2015). Yapılan farklı çalışmalarda, primingin çevresel stres koşulları altında mısır (Ashraf ve Rauf, 2001), ayçiçeği (Demir Kaya ve ark., 2006), pamuk (Murungu ve ark., 2003), sorgum (Foti ve ark., 2002) ve çeltik (Basra ve ark., 2004) tohumlarının çimlenmesini iyileştirdiğini göstermiştir.

Bu araştırma, günümüzde iklim değişikliği ile birlikte tarımsal alanlarda gittikçe artış gösteren kuraklık problemlerine karşı tolerans sağlayan uygulamalardan Borik asit (H_3BO_3) ve Gibberellik Asit'in (GA_3), yetiştiriciliği yapılan kolza bitkisinin kuraklık koşullardaki; tohum çimlenme ve fide özelliklerine karşı etkilerini belirleyerek, kuraklık stresine karşı verdiği tepkileri incelemek ve çıkan olumlu sonuçları üreticilere önermek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2023 yılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarla

$$OP = (-1.18 \times 10^{-2}) \times C - (1.18 \times 10^{-4}) \times C + (2.67 \times 10^{-4}) \times C \times T + (8.39 \times 10^{-7}) \times C^2 T$$

OP=Osmotik potansiyel (bar); C=PEG konsantrasyonu ($g\ l^{-1}$); T=Sıcaklık ($^{\circ}C$)

Kuraklık stresi uygulanacak petri kaplarına yerleştirilen tohumlara, hazırlanan çözeltilerden 5'er ml eklenerek çimlendirme sürecine başlanmıştır. Deneme, her biri 50 tohum içeren petriyelerle 3 tekerrürlü olarak, tesadüf parseller faktöriyel deneme desenine göre düzenlenmiş ve $25 \pm 1\ ^{\circ}C$ sabit sıcaklıktaki çimlendirme ortamında kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada çimlenme hızı (%), çimlenme gücü (%), fide uzunluğu

Bitkileri laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada bitki materyali olarak Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilen TT264 kolza çeşidi kullanılmıştır. Tohumlara ön muamele amacıyla bitki gelişim düzenleyicisi olarak Gibberellik Asit (GA_3) ve Borik Asit kullanılmıştır. Tohumlar, çimlendirme işlemine tabi tutulmadan önce kontaminasyon riskine karşı % 3'lük Sodyum Hipoklorit ($NaClO$) ile 15 dakika çalkalanmıştır. Dezenfekte edilen tohumlar üç kez saf su ile durulanmıştır. Borik asit (H_3BO_3) ve Gibberellik asitle (GA_3) muamele edilecek tohumlar beş farklı (kontrol, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 $mg\ l^{-1}$) dozda hazırlanan solüsyonlarda ayrı ayrı 6 saat bekletildikten sonra kurutma kağıtları arasında oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kuraklık stresi oluşturmak amacıyla, 1 litre saf suya polietilen glikol (PEG 6000) eklenerek (kontrol, -0.4, -0.8, -1.2 Mpa) dozlarında, aşağıdaki formüle göre hesaplanarak solüsyonlar hazırlanmıştır. (Michel ve Kaufmann, 1973).

(mm), kök uzunluğu (mm), fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g) ve su içeriği özellikleri hesaplanmıştır. Yaş ağırlığı (FW) ölçülen numunelerin kuru ağırlıklarını (DW) elde etmek için bir fırında $80^{\circ}C$ 'de 48 saatlik bir kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Su içeriği (WC), Wu ve ark. (2015), tarafından aşağıda özetlenen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$WC(g/g) = \frac{(FW - DW)}{DW}$$

2.1. İstatiksel analizler

Araştırmadaki veriler, MSTAT-C ve SPSS istatistik paket programları kullanılarak analiz edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, ortalamalar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Kolza TT264 çeşidine farklı dozlarda (kontrol, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 $mg\ l^{-1}$) Borik asit (H_3BO_3) ve Gibberellik asitle (GA_3) uygulamalarının dört farklı PEG konsantrasyonu (kontrol, -0.4, -0.8, -1.2 Mpa) stresi altında incelenen tüm özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 1'de

sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, tüm özellikler için Kimyasal×Doz×PEG etkileşiminin istatistiksel olarak %1 düzeyinde (P<0.01) anlamlı olduğunu göstermiştir. (Tablo 1).

Tablo 1. Kuraklık stresi altında farklı Borik asit ve GA₃ dozları uygulanan kolzada incelenen özelliklerin varyans analiz sonuçları

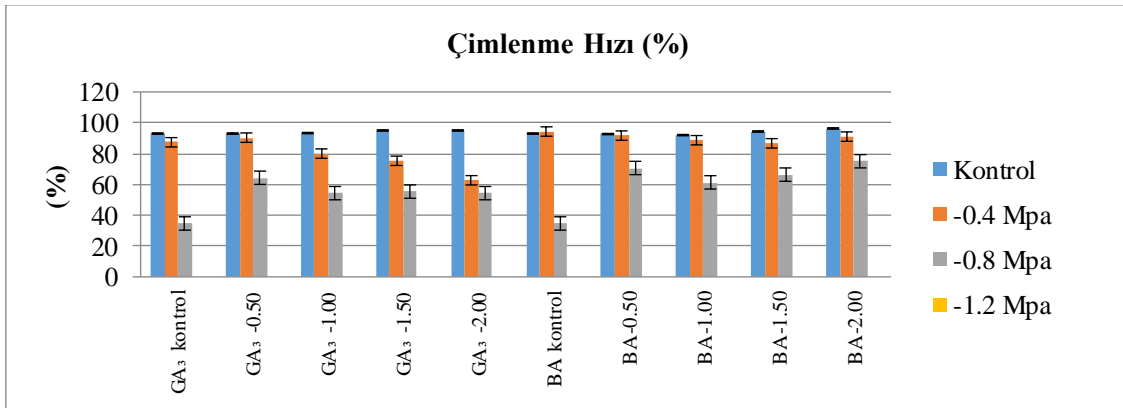
V. K	S.D.	Kareler Ortalaması						
		Çimlenme hızı (%)	Çimlenme gücü (%)	Fide uzunluğu (mm)	Kök uzunluğu (mm)	Fide yaş ağırlığı (g)	Fide kuru ağırlığı (g)	Su İçeriği (gg ⁻¹)
Kimyasal	1	800.83**	360.53**	0.711**	14.04**	0.00005	0.000001	0.000
Doz	4	205.95**	91.88**	0.575**	18.18**	0.003**	0.000035**	0.003**
PEG	3	53275.74**	58637.38**	84.03**	306.44**	1.590**	0.010**	1.590**
Kimyasal × Doz	4	136.04**	51.59**	0.183	5.08**	0.001**	0.000067**	0.001**
Kimyasal × PEG	3	257.47**	144.37**	0.104	3.88**	0.0002	0.000003	0.000
Doz × PEG	12	353.66**	179.13**	2.254**	2.93**	0.010**	0.000066**	0.010**
Kimyasal × Doz × PEG	12	36.74**	37.05**	0.788**	0.611**	0.001**	0.000041**	0.001**
Hata	80	4.26	4.84	0.151	0.045**	0.0003	0.000013	0.0003
Genel	119	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

** P <0.01 seviyesinde önemli, * P <0.05 seviyesinde önemlidir.

3.1. Çimlenme hızı

Çimlenme hızına ait ortalama değerleri % 96.33 ile 0.00 arasında değişmektedir. En yüksek çimlenme hızı % 96.33 (kontrol + 2.00 mg l⁻¹ BA dozunda) ve en düşük çimlenme hızı 0.00 olarak (-1.2 Mpa PEG + Tüm dozlar) görülmüştür (Şekil 1). Kuraklık stresinin

artması, tüm uygulamalarda çimlenme hızında düşümlere yol açmıştır. Genel olarak, kuraklık stresinde BA'nın tüm uygulamaları, GA₃ uygulamalarına kıyasla çimlenme hızında daha olumlu sonuçlar vermiştir. Yılmaz ve Kısakürek (2021) tarafından yapılan çalışmada da bitkilerde çimlenme hızının kuraklık stresi arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir.

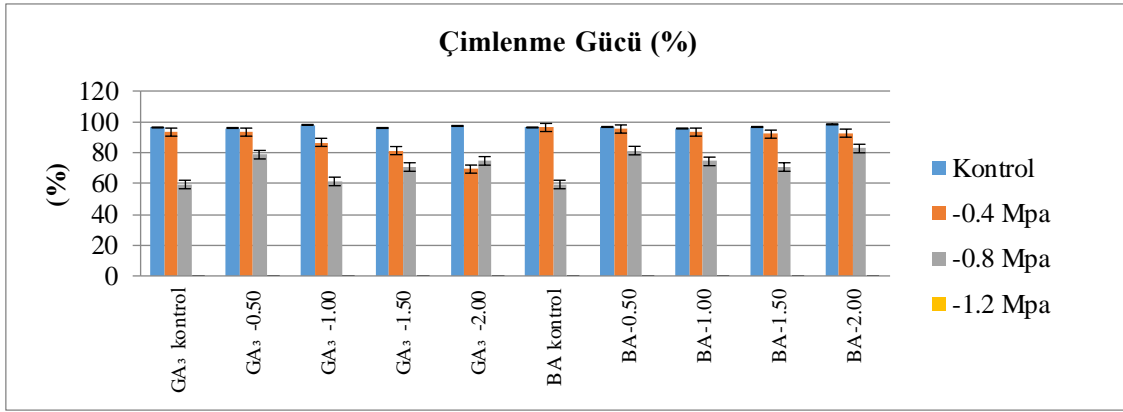


Şekil 1. GA₃ ve BA Kimyasal ön uygulamaların kuraklık stresinde çimlenme hızına etkileri

3.2. Çimlenme gücü

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek çimlenme gücü, kontrol + 2.00 mg l⁻¹ BA dozunda % 98.33 görülmüştür. En düşük çimlenme gücü ise -1.2 Mpa PEG + tüm hormon dozlarında 0.00 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2). Kurt ve ark (2023), çalışmaları

mürdümük bitkisinde, borik asit uygulamalarının çimlenme indeksi, çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme enerjisi, plumula ve radikula yaş ağırlıkları, fide güç indeksi ve yan kök sayısı parametrelerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

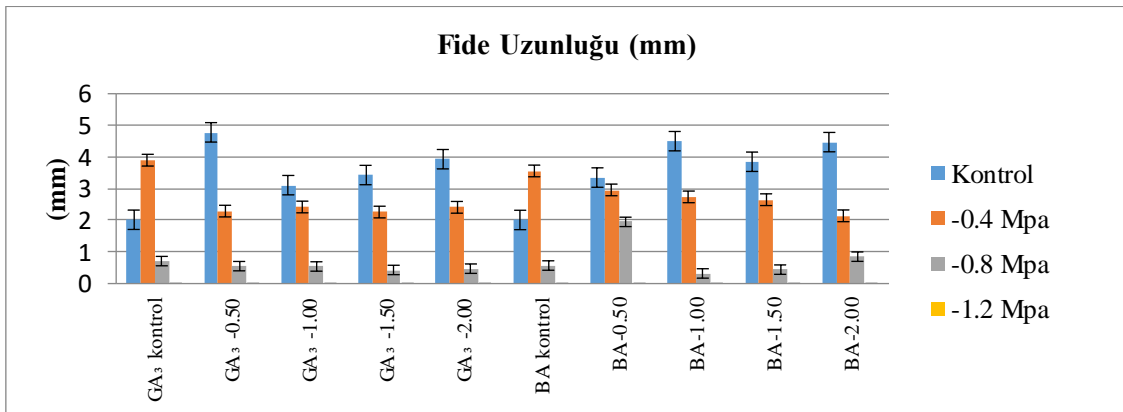


Şekil 2. GA₃ ve BA Kimyasal ön uygulamaların kuraklık stresinde çimlenme gücüne etkileri

3.3. Fide uzunluğu

Kimyasal×Doz×PEG interaksiyonunun Duncan analizi sonuçlarına göre en yüksek fide uzunluğu 4.78 mm olarak kontrol + 0.5 mg l⁻¹ GA₃ dozunda ve en düşük fide uzunluğu 0.00 mm olarak her iki GA₃ ve Br'nin tüm dozlarında ve -1.2 Mpa PEG uygulamasında çimlenme gerçekleşmemiştir (Şekil 3). Artan kuraklık seviyeleri nedeniyle tüm

uygulamalarda fide boylarında azalmalar gözlemlenmiştir. Dolgun ve Çiççi (2018) tarafından yapılan çalışmada, buğday çeşitlerinin fide uzunluklarının artan kuraklık seviyeleriyle azaldığı belirlenmiştir. Çiççi ve Açıkbay (2023), Araştırmalarında; PEG artışı ile birlikte yaygın fiğ çeşitlerinde çimlenme ve fide özelliklerini önemli (p<0.01) derecede etkilediğini tespit etmişlerdir.

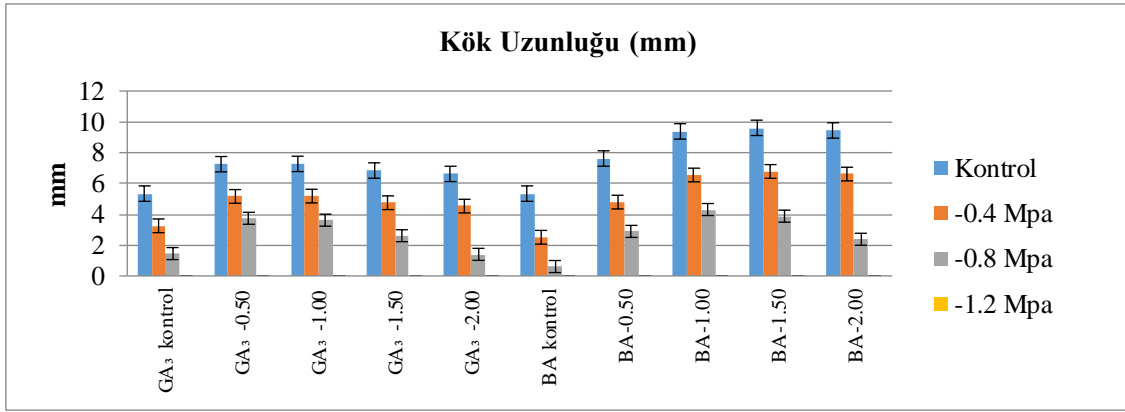


Şekil 3. GA₃ ve BA kimyasal ön uygulamaların kuraklık stresinde fide uzunluğuna etkileri

3.4. Kök uzunluğu

Şekil 3'te görüldüğü üzere Kimyasal×Doz×PEG interaksiyonunun en uzun kök uzunluğu kontrol + 1.50 mg l⁻¹ BA dozunda 9.61 mm olarak ölçülmüştür. Aynı interaksiyonda PEG uygulamasında, en kısa kök uzunluğu -1.2 Mpa PEG + GA₃ ve BA'nın dozlarında 0.00 mm tespit edilmiştir. Artan kuraklık seviyeleri kök uzunluklarında önemli

derecede azalışa neden olmuştur. Genel olarak kontrol grubunda kuraklık seviyesinde kök uzunluklarında en yüksek değerler ölçülmüş olup, 1.5 mg l⁻¹ BA uygulaması olumlu etki göstermiştir. Husen ve ark., (2014) tarafından yapılan çalışmada; yabani hardaldaki (*Brassica carinata*) morfolojik özelliklerin incelenmesinde, artan kuraklık stresinin kök uzunluğunda bir azalmaya neden olduğunu tespit edilmiştir.

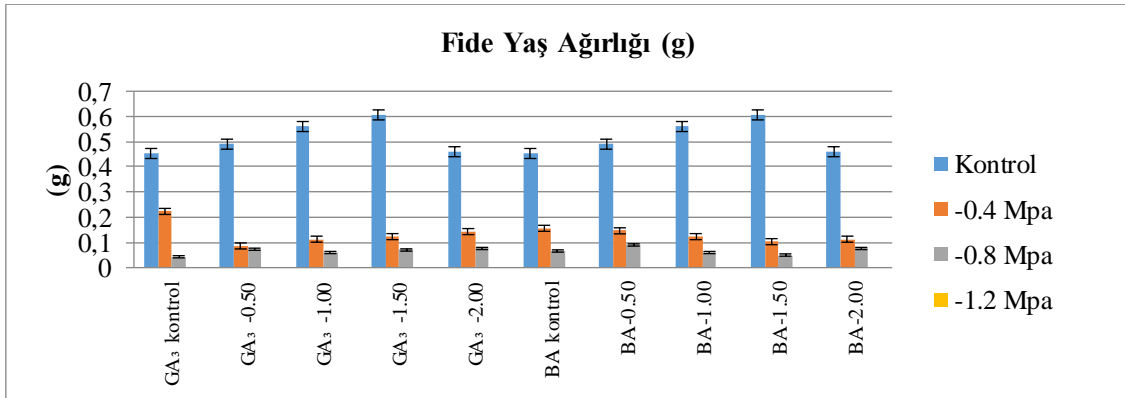


Şekil 3. GA₃ ve BA kimyasal ön uygulamaların kuraklık stresinde kök uzunluğuna etkileri

3.5. Fide yaş ağırlığı

Kuraklık stresi altında farklı Borik Asit ve Giberellik Asit dozu uygulamalarının kolzada fide yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerleri şekil 4'de verilmiştir. Fide yaş ağırlığı bakımından ortalamalar 0.606 g ile 0.00 arasında değişmektedir. Duncan analizi sonuçlarına göre en yüksek fide yaş ağırlığı kontrol + 1.5 mg l⁻¹ GA₃ dozunda % 0.606 g

iken -1.2 Mpa PEG + GA₃ ve BA'nın dozlarında 0.00 hesaplanmıştır. Artan kuraklık seviyeleriyle birlikte fide yaş ağırlıkları önemli derecede azalış göstermiştir. Kuraklık başladığında, bitki suya daha iyi erişebilmek için gövde gelişimini yavaşlatırken kök gelişimini artırır. Ancak, kuraklığın uzun süre devam etmesi ve bitkilerde hasar yaratması durumunda, hem gövde hem de kök gelişimi durur (Ecem, 2010; Gür, 2018).

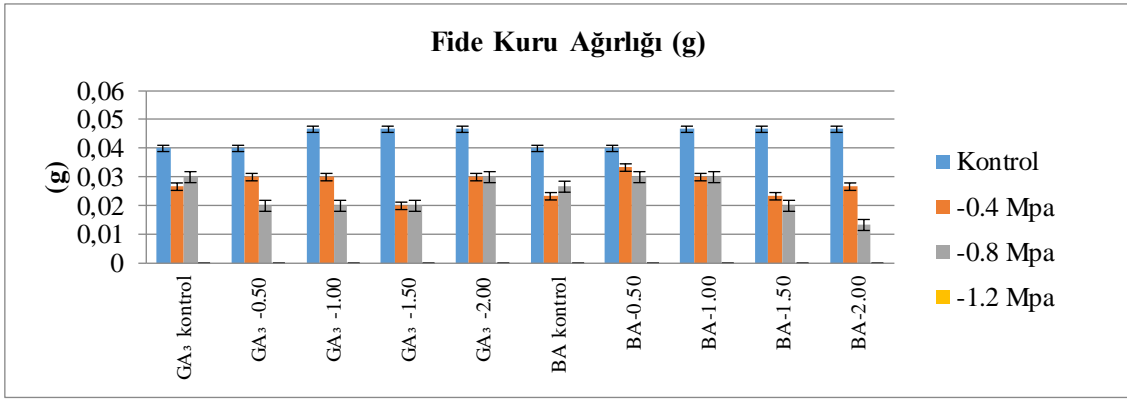


Şekil 4. GA₃ ve BA Kimyasal ön uygulamaların kuraklık stresinde fide yaş ağırlığı etkileri

3.6. Fide kuru ağırlığı

Duncan testinden elde edilen sonuçlara göre en yüksek fide kuru ağırlığı, kontrol + 1.00, 1.5, 2.00 mg l⁻¹ GA₃ ve BA dozlarında 0.046 olarak görülmüştür (Şekil 5). Aynı etkileşimde kuraklık stresi uygulamasında, -1.2 Mpa PEG + GA₃ ve BA'nın dozlarında 0.00 en düşük

fide kuru ağırlığı gözlemlenmiştir. Kuraklık stresinin artmasıyla fide kuru ağırlığının azalmasının, bitkinin toprak üstü kısmında biriken kuru maddenin büyük bir kısmını köklerine yönlendirmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Gonzalez ve ark., 2005; Rauf ve ark., 2007).

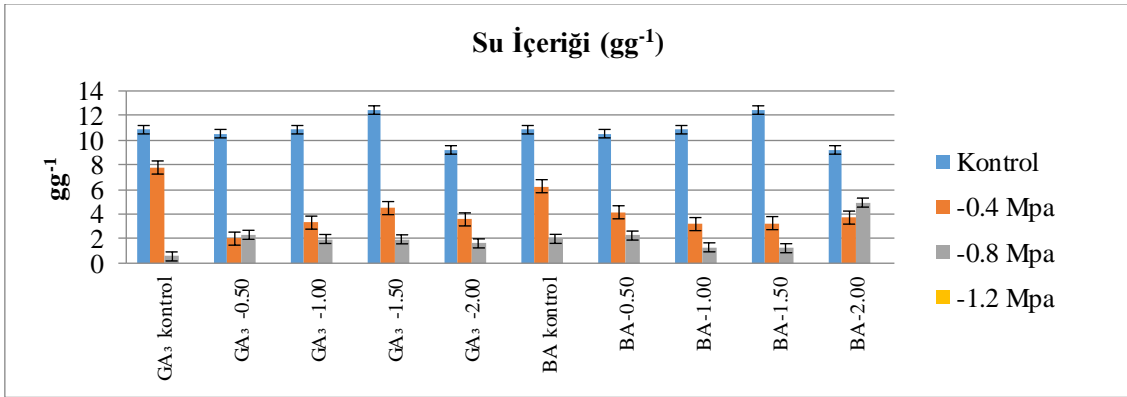


Şekil 5. GA₃ ve BA kimyasal ön uygulamaların kuraklık stresinde fide kuru ağırlığı etkileri

3.7. Su içeriği

Bu çalışmada su içeriği 0,00 ile 12.45 g g⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek su içeriği kontrol + 1.50 mg l⁻¹ GA₃ ve BA dozunda 12.45 g g⁻¹, -1.2 Mpa PEG + GA₃ ve BA'nın dozlarında 0.00 olarak gözlenmiştir (Şekil 6).

PEG konsantrasyonunun artmasıyla birlikte tüm örneklerdeki su içeriği (WC), kontrol uygulamasına göre azalma eğilimi gösterdi. Çalışmalar kuraklık ve tuz stresi koşullarında su içeriğinin azaldığını ortaya koymuştur (Attarad ve ark, 2015; Wu ve ark, 2015).



Şekil 6. GA₃ ve BA kimyasal ön uygulamalarının kuraklık stresinde fide kuru ağırlığı üzerine etkileri

4. Sonuç

Bu çalışmada, kolza tohumları Borik Asit (BA) ve Gibberellik Asit'in (GA₃) farklı dozlarında ön uygulamaya (priming) tabi tutularak daha sonra PEG'nin farklı konsantrasyonlarında kuraklık stresin maruz bırakılmıştır. Araştırmada yapılan uygulamaların kolza çimlenme ve fide özellikleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Çimlenme, bitki yaşam döngüsünün en hassas ve kritik aşamalarından biridir. Bu aşamada tohumlar çimlenme sürecinin başlamasıyla erken fide haline gelmektedir. Ancak kuraklık gibi olumsuz abiyotik stresler tohumları ve daha sonra fidelerin oluşumu ve gelişimini tehlikeye atabilir (Anjum ve ark., 2015).

Kuraklık stresi koşullarında incelenen tüm özellikler açısından, kuraklık stresi uygulanan gruplar ile kontrol grubu karşılaştırıldığında; Kimyasal×Doz×PEG etkileşimindeki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. PEG stresi konsantrasyonlarının tamamı, kolza tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi üzerinde olumsuz etki yapmıştır. Bu olumsuz etkileri azaltmak veya ortadan kaldırmak amacıyla ekim öncesinde tohumlara ön uygulama (priming) yapılmıştır. Yapılan bu ön uygulamaların, kolza tohumlarının çimlenme ve fide gelişimini -0.4 Mpa'da kontrol grubuna kıyasla azalttığı belirlenmiştir. Kuraklık stresi koşullarda uygulama yapılan 2.00 mg l⁻¹ BA dozu çimlenme hızı ve çimlenme gücü üzerinde iyileştirici etki

göstermiştir. Ancak fide ve kök uzunluğuna bakıldığında 0.5 mg l⁻¹ BA ve üzeri doz uygulamaları olumlu sonuçlar vermiştir. Fide yaş ve kuru ağırlığı ve su içeriği bakımından ise 1.50 mg l⁻¹ GA₃ ve BA uygulaması etkili olmuştur.

Sonuç olarak; -0.4 Mpa PEG konsantrasyon ortamında yapılan kolza yetiştiriciliğinde, bitki gelişimini teşvik etmek amacıyla hormon kullanımına alternatif olarak Borik asit'in 1.5 ile 2.00 mg l⁻¹ dozlarının uygulanması faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Ferzat TURAN; Çalışmanın kurgusu, makalenin yazımı, laboratuvar ve istatistik analizleri için ve Serap SAMUR, laboratuvar çalışmaları ve veri toplama açısından makalede katkı sağladıklarını beyan etmektedirler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu araştırma, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından "133-2023" nolu proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu çalışma ikinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Albaşavat, L., Akay, H., Öztürk, E., Sezer, İ., 2023. Tohum büyüklüğü ve PEG kaynaklı ozmotik stresin tane sorgumda çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(2):407-422.

Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem Ardalani, S.H., Saeidi, M., Jalali Honarmand, S., Eghbal Ghobadi, M., Abdoli, M., 2015. Effect of post anthesis drought stress on some agronomic and physiological traits related to source strength in four bread wheat genotypes. *Journal of Cereal Research*, 5(1): 45-65.

Ashraf, M., Rauf, H., 2001. Inducing salt tolerate in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts: growth and ion transport at early growth stages. *Acta Physiologiae Plantarum*, 23: 407-414.

Attarad, A., Phull, A.R., Ziac, M., Akber Shahb, A.M., Malika, R.N., Ul-Haq, I., 2015. Phytotoxicity of river chenab sediments: in vitro morphological and biochemical response of *Brassica napus* L. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 4: 74-84.

Barzana, G., Aroca, R., Bienert, G.P., Chaumont, F., Lozano, G.M., 2014. New insights into the regulation of aquaporins by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize plants under drought stress and possible implications for plant performance. *Journal of the American Phytopathological Society*, 27(4): 349-363.

Basra, S.M.A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A., Ahmad, R., 2004. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. *Seed Science and Technology*, 32: 765-774.

Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W., Monogaki, H., 2013. Seeds: physiology development, germination and dormancy (3th ed). Springer, New York, 445p.

Bradford, K.J., Still, D.W., 2004. Application of hydrotime analysis in seed testing. *Seed Science and Technology*, 26: 74-85.

Çifçi, H., Açıkbaz, S., 2023. Kuraklık stresinin yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3): 288-299.

Dahal, P., Bradford, K.J., 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. II. Germination at reduced water potential. *Journal of Experimental Botany*, 41: 1441-1453.

- Demir Kaya, M., Okçu Gamze Atak, M., Çikili, Y., Kolsarici, O., 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 291-295.
- Dolgun, C., Aydoğan Çiftçi, E., 2018. Farklı kuraklık stresi seviyelerinin makarnalık buğday çeşitlerinde çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2): 99-109.
- Ecem, N., 2010. Farklı mısır (*Zea mays* L.) çeşit ve hatlarında kuraklık stresi etkilerinin fizyolojik olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Foti, S., Cosentino, S.L., Patane, C., Agosta, G.M.D., 2002. Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low temperatures. *Seed Science and Technology*, 30: 521-533.
- Gonzalez, L.M., Argente, L., Zaldivar, N., Ramirez, R., 2005. Effects of simulated drought induced by PEG-6000 on the germination and growth of two wheat varieties. *Cultivos Tropicales*, 26(4): 49-52.
- Gummerson, R.J., 1986. The effect of constant temperature and osmotic potential on the germination of sugarbeet. *Journal of Experimental Botany*, 37: 729-714.
- Gür, İ., 2018. Su stresi uygulamalarının bazı armut anaçlarında morfolojik ve biyokimyasal değişimlere etkileri. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., Nyamudeza, P., 2015. Onfarm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. *Agricultural Systems*, 69: 151-164.
- Hatamvand, M., Hasanloo, T., Dehghannayeri, F., Shiranirad, A.H., Tabatabaee, S.A., Hosseini, S.M., 2014. Evaluation of some physiological and biochemical indices of canola cultivars in response to drought stress. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 7(2): 173-185.
- Huang, Q., Zhao, Y., Liu, C., Zou, X., Cheng, Y., Fu, G., Xu, J., Zhang, X., Lu, G., 2015. Evaluation of and selection criteria for drought resistance in Chinese semiwinter rapeseed varieties at different developmental stages. *Journal of Plant Breeding*, 134(5): 542-550.
- Husen, A., Iqbal, M., Aref, I.M., 2014. Growth, water status, and leaf characteristics of *Brassica carinata* under drought and rehydration conditions. *Brazilian Journal of Botany*, 37(3): 217-227.
- Kereçin, G., Öztürk, F., 2024. Salisilik asit ve tuz stresi uygulamalarının bazı soya (*Glycine max.* L.) çeşitlerinin fide gelişimi üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 25-35.
- Kurt, A.N., Tufan, Y., Özkurt, M., Karadağ, Y., 2023. Borik asit ön uygulamalarının bazı mürdümük çeşitlerine ait tohumların çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkileri. *Ziraat Mühendisliği* 376: 23-32.
- Manga, V.K., 1998. Germination response of pearl millet genotypes to simulated drought condition, Crop, growth of soybean under different water potentials. *Seed Science Research*, 26: 131-133.
- Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914-916.
- Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduzi, C., Clark, L.J., Whalley, W.R., 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*, 74: 161-168.
- Rauf, M.M., Munir, M.U., Hassan, M.U., Ahmad, M., Afzal, M., 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *African Journal of Biotechnology*, 6(8): 971-975.

- Rosalind, A.B., Oosterhuis, D.M., Mauromoustakos, A., 1994. Growth dynamics of the cotton plant during water deficit stress. *Agronomy Journal*, 86: 788-795.
- Seyed-ahmadi, A., Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A., Fathi, G.h., Naderi, A., 2012. Study of terminal drought stress on yield, yield components oil and protein, percentage and root growth canola under ahvaz climate conditions. *Journal of the Plant Production (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 34(2): 53- 66.
- Shaabani, A., Kamgarhaghghi, A., Spaskhah, A., Emami, Y., Honar, T., 2009. Effect of water stress on physiological parameters of oil seed rape (*Brassica napus*). *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 13(49): 31-42.
- Sharp, R., 2002. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. *Journal of Plant, Cell and Environment*, 25: 211-222.
- Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F., Zeinali, E., 2013. Seed bank modelling of volunteer oil seed rape: from seeds fate in the soil to seedling emergence. *Planta Daninha*, 31: 267-279.
- Thomas, C., Alcock, T., Graham, N., Hayden, R., Matterson, S., Wilson, L., Young, S., Dupuy, L., White, P., Hammond, J., Danku, J., Salt, D., Sweeney, A., Bancroft, I., Broadley, M., 2016. Root morphology and seed and leaf ionic traits in a *Brassica napus* L. diversity panel show wide phenotypic variation and are characteristic of crop habit. *Journal of Bio Med Central Plant Biology*, 16: 214-232.
- Varier, A., Vari, A.K., Dadlani, M., 2010. The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 99: 450-456.
- Windauer, L., Altuna, A., Benech-Arnold, R., 2007. Hydritime analysis of lesquerella fendleri seed germination responses to priming treatments. *Industrial Crops and Products*, 25: 70-74.
- Wu, G.Q., Jiao, Q., Shui Q.Z., 2015. Effect of salinity on seed germination, seedling growth, and inorganic and organic solutes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Soil Environ*, 61(5): 220–226.
- Yılmaz, M.B., Kısakürek, Ş., 2021. *Lolium perenne* L. çeşitlerinde kuraklık stresinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(3): 529-538.

Atf Şekli	Turan, F., Samur, S., 2024. Kolza (<i>Brassica napus</i> L.) Tohumumuna Borik Asit ve Gibberellik Asit Ön Uygulamalarının Kuraklık Stresine Karşı Etkisinin İncelenmesi. <i>ISPECTarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 756-765. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12788918 .
To Cite	Turan, F., Samur, S., 2024. Investigation of the Effect of Boric Acid and Gibberellic Acid priming on Rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.) Seeds against Drought Stress. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 756-765. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12788918 .



Farklı Enginar (*Cynara scolymus* L.) Çeşit ve Genotiplerinin Verim Özelliklerinin Belirlenmesi

Turgut YAVAŞLAR ^{1*}, İbrahim DUMAN ¹

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): turgut2001@gmail.com

Özet

Enginar üretimi ülkemizde çok bilinmemekte ve kaliteli, dayanıklı, verimli ürün yetiştirilmesi konusu; üretici, sanayici ve tüketici beklentilerini karşılamamaktadır. Bu çalışma üreticinin birim alandan daha fazla ürün alabileceği, hastalıklara dayanıklı ve tüketici-sanayici beklentilerine uygun enginar çeşitlerinin geliştirilebilmesine ve üretilmesine olanak sağlayacak genetik materyalin toplanıp sınıflandırılarak standart ve hibrit enginar çeşitlerinin elde edilmesine ön ayak olabilmek amacıyla yapılan bir araştırma projesidir. Hazırladığımız çalışmada enginarın 9 farklı ticari çeşidi ve 21 farklı genotipi UPOV kriterlerinde gösterilen şekilde kıyaslanarak, beklentilere uygun yeni çeşitlerin ortaya konulması için gerekli veriler toplanmıştır. Araştırma sonucunda çalışmada yer alan deneme parsellerinden elde edilen enginarlardan ana baş adeti bakımından en yüksek değer, Bayrampaşa-Ildır genotipinden (19.67 adet parsel⁻¹) alınmıştır. Parsel başına belirlenen ana baş adeti bakımından Sakız-1 genotipi 18.67 adet ana baş değeri ile ikinci istatistikî grupta yer almıştır. Bitki başına belirlenen ana baş sayısı bakımından ise Opal F1 çeşidi, 7.17 adet bitki⁻¹ değeri ile en yüksek verim değeri göstermiştir. 600-23 çeşidi ve Vural-Torbalı-2 genotipi sırası ile 5.88 adet/bitki ve 5.71 adet bitki⁻¹ verim değerleri ile Opal F1 çeşidini izlemişlerdir. Sonuç olarak Opal F1, Bayrampaşa-Ildır, 600-23 ve Vural Torbalı-2 genotipinden yeni çeşit geliştirilirken ıslah materyali olarak, diğer çeşit ve genotip morfolojik özelliklerinden de üretici, tüketici ve sanayici beklentileri doğrultusunda yararlanılabileceği belirlenmiştir.

Determination of Yield Characteristics of Different Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Varieties and Genotypes

Abstract

Artichoke production is not well known in our country and the issue of growing quality, durable and productive products; It does not meet the expectations of producers, industrialists and consumers. This study is a research project aimed at obtaining standard and hybrid artichoke varieties by collecting and classifying genetic material that will enable the producer to produce more products per unit area, develop and produce disease-resistant artichoke varieties that meet consumer-industrialist expectations. In our study, 9 different commercial varieties and 21 different genotypes of artichoke were compared as shown in the UPOV criteria, and the necessary data were collected to reveal new varieties that meet expectations. As a result of the research, the highest value in terms of number of head obtained from the trial plots in the study was taken from the Bayrampaşa-Ildır genotype (19.67 pieces plot⁻¹). In terms of the number of main heads determined per parcel, Sakız-1 genotype was in the second statistical group with a value of 18.67 head. In terms of the number of main heads determined per plant, Opal F1 showed the highest yield value with 7.17 units plant⁻¹. The 600-23 variety and the Vural-Torbalı-2 genotype followed the Opal F1 variety with yield values of 5.88 units/plant and 5.71 units plant⁻¹, respectively. As a result, it has been determined that while developing new varieties from Opal F1, Bayrampaşa-Ildır, 600-23 and Vural Torbalı-2 genotypes, morphological characteristics of other varieties and genotypes can be used as breeding material in line with the expectations of producers, consumers and industrialists.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :25.04.2024
Kabul Tarihi :30.05.2024

Anahtar Kelimeler

Enginar
genotip
verim
agro-morfolojik
karakterizasyon

Research Article

Article History

Received :25.04.2024
Accepted :30.05.2024

Keywords

Artichoke
genotype
yield
agro-morphological
characterization

1. Giriş

Enginar kökeni çok eskiye dayanan dünyanın belli bölgelerinde yetişen ve yetiştiği yörelerde bölge halkınca bilinen ancak dünyada bilinirlik açısından yeni yeni gündeme gelmeye başlayan bir sebzedir. Çok yıllık bir bitki olan enginarın yararlanılan kısmı olgun olmayan çiçek ve çiçek tablası ile tablanın hemen altındaki sap kısmıdır. Enginar besin değeri bakımından oldukça yüksek olan, yüksek değerde protein ve karbonhidrat içeren bir sebzedir. Bugün taze ve konserve şeklinde gıda olarak kullanımının yanında, içki ve yem sanayinde, çocuk mamalarının yapımında, eczacılıkta, kozmetik ve boya sanayinde de kullanılmaktadır (Bayraktar, 1981). Ülkemizde enginar yetiştiriciliği yoğun olarak Ege ve Akdeniz Bölgesinde yapılmaktadır. Yaygın olarak yetiştirilen enginar çeşitleri ise Yerli enginar ile Sakız ve Bayrampaşa enginarıdır. Bayrampaşa enginarı Marmara bölgesinde yetiştiriciliği yapılan, iri çiçek tablasına sahip geçici bir çeşittir. Yaprakları parçalı yapıdadır ve genellikle konserve yapımında kullanılır. Yerli enginar, Sakız enginarına benzer özelliklere sahip olan ancak Sakız enginarına göre yaprakları daha parçalı ve verimi daha geç olan bir enginar çeşididir. Sofralık ve konservelik tüketim için uygundur. Sakız enginarı ise erkenci bir çeşit olup genelde sofralık olarak tüketilir. Çiçek tablası çok büyük değildir ve yaprak parçalılığı azdır. Belirtilen çeşitlerin dışında yabancı orjinli çeşitler kullanılarak melezleme ve ıslah çalışmaları da yapılmaktadır. Özellikle Ege Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü orjinli Vural-6 genotipi konservelik kullanım için uygundur ve yapılan çalışmalar sonucu tescile uygun hale gelmiştir (Eser ve ark., 2006). Son yıllarda ülkemize giren yabancı orijinli hem sofralık hem de konservelik özellikleri olan çeşitlerin varlığı enginarıda çeşit geliştirme çalışmalarına verilen önemi göstermektedir. Bu özelliklerden hareketle düzenlenen bu çalışmada ülkemizin farklı üretim alanlarından seçilen ve bölümümüz üretim alanlarında kontrol altına alınan 21 farklı genotip ve 9 farklı ticari çeşidin morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu özelliklerden

yararlanılarak konservelik ve sofralık çeşit geliştirilmesine yönelik ümitvar genotiplerin belirlenmesi ve çeşit geliştirmede yarı yol materyali sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, 2021 ve 2022 yılları arasında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü araştırma uygulama ve üretim alanı ile laboratuvarlarında yürütülmüştür. Araştırmada arazi çalışmaları ise İzmir/ Bornova'da bulunan Ege Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait arazide yürütülmüştür. Çalışmanın gerçekleştirildiği tarımsal alan Akdeniz iklim koşullarının etkisi altındadır. Kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Yaz mevsiminde poyraz ve imbat rüzgârlarını almaktadır. Bornova Ovası yamaçlarından inen suların getirdiği alüvyonların birikmesi sonucu oluşmuştur (Anonim, 2022). Denemenin yapıldığı arazinin etrafı serviler ve zeytin ağaçları ile çevrilidir, rakımı ise 30 metredir. Çalışmanın yürütüldüğü toprak bünyesi kumlu-tınlı olup orta alkali yapıda ve tuzluluk konusunda bir sıkıntı oluşturmayan özelliklere sahiptir. Kireç içeriği yönünden sıkıntı bulunmayan toprakta organik madde içeriği düşük (%1.7) tespit edilmiştir. Bitki besin madde içeriği ise genelde az ya da çok az bulunurken Demir, çinko ve potasyum içeriği yeterli bulunmuştur (Sönmez ve Çitak, 2013). Çalışma bitkisel materyali olarak Türkiye'nin değişik yörelerinden toplanmış 21 adet enginar genotipi ve 9 adet ticari enginar çeşidi kullanılmıştır. Farklı lokasyonlardan toplanan 21 adet Vural-1, Vural-2, Vural 6-1, Vural 6-2, Vural-8, Bayrampaşa-Bursa, Bayrampaşa-İldır, Bayrampaşa-İznik Gölü, Bayrampaşa-Orhangazi, Kıbrıs Karası, Sakız-1, Sakız-2, Sakız Bornova-1, Sakız Bornova-2, Sakız Karaburun, Sakız Mordoğan-1, Sakız Mordoğan-2, Sakız-İldır, Yerli-1, Yerli-2, Mordoğan Yerli enginar popülasyonu ve 9 adet Talpiot, Emerald, Opal F1, Mode de Culture, Kıbrıs Erkenci, No: 109, No: 110, Sakız-Ticari, 600-23 ticari enginar çeşidi birbiri ile kıyaslanmıştır. Bitkisel materyal olarak kullanılan genotip ve çeşitlerin sağlandığı lokasyonlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Genotip ve çeşitlerin sağlandığı lokasyonlar

N	Genotip veya Çeşit	Sağlandığı Lokasyon	N	Genotip veya Çeşit	Sağlandığı Lokasyon
11.	Vural Torbalı-1	Torbalı	22.	Vural Torbalı-2	Torbalı (Varyasyon gösteren)
33.	Talpiot (Tescilli)	Nunhems	44.	Emerald	Tat Tohumculuk
55.	Kıbrıs Karası	Kıbrıs	66.	No:109	Menemen
77.	Vural 6-1	İzmir	88.	Bayrampaşa-Orhangazi	İzmir
99.	Bayrampaşa-İzmir Gölü	İzmir	110.	No:110	Menemen
111.	Bayrampaşa -Bursa	Bursa	112.	Bayrampaşa -Ildır	Ildır
113.	600-23(Tescilli)	Menemen	114.	Kıbrıs Erkencisi	Kıbrıs
115.	Vural 6-2	İzmir	116.	Vural 8	İzmir
117.	Sakız 1	İzmir	118.	Sakız 2	İzmir
119.	Sakız -Bornova 1	İzmir	220.	Sakız -Bornova 2	İzmir
21.	Sakız -Karaburun	Karaburun	22.	Sakız -Ildır	Ildır
23.	Yerli 1	İzmir	24.	Yerli 2	İzmir
225.	Sakız Mordoğan-1	İzmir-Mordoğan	226.	Sakız Mordoğan-2	İzmir-Mordoğan
227.	Yerli Mordoğan	İzmir-Mordoğan	228.	Opal F1(Tescilli)	Nunhems
229.	Sakız -Ticari	Menemen-Çiftlik	330.	Mode de Culture (Tescilli)	Menemen-Çiftlik

Deneme alanının belirlenmesi 2021 yılı Mayıs ayı başlangıcında yapılmıştır. Deneme alanındaki toprak dikim öncesi bitkinin gelişiminin daha nitelikli ve sağlıklı olması için hayvansal gübre ile gübrelenmiştir. Ekim ayı ortası enginar fideleri dikilerek deneme alanı kurulmuştur. Çeşit ve genotipler tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak denemeye alınmış ve her bir parsel 8 tane bitkiden oluşmuştur. Bu durumda deneme, 30 genotip - Çeşit *3 tekerrür =90 parselden ve 720 bitkiden oluşmuştur. Plantasyonda dikim; 140*75 cm mesafelerle yapılmıştır.

Parsel uyandırma suyu Ağustos ayı ortasında verilerek bitkilerin gelişimi gözlemlenmiştir. 2022 yılı Mart ayında enginar başları oluşmuş ve ilk hasat işlemi yapılmıştır. Çalışma için uygun duruma gelen, nitelikli enginar başları hasat işleminden hemen sonra laboratuvar ortamına alınmıştır. Nisan ayında incelemelerimiz sonucu enginar başlarının çalışma için uygun duruma geldiği gözlemlendiğinden ikinci hasat işlemi yapılarak oluşan enginar başları laboratuvar ortamına alınmıştır. Belirtilen şekilde ikinci ilaçlama ve hasat işlemi sonrası Mayıs ayı sonunda çiçeklenme özellikleri belirlenmiştir. Sulama Mayıs ayı sonunda durdurulmuştur.

2.1. Genotiplerde incelenen parametreler

Enginar çeşit ve genotipleri UPOV kriterlerinde belirlenen ana baş uzunluğu, ana baş çapı, ana baş ağırlığı (g), ana baş sap çapı, ana baş tabla çapı, ana baş tablası (recatable) kalınlığı, kol baş uzunluğu, kol baş tablası (recatable) kalınlığı ve kol baş ağırlığı ve ana baş oluşum zamanı açısından kıyaslanmıştır. Ayrıca verim değerleri de analiz edilmiştir.

2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Yapılan bu çalışmadan elde edilen veriler SPSS (for Windows 16.00) istatistik paket programında tesadüf blokları deneme desenine göre değerlendirilmiş ve çeşit-genotipler arasındaki farklılıkları belirlemede Duncan'ın çoklu sınıflandırma testi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Enginar üretiminin yaygın yapıldığı lokasyonlardan toplanan genotipler ve sertifikalı bazı enginar çeşitlerinin agromorfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlı yürütülen çalışmadan elde edilen bulgular, çeşit ve genotiplerin baş özellikleri ile verim değerleri başlıklarında değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

3.1. Çeşit ve genotiplerin baş özellikleri

3.1.1. Ana baş uzunluğu

Çalışmada yer alan genotip ve çeşitlerin ana baş uzunluğu açısından aralarındaki fark $p \leq 0.01$ göre önemli bulunmuştur (Tablo 2). Ana baş uzunluğu açısından yapılan istatistiksel değerlendirmede Kıbrıs Karası çeşit ve genotipi 8.43 cm uzunluk ile ilk sırada yer alırken, Vural Torbalı -2 (7.83 cm) ve Kıbrıs Erkencisi (7.40 cm) genotip ve çeşidi ikinci ve üçüncü sırada yer almıştır. Çeşit ve genotiplerin ortalama ana baş uzunluğunun ise 6.60 cm olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel değerlendirmede Yerli-1 (5.70 cm) genotipinin ana baş uzunluğu bakımından son istatistiksel grupta yer aldığı görülmüştür. Emerald ticari çeşidinin de ana baş uzunluğu açısından geçiş gruplarına nazaran daha alt istatistiksel grupta olduğu gözlenmiştir (Tablo 2).

3.1.2. Ana baş çapı

Ana baş çapı (cm) bakımından genotip ve çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$). Opal F1 tescilli çeşidi (6.17 cm)'nin ilk sırada, Kıbrıs Erkencisi (3.77 cm) genotipinin ise son sırada yer aldığı gözlenmiştir. Çeşit ve genotiplere ait ortalama ana baş çapı 4.87 cm olarak bulunmuştur (Tablo 2). Kıbrıs Karası (4.60 cm), No 109 (4.37 cm), Vural-6-1 (4.40 cm), Bayrampaşa-Orhangazi (4.43 cm) çeşit ve genotiplerinin ana baş çaplarının birbirine benzer değerlere sahip olduğu ve aynı istatistiksel grupta yer aldıkları görülmüştür. Çalışmadan edinilen bulgular incelendiğinde; Opal F1 (6.71 cm), Talpiot (6.23 cm), Mode de Culture (5.70 cm) ve Sakız-Ticari (5.83) gibi hibrit enginar ana baş çapı değerlerinin diğer genotip ve çeşitlerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Enginar bitkisinin en yaygın

kullanılan kısmı enginar tablasıdır. Ana baş çapı değerleri enginar tablasının genişliği ile doğrudan alakalı olduğundan ana baş çap değerleri yüksek olan çeşit ve genotipler daha kullanıma uygun ve üretici-tüketici-sanayici beklentilerini karşılayacak nitelikte olacaktır. Hibrit enginar türlerinin ana baş çap değerlerinin diğer genotiplere nazaran daha yüksek olması (Tablo 2), yeni hibrit enginar çeşitlerinin geliştirilmesinin ve ıslah çalışmalarının önemini göstermiştir. Nitekim Yanmaz (2004) sebze yetiştiriciliğinde hibrit çeşit geliştirmenin önemini açıkladığı çalışması da bu çıkarımları desteklemektedir.

3.1.3. Ana baş ağırlığı

Laboratuvar ortamında her bir genotip ve tescilli çeşidin ana başları hassas terazi yardımı ile ölçülerek ana baş ağırlığı (g adet⁻¹) belirlenmiştir. Ana baş ağırlığı (g adet⁻¹) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak $p \leq 0.01$ göre önemli bulunmuştur. Bulgular incelendiğinde ana baş ağırlığı bakımından Opal F-1 (190.8 g adet⁻¹), Bayrampaşa-Ildır (186.92 g adet⁻¹), Yerli-2 (189.32 g adet⁻¹) çeşit ve genotipleri ilk sırada yer almıştır. Bayrampaşa- İznik Gölü (179.37 g adet⁻¹) genotipi ise ikinci sırada yer almıştır. Sakız Mordoğan-1 (172.56 g adet⁻¹) ve Sakız Mordoğan-2 (171.62 g adet⁻¹) genotiplerinin de diğer çeşit ve genotiplere nazaran ana baş ağırlığı (g adet⁻¹) değerlerinin yüksek olduğu ve istatistiksel açıdan üçüncü grupta yer aldıkları saptanmıştır. Denemede yer alan genotip ve çeşitlerin ana baş ağırlığı ortalaması 145.94 g adet⁻¹ bulunmuştur. Ana baş ağırlığı bakımından son sırada Vural- 6-2 (105.67 g adet⁻¹) çeşidi bulunmuştur. Ana baş ağırlığı (g adet⁻¹) açısından geçiş gruplarında yer alan çeşit ve genotiplere ait değerler ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çeşit ve genotiplerde ana baş uzunluğu, çapı, ağırlığı ve sap çapı bulguları

Genotip-Çeşit Adı	Ana baş uzunluğu (cm)		Ana baş çap (cm)		Ana baş ağırlık (g adet ⁻¹)		Ana baş sap çap (mm)	
Vural-Torbalı-1	7.10	b-e ^x	5.00	b-h	143.45	a-f	19.27	
Vural-Torbalı-2	7.83	ab	5.07	a-g	155.50	a-f	21.48	
Talpiot	6.93	b-g	6.23	a-g	150.00	a-f	54.80	
Emerald	5.80	gh	5.03	d-h	127.18	b-g	20.13	
Kıbrıs Karası	8.43	a	4.60	e-h	138.57	a-g	18.60	
No:109	7.07	b-f	4.37	e-h	121.65	c-g	17.57	
Vural-6-1	6.93	b-g	4.40	e-h	123.17	c-g	16.77	
Bayrampaşa-Orhangazi	5.93	f-h	4.43	e-h	117.30	d-g	17.80	
Bayrampaşa-İznik gölü	6.83	b-h	5.60	c-h	179.37	ab	20.63	
No:110	6.07	e-h	4.43	a-f	130.40	b-g	18.50	
Bayrampaşa-Bursa	6.57	c-h	4.73	h	151.83	a-f	18.73	
Bayrampaşa-Ildır	6.67	c-h	5.47	f-h	186.92	a	21.00	
600-23	6.60	c-h	5.37	f-h	139.99	a-g	16.63	
Kıbrıs Erkencisi	7.40	bc	3.77	d-h	89.63	g	14.83	
Vural-6-2	6.17	e-h	4.23	d-h	105.67	fg	15.97	
Vural-8	6.37	c-h	4.30	f-h	126.45	b-g	19.57	
Sakız-1	6.23	e-h	4.60	gh	153.42	a-f	18.63	
Sakız-2	6.37	c-h	4.60	f-h	144.02	a-f	17.17	
Sakız-Bornova-1	6.00	e-h	4.33	a-f	142.53	a-f	17.97	
Sakız-Bornova-2	5.97	e-h	3.97	gh	111.72	e-g	15.40	
Sakız-Karaburun	6.30	c-h	4.33	e-h	138.03	a-g	17.60	
Sakız-Ildır	6.27	d-h	5.27	a-f	167.97	a-d	19.57	
Yerli-1	5.70	h	3.93	c-h	120.30	c-g	17.27	
Yerli-2	6.87	b-g	5.77	a-f	189.38	a	19.77	
Sakız-Mordoğan-1	6.73	b-h	4.37	a-d	172.56	a-c	19.93	
Sakız-Mordoğan-2	6.43	c-h	5.30	ab	171.62	a-c	18.60	
Yerli-Mordoğan	6.80	b-h	4.83	a-c	160.22	a-e	19.23	
Opal F-1	7.37	b-d	6.17	a	190.80	a	19.20	
Sakız-Ticari	6.17	e-h	5.83	a-d	161.90	a-e	19.20	
Mode de Culture	6.10	e-h	5.70	a-e	166.55	a-d	19.47	
Ortalama	6.60	**	4.87	**	145.94	**	19.71	öd

x: Duncan'ın çoklu sınıflandırma testi, ** p= 0.01'e göre önemli. * p= 0.05'e göre önemli. öd: önemli değil

3.1.3. Ana baş sap çapı

Çeşit ve genotiplerin ana baş sap çapı açısından aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur.

3.1.4. Ana baş tabla çapı

Ana baş tabla çapı açısından yapılan ölçümler "mm" cinsinden belirlenmiş ve aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur. Çeşit ve genotiplerin ana baş tablası çap ortalaması 49.30 mm'dir. Yapılan ölçümde Talpiot tescilli çeşidi 73.10 mm ana baş tabla çapı genişliği ile ilk sırada yer almıştır. Bu çeşidi 600-23 (63.30 mm) tescilli çeşidi ve Bayrampaşa İznik Gölü (59.30 mm) genotipi izlemiştir. Yerli-1

genotipinin ise ana baş tablası çapının en düşük değere sahip olduğu görülmüştür (Tablo 3).

3.1.5. Ana baş tablası (recatable) kalınlığı

Deneme deseninden alınan genotip ve çeşitlerin ana baş tablası kalınlığı açısından aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur. Ölçüm sonuçları (Tablo 3) incelendiğinde Bayrampaşa- İznik gölü ve Kıbrıs Karası genotiplerinin 17.50 mm ana baş kalınlığı bulunduğu ve diğer genotip ve çeşitlere nazaran kalın bir ana baş tablasına sahip olduğu gözlenmiştir. Yerli-1 (10.50 mm) genotipinin ana baş tablası kalınlığı ise diğer çeşit ve genotiplerden daha ince bulunmuştur.

Tablo 3. Enginar genotip ve çeşitlerinde ana baş tablası çapı ve kalınlığı

Genotip-Çeşit Adı	Ana baş tabla çapı (mm)	Ana baş tablası (receptacle) kalınlığı (mm)
Vural-Torbalı-1	54.60	14.30
Vural-Torbalı-2	46.50	12.60
Talpiot	73.10	13.30
Emerald	49.80	11.25
Kıbrıs Karası	52.60	17.50
No:109	45.70	12.40
Vural-6-1	58.50	13.20
Bayrampaşa-Orhangazi	51.30	14.50
Bayrampaşa-İznik gölü	59.30	17.50
No:110	43.50	13.80
Bayrampaşa-Bursa	52.35	14.20
Bayrampaşa-Ildır	51.30	14.00
600-23	63.30	13.90
Kıbrıs Erkencisi	51.40	14.40
Vural-6-2	46.50	12.35
Vural-8	48.75	13.25
Sakız-1	48.10	12.30
Sakız-2	45.50	14.60
Sakız-Bornova-1	42.10	14.10
Sakız-Bornova-2	44.60	12.30
Sakız-Karaburun	45.80	13.40
Sakız-Ildır	50.30	14.20
Yerli-1	38.70	10.50
Yerli-2	46.50	14.00
Sakız-Mordoğan-1	38.70	13.50
Sakız-Mordoğan-2	54.80	13.90
Yerli-Mordoğan	41.70	13.00
Opal-F1 (Nunhems)	40.25	12.45
Sakız-Ticari	45.70	13.00
Mode de Culture	47.75	13.25
Ortalama	49.30	13.57

x: Duncan'ın çoklu sınıflandırma testi, ** p= 0.01'e göre önemli. * p= 0.05'e göre önemli. öd: önemli değil

3.1.6. Kol baş uzunluğu

Türkiye'nin farklı lokasyonlarından seçilen çeşit ve genotiplerin kollarından alınan başların (yan baş) tepe noktası ile sap bitimi arası cetvel yardımı ile ölçülerek veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Aralarındaki fark $p \leq 0.01$ göre önemli bulunmuştur. Kıbrıs Karası (7.77 cm) ve No:109 (7.80 cm) istatistiksel açıdan ilk grupta, Bayrampaşa-Ildır (6.27 cm) genotipinin ise ikinci istatistik grupta yer aldığı gözlenmiştir. Bulgular incelendiğinde Bayrampaşa-İznik gölü (5.30 cm), No:110

(5.50 cm), 600-23 (5.17 cm), Sakız-2 (5.13 cm), Sakız-Bornova-1 (5.00 cm), Sakız-Bornova-2 (5.23 cm), Sakız-Ildır (5.07 cm), Sakız-Karaburun (5.17 cm), Sakız-Mordoğan-2 (5.53 cm), Yerli Mordoğan (5.50 cm) ve Sakız-Ticari (5.33 cm) çeşit ve genotiplerinin kol baş uzunluğu değerlerinin benzer olduğu ve aynı istatistik grupta yer aldıkları görülmüştür. Çeşit ve genotiplerin ortalama kol baş uzunluğu değeri 5.50 cm bulunmuştur. Talpiot (3.20 cm) tescilli çeşidi kol baş uzunluğu bakımından son sırada yer aldığı saptanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Çeşit ve genotiplerin kol baş uzunluğu, çapı ve ağırlığı

Genotip-Çeşit Adı	Kol baş uzunluk (cm)		Kol baş tablası (receptacle) kalınlığı (mm)		Kol baş ağırlık (g adet ⁻¹)	
Vural-Torbalı-1	5.33	b-f ^x	0.80	c-k	109.50	a-c
Vural-Torbalı-2	5.70	b-d	0.70	d-k	74.70	f-k
Talpiot	3.20	g	0.50	g-k	62.23	i-l
Emerald	4.37	ef	103	a-j	68.00	hl
Kıbrıs Karası	7.77	a	0.83	c-k	91.37	g
No:109	7.80	a	0.70	d-k	55.00	kl
Vural-6-1	5.93	b-d	0.80	c-k	72.57	f-l
Bayrampaşa-Orhangazi	4.90	c-f	1.27	a-h	71.60	f-l
Bayrampaşa-İznik gölü	5.30	b-f	0.67	e-k	59.27	j-l
No:110	5.50	b-f	0.37	i-k	75.77	k
Bayrampaşa-Bursa	5.97	bc	1.10	a-j	90.62	c-h
Bayrampaşa-Ildır	6.27	b	1.57	a-e	116.10	ab
600-23	5.17	b-f	0.80	c-k	69.27	g-l
Kıbrıs Erkencisi	6.13	bc	0.57	f-k	61.52	j-l
Vural-6-2	5.87	b-d	1.07	a-j	74.10	f-k
Vural-8	4.27	f	0.40	h-k	56.93	j-l
Sakız-1	5.60	b-e	1.23	a-i	88.53	c-h
Sakız-2	5.13	b-f	1.50	a-f	78.97	e-j
Sakız-Bornova-1	5.00	b-f	0.70	d-k	58.23	j-l
Sakız-Bornova-2	5.23	b-f	1.50	a-e	84.52	d-i
Sakız-Karaburun	5.17	b-f	0.93	b-j	53.72	kl
Sakız-Ildır	5.07	b-f	1.57	a-d	88.75	c-h
Yerli-1	4.63	d-f	0.27	jk	50.22	l
Yerli-2	5.40	b-f	1.80	ab	103.08	b-d
Sakız-Mordoğan-1	6.10	bc	1.73	ab	108.10	a-c
Sakız-Mordoğan-2	5.53	b-f	1.60	a-c	100.52	b-e
Yerli-Mordoğan	5.50	b-f	1.77	ab	92.75	c-f
Opal-F1 (Nunhems)	6.17	bc	1.90	a	98.57	b-e
Sakız-Ticari	5.33	b-f	0.20	k	117.08	ab
Mode de Culture	5.67	b-d	1.33	a-g	126.47	a
Ortalama	5.50	**	1.03	**	81.93	**

x: Duncan'ın çoklu sınıflandırma testi, ** p= 0.01'e göre önemli. * p= 0.05'e göre önemli. öd: önemli değil

3.1.7. Kol baş tablası (recatable) kalınlığı

Çalışmada yer alan çeşit ve genotiplerin kol baş tablası (recatable) kalınlığı (mm) bakımından aralarındaki fark $p \leq 0.01$ göre önemli bulunmuştur. Opal F1 tescilli çeşidinin kol baş tablası çapının 1.90 mm kalınlığa sahip olduğu ve ilk istatistiki grupta yer aldığı, Yerli-2 (1.80 mm) ve Sakız Mordoğan-1 (1.73 mm) genotiplerinin ise ikinci istatistiki grubu oluşturduğu gözlenmiştir. Talpiot (0.50 mm) ve Vural-8 (0.40 mm) çeşit ve genotiplerinin diğer çeşitlere nazaran kol baş tablası (recatable) kalınlık değerlerinin düşük olduğu ve en düşük değerlerin Sakız Ticari (0.20 mm) genotipinde bulunduğu tespit edilmiştir. Diğer çeşit ve genotipler geçiş gruplarında yer almıştır (Tablo 4).

3.1.8. Kol baş ağırlığı

Kol baş ağırlığı ölçümü yapılırken deneme deseninde yer alan tüm çeşit ve genotiplerin verimde olan kol baş adetleri ayrı ayrı tespit edilerek hasat edilmiş ve hassas terazi yardımı ile ölçülen kol başların ağırlığı, verimde olan kol baş adedine bölünerek g adet⁻¹ cinsinden kol baş ağırlıkları belirlenmiştir. Kol baş ağırlıkları, ana baş ağırlıklarına benzer şekilde ölçülmüş ve aralarındaki fark ($p \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Mode de Culture çeşidinin ortalama 126.47 g adet⁻¹ kol baş ağırlığı bulunduğu ve en ağır yan başlara sahip olduğu gözlenmiştir. İkinci istatistiki grupta yer alan Sakız-Ticari çeşidi ise 117.08,10 g adet⁻¹ ağırlığındadır. No 109 (55.00 g adet⁻¹) çeşidi ve Sakız- Karaburun (53.72 g adet⁻¹)

genotipinin kol baş ağırlığı değerleri diğer çeşit ve genotipler ile kıyaslandığında daha düşüktür. Tablo 4’de kol baş ağırlığı gösterilen çeşit ve genotiplerden Yerli-1 genotipinin 50.22 g adet⁻¹ ağırlık ile en hafif kol başlara sahip olduğu ve son istatistiki grupta yer aldığı görülmüştür. Çalışma bulguları incelendiğinde çeşit ve genotiplerin ana baş çapı, ana baş ağırlığı, kol baş ağırlığı, kol baş uzunluğu ve kol baş tablası kalınlığı değerleri bakımından arasındaki fark önemli bulunmuştur. Bu kriterlerin genetik çeşitliliği belirlemede önemli kriterler olabileceği değerlendirilmiştir. Benzer şekilde Alicandri ve ark. (2023) bu kriterlerin genetik ıslah materyali belirlemede kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmada çeşit ve genotiplerin ana baş oluşum zamanları açısından aralarındaki farklar da incelenmiş ve tescilli enginar çeşitlerinden olan Opal F1, Emerald ve Talpiot çeşitlerinin daha geçici çeşitler olduğu saptanmıştır. Ayrıca Vural-Torbalı-1, Vural-Torbalı-2, Vural-6-2, 600-23, No:110, Mode de Culture, Sakız-Ticari, Sakız-1, Sakız-2, Sakız-Bornova-2, Sakız-Karaburun ve Sakız-Mordoğan-1 çeşit ve genotiplerinin erkenci olduğu, farklı lokasyonlardan alınan Bayrampaşa genotiplerinin ise genellikle orta grupta yer aldığı görülmüştür. Mevcut çalışma bulguları Eser ve ark. (2004) ile kıyaslandığında sonuçların benzer olduğu anlaşılmıştır. Çeşit ve genotiplerin baş uzunluğuna ait önceki çalışma bulguları incelendiğinde; Eser ve ark. (2004) Yerli ve Sakız genotipli enginarların Bayrampaşa genotipine nazaran daha uzun baş oluşturduğunu tespit ettikleri görülmüştür. Türkmen ve ark. (2021) ana başın uzunluğunu Sakız genotipinde 130.5 mm, Kıbrıs Erkenci genotipinde 116.5 mm, Hasanağa genotipinde 91 mm, Bursa yeşili genotipinde 120.5 mm, *C. cornigera* genotipinde 41.5 mm; Bianco (2011) ise F1A3 hibritinde 90 mm ve Opal çeşidinde 105 mm bulmuştur. Ana başın çapını ise Türkmen ve ark. (2021) Sakız 129 mm, Kıbrıs erkenci 92.5 mm, Hasanağa 121mm, Bursa yeşili 109 mm ve *C. cornigera* 49.5 mm; Bianco (2011) F1A3 hibritinde 88 mm, F1 A7’de 89 mm ve F1SPA2’de 97.5 mm ve Opal çeşidinde 88 mm bulmuştur. Bu sonuçlar çalışmamız ile benzer niteliktedir. Çalışma

sonucunda çeşit ve genotipler içerisinde ana baş ağırlık değeri en yüksek çeşidin Opal F1 çeşidi olduğu, Bayrampaşa-Ildır ve Yerli-2 genotiplerinin ana baş ağırlığının diğer çeşit ve genotiplerden fazla olduğu, Vural- 6-2 genotipinin ise en düşük ana baş ağırlığı değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Eser ve ark. (2004) ve Türkmen ve ark. (2021) ise Bayrampaşa genotipindeki enginarların Yerli ve Sakız genotipli enginarlardan, Sakız genotipli enginarların Kıbrıs Erkenci ve Kıbrıs geçici enginarlardan daha yüksek ana baş ağırlığına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bildirilen bulgular ile mevcut çalışma bulguları arasındaki farklılığın genetik ve iklimsel faktörlerden kaynaklandığı söylenilebilir. Bunun yanı sıra plantasyon yaşının da ana baş ağırlığı bulgularını etkilediği bilinmektedir (Ciancolini ve ark., 2012). Eser ve ark. (2004) genelde Bayrampaşa enginarlarında tabla genişliğinin, Sakız genotipli enginarlara nazaran daha büyük olduğunu bildirmiştir. Bu çalışma bulguları ile eldeki çalışma bulgularının benzer olduğu görülmüştür. Önceki çalışmada inceleme konusu edilmeyen Talpiot tescilli çeşidinin ana baş tablası genişliğinin ise Bayrampaşa, Yerli ve Sakız genotiplerinden daha fazla olması dikkat çekici bulunmuştur.

3.2. Çeşit ve genotiplerin verim değerleri

Çalışmada kullanılan enginar çeşit ve genotiplerinden elde edilen ana baş verim değerlerine ilişkin veriler Tablo 5’de verilmiştir. Çalışmada yer alan çeşit ve genotiplerden elde edilen ana baş (adet parsel⁻¹) verim değeri bakımından çeşitler-genotipler arasındaki fark $p \leq 0.05$ güvenle önemli bulunmuştur. Çalışmada yer alan deneme parsellerinden elde edilen ana baş adeti bakımından en yüksek değer Bayrampaşa-Ildır genotipinden (19.67 adet parsel⁻¹) alınmıştır. Parsel başına belirlenen ana baş adeti bakımından Sakız-1 genotipi de 18.67 adet ana baş değeri ile ikinci istatistiki grupta yer almıştır. Parsel ana baş adet verim değeri bakımından bu 2 genotipi de Sakız Bornova-1 (17.67 adet) izlerken bu genotipleri 6.67- 16.67 adet parsel⁻¹ verim değerleri ile diğer çeşit ve genotipler izlemişlerdir. Parsel ana baş adet

verim değeri bakımından yapılan genel değerlendirmede çoğu genotipin Bayrampaşa-Ildır ve Sakız-1 başta olmak üzere Opal, Sakız, Mode de Culture, 600-23 ve 109 gibi ticari çeşitler üzerinde verim değeri göstermesi dikkat çekici bulunmuştur (Tablo 5). Parsel verim değerlerinden yararlanılarak belirlenen bitki başına ana baş verim değeri (adet bitki⁻¹) bakımından da yine çeşitler-genotipler arasındaki fark $p \leq 0.05$ güvenle önemli bulunmuştur. Bitki başına belirlenen ana baş sayısı bakımından ise Opal F1 7.17 adet bitki⁻¹ değeri ile en yüksek verim değeri göstermiştir. Adı geçen verim değeri bakımından Opal çeşidini sırası ile 600-23 çeşidi ve Vural-Torbalı-2 genotipi sırası ile 5.88 adet bitki⁻¹ ve 5.71 adet bitki⁻¹ verim değerleri ile izlemişlerdir. Bitki başına belirlenen adet ana baş verim değeri bakımından Emerald çeşidi, Bayrampaşa-Orhangazi genotipi, Sakız-Bornova-2 genotipi ve Yerli-2 genotipi ile Mode de Culture çeşidi aynı istatistiki grupta yer alan değerler (2.98-3.81 adet bitki⁻¹) göstermişlerdir (Tablo 5). Bitki başına belirlenen adet verim değerlerinden yararlanılarak belirlenen dekar adet ana baş verim değeri (adet dekar⁻¹) bakımından da yine çeşitler-genotipler arasındaki fark $p \leq 0.01$ güvenle önemli bulunmuştur. Dekar başına belirlenen ana baş sayısı bakımından da bitki başına elde edilen ana baş verim değerlerine benzer bulgular elde edilmiştir. Dekardan en yüksek adet ana baş verim değeri 7166 adet dekar⁻¹ verim değeri ile yine Opal F1 çeşidinden elde edilmiştir. Dekara belirlenen adet ana baş verim değeri bakımından Opal F1 çeşidini yine 5875 ve 5708 adet dekar⁻¹ ana baş verim değeri bakımından sırası ile 600-23 çeşidi ve Vural-Torbalı-2 genotipi izlemişlerdir. Dekara belirlenen ana baş adet verim değeri bakımından bitki başına verim değerinde olduğu gibi yine Emerald çeşidi, Bayrampaşa-Orhangazi genotipi, Sakız-Bornova-2 genotipi ve Yerli-2 genotipi ile Mode de Culture çeşidi aynı istatistiki grupta yer alan değerler (2980-

3809 adet dekar⁻¹) göstermişlerdir (Tablo 5). Ortalama baş ağırlık değerlerinden ve dekardan elde edilen adet ana baş verim değerlerinden yararlanılarak belirlenen dekara toplam ana baş verim değeri (kg da⁻¹) bakımından da yine çeşitler-genotipler arasındaki fark $p \leq 0.01$ güvenle önemli bulunmuştur. Dekar başına belirlenen ana baş ağırlık değeri bakımından da yine en yüksek ana baş ağırlık değeri 1260 kg da⁻¹ verim değeri ile yine Opal F1 çeşidinde belirlenmiştir. Dekara belirlenen ağırlık olarak det ana baş verim değeri bakımından Opal F1 çeşidini yine 5875 adet dekar⁻¹ ve 5708 adet dekar⁻¹ ana baş verim değeri bakımından sırası ile 600-23 çeşidi ve Vural-Torbalı-2 genotipi izlemişlerdir. Dekara ağırlık olarak belirlenen ana baş verim değeri bakımından 600-23 çeşidi 1020 kg da⁻¹ verim değeri ve Vural-Torbalı-2 genotipi 1007 kg da⁻¹ değeri ile ikinci istatistiki grubu oluşturmuşlardır. Ağırlık olarak belirlenen dekar ana baş verim değeri bakımından çoğu çeşit ve genotip 356-880 kg da⁻¹ verim değeri ile aynı grupta yer almışlardır. Yerli-1 ve Vural 8 genotipi ile Sakız Ticari ve No 110 çeşidi ise en düşük dekar baş verim değeri ile dikkat çekmişlerdir (Tablo 5). Enginar çeşit ve genotiplerinde belirlenen ana baş verim özelliklerinin genel değerlendirmesi yapıldığında özellikle bitki başına ve dekara belirlenen ana baş adet değerleri bakımından Opal F1 çeşidi öncelikli olmak üzere Emerald ve Mode de Culture çeşitleri ön plana çıkmıştır. Nitekim Duman ve Nas (2020) tohumdan üretimi yapılan Emerald çeşidinde 5 yıllık üretim boyunca ana baş değerleri bakımından 21.666 – 3.600 (adet da⁻¹) arasından değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu bulgular çalışmadan elde edilen bulgular ile paralellik göstermiştir. Ancak Vural-Torbalı-2, Bayrampaşa-Orhangazi genotipi, Sakız-Bornova-2 genotipi ve Yerli-2 genotiplerinin de ikinci istatistiki grupta yer alan ana baş verim değerleri (adet bitki⁻¹, adet da⁻¹ ve kg da⁻¹) gösterdikleri saptanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Enginar çeşit ve genotiplerinin ana baş verim özellikleri.

Genotip ve Çeşit	Toplam Ana Baş (adet parsel ⁻¹)		Toplam Ana Baş Adet (adet bitki ⁻¹)		Toplam Ana Baş Adet (adet dekar ⁻¹)		Toplam Ana Baş (kg dekar ⁻¹)	
Vural-Torbalı-1	16.67	a-d	1.85	bc	1851.85	bc	331.19	bc
Vural-Torbalı-2	14.33	a-d	5.71	ab	5708.33	ab	1007.38	ab
Talpiot	3.33	b-d	2.22	bc	2222.22	bc	378.33	a-c
Emerald(TAT Tohum)	13.33	a-d	3.81	a-c	3809.52	a-c	735.79	a-c
Kıbrıs Karası	8.00	a-d	2.07	bc	2069.44	bc	369.49	a-c
No:109	6.67	a-d	2.19	bc	2194.44	bc	539.17	a-c
Vural-6-1	16.67	a-d	2.68	bc	2679.89	bc	497.91	a-c
Bayrampaşa-Orhangazi	16.00	a-d	3.33	a-c	3333.33	a-c	853.10	a-c
Bayrampaşa-İznik gölü	13.00	a-d	2.43	bc	2425.93	bc	591.86	a-c
No:110	2.00	b-d	0.50	c	500.00	c	84.75	c
Bayrampaşa-Bursa	10.00	a-d	1.59	bc	1587.30	bc	304.54	bc
Bayrampaşa-Ildır	19.67	a	2.41	bc	2410.19	bc	567.19	a-c
600-23	9.67	a-d	5.88	ab	5875.00	ab	1020.00	ab
Kıbrıs Erkencisi	1.67	a-d	1.71	bc	1708.33	bc	356.67	a-c
Vural-6-2	11.00	a-d	2.40	bc	2396.83	bc	425.87	a-c
Vural-8	0.33	d	0.17	c	166.67	c	25.83	c
Sakız-1	18.67	ab	2.68	bc	2680.56	bc	619.79	a-c
Sakız-2	10.00	a-d	1.41	bc	1407.41	bc	314.91	bc
Sakız-Bornova-1	17.67	a-c	2.53	bc	2525.00	bc	602.02	a-c
Sakız-Bornova-2	12.00	a-d	3.26	a-c	3258.33	a-c	619.96	a-c
Sakız-Karaburun	12.33	a-d	1.63	bc	1625.00	bc	184.08	bc
Sakız-Ildır	13.00	a-d	1.60	bc	1603.17	bc	363.74	a-c
Yerli-1	1.33	cd	0.33	c	333.33	c	58.75	c
Yerli-2	15.67	a-d	2.98	a-c	2980.95	a-c	754.90	a-c
Sakız-Mordoğan-1	14.00	a-d	2.71	bc	2714.29	bc	641.43	a-c
Sakız-Mordoğan-2	14.33	a-d	2.22	bc	2217.59	bc	509.91	a-c
Yerli-Mordoğan	13.67	a-d	1.87	bc	1865.74	bc	384.26	c
Opal-F1 (Nunhems)	11.67	a-d	7.17	a	7166.67	a	1260.56	a
Sakız-Ticari	0.30	d	0.32	c	220.15	c	120.20	c
Mode de Culture	10.00	a-d	3.33	a-c	3333.33	a-c	880.00	a-c
Ortalama	11.29	*	2.49	*	2488.36	**	509.45	**

x: duncan'ın çoklu sınıflandırma testi, ** p= 0.01'e göre önemli. * p= 0.05'e göre önemli. öd: önemli değil

Çalışmada kullanılan enginar çeşit ve genotiplerinden elde edilen kol baş verim değerlerine ilişkin veriler ise Tablo 6'da verilmiştir. Kol baş verim değerleri arasındaki fark parseldeki adet değerleri açısından $p \leq 0.01$ güvenle önemli bulunmuştur. Toplam adet parsel⁻¹ verileri incelendiğinde kol baş verimi en yüksek çeşit 600-23 çeşididir. Bitki ve dekara göre belirlenen verim değerleri açısından ise yine 600-23 çeşidi ön plana çıkmakta, bu çeşidi No:109 ticari çeşidi

izlemektedir. Kol baş verim değerleri dekar ve bitki bazında $p \leq 0.01$ göre güvenle önemli bulunmuştur. Verim değerleri açısından çeşit ve genotipler arasında istatistiki anlamda önemli ve büyük farklılığın bulunması aslında beklenen bir sonuçtur. Çünkü farklı üretim bölgelerinden toplanan genotiplerin ve çeşit adaylarının gerek yetiştirme yöntemi ve bakım işlemleri (bitki besleme) gerekse iklim faktörlerinden kaynaklı verim farklılığının ortaya çıkma olasılığı mevcuttur (Vural ve

ark., 2000). Nitekim Keskin ve Namal (2019) Bayrampaşa, Sakız, erkenci Kıbrıs ve geçici Kıbrıs çeşitleri ile yapılan çalışmada enginar yetiştiriciliği için birim alan verimi üzerinde Humik asit ve çiftlik gübresi uygulamalarının önemli oranda etkili olduğunu; Ierna ve ark. (2004) ise küre enginarında nitrojen gübrelemesinin verim tepkisini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Çünkü enginar yetiştiriciliği çok yıllık (4-5 yıl) yapıldığından bitki besin elementi ihtiyacının her yıl düzenli yapılması

gerekmektedir (Sönmez ve Çıtak, 2013). Enginar verim değerlerinin belirlenmesinde sofralık ya da konservelik değerlendirme, tabla değerlendirme ya da kalp enginarı olarak değerlendirme yanında ana baş ve kol baş verim değerlerinin de ayrı ele alınması, ocakta bırakılacak bitki sayısına göre baş ya da kol enginar verim değerinin değişim göstereceği de göz ardı edilmemelidir (Vural ve ark., 2000; Eser ve ark., 2006).

Tablo 6. Enginar genotip ve çeşitlerinin kol baş verim özellikleri.

Genotip-Çeşit Adı	Toplam Kol baş (adet parsel ⁻¹)		Toplam Kol adet (adet bitki ⁻¹)		Toplam Kol adet (adet dekar ⁻¹)	Toplam Kol (kg dekar ⁻¹)	
Vural-Torbalı-1	26.00	c ^x	2.89	c	2888.89	b 542.96	cd
Vural-Torbalı-2	26.00	c	8.42	c	8422.62	b 1846.85	bc
Talpiot	19.33	c	7.11	c	7111.11	b 912.78	cd
Emerald	23.33	c	7.26	c	7261.9	b 990.6	cd
Kıbrıs Karası	11.00	c	2.28	c	2277.78	b 328.61	cd
No:109	60.33	ab	19.44	b	19444.44	b 3152.22	ab
Vural-6	31.00	bc	4.86	c	4855.82	b 858.68	cd
Bayrampaşa-Orhangazi	25.00	c	4.94	c	4944.44	b 754.68	cd
Bayrampaşa-İzmit gölü	21.00	c	4.49	c	4490.74	b 791.76	cd
No:110	13.33	c	3.33	c	3333.33	b 905.42	cd
Bayrampaşa-Bursa	20.67	c	3.26	c	3257.94	b 365.62	cd
Bayrampaşa-Ildır	28.00	c	3.47	c	3469.44	b 640.23	cd
600-23	63.00	a	29.17	a	29166.67	a 3395	a
Kıbrıs Erkenci	23.67	c	2.96	c	2958.33	b 376.25	cd
Vural-6	17.67	c	3.60	c	3603.17	b 412.62	cd
Vural-8	15.65	c	3.10	c	3450.15	b 60.30	d
Sakız-1	27.67	c	3.81	c	3805.56	b 567.92	cd
Sakız-2	15.67	c	2.33	c	2333.33	b 342.41	cd
Sakız-Bornova-1	23.00	c	3.26	c	3259.52	b 418.39	cd
Sakız-Bornova-2	18.67	c	4.99	c	4991.67	b 970.21	cd
Sakız-Karaburun	12.33	c	1.61	c	1607.14	b 267.05	cd
Sakız-Ildır	21.00	c	2.66	c	2661.38	b 424.87	cd
Yerli-1	2.67	c	0.67	c	666.67	b 65.83	d
Yerli-2	18.00	c	3.52	c	3517.46	b 563.67	cd
Sakız-Mordoğan-1	17.67	c	3.41	c	3412.7	b 672.08	cd
Sakız-Mordoğan-2	21.33	c	3.44	c	3444.44	b 607.08	cd
Yerli-Mordoğan	21.33	c	2.75	c	2750	b 459.24	cd
Opal-F1 (Nunhems)	16.33	c	9.89	bc	9888.89	^a 1571.67 ^b	cd
Sakız-Ticari	14.20	c	2.15	c	2405.20	b 62.45	d
Mode de Culture	34.00	a-c	11.33	bc	11333.33	^a 1696.11 ^b	bd
Ortalama	21.97	*	5.37	*	5371.96	* 830.03	*

x: Duncan'ın çoklu sınıflandırma testi, ** p= 0.01'e göre önemli. * p= 0.05'e göre önemli. öd: önemli değil

Önceki çalışma bulguları verim değerlendirmelerinde, mevcut çalışmada kullanılan genetik farklılığın yanı sıra su faktörünün ve ekolojik koşulların da etkili

olduğunu göstermiştir. Nitekim enginar Türkiye'de bahar mevsiminde Nisan ve Mayıs aylarında, sonbahar mevsiminde ise Ağustos ve Eylül aylarında yapıldığında, yüksek

bölgelerde de Mayıs ayında yapıldığında daha fazla verim göstermektedir. (Keskin ve Namal, 2019; Korkmaz, 2021). Yılmaz (2015), enginar veriminde su faktörünün de büyük oranda etkili olduğunu bildirmiştir. Eser ve ark. (2004), farklı lokasyonlardan edindikleri Bayrampaşa, Sakız ve Yerli tip enginarlarda verim değerleri bakımından en az varyasyonun Bayrampaşa enginarlarında görüldüğünü bildirmişlerdir. Toplam verim değerleri bakımından ise Bayrampaşa enginarının ilk sırada, Yerli tip enginarın ikinci sırada bulunduğunu Sakız tipi enginarın verim ortalamalarının ise en düşük değere sahip olduğunu saptamışlardır. Mevcut çalışma bulguları incelediğinde ise Opal F1, 600-23 ve Mode de Culture tescilli çeşitlerinin verim değerleri, Bayrampaşa tipi enginar genotipleri olan; Bayrampaşa Ildır, Bayrampaşa-İznik Gölü ve Bayrampaşa-Orhangazi genotiplerinden daha fazla bulunmuştur. İslah çalışmaları ile elde edilen tescilli çeşitlerin verim özelliklerinin daha nitelikli olması çeşit geliştirme çalışmalarının önemini göstermiştir.

4.Sonuç

Çalışma sonucunda ana baş oluşumunun Emerald, Talpiot, Opal F1 ve Mode de Culture tescilli çeşitlerinde Sakız, Yerli ve Bayrampaşa genotiplerine göre daha geç gerçekleştiği görülmüş ve bu çeşitlerin geççi çeşitler olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Vural Torbalı-1, Sakız-Ticari, 600-23, Sakız Mordoğan-1, Vural-6, Sakız-2, Sakız-Bornova- 2, Kıbrıs Erkencisi, Vural Torbalı-2, Sakız-Karaburun ve Sakız-1 çeşit ve genotiplerinin erkenci genotipler olduğu, Bayrampaşa ırkından seçilen genotiplerin ise orta grupta yer aldığı görülmüştür. İslah çalışmaları sonucu geliştirilen tescilli çeşitlerin geç gelişim göstermesi, erkenci verimin artırılması amaçlı yeni ıslah çalışmalarına ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Çeşit ve genotiplerin ana baş çapı değerleri kıyaslandığında aralarındaki fark önemli bulunmuştur. Ana baş çapı açısından en yüksek değere sahip olan Opal F1 tescilli çeşidi olmuştur. Talpiot, Mode de Culture ve Sakız-Ticari gibi hibrit enginar çeşitlerinde ana baş çapı değerlerinin diğer genotip ve çeşitlerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Ana baş tabla çapı açısından Bayrampaşa ırkı genotiplerin Sakız ve Yerli ırktaki genotiplere nazaran daha iri tablaya sahip olduğu, bu sebeple konservelik için uygun olduğu bilinmektedir. Çalışma sonucunda da Bayrampaşa ırkından seçilen Bayrampaşa-Bursa, Bayrampaşa -Ildır, Bayrampaşa-Orhangazi ve Bayrampaşa -İznik genotipli enginarların Sakız ve Yerli ırktan seçilen genotiplere nazaran daha iri ana baş tablası çapına sahip olduğu görülmüştür. Ancak Talpiot ve 600-23 çeşitlerinin Bayrampaşa ırkı genotiplerden de iri tabla çapına sahip olduğu ve konservelik için çok daha uygun oldukları değerlendirilmiştir. Sakız ırkından seçilen genotiplerin (Sakız Mordoğan-2 hariç), Bayrampaşa ırkından seçilen genotipler ile Talpiot ve 600-23 çeşitlerine nazaran daha küçük tabla çapına sahip olduğu gözlenmiştir. Sakız ırkına ait genotiplerin sofralık için uygun olduğu ancak tabla çapı küçük olduğundan konservelik olarak kullanılmasının faydalı olmayacağı değerlendirilmiştir. Kol baş tablası kalınlığı açısından ise Opal F1 çeşidi ön plana çıkarken Sakız- Ticari çeşidi son sırada yer almıştır. Verim değerleri, ana baş ve kol başlarda ayrı ayrı incelenmiştir. Bitki başına ve dekara göre belirlenen ana baş adet değerleri bakımından Opal F1 çeşidi öncelikli olmak üzere Emerald ve Mode de Culture çeşitleri ön plana çıkmıştır. Vural-Torbalı-2, Bayrampaşa-Orhangazi genotipi, Sakız-Bornova-2 genotipi ve Yerli-2 genotiplerinin de ana baş verim değerlerinin (adet bitki⁻¹, adet da⁻¹ ve kg da⁻¹) yüksek olduğu görülmüştür. Parsel ana baş adet verim değeri bakımından Bayrampaşa-Ildır ve Sakız-1 genotipleri en yüksek verim değerine sahip olmuş, Opal, Sakız, Mode de Culture, 600-23 ve 109 gibi ticari çeşitler ise diğer çeşit ve genotiplerden daha az verim değeri göstermiştir. Kol baş verimi değerleri bakımından 600-23 çeşidinin (adet parsel⁻¹, adet bitki⁻¹, adet da⁻¹ ve kg da⁻¹) tüm belirlemelerde en yüksek verim değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 600-23 çeşidinden sonra parsel ve kg dekar⁻¹ bakımından No:109, dekar bakımından ise Mode de Culture ve Opal F1 çeşitlerinin kol baş veriminin yüksek olduğu görülmüştür. Kol baş tablası kalınlığı ve kol baş verim değerleri

birlikte değerlendirildiğinde 600-23 ve No: 109 çeşitlerinin verimi yüksek baby enginar yetiştirilmesi için uygun çeşitler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ana baş çapı değerleri ile ana baş ve kol baş tablası kalınlığına bakılarak çalışmada kullanılan çeşit ve genotipler üzerine bir değerlendirme yapıldığında ise Yerli 1 genotipinin baby enginar için en uygun genotip olduğu görülmüştür. Ana baş ve kol baş verimi açısından genel bir değerlendirme yapıldığında tescilli çeşitlerin verim değerlerinin genotiplere göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum üretici, tüketici ve sanayici beklentilerini karşılayacak enginar üretimi için ıslah çalışmalarının ve yeni hibrit enginar çeşidi geliştirmenin ne denli önemli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle çeşit ve genotiplerde kaliteli ve verimli çeşitlerin oluşturulması için melezleme ve ıslah çalışmaları yapılması gerekmektedir. Çalışma bulguları yeni çeşit geliştirmek için temsilcilerin seçilmesinin yanı sıra gelecekteki enginar yetiştirme çabaları için uygun materyalin tanımlanmasını sağlayacaktır. Mevcut çalışmada sadece bir yıllık dönemde alınan veriler değerlendirilmiştir. İnceleme dönemi süresi uzadığında bulgular ve sonuçların değişebileceği de unutulmamalıdır. Bu nedenle aynı kriterlerin daha uzun süre incelendiği çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Alicandri, E., Paolacci, A.R., Catarcione, G., Del Lungo, A., Iaconi, V., Pati, F., Mugnoza, G.S., Ciaffi, M., 2023. Morphological, molecular, and nutritional

characterisation of the globe artichoke landrace "Carciofo Ortano". *Plants*, 12(9): 1844.

Bayraktar, K., 1981. Sebze Yetiştirme, Cilt 3, Kültür Sebzeleri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:169, İzmir.

Bianco, V.V., 2011. The artichoke: a travelling companion in the social life, traditions and culture. *Acta Horticulturae* 942:25–40.

Anonim, 2022. Bornova Tarihi ve Coğrafi Yapısı www.bornova.gov.tr. (Erişim Tarihi: 11.12.2022).

Ciancolini, A., Rey, N.A., Pagnotta, M.A., Crino, P., 2012. Characterization of Italian spring globe artichoke germplasm: morphological and molecular profiles. *Euphytica* 186(2):433-443.

Duman, İ., Nas, Y., 2020. Tohumdan konservelik enginar (*Cynara scolymus* L.) üretiminde verim ve kalite özelliklerindeki değişimin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1-7.

Eser, B., İlbi, H., Düzyaman, E., 2004. Bazı yerel enginar çeşitlerinde genetik yapı farklılıklarının belirlenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, 39s.

Eser, B., İlbi, H., Uğur, A., 2006. Enginar Yetiştiriciliği, Hasad Yayıncılık, İstanbul, ISBN:975- 8377-45-5, 64s.

Ierna, A., Mauromicale, G., Licandro, P., 2004. Yield and harvest time of globe artichoke in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. In *International Symposium Towards Ecologically Sound Fertilisation Strategies for Field Vegetable Production 700* (pp. 115-120).

Korkmaz, C., 2021. Konya ekolojik koşullarında enginarın (*Cynara scolymus* L.) verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Keskin, L., Namal, H., 2019. Bazı enginar çeşitlerinde farklı uygulamaların verim ve verim unsurları üzerine etkileri. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 9(1): 8-13.
- Sönmez, S., Çıtak, S., 2013. Bitki Beslemenin Temel Unsurları, Hasat Yayıncılık ve Reklamcılık Tarım San. Ltd. Şti, İstanbul, 176s.
- Türkmen, Ö., Keskin, L., Yüceol, F., Çınar, O., Çınarı N., Hacıküçük, A., Paksoy, M., Göktürk, R.S., 2021. Türkiye ve KKTC'deki Enginar (*Cynara spp*) Genotiplerinin Toplanması ve Morfolojik Karakterizasyonlarının Belirlenmesi. TAGEM/17/A07/P09/005, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya, 53s.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 440s.
- Yanmaz, R., 2004. Sebzelerde çeşit geliştirme ile ilgili vizyonların oluşturulması. Tohum Teknolojisi Kursu, Menemen-İzmir.
- Yılmaz, A., 2015. Sera koşullarında yetiştirilen iki farklı enginar çeşidinde (*Cynara Scolymus L.* cv. Bayrampaşa ve Starline F1) su-verim ilişkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Atf Şekli

Yavaşlar, T., Duman, İ., 2024. Farklı Enginar (*Cynara scolymus L.*) Çeşit ve Genotiplerinin Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(3): 766-779.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12794365>.

To Cite

Yavaşlar, T., Duman, İ., 2024. Determination of Yield Characteristics of Different Artichoke (*Cynara scolymus L.*) Varieties and Genotypes. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 766-779.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12794365>.



Molecular Genetic Diversity of 12 *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* Genotypes: EST-SSR Marker Analyses

Uğur TAN^{1*}, Olcay ARABACI¹

¹ Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın

*Corresponding author: ugur.tan@adu.edu.tr

Abstract

Conducting a genetic diversity study on *Origanum vulgare* using genetic markers is important to investigate the genetic variability and evaluation of the population structure of the species. Genetic diversity of *Origanum vulgare* has been determined with various genetic markers among different subspecies. Studies on the genetic diversity of its one of the most well known and widely grown subspecies, *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, have revealed high intraspecific genetic variability among different individuals within the species. In *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, employment of a molecular marker, Expressed Sequence Tagged – Simple Sequence Repeat (EST-SSR), allow the identification of distinct genetic profiles that can assist in cultivar identification and the comprehension of the genetic relationships within species. The primary aim of this study was to investigate the genetic diversity and population structure of 12 *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Istanbul oregano) genotypes using nine EST-SSR markers. These EST-SSR markers (OR09, OR10, OR12, OR13, OR14, OR27, OR32, OR40 and OR44) were resulted total nine different alleles within all populations. OR9 primer have shown one unique alleles, reflecting genetic distinctiveness within the population. A total number of three clusters were determined in dendrogram analysis (Neighbor Joining). The *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* individuals investigated in this study exhibited low genetic diversity, with low to medium genetic variation both within and among the five populations (A, B, C, D and E). This limited diversity is might be due to the isolation within and between populations and also small population size. Despite this, certain EST-SSR markers, specifically OR13 and OR40, have proven to be valuable markers for assessing genetic diversity. These markers can play a crucial role in further breeding programs for identifying new varieties within *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* populations.

Research Article

Article History

Received :27.04.2024
Accepted :30.05.2024

Keywords

EST-SSR
genetic diversity
marker
genotypes

1. Introduction

Conducting a genetic diversity study on *Origanum vulgare* using genetic markers is important to investigate the genetic variability and population structure of this plant species. By employing EST-SSR markers to identify distinct genetic profiles that can assist in cultivar identification, and comprehend the genetic relationships among different subspecies or populations of *Origanum vulgare* (Mechergui et al., 2017; Alekseeva et al., 2023).

Origanum vulgare subsp. *hirtum*, a subspecies of *Origanum vulgare* L., belonging to the one of the most important medicinal and aromatic plant family, Lamiaceae is renowned for its uses in both culinary and medicinal applications. This subspecies exhibits significant morphological and intraspecific variability, distinguishing it from other subspecies of *Origanum vulgare*. The highly qualified and rich essential oil composition *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* makes it an attractive oregano species to be studied for medicinal and industrial uses (Koukoulitsa et al., 2006; Martino et al., 2009; Kocabaş Oğuz, 2021).

Genetic diversity of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* can be determined with molecular markers among subspecies (Mertzanidis et al., 2022). Studies on the genetic diversity of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* have revealed high intraspecific genetic variability among different subspecies. This highlights the complexity and diversity within the genetic structure of the plant (Alekseeva et al., 2021).

Various markers such as AFLP, RAPD, ISSR, ITS, EST-SSR, SCAR, SCoT, and TUDAMD have been employed in genetic diversity analyses of oregano species. Notably,

Ayanoglu et al. (2006) used AFLP markers to study Turkish *Origanum* specimens, revealing significant genetic diversity without a direct correlation to collection areas, suggesting environmental adaptation and mating behaviors as influencing factors. Van Looy et al. (2009) explored genetic dissimilarities in relation to flooding events, while Zaghloul et al. (2014) found 57 % genetic polymorphism in *O. syriacum* subsp. *sinaicum*. Azizi et al. (2016) observed 75 % allelic polymorphism in *O. vulgare*, and El-Demerdash et al. (2019) reported 53 % polymorphism in cultivated *O. vulgare* and wild *O. syriacum*. The dissertation introduces SRAP markers for *Origanum* species for the first time.

Understanding the complex genetic diversity of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* through EST-SSR markers can also contribute to the sustainable management and utilization of this plant species in various fields, including agriculture, medicine, and conservation. The primary aim of this study is to investigate the genetic diversity and population structure of *Origanum vulgare* Subsp. *hirtum* (Istanbul oregano) using EST-SSR markers.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material

The study material was selected from the A and B clones that were created in the previous breeding study under the TUBITAK project number 113O285, which involved the selection of high-yield and high-quality clones from five populations (A, B, C, D, and E) of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*. The initial specimens of the *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* clone populations (Arabacı et al., 2016) were collected from Ida Mountains (Kazdağları) where these species naturally and widely distributed (Yenice region) Table 1.

Table 1. Origin of Istanbul oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*) genotypes

Population	Coordinates(x, y)	Altitude (m)	Directions
A	542066, 4422267	586	South
B	545202, 4423405	599	Southeast
C	546586, 4426023	627	South
D	524032, 4394952	359	Stream bed
E	525416, 4394939	381	North

2.2. Molecular genetics study

2.2.1. DNA isolation

The modified DNA isolation method of Doyle and Doyle (1990) was used in plant samples. Fresh leaves of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* were collected from the field and their genomic DNA were isolated in August 2019. The leaf samples were placed in eppendorf tubes and the samples were treated with liquid nitrogen. Metal beads were added and leaves were crushed in a homogenizer. This procedure was followed by the addition of warm CTAB (70 °C) to the samples and followed by short vortex treatment. Samples with warm CTAB were placed into incubator for 90 minutes (min). The samples were treated

with chloroform:isoamyl alcohol (24:1) and centrifuged at 1300 rpm for 20 min. Isopropane was added to the centrifuged samples and left (+4 °C) overnight. Further, the samples were centrifuged again at 1300 rpm for 20 min, DNA was isolated, isopropane was removed and ammonium acetate was added for final precipitation. After the final cleaning, the DNA samples were stored at -20 °C in distilled water. Nanodrop tests were performed to determine the purity of genomic DNA.

2.2.2. Molecular marker analyses

In the study, nine EST-SSR markers of Novak et al. (2008) that gave amplification in *Origanum* species were used in the study (Table 2).

Table 2. EST-SSR primers and their sequence information used in the study

Primer Name	Sequence (5' to 3')	Repeat Pattern
OR09	F: TTGAAGCATTGTTGGAGGTAGATG R: TCCCAACTAGGGAGAAATGTGC	(TTTTTC)4(T)5(TTTTTTC)1
OR10	F: TTTGCTCCGACATCTTCAACC R: AGCCTGCTGTGTTTGGATCAG	(ACC)1ATC(ACC)4
OR12	F: GCCCTGCAGTGACTCCTAC R: AAAAAGGCTTCGGACTCGATC	(AG)7G(AG)3
OR13	F: GAGAGAATCCAAGCCTCCGC R: TGAAGGAGTCCGATGTTGACG	(AAC)7AGC(AAC)1
OR14	F: TGTTTGGTGGAAACCGATCC R: AGACGACGAGCTCCAATAACG	(GAT)8
OR27	F: TCAGAAACAATGAAGGCCGC R: CCGTACAGGTCAAACACCGG	(CCT)6
OR32	F: TCTTGCCAATTTATGCGTGTTT R: GAAACAAGCATCTTTTCTGAATTC	(AG)6GG(AG)2GA(AG)5GG(AG)1
OR40	F: GCCCAAGGACATCCAACCTTG R: CAACTGAACACCTCCACAATG	(GGT)4GTT(GGT)1
OR44	F: TCAAGGGTAGAGCTGCTGCAG R: GCTTTACGGAGGAAGAATGGG	(GAT)3GAA(GAT)4

Polymerase Chain Reactions (PCRs) were performed with the preparation of MasterMix (10 µl 10x Premix, 0.75 µl forward and reverse primers, 6.5 µl H₂O for each tube) and a total of 20 µl PCR was performed for each sample using 2 µl of DNA. PCR conditions were as follows; initial cycle of 95 °C – 5 mins, followed by the core cycle of 95°C – 30 seconds (s), 59 °C – 30s, 72 °C – 1 min: (34x cycle), followed by the final elongation step of at 72 °C for 5 mins. The appropriate Ta (°C) (primer melting temperature) temperatures were set for each primer according to their Tm

(°C) values. After conducting PCR reaction, specimens were run on 1.6 % agarose gel in 120 Volts and visualized under UV light.

2.3. Statistic analyses

The agarose gel images were dominantly scored to be used for assessing the genetic diversity of populations according to the presence “1” or absence “0” of each band for each EST-SSR marker. Genetic Diversity (GD) values were calculated with R program. Neighbor Joining (NJ) dendrogram was built with the allelic data related to nine EST-SSR

markers for the specimens using DARwin 6.0.8 software (Perrier and Jacquemoud, 2006). The structure of the population was evaluated with the Bayesian inference via STRUCTURE 2.3.4 software (Pritchard et al., 2000). The sub populations (SPs) (K) were tested with a range of K s from 1 to 10. Each iteration was made 10 times for each K .

3. Results and Discussion

3.1. Marker diversity

The genetic diversity among OVH (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*) individuals

were evaluated with 11 different parameters (NA, PA, UA, Ne, He, Ho, I, DP, MI, PIC, P) (Table 3). The number of alleles per marker was the highest for OR13 primer with four alleles; while OR12, OR14 and OR32 has the lowest number of alleles. Effective population size (N_e) changed between 1.0-2.06 and highest values obtained from OR13 primer. Effective population size (N_e), is a measure of allele frequency, indicating how evenly the alleles are distributed in the population. It is a useful measure for understanding allelic pattern and genetic variability within populations (Alekseeva et al., 2023).

Table 3. Genetic diversity parameters on studied 12 genotypes of *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* based on data from 9 EST-SSR markers

Primer	NA	PA	UA	Ne	He	Ho	I	DP	MI	PIC	P(%)
OR9	3	2	1	1.52	0.34	0.08	0.62	0.34	0.01	0.31	66
OR10	2	2	0	1.39	0.28	0.00	0.45	0.28	0.00	0.24	100
OR12	1	1	0	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
OR13	4	2	0	2.06	0.51	0.33	0.98	0.51	0.08	0.48	50
OR14	1	0	0	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
OR27	2	2	0	1.80	0.44	0.33	0.64	0.44	0.05	0.35	100
OR32	1	1	0	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
OR40	2	2	0	1.95	0.49	0.83	0.68	0.49	0.15	0.37	100
OR44	2	1	0	1.18	0.15	0.00	0.29	0.15	0.00	0.14	50

He: Expected Heterozygosity, PIC: Polymorphic Information Content, Ne: Effective Number of Alleles, I: Shannon Index, DP: Discriminatory Power, MI: Marker Index, Ho: Observed Heterozygosity, PA: Polymorphic Alleles (%), TA: Total Allele, PB: Polymorphic allele, UA: Unique allele

Primers such as OR13 and OR40, exhibited high PIC (Polymorphism Information Content) values and primer OR 9 shows unique allele. High PIC values indicate a primer's effectiveness in detecting polymorphisms, which is critical for assessing genetic diversity (Lemos et al., 2019).

In many cases, the observed heterozygosity (H_o) is lower than the expected heterozygosity (H_e) for most primers. This discrepancy may be attributed to factors like inbreeding or genetic drift, indicating that there are fewer heterozygous individuals than expected (Waller, 2021).

This could be due to several factors such as inbreeding. Inbreeding increases the proportion of homozygous individuals in the population because related individuals are more likely to mate and pass on the same alleles. Another reason can be genetic drift, in

small populations. A random changes in allele frequencies can lead to an increase in homozygosity and a decrease in heterozygosity (Oakley et. al. 2019; Gao and Gao, 2016).

A higher N_e value suggests more equal distribution of alleles, which reflects higher genetic diversity (Torres et. al., 2003). In our study, OR12, OR14, and OR32 EST-SSR primers exhibited the low N_e values, indicating the uneven distribution of alleles with one dominant allele. In contrast, the OR13 primer shows an even distribution of alleles, which reflects greater genetic diversity.

The lowest I (Shannon's Information Index) was determined from OR12, OR14, OR32. Highest I (0.983) were determined from OR13. This indicates high diversity and evenness, with a wide variety of alleles present in fairly equal proportions. In *Origanum vulgare*, Shannon's Information Index was employed to

evaluate genetic diversity. A study found that certain SSR markers showed higher Shannon's Index values, indicating significant genetic variation and even distribution of alleles within populations (Alekseeva et al., 2021).

Primers OR12, OR14, and OR32 showed the lowest DP values (discriminatory power), indicating they are not effective at distinguishing between genotypes due to low or no genetic variability. In contrast, the OR13 primer demonstrated the highest DP value (0.514). This primer is highly effective at distinguishing between different genotypes, indicating its utility in genetic studies. According to Azizi et al. (2009) discriminatory power (DP) was assessed in their study using genetic markers for *Origanum vulgare* and this markers demonstrated varying degrees of effectiveness in distinguishing between subspecies, with certain markers showing high DP values, thus proving their utility in genetic differentiation.

The lowest MI (Marker Index), were found at OR10, OR12, OR14, OR32, OR44. These primers have low informativeness for genetic studies. Highest MI (0.149) OR40. This indicates that OR40 is a relatively informative marker for genetic variability.

OR13 stands out across several metrics (N_e , I, DP, MI), it is highly informative, diverse, and effective at distinguishing between genotypes. OR14 consistently shows the lowest values across these metrics, indicating it has very limited utility in genetic studies due to low

variability and informativeness. OR40 also shows high values in several metrics, particularly in H_o (observed heterozygosity) and MI, making it a valuable marker for genetic diversity studies.

3.2. Dendrogram profile of *O. vulgare* subsp. *hirtum*

According to UPGMA dendrogram (Figure 1), there were found 3 clusters. Cluster 1: C425, C290, C548 and E11 form a tight cluster with a high bootstrap value of 56. This means they share a significant amount of genetic similarity. Cluster 2: D92 and D99 are grouped together (bootstrap value of 51). Cluster 3: E302, B575, and A320 form another subgroup with a bootstrap value of 44. B201 and E400 form a distinct group with a high bootstrap value of 91, distinct difference from the rest of the individuals. A210 appears to be a significant outlier, branching off early in the dendrogram with a bootstrap value of 38, it is quite genetically distinct from the other clusters.

Even if same letters (A, B, C, D and E) are same population, there are distinction within same population only C population and D population are within same group. It is worth the use more genetic markers and genotypes to determine similarity within and between populations (Figure 1.). The dissimilarity indices were calculated among individuals and resulted in a mean dissimilarity of 0.15 with values ranging from 0 to 0.38.

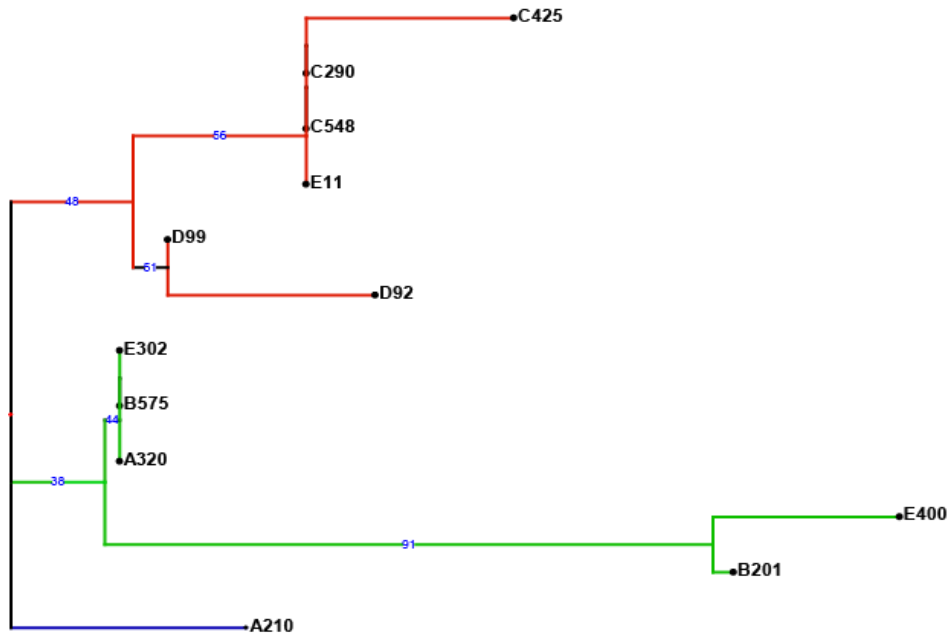


Figure 1. The UPGMA dendrogram, computed using genetic distance matrix based on EST-SSR markers

Structure analysis was performed to obtain information about the population structure of the genotypes used in the study. *K* values and Delta *K* (ΔK) values of 12 genotypes of Istanbul oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*) are given in Figure 2 and structure analysis results are given in Figure 2. The band results obtained with 9 EST-SSR primers in 12

Istanbul oregano genotypes used in the structure program to determine the population structure are given below. For all *K* values, the most probable value was accepted as the ΔK value and this value was determined as 3. It is seen that 12 genotypes of Istanbul oregano consist of 3 gene pools according to 9 EST-SSR primers.

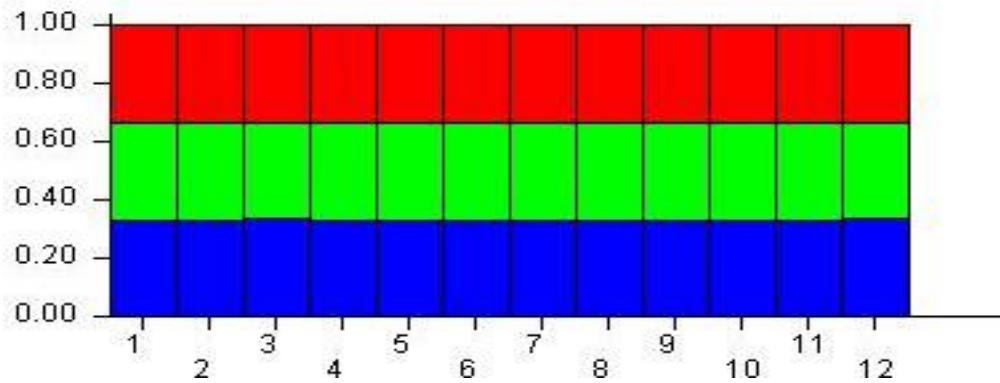


Figure 2. The structure of 12 genotypes of Istanbul oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*), *K*=3.

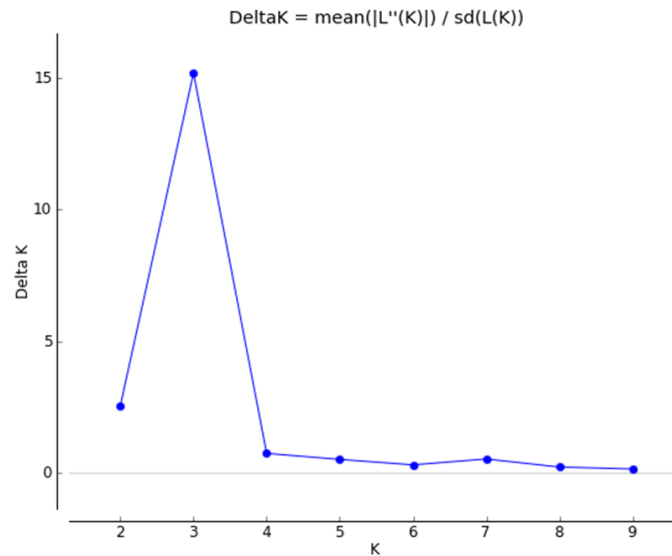


Figure 3. K values and Delta K

4. Conclusions

The *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* plants investigated in this study exhibit low genetic diversity, with low to medium genetic variation both within and between populations. This limited diversity is likely due to the isolation and small size of the populations studied. Despite this, certain EST-SSR markers, specifically OR13 and OR40, have proven to be valuable markers for assessing genetic diversity. These markers can play a crucial role in breeding programs by identifying new varieties within *Origanum vulgare hirtum* populations.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

Funding

We would like to express our gratitude to the Scientific Research Projects (ZRF-20027) and the Teaching Staff Training Program (OYP-13006) for their financial support. We also extend our thanks to ADU-TARBIYOMER for providing laboratory support.

Acknowledgments

This study was part of doctoral thesis and supported by Aydın Adnan Menderes University, Scientific Research Projects ZRF-20027 and ÖYP-13006.

References

- Alekseeva, M.V., Zagorcheva, T., Rusanova, M., Rusanov, K., Atanassov, I., 2021. Genetic and flower volatile diversity in natural populations of *origanum vulgare* subsp. *hirtum* (link) ietsw. in Bulgaria: toward the development of a core collection. *Frontiers in Plant Science*, 12:1-13.
- Alekseeva, M., Rusanova, M., Rusanov, K., Atanassov, I., 2023. A Set of Highly Polymorphic Microsatellite Markers for Genetic Diversity Studies in the Genus *Origanum*. *Plants*, 12(4): 824-832.
- Arabacı, O., Bayram, E., Tan, U., Sönmez, Ç., 2016. Determination of yield and quality properties of selected Istanbul oregano populations (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Iestwaart). *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(Özel Sayı): 422-429.

- Ayanoglu, F., Ergül, A., Arslan, M., 2006. Assessment of genetic diversity in Turkish oregano (*Origanum onites* L.) germplasm by AFLP analysis. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81: 45–50.
- Azizi, A., Ardalani, H., Honermeier, B., 2016. Statistical analysis of the associations between phenolic monoterpenes and molecular markers, AFLPs and SAMPLs in the spice plant Oregano. *Herba Polonica*, 62(2): 42-56.
- Azizi, A., Wagner, C., Honermeier, B., Friedt, W., 2009. Intraspecific diversity and relationship between subspecies of *Origanum vulgare* revealed by comparative AFLP and SAMPL marker analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 281: 151-160.
- Doyle, J.J., Doyle J.L., 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12:13–15.
- El-Demerdash, E.S.S., Elsherbeny, E.A., Salama, Y.A.M., Ahmed, M.Z., 2019. Genetic diversity analysis of some Egyptian *Origanum* and *Thymus* species using AFLP markers. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 17(1): 1-11.
- Gao, L., Gao, C., 2016. Lowered diversity and increased inbreeding depression within peripheral populations of wild rice *Oryza rufipogon*. *PLoS One*, 11(3): e0150468.
- Kocabaş Oğuz, I., 2021. Investigation of nitrate content of sage (*Salvia fruticosa* Mill) and oregano (*Origanum onites*) Plants. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1): 21–26.
- Koukoulitsa, C., Hadjipavlou-Litina, D., Demopoulos, V.J., Skaltsa, H., 2006. Inhibitory effect of polar oregano extracts on aldose reductase and soybean lipoxygenase in vitro. *Phytotherapy Research*, 20(7): 605-606.
- Lemos, S., Silveira, R., Buuron, S., Santos, R., Moro, S. 2019. Determining the Polymorphism Information Content of a Molecular Marker. *Gene*, 726: 144175.
- Martino, L. D., Feo, V. D., Formisano, C., Mignola, E., Senatore, F., 2009. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from three chemotypes of *origanum vulgare* ssp. *hirtum* (link) ietswaart growing wild in campania (Southern Italy). *Molecules*, 14(8): 2735-2746.
- Mechergui, K., Jaouadi, W., Bekele, W., Khouja, M., Friedt, W., 2017. Genetic structure and differentiation among oregano [*Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* (Desf.) Ietswaart] provenances from North Africa: bioinformatic approaches cause systematic bias. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64: 717-732.
- Mertzanidis, D., Nakas, A., Assimopoulou, A., Kokkini, S., 2022. *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietsw. from Holy Mount, Chersonisos Athos (GR1230003): An oregano or a thyme plant?. *Planta Medica*, 88(15): 330-340.
- Novak, J., Lukas, B., Bolzer, K., Grausgruber-Gröger, S., Degenhardt, J., 2008. Identification and characterization of simple sequence repeat markers from a glandular *origanum vulgare* expressed sequence tag. *Molecular Ecology Resources*, 8(3): 599-601.
- Oakley, C., Lundemo, S., Ågren, J., Schemske, D., 2019. Heterosis is common and inbreeding depression absent in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Evolutionary Biology*, 32: 592 - 603.
- Perrier, X, Jacquemoud-Collet, JP. 2006. “DARwin software: Dissimilarity analysis and representation for windows.” Website: <http://darwin.cirad.fr/darwin> [Accessed 20.03.2024].
- Pritchard, J. K., Stephens, M., & Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155(2): 945-959.

- Torres, E., Iriondo, J., Perez, C. 2003. Genetic structure of an endangered plant, *Antirrhinum microphyllum* (Scrophulariaceae): allozyme and RAPD analysis. *American Journal of Botany*, 90(1): 85-92.
- Waller, D.M., 2021. Addressing Darwin's dilemma: Can pseudo-overdominance explain persistent inbreeding depression and load? *Evolution (NY)*.
- Van Looy, K., Jacquemyn, H., Breyne, P., Honnay, O., 2009. Effects of flood events on the genetic structure of riparian populations of the grassland plant *Origanum vulgare*. *Biological conservation*, 142(4): 870-878.
- Zaghloul, M.S., Poschlod, P., Reisch, C., 2014. Genetic variation in Sinai's range-restricted plant taxa *Hypericum sinaicum* and *Origanum syriacum* subsp. *sinaicum* and its conservational implications. *Plant Ecology and Evolution*, 147(2): 187-201.

To Cite

Tan, U., Arabacı, O., 2024. Molecular Genetic Diversity of 12 *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* Genotypes: EST-SSR Marker Analyses. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 780-788.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12796491>.



Investigating the Impacts of Nitrogen Doses and Rhizobacteria on Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Yield and Quality Parameters for Sustainable Cultivation

Ali SUSAR ^{1*}, Aziz ŞATANA ²

¹ Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Kayseri

² Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Kayseri

*Corresponding author: 4014240008@erciyes.edu.tr

Abstract

Rising costs and environmental concerns associated with chemical fertilizers in modern agriculture necessitate exploring sustainable alternatives. Plant growth-promoting soil bacteria offer a promising solution. This study evaluated the impact of nitrogen-fixing rhizobacteria (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Lactococcus* spp., *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Acetobacter*, and *Azotobacter*) on the yield and quality traits of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under different nitrogen application rates, both with and without chemical nitrogen application. Our findings suggest that co-inoculation with rhizobacteria can significantly enhance sugar beet yield. Under chemical nitrogen application, the B₁ + N₃ treatment achieved the highest storage beet yield (7713 kg da⁻¹) and sugar yield (1444.00 kg da⁻¹). In the absence of chemical nitrogen application, the B₂ + N₀ treatment showed promising results (5047 kg da⁻¹ beet yield, 985.40 kg da⁻¹ sugar yield). The study demonstrates the significant potential of bacterial applications for promoting growth and improving the agronomic traits of sugar beet, offering a sustainable and organic agricultural alternative.

Research Article

Article History

Received :28.04.2024

Accepted :30.05.2024

Keywords

Bacillus subtilis

sugar beet

rhizobacteria

azospirillum

yield

sustainable agriculture

1. Introduction

Sugar beet is a product with a very high strategic importance, used in many areas of industry (Şanlı et al., 2023). Meeting the growing demand for sugar is a critical challenge in today's world. Sugar beet, accounting for 21 % of global sugar production, plays a vital role alongside sugarcane. While sugar beet production costs are generally higher, it indirectly supports livelihoods in agriculture, livestock, medicine, and service sectors. Therefore, increasing production efficiency and quality while reducing costs remains a key objective (Talebpour, 2016). The most important nutrient element affecting yield and quality parameters in sugar beet production is nitrogen (Draycott and Christenson, 2003).

Conventional chemical fertilizers and pesticides degrade soil structure, pollute the environment, and pose health risks, ultimately driving up production costs (Çakmakçı, 2005). The initial surge in production brought about by chemical inputs is now stagnating. Additionally, exploitative farming practices, water and wind erosion, nutrient depletion, and loss of organic matter further compromise soil fertility (Saber, 2001). The detrimental effects of synthetic chemicals used to boost agricultural output are no longer a secret. Researchers are actively seeking a more holistic approach. The development and use of bio-preparations, aligned with the principles of sustainable agriculture, offer a promising solution. These bio-fertilizers can significantly reduce reliance on chemicals while simultaneously enhancing production efficiency and quality, all while safeguarding the environment from pollution (İmriz, 2014). Rhizobacteria, beneficial soil bacteria, establish a symbiotic relationship with plant roots. They fix nitrogen from the air and convert other elements, like phosphorus, into forms readily available for plant uptake. Studies have shown that specific rhizobacteria, particularly *Azotobacter* and *Azospirillum*, significantly enhance yields. Application methods include seed inoculation, soil surface application, or foliar grafting (Çakmakçı,

2005). The widespread adoption of rhizobacteria in sugar beet plant presents a significant opportunity for sustainable agriculture. This approach can reduce chemical fertilizer consumption, mitigate the negative environmental impacts associated with chemical fertilizers, and ultimately lower production costs. This aligns perfectly with the growing focus on environmentally friendly agricultural practices, which utilize beneficial soil bacteria and other microorganisms to promote nutrient uptake, plant growth, and resistance to biotic and abiotic stress factors (Bozdoğan, 2019).

Motivated by this potential, this research investigates the effects of bacterial biofertilizers applied at different nitrogen doses on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality parameters. Our primary objective is to reduce reliance on chemical fertilizers in the pursuit of sustainable and healthy agricultural practices.

2. Materials and Methods

2.1. Material

The trial utilized sugar beet seeds of the Varios variety (*Beta vulgaris* L.). Bred in Denmark in 2015 using hybridization techniques, Varios exhibits tolerance to rhizomania disease. It boasts an average beet yield of 89.39 kg ha⁻¹ and an average sugar yield of 12.70 kg ha⁻¹ (Anonymous, 2022). Di-ammonium Phosphate (DAP) containing 18% N and 46% P₂O₅ was used as the base fertilizer and Urea fertilizer containing 48% N was used as the top fertilizer for nitrogen source. Four different nitrogen doses were tested in the study: N₀ (control, no nitrogen application), N₁ (5 kg da⁻¹), N₂ (10 kg da⁻¹), and N₃ (15 kg da⁻¹). Two commercially available rhizobacteria products were used as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculants in the experiment. Bactoboost (Yeditepe University Genetics and Bioengineering Department), containing *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, and *Lactococcus spp.*, will be referred to as B₁ throughout the research.

The second product, Symbion-N (Agrobrest Grup Tarım), containing *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Acetobacter*, and *Azotobacter*, will be designated as B₂. A control group receiving no bacterial inoculation will be designated as B₀.

2.2. Location of the research

The field experiment was conducted at the Agricultural Research and Application Unit (ERUTAM) located on the main campus of Erciyes University. The trial area is situated at 38.687° latitude and 35.5° longitude, with an elevation of 1092 meters above sea level (TOB, 2021).

2.3. Soil analysis

Soil samples were collected from the 0-30 cm depth of the experimental area and analyzed at the Erciyes University Faculty of Agriculture's Soil Science and Plant Nutrition Laboratory.

Samples were air-dried, sieved through a 2 mm mesh, and subjected to a series of chemical and physical analyses. Soil textural composition (sand, silt, and clay) was determined using the Bouyoucos Hydrometer method (Bouyoucos, 1951). Soil pH and calcium carbonate concentration were determined (McLean, 1982). Soil organic matter content was determined (Nelson and Sommers, 1982). Soil available phosphorus was determined by the Olsen method (Olsen et al., 1954). Analysis results revealed that the experimental area has a clayey texture, a slightly alkaline pH (7.65), and is non-saline (0.050 %). However, the soil was found to be low in organic matter (1.21 %), calcareous (1.80 %), and deficient in available phosphorus (4.25 kg da⁻¹). Additionally, the total nitrogen content was low (1.50 %). A summary of the soil analysis results is presented in Table 1.

Table 1. Soil characteristics of the trial area

Yıl	Soil depth (cm)	Lime (%)	Salt (EC:1:2.5)	Organic matter (%)	Ph (1:2.5)	Structure	N kg da ⁻¹	P2O5 kg da ⁻¹
2019	0-30	1.8	0.5	1.21	7.65	Clayey	1.5	4.25

Source: Erciyes University Faculty of Agriculture Soil Science and Nutrition Department Laboratory.

2.4. Climatic conditions

The experiment was conducted from October 2018 (including soil cultivation and preparation) to October 2019 (harvest). The average temperature during the trial period was 11.8 °C, which was 1 °C higher than the long-term average. Average relative humidity was 60.8 %, which was lower than the long-term average of 63.54 %. Similarly, total annual rainfall during the experimental period was 389.4 mm, falling short of the historical average of 416.7 mm.

2.5. Trial design

This research was carried out on sugar beet seeds planted in the ERUTAM land of Erciyes University in Kayseri. A randomized complete block design (RCBD) with three replicates was employed for the factorial treatment arrangement. The experiment investigated the effects of two main factors: Nitrogen dose (N): Four levels were included: N₀ (0 kg da⁻¹), N₁ (5 kg da⁻¹), N₂ (10 kg da⁻¹), and N₃ (15 kg da⁻¹). Bacterial combination (B): Three levels were included: B₀ (control, no inoculation), B₁

(Bactoboost), and B₂ (Symbion-N). Soil preparation and tillage practices were performed in October 2018. Sugar beet seeds (*Beta vulgaris* L., Varios variety) were hand-planted on April 25, 2019, with a row spacing of 45 cm and an in-row spacing of 20 cm. Each plot consisted of six rows, and only the four central rows were used for data collection. The outer rows served as buffers and were excluded from the analysis. The experimental area was divided into three blocks, each containing 12 plots. This resulted in a total of 36 plots. The plot size was 11.25 m², with two row spacings (approximately 90 cm) between plots. This design yielded a total experimental area of 533.5 m². Two-thirds of the planned nitrogen dose for each plot was applied as basal fertilizer (DAP) at planting on April 25, 2019. The remaining one-third was applied as topdressing with Urea fertilizer on June 15, 2019. A sprinkler irrigation system was used throughout the experiment. A total of 16 irrigation applications were performed weekly based on soil moisture content from the first week of June to the end of September. Weed

control was performed on July 15, 2019. When the plants reached the 8-10 leaf stage, B₁ (Bactoboost) and B₂ (Symbion-N) inoculants were applied once by foliar application at a rate of 300 ml da⁻¹ according to the experimental plan. Harvest was performed manually on October 24, 2019, using beet lifting hooks when the beet petioles reached physiological maturity.

2.6. Measurements of plant

Beet yield was calculated by cutting and weighing the heads of 15 beets randomly selected from the middle rows of each plot and converting the average into decares. After the beet root yield was determined separately for each parcel, the presence of refined sugar and refined sugar yield (Reinefeld et al., 1974), α -amino nitrogen content (Kubadinow and Wieninger, 1972), sodium and potassium content (Kubadinow, 1972) were determined. Technological sugar yield (t ha⁻¹) = beet yield (t ha⁻¹) x [sucrose content in roots (%) – loss of sugar productivity (%)] (Buchholz et al., 1995). Sugar beet quality analyzes were carried out on the Betalyser system, which works according to the official analysis methods recommended by the International Commission of Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA, 2003).

2.7. Statistical analysis

Measurements and analyzes of sugar beet were recorded using the SPSS package program in accordance with the random block design, and significant results were evaluated according to

the Duncan multiple comparison test. (Boston, MA, USA, <https://www.xlstat.com>) (SPSS 2013; Addinsoft, 2021).

3. Results and Discussions

3.1. Beet yield

The results for beet yield (kg da⁻¹) are presented in Table 2. Statistical analysis revealed significant effects ($p < 0.01$) for nitrogen dose (N), bacterial combination (B), and their interaction on beet yield. When nitrogen fertilizer was applied without bacterial inoculation, the highest yield (6760 kg da⁻¹) was obtained with the highest nitrogen dose (N₃). Control group and the lowest nitrogen dose (N₁) yielded the least (2487 kg da⁻¹). Among plots receiving only bacterial inoculants (no added nitrogen fertilizer), the highest beet yield (5047 kg da⁻¹) was observed with B₂ treatment. Conversely, the control group (B₀) exhibited the lowest yield (2487 kg da⁻¹). The analysis of interaction effects revealed that the B₁ + N₃ treatment produced the highest beet yield (7713 kg da⁻¹). In contrast, the combination of B₂ with the lowest nitrogen dose (N₁) resulted in the lowest yield (2860 kg da⁻¹) within the interaction group. These findings suggest that B₁ may be more effective in promoting beet yield when used in conjunction with increasing nitrogen fertilizer application. Conversely, B₂ appears to be more beneficial for beet yield in the absence of additional nitrogen fertilizer.

Table 2. Effect of nitrogen and bacterial applications on beet yield values

Bacterium	Beet yield (kg da ⁻¹)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	2487.00 h*	2487.00 h	4607.00 e	6760.00 b	4085.00 B
B1	2687.00 gh	4633.00 e	5867.00 c	7713.00 a	5225.00 A
B2	5047.00 d	2860.00 g	4067.00 f	4240.00 f	4053.00 B
Average	3407.00 C	3327.00 C	4847.00 B	6238.00 A	
LSD %1 B					168.3
LSD %1 N					194.4
LSD %1 B+N					336.7

**Significant at $p < 0.01$; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

Our findings on the impact of bacterial inoculants on beet yield align with previous research. The research showed that biofertilizers and micronutrients applied to sugar beet by leaf grafting method increased beet quality and beet

yield (Amin et al., 2013). As a result of the research conducted on sugar beet in different regions of Poland between 2017 and 2019, it was observed that when Azoter containing *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum*

brasilense and *Bacillus megaterium* bacteria was applied, the need for chemical fertilizers decreased by 30 %, the beet yield increased by 3.9 % and the fresh root mass increased by 4.2 % (Artyszak and Gozdowski, 2020). The study conducted with PGPR, it was determined that the beet yield of sugar beet increased between 6.1-13 % due to the combination of *Burkholderia spp.*, *B. polymyxa*, *Pseudomonas spp.*, bacteria (Çakmakçı, 2005). The study conducted with PGPRs, the highest beet yield was measured as 8914,200 kg da⁻¹ and the lowest was 7511,052 kg da⁻¹ (Çınar, 2021). It has been observed that multi-featured bacterial inoculations promote beet yield and plant growth (Karagöz et al., 2018). In the research on sugar beet, the effect of two different seed varieties and five different nitrogen doses was observed. Inoculation of seeds with *S.bellus*, *S.saprophyticus* rhizobacteria stimulated beet elongation, the highest root yield was recorded

in *S.saprophyticus* application and beet diameter increased in both bacteria applications (Aallam et al., 2023).

3.2. Technological sugar yield

The results for technological sugar yield (percentage of refined sugar) are presented in Table 3. Statistical analysis revealed no significant effects ($p>0.05$) of nitrogen dose (N), bacterial combination (B), or their interaction on technological sugar yield. When nitrogenous fertilizer was applied without bacterial inoculation, technological sugar yield was obtained in the range of (N₁) (18.48 %) and (N₃) (17.91 %). When only bacteria (without nitrogen fertilizer addition) was applied, technological sugar yield was observed in the range of B₂ (18.08 %) and B₁ (17.79 %). When interactions were analyzed, they occurred in the range of B₂ + N₁ (18.54 %) and B₁ + N₃ (17.82 %).

Table 3. Effect of nitrogen and bacterial applications on technological yield values

Bacterium	Technological sugar yield (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	17.99	18.48	18.21	17.91	18.15
B1	17.79	18.16	18.22	17.82	18.00
B2	18.08	18.54	18.30	18.40	18.33
Average	17.95	18.39	18.24	18.04	

Differences between applications are not significant.

According to the research data conducted on sugar beets, it has been found that the presence of refined sugar in sugar beets varies between 14.74 % and 15.20 % as a result of compound fertilizer applications (Pişkin, 2021). The study found that *Azotobacter bioprimum* in sugar beet reduced germination (the time it takes for seeds to sprout) by 34.44 % and increased viability (the percentage of seeds that germinate) by 90.99 % (Kerečki et al., 2022).

3.3. Refined sugar yield

The results for sugar beet refined sugar yield (kg da⁻¹) are presented in Table 4. Statistical analysis revealed significant effects ($p<0.01$) for nitrogen dose (N), bacterial combination (B), and their interaction on sugar yield. When nitrogen fertilizer was applied without bacterial inoculation, the highest yield (1303.00 kg da⁻¹) was obtained with the highest nitrogen dose (N₃). Control group (479.00 kg da⁻¹) and the

lowest nitrogen dose (N₁) yielded the least (490.20 kg da⁻¹). Under conditions where only bacterial inoculants were applied (no added nitrogen fertilizer), the highest sugar yield (985.40 kg da⁻¹) was observed with B₂ treatment. Conversely, the control group (B₀, no bacteria or nitrogen) exhibited the lowest yield (479.00 kg da⁻¹). The analysis of interaction effects revealed that the B₁ + N₃ treatment produced the highest sugar yield (1444.00 kg da⁻¹). The lowest yield values were realized in the interactions B₀ + N₀ (479.00 kg da⁻¹), B₁ + N₀ (501.90 kg da⁻¹), B₀ + N₁ (490.20 kg da⁻¹), B₂ + N₁ (565.70 kg da⁻¹) within the same group. These findings suggest that B₁ may be more effective in promoting sugar yield when used in conjunction with increasing nitrogen fertilizer application. Conversely, B₂ appears to be more beneficial for sugar yield in the absence of additional nitrogen fertilizer.

Table 4. Effect of nitrogen and bacterial applications on refined sugar yield values

Bacterium	Refined sugar yield (kg da ⁻¹)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	479.00 g	490.20 g	901.10 e	1303.00 b	793.20 B
B1	501.90 g	900.40 e	1149.00 c	1444.00 a	998.70 A
B2	985.40 d	565.70 g	795.80 f	837.30 ef	796.00 B
Average	655.40 C	652.10 C	948.60 B	1195.00 A	
LSD %1 B			41.42		
LSD %1 N			47.83		
LSD %1 B+N			82,84		

**Significant at p<0.01; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

Inoculating sugar beet seeds with a mixture of rhizobacteria (*Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus polymyxa*, and *Klebsiella pneumoniae*) or with proline and *Bacillus polymyxa* bacteria was found to be more effective in increasing sugar yield than applying chemical nitrogen fertilizer (Mohamed et al., 2012). Sugar beet inoculated with *Azotobacter chroococcum* exhibited increased white sugar yield and enriched sugar content compared to the control group. These findings suggest the possibility of reducing chemical nitrogen fertilizer application in sugar beet through bacterial inoculation (Mrkovački, 2002). A combination of *Burkholderia* spp., *B. polymyxa*, and *Pseudomonas* spp. bacteria was applied to sugar beet and resulted in a 7.8 % increase in sugar yield (Çakmakçı, 2005). A study conducted in various locations across Poland investigated the effects of Azoter, a biofertilizer containing *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*, and *Bacillus megaterium*, on sugar beet parameters. The study reported no significant reduction in biological or pure sugar yield, while chemical fertilizer use decreased by 30 % (Artyszak and Gozdowski, 2020). In a study using PGPR on sugar beet, the highest sugar yield was found in BM-Coton-Plus (1244.404 kg da⁻¹) and the

lowest sugar yield was found in BM-Megaflu (1075.316 kg da⁻¹) (Çınar, 2021). Sugar beet plants were inoculated with a mixture of biofertilizer (rhizobacterin + phosphorin), and an increase in sugar yield was observed (Amin et al., 2013).

3.4. Digestible sugar

The results for beet digestible sugar value (%) are presented in Table 5. Nitrogen fertilizer application alone did not produce statistically significant differences in digestible sugar value. When only nitrogen was applied, the digestible sugar value was between (N₁) (19.71 %) and N₃ (19.27%). Statistical analysis revealed significant differences (p < 0.05) between B₁ and B₂ treatments in terms of digestible sugar value. Under conditions where only bacterial inoculants were applied (no added nitrogen fertilizer), the highest digestible sugar value (19.52 %) was observed with B₂ treatment. Conversely, the B₁ treatment resulted in the lowest value (19.01 %). The analysis of interaction effects between bacterial inoculants and nitrogen doses showed no statistically significant differences. When the interactions were analyzed, it was observed that the values were in the range of B₂ + N₁ (19.78 %) and B₁ + N₃ (19.05 %).

Table 5. Effect of nitrogen and bacterial applications on digestible sugar values

Bacterium	Digestible sugar value (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	19.27	19.71	19.56	19.27	19.45 AB
B1	19.01	19.42	19.58	19.05	19.27 B
B2	19.52	19.78	19.57	19.75	19.66 A
Average	19.27	19.64	19.57	19.36	
LSD %5 B			0.3099		

* Significant at p<0.05; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

PGPR bacteria were applied to sugar beet, and the digestion sugar rate was significantly affected by bacterial applications. The highest digestive sugar rate was 17.76 %, the lowest value was 16.24 % (Şimşek et al., 2021). PGPR strains increased enzymatic digestible sugar content from 15.623 % to 17.139 % (Çınar and Ünay, 2021). Multi-featured bacterial inoculations promote sugar content and plant growth (Karagöz et al., 2018). Sugar beet yield and quality characteristics were investigated, and the digestion sugar value was found to be between 13.87 % and 17.21 % (Ertürk, 2019). Chemical fertilizer application can increase sugar beet yield, but it can also reduce the sugar content of the beets (Draycott and Christenson, 2003).

3.5. Dry matter

The results for beet dry matter content (%)

obtained at the end of the experiment are presented in Table 6. When nitrogen doses are applied alone the differences between the average dry matter contents of the parcels are statistically insignificant. When only nitrogen doses were applied, dry matter content was determined between N₀ (26.40 %) and N₃ (25.82 %). Statistical analysis revealed significant differences (p<0.05) between the average dry matter content of plots treated with B₁ and B₂ inoculants. Under conditions where only bacterial inoculants were applied, beet dry matter content showed a decreasing trend: control group (26.40 %), B₂ (26.06 %), B₁ (25.62 %). The analysis of interaction effects between rhizobacteria and nitrogen dose revealed no significant differences. It was seen that the interaction values were in the range of B₂ + N₁ (26.48 %) and B₁ + N₃ (25.25 %).

Table 6. Effect of nitrogen and bacterial applications on dry matter content

Bacterium	Dry matter content (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	26.40	26.37	26.03	25.82	26.15 A
B1	25.62	26.05	25.99	25.25	25.73 B
B2	26.06	26.48	26.25	26.41	26.30 A
Average	26.03	26.30	26.09	25.83	
LSD %5 B			0.3710		

* Significant at p<0.05; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) can support intensive dry matter accumulation, nutrient availability, and efficient sugar transport in sugar beet (Cardoso et al., 2017). *Azotobacter chroococcum* isolates increased dry matter content in two different sugar beet varieties, but the extent of this increase varied between the varieties (Mrkovački, 1997). Nitrogen was applied at four different fertilizer doses (0, 50, 100, and 150 kg ha⁻¹) to see the effect on sugar beet yield and quality criteria. The study observed a decrease in dry matter ratio with increasing fertilizer doses (Demirhan, 2011). Sugar beet plants were inoculated with different PGPRs, and the highest dry matter ratio was observed with the BMCoton-Plus application (21.423 %), while the lowest was in the control group (19.523 %) (Çınar and Ünay, 2021). Sugar beet quality

analysis revealed that the highest dry matter ratio was 17.20 % and the lowest was 16.94 % (Turgut, 2012).

3.6. Brix

The results for beet brix value (%S) are presented in Table 7. According to the Duncan test, the effects of nitrogen doses, bacterial applications and interactions on brix values were found to be statistically insignificant. It was observed that when only nitrogen fertilizer was applied, the brix values were in the range of N₁ (23.83 %) and N₃ (23.50 %). When only bacteria was applied, the brix value was detected in the range of B₁ (23.83 %) and B₀ (23.53 %). When the effects of the interactions were analyzed, they were found to range from B₂ + N₁ (24.03 %) to B₁ + N₃ (23.53 %).

Table 7. Effect of nitrogen and bacterial applications on brix values

Bacterium	Brix value (%S)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	23.53	23.83	23.70	23.50	23.64
B1	23.83	23.63	23.70	23.53	23.68
B2	23.63	24.03	23.83	23.70	23.80
Average	23.67	23.83	23.74	23.58	

Differences between applications are not significant.

Brix is a measure of the amount of dissolved dry matter in water, primarily sucrose, in sugar beet juice. As the concentration of sucrose increases, so do both the brix value and the amount of total dry matter. A study investigating sugar beet quality parameters reported maximum and minimum brix values of 23.0 % and 16.2 %, respectively (Şanlı et al., 2023). Sugar beet quality parameter studies have reported brix values ranging from 17.60 % to 13.20 % (Oad et al., 2001). In the study where the effect of rhizobacteria applications on the agronomic properties of beet was evaluated, it was stated that the brix ratio varied between 21.83-24.96 % (Kutlusoy, 2019).

3.7. Conductivity

The results for sugar beet conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$) measured at the end of the experiment are presented in Table 8. Statistical analysis

revealed significant effects ($p < 0.05$ for bacteria, $p < 0.01$ for nitrogen dose and interaction) on conductivity values. When nitrogen fertilizer was applied without bacterial inoculation, the highest value ($205.70 \mu\text{S cm}^{-1}$) was measured with the highest nitrogen dose (N_3). When only nitrogen doses were applied, the lowest value was determined as N_2 ($184.70 \mu\text{S cm}^{-1}$). When only bacterial inoculants were applied, the highest beet conductivity value ($193.30 \mu\text{S cm}^{-1}$) was observed with B_1 treatment. The lowest conductivity value was B_0 ($188.00 \mu\text{S cm}^{-1}$). The analysis of interaction effects revealed that the highest values within the interaction group were $B_2 + N_1$ ($203.30 \mu\text{S cm}^{-1}$) and $B_1 + N_1$ ($201.00 \mu\text{S cm}^{-1}$). Interestingly, both these treatments involved the lowest nitrogen dose (N_1). The lowest beet conductivity value in interactions was measured as $B_1 + N_2$ ($170.30 \mu\text{S cm}^{-1}$).

Table 8. Effect of nitrogen and bacterial applications on the conductivity values

Bacterium	Conductivity value ($\mu\text{S cm}^{-1}$)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	188.00 de	188.30 d	184.70 de	205.70 a	191.70 A
B1	193.30 bcd	201.00 abc	170.30 f	181.30 def	186.50 B
B2	189.00 cd	203.30 ab	191.00 cd	176.00 ef	189.80 AB
Average	190.10 B	197.60 A	182.00 C	187.70 BC	
LSD %5 B			4.12		
LSD %1 N			6.48		
LSD %1 B+N			11,22		

**Significant at $p < 0.01$; * Significant at $p < 0.05$; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

A study investigating the effects of rhizobacterial applications on yield and quality criteria in sugar beet found electrical conductivity values ranging from $380.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ to $290.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Kutlusoy, 2019). In addition to providing nutrients to plants, plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs) promote plant growth, increase plant yield, contribute to the reduction of chemical fertilizer use, and protect

plants from drought, salt, and heavy metal stress (Kumar, 2019). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs) increase agricultural yield and improve the quality characteristics of sugar beet by affecting its physiological properties (Meng et al., 2016).

3.8. α -Amino nitrogen

The results for sugar beet α -amino nitrogen (α -N) content (%) at the end of the experiment are presented in Table 9. Statistical analysis revealed significant effects of the treatments ($p < 0.01$) on α -N values. When nitrogen fertilizer was applied alone, the highest α -N value was obtained with the highest nitrogen dose N₃ (1.68 %) and the lowest value with the control group (0.37 %). This indicates a direct and undesirable increase in α -N values with increasing nitrogen application rates. When

only bacterial inoculants were applied, the highest α -N value was observed with the B₁ treatment (0.69 %), while the control group exhibited the lowest value (0.37 %). Lower α -N content is desirable for higher sugar crystallization from beets. In this context, the B₂ treatment (0.60 %) appears to be more advantageous in terms of α -N management with rhizobacteria application. Analysis of interaction effects revealed that the B₁ + N₂ (1.92 %) treatment produced the highest α -N value, while the B₂ + N₂ (0.69 %) treatment resulted in the lowest value.

Table 9. Effect of nitrogen and bacterial applications on α -Amino-N values

Bacterium	α -Amino nitrogen value (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	0.37 d	0.75 c	1.35 b	1.68 a	1.04 A
B1	0.69 c	0.84 c	1.92 a	1.18 b	1.16 A
B2	0.60 cd	0.71 c	0.69 c	0.76 c	0.69 B
Average	0.55 C	0.77 B	1.32 A	1.21 A	
LSD %1 B			0.1312		
LSD %1 N			0.1515		
LSD %1 B+N			0.2624		

**Significant at $p < 0.01$; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

Sugar content is a critical quality factor in sugar beet. However, increasing nitrogen fertilizer application rates can lead to higher levels of molasses-forming substances, which in turn decrease sugar levels (Franzen, 2004; Moore et al., 2009). The application of four different nitrogen fertilizer doses (0, 50, 100, and 150 kg N ha⁻¹) to sugar beet resulted in a direct and proportional increase in amino nitrogen (harmful nitrogen) accumulation, with higher nitrogen doses leading to higher levels of amino nitrogen (Demirhan, 2011). When *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megaterium* inoculum were applied to sugar beet, it was determined that there were increases in harmful nitrogen values in sugar beet (El-Dsouky, 2004). Studies on the quality parameters of sugar beet have shown that the harmful nitrogen content ranges from 0.043 % to 0.087 % (Özcan, 2018).

3.9. Sodium

The results for sugar beet sodium content (%) at the end of the experiment are presented

in Table 10. Statistical analysis revealed significant effects ($p < 0.01$) of treatments on sodium content. When nitrogen fertilizer was applied alone, the control group again displayed the highest sodium value (1.657 %). This was followed by decreasing values with N₃ (0.5700 %), N₁ (0.4967 %), and N₂ (0.4733 %) in decreasing order, indicating a possible dilution effect of higher nitrogen application on sodium concentration. When only bacterial inoculants were applied, the control group exhibited the highest sodium value (1.657 %). This was followed by a decrease in values with B₁ (0.6267 %) and B₂ (0.5233 %) treatments, suggesting a potential role of these bacterial inoculants in reducing sodium content. Analysis of interaction effects revealed that the B₂ + N₂ treatment resulted in the highest sodium value (0.6967 %), while the B₁ + N₂ treatment led to the lowest value (0.4700 %). These findings suggest that rhizobacteria may be effective in mitigating salt stress in sugar beet plants, potentially through mechanisms related to sodium content reduction.

Table 10. Effect of nitrogen and bacterial applications on sodium (Na) content

Bacterium	Sodium content (Na) (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	1.657 a	0.4967 bc	0.4733 c	0.5700 bc	0.7992 A
B1	0.6267 bc	0.5433 bc	0.4700 c	0.5967 bc	0.5592 B
B2	0.5233 bc	0.4900 bc	0.6967 b	0.4833 bc	0.5483 B
Average	0.9356 A	0.5100 B	0.5467 B	0.5500 B	
LSD %1 B			0.0962		
LSD %1 N			0.1112		
LSD %1 B+N			0.1926		

**Significant at $p < 0.01$; Lowercase letters indicate the level of significance between applications, and uppercase letters indicate the level of significance between averages.

Biotic and abiotic stress factors such as salt stress in the sugar beet growing period also negatively affect beet yield and quality (Ober and Rajabi, 2011). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs) have been shown to protect plants from drought, salt, and heavy metal stresses, enhance nutrient uptake, promote plant growth, increase crop yield, and reduce the need for chemical fertilizers (Kumar, 2019). When *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megaterium* vaccines were applied to sugar beet, increases in sodium values were detected (El-Dsouky, 2004). Previous studies have shown that the sodium content in sugar beet can vary between 0.99 % and 1.53 % (Türkmen, 2019).

3.10. Potassium

The results for sugar beet potassium content (%) obtained at the end of the experiment are presented in Table 11. Statistical analysis revealed no significant effects ($p > 0.05$) of the treatments (nitrogen doses, bacterial inoculants, and their interaction) on potassium content. When only nitrogen dose was applied, potassium values were observed to be between N₃ (3.25 %) and N₂ (3.01 %). When only bacterial vaccines were administered, potassium content followed in the B₁ (3.40 %) and B₂ range (3.14 %). In the interaction group, potassium values were observed in the range of B₁ + N₁ (3.26 %) and B₁ + N₃ (2.67 %).

Table 11. Effect of nitrogen and bacterial applications on potassium (K) content

Bacterium	Potassium content (K) (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	3.22	3.24	3.01	3.25	3.18
B1	3.40	3.26	2.97	2.67	3.08
B2	3.14	3.16	3.11	3.12	3.13
Average	3.25	3.22	3.03	3.02	

Differences between applications are not significant.

The sugar content in beets is an important quality factor. While beet is being processed not all of the sucrose can crystallize and some of it passes into molasses, reducing sugar yield. This situation, which reduces sugar yield in beet, is caused by alpha amino nitrogen (harmful N), potassium and sodium (Manh and Hoffmann, 2001). Increases in potassium values were detected when *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megaterium* inoculum was applied to sugar beet (El-Dsouky, 2004). It has been determined that the amount of potassium, one of the quality characteristics of sugar beet, increases linearly

with the increase in fertilizer doses (Demirhan, 2011).

3.11. Juice purity

The results for sugar beet juice purity (Q) obtained at the end of the experiment are presented in Table 12. Statistical analysis using the Duncan test revealed no significant effects ($p > 0.05$) of the treatments (nitrogen doses, bacterial inoculants, and their interaction) on juice purity. Juice purity values were measured in the range of N₃ (91.10 %) and N₀ (90.26 %) when only nitrogen doses were applied. As a result of bacterial application conditions alone,

fruit juice purity was observed in the range of B₂ (90.64 %) and B₀ (90.26 %). When looking at the interactions, it was observed that the

values were in the range of B₂ + N₃ (91.22 %) and B₁ + N₃ (90.11 %).

Table 12. Effect of nitrogen and bacterial applications on juice purity values

Bacterium	Juice purity (Q) (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	90.26	90.65	90.44	91.10	90.61
B1	90.26	90.72	90.21	90.11	90.33
B2	90.64	90.32	90.66	91.22	90.71
Average	90.39	90.56	90.44	90.81	

Differences between applications are not significant.

Previous research has shown that high fertilizer doses can negatively impact sugar beet quality, as evidenced by a decrease in juice purity (Demirhan, 2011). Previous studies have shown that juice purity in sugar beet can vary between 86.20 % and 84.14 % (Turgut, 2012). Another study, the highest juice purity rate was found to be 81.18% and the lowest was 78.59 % (Alfaig, 2011). The research conducted on sugar beet quality values, the highest sap purity value was found to be 92.24 % and the lowest was 82.29 % (Stevanato, 2010).

3.12. Polar

The results for sugar beet polar sugar content (%) obtained at the end of the experiment are presented in Table 13. Statistical analysis revealed no significant effects ($p > 0.05$) of the treatments (nitrogen doses, bacterial inoculants, and their interaction) on polar sugar content. When only nitrogen doses were applied polar sugar content was detected between N₁ (21.61 %) and N₀ (21.24 %). In bacterial treatments alone, polar sugar content ranged from B₁ (21.97 %) to B₀ (21.24 %). When the values of the interactions were examined, they were observed to be in the range of B₂ + N₂ (22.31 %) and B₁ + N₃ (20.79 %).

Table 13. Effect of nitrogen and bacterial applications on polar values

Bacterium	Polar sugar content (%)				Average
	Nitrogen (N)				
	N0	N1	N2	N3	
B0	21.24	21.61	21.44	21.47	21.44
B1	21.97	21.44	21.47	20.79	21.42
B2	21.75	21.71	22.31	21.62	21.85
Average	21.65	21.59	21.74	21.29	

Differences between applications are not significant.

Polar sugar is the term used to describe the presence of sugar measured in beet juice. In various studies on sugar beet, the highest polar value reported was 14%, while the lowest was 10.20% (Oad et al., 2001). The polar ratio of sugar beet was observed to be at most 16.91% and at least 14.84% (Çakmakçı and Oral, 1998). The polar value of sugar beet was determined as maximum 18.68% and minimum 15.95% (Toprak, 2010). The decrease in percentage values despite the increase in sugar content in beet may be

attributed to variety, climate, and soil characteristics (Kristek, 2004).

4. Conclusions

Nitrogen is a crucial plant nutrient, and its deficiency can lead to significant yield losses in agriculture. Consequently, nitrogen fertilizers are widely used, but their chemical composition raises concerns for human health, environmental integrity, and sustainability. This study aimed to investigate the effects of bacterial biofertilizers at varying nitrogen

doses on sugar beet yield and quality parameters. Our research explored the potential of biofertilizers to reduce reliance on chemical fertilizers within the framework of sustainable and healthy agricultural practices. Research results revealed that bacterial biofertilizers have a significant impact on sugar beet yield and quality, both when used together with chemical fertilizers and when used alone. These results suggest that biofertilizer application can enhance productivity and quality while potentially reducing the amount of chemical fertilizer needed per unit area. This approach contributes to a healthier agricultural system. Based on these findings, we recommend the use of biofertilizers to sugar beet producers.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

Acknowledgement

This study was produced from the master's thesis of the first author.

References

- Aallam, Y., Dhiba, D., Rasafi, T.E., Abbas, Y., Haddioui, A., Tarkka, M., Hamdali, H., 2023. Assessment of two endemic rock phosphate solubilizing *Streptomyces* spp. on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 316(2023):112033.
- Alfaig, E.A.A., Hassen, K.S., Mohammed, A.E., 2011. Evaluation of sugar beet parameters during storage. *Journal of Science and Technology of Sudan University of Science and Technology*, 12 (02): 1-6.
- Amin, G.A., Badr, E.A., Afifi, M.H.M., 2013. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in response to biofertilizer and foliar application with micronutrients. *World Applied Sciences Journal*, 27(11): 1385-1389.
- Anonymous, 2022. Tohumluk tescil ve sertifikasyon merkezi müdürlüğü, (www.ttsm.gov.tr), (Accessed: 31.01.2022).
- Artyszak, A., Gozdowski, D., 2020. The effect of growth activators and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on the soil properties, root yield, and technological quality of sugar beet. *Agronomy*, 10(9):1262.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.
- Bozdoğan, D., 2019. Isolation of rhizobacteria that support plant growth from *Salsola grandis* rhizosphere conditions and investigation of its use as a biofertilizer. Ms Thesis, Ankara University, Ankara.
- Buchholz, K., Märlander, B., Puke, H., Glattkowski, H., Thielecke, K., 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie*, 120(2): 113–121.
- Can, R., 2016. The effect of harvest time on yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown in different regions in yozgat conditions. Ms Thesis, Bozok University, Yozgat.
- Cardoso, A.I.I., Magro, F.O., Oliveira, J.M.X., Abrahão, C., Tavares, A.E.B., Fernandes, D.M., 2017. Accumulation of macronutrients in beetroot plant. *Horticultura Brasileira*, 35(3):328–334.
- Çakmakçı, R., Oral, E., 1998. The effect of different field yields on yield and quality in sugar beet cultivation with and without thinning. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 451-461.

- Çakmakcı, R., 2005. Use of rhizobacteria promoting plant growth in agriculture. *Atatürk University Journal of the Faculty of Agriculture*, 36(1):97-107.
- Çınar, V.M., Ünay, A., 2021. The effects of some biofertilizers on yield, chlorophyll index and sugar content in sugar beet (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.). *Journal of Ege University Faculty of Agriculture*, 58(2):163-170.
- Çınar, V.M., 2021. The effect of different plant growth promoting bacteria applications on yield and sugar content of sugar beet (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.). Ms Thesis, Adnan Menderes University, Aydın.
- Demirhan, T., 2011. The effect of nitrogen applied in different forms and doses in the late period on yield and quality in sugar beet. Ms Thesis, Selçuk University, Konya.
- Draycott, A.P., Christenson, D.R., 2003. Nutrients for sugar beet production. Soil-plant relationships. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- El-Dsouky, M.M., Attia, K.K., 2004. Effect of mineral, organic and biofertilization on yield and quality of sugarbeet plants. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 35(3):161-180.
- Ertürk, E., 2019. Determination of yield and quality characteristics and profitability of some winter-summer sugar beet varieties in kahramanmaraş conditions. Ms Thesis, Sütçü İmam University, Kahramanmaraş.
- Franzen, D.W., 2004. Delineating nitrogen management zones in a sugar beet rotation using remote sensing a review. *Journal of Sugar Beet Research*, 41(1):47-60.
- Icumsa, 2003. The determination of the polarization of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminum sulphate as clarifying agent official. In Methods book, method GS6-3, ed. International commission for uniform methods of sugar analysis. England, Colney.
- İmriz, G., 2014. Rhizobacteria (PGPRs) promoting plant growth in plant production and their mechanisms of action. *Electronic Microbiology Journal*, 12 (2):1-19.
- Karagöz, H., Cakmakci, R., Hosseinpour, A., Kodaz, S., 2018. Alleviation of water stress and promotion of the growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants by multi-traits rhizobacteria. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(5): 6801-6813.
- Kerečki, S., Pećinar, I., Karličić, V., Mirković, N., Kljujev, I., Raičević, V., Jovičić-Petrović, J., 2022. *Azotobacter chroococcum* F8/2: a multitasking bacterial strain in sugar beet biopriming. *Journal of Plant Interactions*, 17(1):719-730.
- Kristek, A., Kristek, S., Antunović, M., 2004. Influence of fertilization and herbicides application on soil microflora and elements of sugar beet yield. *Agriculture Scientific and Professional Review*, 10(1):35-42.
- Kubadinow, N., 1972. Jahresbericht Zuckergorschungs Institute, Osterreich.
- Kubadinow N., Wieninger L. (1972). Analyses of alpha amino nitrogen in sugar beets and in processing juices. *Zucker*, 25(1972): 43-47.
- Kumar, A., Patelc, J.S., Meenad, V.S., Ramtekee, P.W., 2019. Plant growth-promoting rhizobacteria: strategies to improve abiotic stresses under sustainable agriculture. *Journal of Plant Nutrition*, 42(1): 1-14.
- Kutlusoy, Ö.Y., 2019. The effects of rhizobacteria applications on growth periods and agronomic properties of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Ms Thesis, Erciyes University, Kayseri.
- Manh, K., Hoffmann, C., 2001. Berechnungsansatz zur Schätzung des Melassezuckeranfalls von qualitativheterogenen Zuckerruben. *Zuckerind*, 126(2):120-128.

- Meng, Q., Jiang, H., Hao, J.J., 2016. Effects of bacillus velezensis strain BAC03 in promoting plant growth. *Biological Control*, 98:18–26.
- Mclean, E. O., 1982. Soil pH and lime requirement methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. *Agronomy*, 9 (2):199–224.
- Moore, A., Stark, J., Brown, B., Hopkins, B., 2009. Southern idaho fertilizer guide sugar beets. University of Idaho Extension, Moscow.
- Mohamed, K., Soudi, A., Aly, M., 2012. Improvement of microbes combination by using proline in relation to sugar beet yield under nitrogen limitation in saline soil. *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*, 63(4): 375-385.
- Mrkovački, N., Cacic, N., Kovacev, L., Mezei, S., 2002. Response of sugar beet to inoculation with *Azotobacter* in field trials. *Agrochimica*, 46(1-2):18-26.
- Mrkovački, N., Mezei, S., Verešbaranji, I., Popović, M., Sarić, Z., Kovačev, L., 1997. Associations of sugar beet and nitrogen-fixing bacteria in vitro. *Biologia plantarum*, 39(3):419-425.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic matter. Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties second edition. *Agronomy*, 9(2):574–79.
- Oad, F., Ansari, A.H., Solangi, B., Khail, M., Sohu, G., Oad, N., 2001. Performance evaluation of exotic sugar beet under selected agro-climatic conditions of sindh province. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3(4): 472-474.
- Ober, E.S., Rajabi, A., 2011. Abiotic Stress in Sugar Beet. *Sugar Technology*, 12:294–298.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F. S., Watanabe, Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Government Printing Office, Washington DC.
- Özcan, K., 2018. The effect of harvest time and ensiling times on some yield and quality traits of sugar beet (*Beta Vulgaris var. saccharifera* L.) grown at different elevations. Ms Thesis, Gaziosmanpaşa University, Tokat.
- Pişkin, A., 2021. Effect and economic analysis of compound fertilizer applications in different forms and components on sugar beet yield and quality values. *Anatolian Journal of Agricultural Sciences*, 36(2):255-267.
- Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C., Beiß, U., 1974. Zur voraussage des melassezuckers aus rübenanalysen. *Zucker*, 27: 2-15.
- Saber, M.S.M., 2001. Clean biotechnology for sustainable farming. *Engineering Life Sciences*, 1(6):217-223.
- Stevanato, P., Zavalloni, C., Marchetti, R., Bertaggia, M., Saccomani, M., Mcgrath, J.M., Panella, L.W., Biancardi, E., 2010. Relationship between subsoil nitrogen availability and sugarbeet processing quality. *Agronomy Journal*, 102: 17-22.
- Şanlı, A., Ok, F.Z., Erbaş, S., 2023. Effects of foliar amino acid applications on the yield and quality of some sugar beet (*Beta vulgaris var. saccharifera* L.) varieties. *Yüzüncü Yıl University Institute of Science and Technology Journal*, 28(1):290-298.
- Şimşek, F., Kotan, R., Ceyhan, F., Soytürk, Ç., Baran, S., 2021. Effects of bacterial bioformulations promoting plant growth in sugar beets on yield and quality parameters. *International East Anatolian Journal of Science, Engineering and Design*, 3(1):350-364.
- Talebpour, B., 2016. Variable fertilization possibilities in sugar beet farming. PhD Thesis, Ankara University, Ankara.
- Turgut, T., 2012. Investigation of the effects of cultivar and location differences on yield and quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris var. saccharifera* L.). Ms Thesis, Namık Kemal University, Tekirdağ.

Türkmen, R., 2019. Determination of stress resistance and mineral nutrition performance of different sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars grown in saline conditions. Ms Thesis, Isparta University of Applied Sciences, Isparta.

TOB, 2021. General Directorate of Meteorology <https://www.mgm.gov.tr/ta>

<hmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Kayseri&ilce=Talas> (Accessed: 10.02.2024).

Toprak, R., Suheri, S., Kacar, M., 2010. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in middle anatolian. *Irrigation Science* 29(1): 79–89.

To Cite

Susar, A., Şatana, A., 2024. Investigating the Impacts of Nitrogen Doses and Rhizobacteria on Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Yield and Quality Parameters for Sustainable Cultivation. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 789-803.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12802559>.



Farklı Dozlarda Uygulanan Fe₃O₄ Nanopartikülünün Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Çilek (*Fragaria × ananassa* Duch, cv. ‘Albion’) Bitkilerinin Büyüme Özellikleri Üzerine Etkisi

Sinem ÖZTÜRK ERDEM^{1*}

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): sinem.erdem@bilecik.edu.tr

Özet

Çilek (*Fragaria × ananassa* Duch.) bitkileri, hem ekonomik değeri hem de besin değeri nedeniyle önemli bir tarımsal üründür. Ancak, tuzluluk stresi çileklerin verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen önemli çevresel faktörlerden biridir. Son yıllarda, nanoteknoloji alanındaki ilerlemeler, bitki beslenmesinde ve stres yönetiminde yeni yaklaşımlar sunmuştur. Bu çalışma, farklı tuzluluk seviyelerinde (T₀, T₃₀ ve T₆₀ mM NaCl) yetiştirilen çilek bitkilerine değişik dozlarda demir (II, III) oksit (Fe₃O₄) nanopartikül (NP₀, NP_{0.01}, NP_{0.1}, NP₁ mg L⁻¹) uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada gövde uzunluğu (mm), kök uzunluğu (cm), yaprak sayısı (adet), kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları (g), yaprak alanı (cm²) ve yaprak oransal su içeriği (%) belirlenmiştir. Tuz dozları arttıkça incelenen özelliklerin değerlerinde azalmalar görülse de Fe₃O₄ nanopartikül uygulamalarının bu olumsuz etkiyi hafiflettiği belirlenmiştir. Çalışmada, kök uzunluğu, yaprak alanı, bitki yaş-kuru ağırlık özellikleri bakımından tuz dozları arasında, yaprak alanı, bitki kuru ağırlığı ve kök yaş ağırlığı bakımından Fe₃O₄ nanopartikülleri arasında istatistiki olarak önemli farklar belirlenmiştir. Gövde uzunluğu, yaprak alanı, bitki kuru ağırlığı üzerine tuz dozu ve Fe₃O₄ nanopartikül interaksyonu etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İncelenen özelliklerin tümünde T₀ uygulaması en yüksek değerlere sahip olmuştur. Fe₃O₄ nanopartikülleri ise incelenen özelliklere göre farklı etki göstermiştir. En yüksek gövde uzunluğu 29.37 mm ile T₀ × NP₁ (1 mg L⁻¹) uygulamasında bulunurken, yaprak alanı en yüksek T₀ × NP_{0.01} (33.05 cm²) uygulamasından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Fe₃O₄ nanopartiküllerin tuz stresine karşı çilek bitkilerinin toleransını artırmak için potansiyel bir strateji olabileceğini göstermektedir.

The Effect of Fe₃O₄ Nanoparticles Applied at Different Doses on the Growth Characteristics of Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch, cv. ‘Albion’) Plants Under Salt Stress

Abstract

Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants are an important agricultural crop due to their economic value and nutritional content. However, salinity stress is one of the significant environmental factors that adversely affect the yield and quality of strawberries. In recent years, advancements in nanotechnology have introduced new approaches in plant nutrition and stress management. This study aims to determine the effects of various doses of iron oxide (II, III) nanoparticles (NP₀, NP_{0.01}, NP_{0.1}, NP₁ mg L⁻¹) on the growth of strawberry plants grown under different salinity levels (T₀, T₃₀, and T₆₀ mM NaCl). In the study, stem length (mm), root length (cm), number of leaves, fresh and dry weights of root and stem (g), leaf area (cm²), and leaf relative water content (RWC) (%) were determined. Although the values of the examined characteristics decreased as the salinity doses increased, it was found that the application of Fe₃O₄ NPs mitigated this adverse effect. In the study, statistically significant differences were determined between the salinity doses in terms of root length, leaf area, and fresh-dry weight characteristics, and between the Fe₃O₄ nanoparticles in terms of leaf area, plant dry weight, and root fresh weight. The interaction effect of salinity dose and Fe₃O₄ nanoparticles on stem length, leaf area, and plant dry weight was found to be statistically significant. The T₀ treatment exhibited the highest values for all examined characteristics. The Fe₃O₄ nanoparticles showed different effects depending on the characteristics studied. The highest stem length, 29.37 mm, was found in the T₀ × NP₁ (1 mg L⁻¹) treatment, while the highest leaf area, 33.05 cm², was obtained from the T₀ × NP_{0.01} treatment. The results indicate that iron nanoparticles could be a potential strategy to enhance the tolerance of strawberry plants to salt stress.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :28.04.2024
Kabul Tarihi :30.05.2024

Anahtar Kelimeler

NaCl
demir (II, III) oksit
tuzluluk
yaprak oransal su içeriği

Research Article

Article History

Received :28.04.2024
Accepted :30.05.2024

Keywords

NaCl
iron (II, III) oxide
salinity
leaf relative water content

1. Giriş

Çilek (*Fragaria x ananassa* Duch.), *Rosaceae* familyasına ait çok yıllık bir bitkidir. Dünyada gün geçtikçe yetiştiriciliği artan çilek üretiminin ekim alanı 2022 yılında 397.603 hektara, verimi ise 9.57 milyon tona ulaşmıştır (FAO, 2022). Çilek tadı, aroması içeriğindeki antosiyaninler ve flavonoidler de dahil olmak üzere zengin biyoaktif bileşenleri ile üzümü meyveler arasında önemli bir yere sahiptir (Mazzoni ve ark., 2020). Ancak çilek tuza duyarlı bir bitkidir ve tuz stresi mineral elementlerin emilimini, antioksidan enzimlerin aktivitesini ve çileklerin kalitesini etkilemektedir (Saidimoradi ve ark., 2019). Tuzluluğun aynı zamanda yaprak nekrozunu ve yaşlanmayı hızlandırdığı, terleme ve fotosentez oranlarını azalttığı, besin alımını etkilediği, karbonhidrat ve protein kaynaklarını azalttığı bilinmektedir (Yaghubi ve ark., 2019).

Tarım alanlarının yaklaşık olarak üçte biri tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır. Bu durumun yanlış sulama uygulamaları ve fazla kimyasal gübre kullanımından kaynaklı olarak ilerleyen zamanlarda daha da artması beklenmektedir (Zhao ve ark., 2020). Kurak ve yarı kurak bölgelerde toprağın tuzluluk nedeniyle bozulma oranı yılda % 2 seviyesine ulaşmış durumdadır (Liu ve ark., 2022). Tahminlere göre, 2050 yılına kadar tarım arazilerinin yarısından fazlasının tuzluluk problemi yaşayacağı ve bu durumun her yıl küresel olarak yaklaşık 12 milyar ABD doları tutarında ekonomik kayba yol açacağı beklenmektedir (Machado ve Serralheiro, 2017).

Tuzluluk, tarım ve gıda güvenliği üzerinde doğrudan etkilere sahiptir. Bu nedenle, tuzluluk toleransının geliştirilmesi, küresel gıda güvenliği ve modern tarımın sürdürülebilir ilerlemesi gibi çift yönlü zorlukların üstesinden gelmek için hayati önem taşımaktadır. Bu hedeflere ulaşmak için, tarımsal sistemlerde dayanıklılık, sürdürülebilirlik ve verimlilik sağlamak amacıyla küresel tuz stresi sorunlarına karşı yeni teknolojilerin geliştirilmesi son derece önemlidir (Hoffmann ve ark., 2020).

Nanoteknolojinin, tarımsal uygulamalarda devrim niteliğinde yenilikler sunarak bitki büyümesini, verimliliğini artırmada önemli bir rol oynadığı gibi abiyotik streslere, özellikle tuzluluk ve kuraklık gibi koşullara karşı direncini artırma potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Nanoteknolojinin tarımsal sistemlere entegrasyonu, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunarak, gıda güvenliğinin sağlanmasına ve tarımın gelecekteki iklim değişikliklerine adaptasyonuna yardımcı olabilir. Bu bağlamda, nanopartiküllerin (NP) kullanımı, modern tarımın sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Nanopartiküller yüksek yüzey alanına, hareketliliğe, re-aktiviteye ve parçacık şekline sahiptir (Al-Khayri ve ark., 2023). Nanopartiküller 1 ila 100 nm boyutlarında olup, küre, çubuk, tüp, lif, disk, solucan, kare ve elipsoid gibi farklı şekillere sahip parçacıklardır. Bu parçacıklar, büyük yüzey alanı/hacim oranı, kristal yapı, ayarlanabilir gözenek boyutu ve canlı organizmalarda hücrel ve moleküler düzeyde güçlü aktivite gibi birçok benzersiz özelliğe sahiptir (Abobatta, 2018; Sarkar ve ark., 2021). Nanopartiküllerin, bitkiler için daha büyük emilim verimliliğine sahip olup, geleneksel gübreler ile kıyaslandığında ürün verimliliğinde % 20-30'luk bir artış sağladığı belirlenmiştir (Liu ve ark., 2022). Bunun yanında son yıllarda yapılan araştırmalar, demir nanopartiküllerinin kuraklık stresi (Alabdallah ve ark., 2021), su stresi (Waqas Mazhar ve ark., 2022), tuzluluk stresi (Moradbeygi ve ark., 2020; Tawfik ve ark., 2021) olmak üzere çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkisini azaltabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada, tuz stresi altında yetiştirilen 'Albion' çilek çeşidine farklı dozlarda Fe₃O₄ nanopartikül uygulamalarının bitkilerin büyümesine etkileri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Materyal olarak Kaliforniya'da 'Cal94-16' ve 'Diamante' çeşitlerinin melezlenmesi sonucu elde edilmiş, büyüme periyodu

bakımından nötr gün özelliği gösteren, meyve renk, şekil ve kalite açısından iyi bir çeşit olan 'Albion' çeşidi kullanılmıştır (Shaw ve Larson, 2009). Çilek fideleri Çiltar Tarım İşletmesi Ltd. Şti.'den frigo fide olarak temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Çalışma 2023 yılında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez müdürlüğünde bulunan yüksek tünel (40°06'37.7"N ve 30°00'03.0"E) içerisinde yürütülmüştür.

Fideler 22.05.2023 tarihinde 3:1 oranında torf: perlitten oluşan karışımla doldurulmuş üç litrelik plastik saksılara dikilmiştir. Deneme, bölünmüş parseller deneme desenine göre ana parsellere tuz (NaCl) dozları ve alt parsellere Fe₃O₄ nanopartikülleri (Sigma–Aldrich, CAS: 1317-61-9) gelecek şekilde üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışma her tekerrürde 10 bitki ve toplamda 360 adet bitki ile yürütülmüştür. Çalışmada üç farklı tuz

konsantrasyonu (0, 30 ve 60 mM L⁻¹) ve 4 farklı Fe₃O₄ nanopartikül konsantrasyonu (0, 0.01, 0.1, ve 1 mg L⁻¹) kullanılmıştır.

Deneme kurulduktan 45 gün sonra bitki 3-4 yapraklı döneme geldiğinde, farklı tuz dozları haftada 2 kez 50 mM L⁻¹ olacak şekilde 5 hafta boyunca uygulanmıştır. Ayrıca, Fe₃O₄ NP uygulaması da tuz uygulamasının başlangıcında bir kez ve ilk uygulamadan iki hafta sonra bir kez olmak üzere toplam iki uygulama yapılmıştır. Gübreleme, Koç ve ark (2015)'in uyguladığı dozlara göre yapılmıştır. Deneme sonunda gövde uzunluğu (mm), kök uzunluğu (cm), yaprak sayısı (adet), kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları (g) İpek (2015)'e göre, yaprak alanı deneme sonunda koparılan yaprakların tarayıcıdan taranarak WinFOLIA programında ölçülmesi ile bulunmuştur (İpek ve ark., 2009). Yaprak oransal su içeriği ise (YOSİ) (%) ise Sanchez ve ark. (2004) ile Demiral ve Türkan (2005)'a göre aşağıda verilen Eşitlik 1 kullanılarak yapılmıştır.

$$YOSİ (\%) = \frac{TA-KA}{TuA-KA} \times 100 \quad (1)$$

(Taze Ağırlık: (TA), Kuru Ağırlık: (KA), Turgor Ağırlığı: (TuA))

2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen veriler Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre Minitab 19 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir (Anonim, 1995). Denemeye konu olan işlemler arasındaki farklılıklar DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, farklı tuzluluk seviyelerinde (0, 30 ve 60 mM NaCl) yetiştirilen çilek bitkileri üzerinde demir nanopartikül dozlarının (0, 0.01, 0.1 ve 1 mg L⁻¹) bitki gelişimine etkileri incelenmiştir (Tablo 1 ve 2). Kök gövdesi yada ana taç olarak adlandırılan çilek gövdesinin gövde uzunluğunun genellikle 2.5 cm civarında olduğu bilinmektedir (Türemiş ve ark., 2021). Tablo 1'de görüldüğü gibi gövde uzunluğun

bakımından tuz ve Fe₃O₄ NP uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark bulunamamıştır. Tuz konsantrasyonu arttıkça gövde uzunluğunda azalma görülmüştür. Fe₃O₄ NP uygulamasında ise kontrole göre uygulamaların tümünde olumlu etki gözlenirken, en iyi sonuç NP₁ dozundan (22.17 mm) elde edilmiştir. Gövde uzunluğu üzerine tuz × Fe₃O₄ NP interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz dozları arttıkça gövde uzunluğunda azalmalar görülse de Fe₃O₄ NP uygulamalarının bu olumsuz etkiyi hafiflettiği belirlenmiştir. En iyi gövde uzunluğu 29.37 mm ile T₀ × NP₁ (1 mg L⁻¹) interaksiyonunda bulunurken, T₃₀ ve T₆₀ tuz uygulamalarında Fe₃O₄ NP dozları arttıkça gövde uzunluğunda artış olduğu ve her iki tuz uygulamasında da 1 mg L⁻¹ Fe₃O₄ NP (NP₁) uygulamasının en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

Tablo 1. Farklı tuz ve Fe₃O₄ NP dozlarının incelenen özelliklerinin ortalama değerleri

		G.U.	K.U.	Y.S.	Y.A.	B.Y.A.	B.K.A.	K.Y.A.	K.K.A.
Tuz	T ₀	23.22	12.94 ^a	9.60	30.01 ^a	13.59 ^a	4.77 ^a	19.81	6.27
	T ₃₀	21.18	10.69 ^{ab}	8.19	26.77 ^b	8.69 ^b	4.57 ^a	19.27	4.65
	T ₆₀	18.80	6.72 ^b	6.53	23.89 ^b	7.22 ^c	3.18 ^b	17.47	3.95
Fe ₃ O ₄ NP	NP ₀	18.79	11.19	6.96	24.74 ^b	9.37	4.46 ^{ab}	15.52 ^b	4.17
	NP _{0.01}	20.86	9.77	8.74	27.16 ^{ab}	10.07	4.10 ^{ab}	22.04 ^a	5.81
	NP _{0.1}	20.48	9.45	8.80	27.12 ^{ab}	10.86	4.65 ^a	17.58 ^{ab}	4.21
	NP ₁	24.12	10.05	7.93	28.54 ^a	9.04	3.47 ^b	20.26 ^{ab}	5.63

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur (P<0.05)

Gövde uzunluğu (mm): (G.U.), Kök uzunluğu (cm): (K.U.), Yaprak sayısı (adet): (Y.S.), Yaprak alanı (cm²): (Y.A.), Bitki yaş ağırlığı (g): (B.Y.A.), Bitki kuru ağırlığı (g): (B.K.A.), Kök yaş ağırlığı (g): (K.Y.A.), Kök kuru ağırlığı (g): (K.K.A.)

Kök uzunluğu verileri incelendiğinde tuz uygulamaları istatistiki açıdan önemli bulunurken, Fe₃O₄ NP doz uygulamaları arasında istatistiki açıdan bir fark gözlenmemiştir. Uygulanan tuz dozu arttıkça kök uzunluğunda azalmalar meydana gelmiş ve en iyi kök uzunluğu 12.94 cm ile T₀ uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 1). Kök uzunluğu üzerine tuz × NP interaksiyonunun etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (Tablo 2). En yüksek kök uzunluğu 16.72 cm ile T₀ × NP₀ interkasiyonundan elde edilmiştir.

Tawfik ve ark. (2021), tuzlu ortamda demir oksit nanopartiküllerinin (0, 20, 40, 60 ppm) *Moringa oleifera* bitkisinde büyüme, fizyolojik özellikler ve besin içeriklerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada en iyi büyüme artışını 40 ppm Fe₃O₄ nanopartikül ile elde ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda bu nanopartiküllerin bitkinin fizyolojik özellikleri ve besin içeriğini iyileştirerek tuzlu koşullar altında büyümeyi teşvik edebileceğini ifade etmişlerdir. Li ve ark. (2021) yaprağa püskürterek Fe₃O₄ NP uygulaması ile *Pseudostellaria heterophylla*'na da büyümeyi, birim alan başına kök ve kök yumru veriminin kuru madde dağılımını önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir.

Tuz stresi altındaki bitkiler ihtiyaç duydukları suyu alamamakta ve mineral madde dengesizliği nedeniyle vejetatif gelişimde azalmalar meydana gelmektedir. Bu durumun da yaprak sayısının azalmasına sebep olduğu bilinmektedir (Kluge, 1976; Bertamini ve ark., 2006). Yaprak sayısı bakımından tuz ve demir uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark bulunmamıştır (Tablo 1) Fakat tuz dozu arttıkça yaprak sayısında azalma meydana

gelmiştir. En fazla yaprak sayısı 9.60 adet ile kontrol (T₀) uygulamasında elde edilmiş, onu sırasıyla 8.19 adet ile T₃₀ uygulaması ve 6.53 adet ile T₆₀ uygulaması takip etmiştir. En iyi Fe₃O₄ NP dozu ise 0.01 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Yaprak sayısı üzerine tuz × Fe₃O₄ NP etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. intereaksiyonu Tuz dozu arttıkça yaprak sayısının azaldığı ancak T₃₀ ve T₆₀ uygulamasında demir nanopartikül dozlarının uygulamaya göre yaprak sayısını arttırdığı ve en iyi Fe₃O₄ NP dozunun her ikisinde de 0.01 mg L⁻¹ olduğu belirlenmiştir.

Yaprak alanı bakımından tuz ve Fe₃O₄ NP dozları arasında istatistiki olarak önemli farklar bulunmuştur. Yaprak alanı uygulanan tuz dozu arttıkça azalmıştır. Fe₃O₄ NP uygulamasında ise kontrole göre diğer uygulamaların tümünde artış gözlenmiştir (Tablo 1). Yaprak alanı interaksiyon verileri incelendiğinde, en iyi yaprak alanının T₀ × NP_{0.01} (33.05 cm²) ve T₃₀ × NP_{0.01} (30.47 cm²)'de elde edildiği belirlenmiştir. Yaprak alanındaki azalma ile birlikte birim alandaki CO₂ fiksasyonun da azaldığı (Costa França ve ark., 2000) ve böylece bitkinin fotosentez kapasitesinin düşmesi sonucu bitkinin gelişme ve büyümesinde gerileme olduğu bilinmektedir (Türkan ve ark., 2005). Fe₃O₄ nanopartikülleri kullanılarak yapılan çeşitli çalışmalar da nanopartiküllerin kuraklık stresi altında bitkilerin fotosentez performansını iyileştirdiğini göstermiştir. Bu nanopartiküller, bitkilerin büyümesini ve fotosentetik pigment içeriklerini artırarak fotosentezi ve solunumu teşvik etmektedir (Feng ve ark., 2022). Tuz dozları arttıkça Fe₃O₄ NP uygulamalarının kontrole göre yaprak alanlarında artışa neden olduğu ve bu da Fe₃O₄ NP'lerinin olumlu etkisinin olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 2. İncelenen özelliklerin tuz ve Fe₃O₄ NP interaksiyonuna ait ortalama değerleri

Tuz	Fe ₃ O ₄ NP	G.U.	K.U.	Y.S.	Y.A.	B.Y.A.	B.K.A.	K.Y.A.	K.K.A.
T ₀	NP ₀	19.23 ^b	16.72	9.22	29.46 ^{ab}	13.11	4.72 ^{abc}	16.00	5.44
	NP _{0.01}	23.20 ^{ab}	12.44	9.56	33.05 ^a	14.22	4.86 ^{abc}	25.44	6.52
	NP _{0.1}	21.07 ^{ab}	11.65	10.52	28.42 ^{a-d}	13.48	4.46 ^{abc}	19.44	4.96
	NP ₁	29.37 ^a	10.93	9.11	29.13 ^{abc}	13.56	5.04 ^{ab}	18.33	8.15
T ₃₀	NP ₀	18.59 ^b	10.42	6.44	22.58 ^{bcd}	7.22	4.56 ^{abc}	15.89	3.76
	NP _{0.01}	21.37 ^{ab}	9.78	9.56	30.47 ^a	9.33	4.77 ^{abc}	21.89	6.32
	NP _{0.1}	21.82 ^{ab}	10.28	9.00	26.24 ^{a-d}	10.56	5.92 ^a	18.19	4.42
	NP ₁	22.93 ^{ab}	12.26	7.78	27.79 ^{a-d}	7.67	3.04 ^{bc}	21.11	4.11
T ₆₀	NP ₀	18.56 ^b	6.44	5.22	22.19 ^{cd}	7.78	4.11 ^{abc}	14.67	3.31
	NP _{0.01}	18.02 ^b	7.09	7.11	22.59 ^{bcd}	6.67	2.68 ^{bc}	18.78	4.60
	NP _{0.1}	18.56 ^b	6.42	6.89	22.07 ^d	8.56	3.58 ^{abc}	15.11	3.26
	NP ₁	20.07 ^b	6.95	6.89	28.69 ^{a-d}	5.89	2.34 ^c	21.33	4.63

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur (P<0.05)

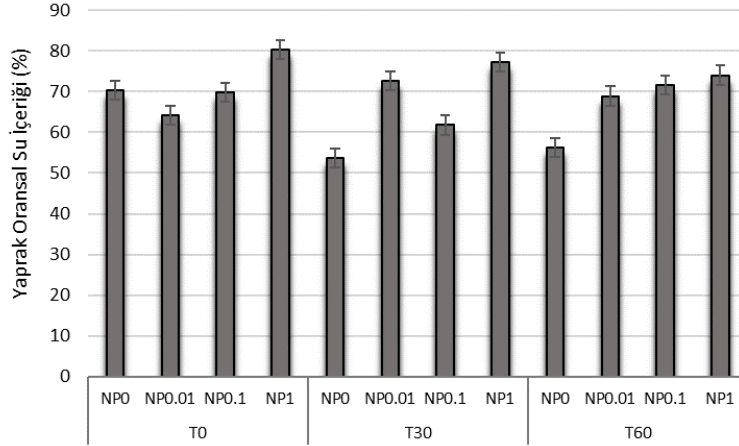
Gövde uzunluğu (mm): (G.U.), Kök uzunluğu (cm): (K.U.), Yaprak sayısı (adet): (Y.S.), Yaprak alanı (cm²): (Y.A.), Bitki yaş ağırlığı (g): (B.Y.A.), Bitki kuru ağırlığı (g): (B.K.A.), Kök yaş ağırlığı (g): (K.Y.A.), Kök kuru ağırlığı (g): (K.K.A.)

Bitkiler, büyüme ve gelişme dönemlerinde tuz stresine maruz kaldıklarında, hücre içi su dengesini korumakta zorlanır ve bu da vejetatif gelişimlerinde azalmaya neden olmaktadır. Tuz stresi, osmotik dengesizlik yarattığından bitki-kök yaş ve kuru ağırlıklarında belirgin azalmalar meydana gelmektedir (Kluge, 1976). Bu koşullar altında bitkiler, su alımını ve kullanımı optimize edemedikleri için büyüme ve gelişim süreçleri olumsuz etkilenmektedir (Bertamini ve ark., 2006). Tablo 1'de görüldüğü gibi tuz uygulama dozu arttıkça bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalma görülmüştür. Bitki yaş ağırlığı bakımından Fe₃O₄ NP uygulamaları arasındaki farklar istatistiki olarak önemsiz bulunurken, bitki kuru ağırlığı bakımından ise istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En iyi doz 0.01 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Bitki yaş ağırlığı üzerine Tuz × Fe₃O₄ NP interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. T₃₀ ve T₆₀ tuz uygulamalarında en iyi NP_{0.1} dozunda sırasıyla 10.56 g ve 8.56 g bulunmuştur. Bitki kuru ağırlığında da en iyi NP uygulaması T₃₀ uygulaması, NP_{0.1} dozunda elde edilmiştir (Tablo 2).

Kök yaş ve kuru ağırlığın bakımından tuz dozları arasında istatistiki açıdan bir fark gözlenmemiştir. Her ikisinde de en iyi kök yaş-kuru ağırlık kontrol uygulamasında (T₃₀) elde edilmiştir. NP uygulaması incelendiğinde kök yaş ve kuru ağırlığında en iyi Fe₃O₄ NP uygulamasının ve NP_{0.1} dozundan elde edildiği, bunların sırasıyla 22.04 g ve 5.81 g olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Çilekte tuz

stresinin büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilediği, bitki-kök yaş ve kuru ağırlıklarını azalttığı bir çok çalışmada ortaya konulmuştur (Kaya ve ark., 2002; Rahman ve ark., 2002; Pırlak ve Eşitken, 2004; Bertamini ve ark., 2006; Efeoğlu ve ark., 2009; Abbaspour ve ark., 2012; Bolat ve ark., 2014; Saidimoradi ark., 2019). Bu olumsuz etkiyi azaltmak için de çeşitli çalışmalarda salisilik asit (Karlıdağ ve ark., 2009), rizobakteri (PGPR) (Karlıdağ ve ark., 2010), humik asit (Saidimoradi ve ark., 2019), kalsiyum (Yaşar ve ark., 2020), potasyum nitrat (Özkorkmaz ve Öner, 2022), putresin (Hasanov, 2023) uygulamaları yapılmış ve bu uygulamaların tuz stresinin etkisini azalttığı belirlenmiştir. Son yıllarda Fe₃O₄ nanopartikül üzerine yapılan çalışmalarda aynı şekilde tuz stresinin etkisini azalttığı yöndedir (Mozafari ve ark., 2018; Alkhatib ve ark., 2019; Moradbeygi ve ark., 2020; Feng ve ark., 2022).

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ), bitkinin su durumu ve su tutma kapasitesini değerlendiren önemli bir fizyolojik parametre olup hücresel düzeydeki zararı yansıtmaktadır (Balestrasse ve ark., 2010). Tuz uygulama dozu arttıkça YOSİ'de azalma görülmüş ancak bu olumsuz etkinin, Fe₃O₄ NP uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir (Şekil 1). Tuz stresi altında, limon (Aras ve ark., 2015), yenidoğru (García-Legaz ve ark., 2008) ve çilek (Karlıdağ ve ark., 2009) gibi birçok meyve türünde yaprak oransal su içeriğinin azaldığı bildirilmiştir.



Şekil 1. Yaprak oransal su içeriğine (%) ait tuz × Fe₃O₄ NP dozlarının etkisi

4. Sonuç

Bu çalışmada, çilek bitkilerine farklı tuzluluk seviyelerinde (0, 30 ve 60 mM NaCl) çeşitli dozlarda Fe₃O₄ nanopartikül (0, 0.01, 0.1, 1 mg L⁻¹) uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, demir nanopartikül uygulamalarının tuzluluk stresinin meydana getirdiği olumsuz etkilerini hafiflettiği belirlenmiştir. Nanopartiküllerin etki spektrumlarının, nanopartikülün türüne, konsantrasyonuna, boyutuna ve etkilenen bitki türlerine bağlı olarak büyük ölçüde farklılık gösterdiği bilinmektedir. Elde edilen sonuçlar, demir nanopartiküllerin tuz stresine karşı çilek bitkilerinin toleransını artırmak için potansiyel bir strateji olabileceğini göstermektedir, ancak optimal doz ve tuzluluk seviyeleri için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Abbaspour, H., Saekdi-Sar, S., Afshari, H., Abdel-Wahhab, M.A., 2012. Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. *Journal of Plant Physiology*, 169: 704-709.
- Abobatta, W.F., 2018. Nanotechnology application in agriculture. *Acta Scientific Agriculture*, 2(6): 99-102.
- Alabdallah, N.M., Hasan, M.M., Hammami, I., Alghamdi, A.I., Alshehri, D., Alatawi, H.A., 2021. Green synthesized metal oxide nanoparticles mediate growth regulation and physiology of crop plants under drought stress. *Plants*, 10(8): 1730.

Alkhatib, R., Alkhatib, B., Abdo, N., Al-Eitan, L., Creamer, R., 2019. Physio-biochemical and ultrastructural impact of (Fe₃O₄) nanoparticles on tobacco. *BMC Plant Biology*, 19: 253.

Al-Khayri, J.M., Rashmi, R., Ulhas, R., Sudheer, W.N., Banadka, A., Nagella, P., Aldaej, M.I., Rezk, A.A., Shehata, W.F., Almaghasla, I., 2023. The role of nanoparticles in response of plants to abiotic stress at physiological, biochemical, and molecular levels. *Plants*, 12(2): 292

Anonim, 1995. Minitab reference manual. (Release 7.1). Minitab, state coll (minitab reference manual).

Aras, S., Arslan, E., Eşitken, A., 2015. Biochemical and physiological responses of lemon plant under salt stress. *Paper presented at 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, Conference Proceedings Book, 30 October, Konya, Turkey, s. 877-883.

Balestrasse, K.B., Tomaro, M.L., Batlle, A., Noriega, G.O., 2010. The role of 5-aminolevulinic acid in the response to cold stress in soybean plants, *Phytochemistry*, 71(17-18): 2038-2045.

Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K., Nedunchezian, N., 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica*, 44(1): 151-154.

- Bolat, I., Dıkılıtas, M., Ercişli, S., İkinci, A., Tonkaz, T., 2014. The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. Hindawi Publishing Corporation, *Scientific World Journal*, 1: 769732.
- Costa França, M.G., Pham Thi, A.T., Pimentel, C., Pereyra Rossiello, R.O., Zuily-Fodil, Y., Laffray, D., 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 43(3): 227-237.
- Demiral, T., Türkan, İ., 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 53: 247-257.
- Efeoğlu, B., Ekmekçi, Y., Çiçek, N., 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany*, 75: 34-42.
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT. (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>), (Erişim Tarihi: 01.03.2024).
- Feng, Y., Kreslavski, V.D., Shmarev, A.N., Ivanov, A.A., Zharmukhamedov, S.K., Kosobryukhov, A., Shabala, S., 2022. Effects of iron oxide nanoparticles (Fe₃O₄) on growth, photosynthesis, antioxidant activity and distribution of mineral elements in wheat (*Triticum aestivum*) Plants. *Plants*, 11(14): 1894.
- García-Legaz, M.F., López-Gómez, E., Beneyto, J.M., Navarro, A., SánchezBlanco, M.J., 2008. Physiological behaviour of loquat and anger rootstocks in relation to salinity and calcium addition. *Journal of plant physiology*, 165(10): 1049-1060.
- Hasanov, M., 2023. Tuz stresine maruz bırakılan çilek bitkisinde farklı putresin dozlarının fizyolojik faaliyetler üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Hoffmann, J., Berni, R., Hausman, J. F., Guerriero, G., 2020. A review on the beneficial role of silicon against salinity in non-accumulator crops: tomato as a model. *Biomolecules*, 10(9): 1284.
- İpek, M., 2015. In vitro şartlarda Garnem ve Myrobolan 29C anaçlarının kurak stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- İpek, M., Pırlak, L., Eşitken, A., Dönmez, M.F., Şahin, F., 2009. Kireçli topraklarda yetiştirilen çilekte bitki büyümesini artıran bakterilerin (BBAB) verim ve gelişme üzerine etkileri. III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, Kongre Bildiriler Kitabı, 10-12 Haziran, Kahramanmaraş, s. 73-77.
- Karlidağ, H., Esitken, A., Yildirim, E., Donmez, M.F., Turan, M., 2010. Effects of plant growth promoting bacteria on yield, growth, leaf water content, membrane permeability, and ionic composition of strawberry under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 34(1): 34-45.
- Karlidağ, H., Yildirim, E., Turan, M., 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola*, 66(2): 180-187.
- Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D., Murillo-Amador, B., 2002. Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt-stressed conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42(5): 631-636.

- Kluge, M., 1976. In *Water and Plant Life: Problems and Modern Approaches* (Ed: O.L. Lange, L. Kappen, E.D. Schulze). *Carbon and nitrogen metabolism under water stress*, Springer Berlin Heidelberg. pp. 243-252.
- Koç, A., Balcı, G., Ertürk, Y., Keles, H., Bakoğlu, N., 2015. San Andreas çilek çeşidinde farklı tuz konsantrasyonlarında mikroorganizma uygulamalarının meyve kalitesi üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2): 47-51.
- Li, J., Ma, Y., Xie, Y., 2021. Stimulatory effect of Fe₃O₄ nanoparticles on the growth and yield of *Pseudostellaria heterophylla* via improved photosynthetic performance. *HortScience*, 56(7): 753-761.
- Liu, C., Mao, B., Yuan, D., Chu, C., Duan, M., 2022. Salt tolerance in rice: Physiological responses and molecular mechanisms. *The Crop Journal*, 10(1): 13-25.
- Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P., 2017. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(2): 30.
- Mazzoni, L., Di Vittori, L., Balducci, F., Forbes-Hernández, T.Y., Giampieri, F., Battino, M., Mezzetti, B., Capocasa, F., 2020. Sensorial and nutritional quality of inter and intra—Specific strawberry genotypes selected in resilient conditions. *Scientia Horticulturae*, 261: 108945.
- Moradbeygi, H., Jamei, R., Heidari, R., Darvishzadeh, R., 2020. Investigating the enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense by applying iron oxide nanoparticles in *Dracocephalum moldavica* L. plant under salinity stress. *Sci Hortic.*, 272: 109537
- Mozafari, A.A., Asl, A.G., Ghaderi, N., 2018. Grape response to salinity stress and role of iron nanoparticle and potassium silicate to mitigate salt induced damage under in vitro conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 24(1): 25-35
- Özkorkmaz, F., Öner, F., 2022. Potasyum nitratın (KNO₃) tuz stresi altındaki mısır (*Zea mays indentata* L.) bitkisinde çimlenme özellikleri Üzerine Etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(4): 806-815.
- Pırlak, L., Eşitken, A., 2004. Salinity effects on growth, proline and ion accumulation in strawberry plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54(3): 189-192.
- Rahman, S.M.L., Mackay, A.W., Quebedeaux, B., Nawata, E., Sakuratani, T., Mesbah Uddin, A.S.M., 2002. Superoxide dismutase activity, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Subtropical Plant Science*, 54: 16-22.
- Saidimoradi, D., Ghaderi, N., Javadi, T., 2019. Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 256: 108594.
- Sanchez, F.J., Andres, E.F., Tenorio, J.L., Ayerbe, L., 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress, *Field Crops Research*, 86: 81-90.
- Sarkar, R.D., Singh, H.B., Kalita, M.C., 2021. Enhanced lipid accumulation in microalgae through nanoparticle-mediated approach, for biodiesel production: A mini-review. *Heliyon*, 7(9): e08057
- Shaw, D.V., Larson, K.D., 2006. Strawberry plant named “Albion”. Patent US PP16228 P3. *The Regents of the University of California, Oakland, CA*.
- Tawfik, M.M., Mohamed, M.H., Sadak, M.S., Thaloorth, A.T., 2021. Iron oxide nanoparticles effect on growth, physiological traits and nutritional contents of *Moringa oleifera* grown in saline environment. *Bulletin of the National Research Centre*, 45: 1-9.

- Türemiş, N.F., Burğut, A., Sayğı, H., 2021. Organik tüplü çilek fidesi üretim yöntemlerinin geliştirilmesi. *Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Enstitü Yayın No: 103.*
- Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential response of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168: 223–231.
- Waqas Mazhar, M., Ishtiaq, M., Maqbool, M., Akram, R., Shahid, A., Shokralla, S., Al-Ghobari, H., Alataway, A., Dewidar, A.Z., El-Sabrou, A.M., 2022. Seed priming with iron oxide nanoparticles raises biomass production and agronomic profile of water-stressed flax plants. *Agronomy*, 12(5): 982.
- Yaghubi, K., Vafae, Y., Ghaderi, N., Javadi, T., 2019. Potassium silicate improves salinity resistant and affects fruit quality in two strawberry cultivars grown under salt stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(12): 1439–1451.
- Yaşar, F., Yıldırım, Ö., Üzal, Ö., 2020. Tuz stresi altındaki biber bitkisindeki kalsiyum uygulamalarının antioksidatif enzim aktivitelerine etkisinin araştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 346-357.
- Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J. K., Shabala, S., 2020. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The innovation*, 1(1).

Atf Şekli	Öztürk Erdem, S., 2024. Farklı Dozlarda Uygulanan Fe ₃ O ₄ Nanopartikülünün Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Çilek (<i>Fragaria × ananassa</i> Duch, cv. ‘Albion’) Bitkilerinin Büyüme Özellikleri Üzerine Etkisi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(3): 804-812. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.13121183 .
To Cite	Öztürk Erdem, S., 2024. The Effect of Fe ₃ O ₄ Nanoparticles Applied at Different Doses on the Growth Characteristics of Strawberry (<i>Fragaria × ananassa</i> Duch, cv. ‘Albion’) Plants Under Salt Stress. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(3): 804-812. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.13121183 .



Evaluation of the Relationship between Harmonization Ratio and Some Yield Traits with Grain Yield in Oat Varieties

Abdulkadir TANRIKULU ^{1*}

¹ Harran University, Ceylanpınar Vocational High School, Sanlıurfa

*Corresponding author: atanrikulu@harran.edu.tr

Abstract

It was aimed to calculate grain filling period (GFP) / vegetative period (VP) before and after the flowering period depending on the thermal times in oat and to determine the relationship between the harmonization ratio (HR) and grain yield (GY) with the formula $HR_{tt} = GFP_{tt} / VP_{tt}$ and to determine the use of these values as criteria. HR values were calculated depending on thermal times. The experiment was conducted in Kahramanmaraş conditions between 2014 and 2016 for 2 successive years with 3 replications according to the randomized completed block design. Phenological traits were measured in relation to thermal times and significant differences were observed among cultivars. The highest grain yields were determined in Yeniçeri (507.4 kg da⁻¹) and Kahraman (489.2 kg da⁻¹) varieties, the lowest grain yields were determined in Faikbey (376.7 kg da⁻¹) and Seydişehir (386.3 kg da⁻¹) varieties, the highest harmonization ratios were determined in Arslanbey (0.517) and Kırklar (0.456) varieties, the lowest harmonization ratios were determined in Sebat (0.345) and Yeniçeri (0.350) varieties. There were significant differences between varieties and years in terms of grain yields and harmonization ratios, but no correlation relationship was found between grain yield and harmonization ratio. The results obtained will be useful in agricultural production activities and will be useful in terms of being determinant in oat breeding programs.

Research Article

Article History

Received :29.04.2024
Accepted :30.05.2024

Keywords

Vegetative period
harmonization ratio
grain filling period
yield
oat

1. Introduction

Oat (*Avena sativa* L.) is a cereal crop used worldwide for human nutrition and animal feed (Hoffmann, 1995; Peterson et al., 2005). Compared to other cereals, it is famous for its ability to be grown in marginal areas, including cool, wet climates and low fertility soils (Hoffmann, 1995). In the world, oats have a cultivation area of about 9.5 million ha, a production of 22.5 million tons and a yield of 236 kg da⁻¹ (FAO, 2021). In Türkiye, oat cultivation area is 137.655 ha, production is 365.000 tons and yield is 266 kg da⁻¹. In addition, oat production in our country increased by 32.2 % compared to the previous year (276.000 tons) (TÜİK, 2022), and oat consumption per capita was determined as 1.4 kg in 2021 (TÜİK, 2021). In our country, oat production has been limited compared to wheat and barley due to problems such as not being resistant to cold and drought, grain shedding, lodging and not maturing simultaneously.

In recent years, oat consumption in the human diet has increased due to the nutritional value of oats (Food and Drug Administration, 1997). Both in our country and in the world, oats have come to the forefront in healthy nutrition due to the increasing awareness of healthy nutrition as well as the income and welfare levels of people. In the studies conducted on this subject, it is reported that oats should be preferred in healthy diets because they contain simple phenolic compounds (ferulic, caffeic, p-coumaric, sinapic and vanillic acid) (White and Xing, 1997) and avenanthramides (Dokuyucu et al., 2003), which are antioxidant substances, and they have high fiber and iron content that have a cholesterol-lowering effect (Wood, 2001). It has been reported that if oat bran is consumed daily, cholesterol and triglyceride levels in the blood will decrease significantly (Gold et al., 1988). Oat is also an important plant in the nutrition of livestock in terms of providing maximum energy due to its high protein content (Wood, 2001).

It was reported that the effect of environmental stresses on grain yield during

grain filling in summer oats under two contrasting field conditions varied among genotypes, and that environmental conditions affected grain yield according to the relationship between spike duration, grain filling rate and grain filling period (GFP) using 20 oat genotypes, and that there was an increase in grain yield from the first to the second year in early spiking genotypes compared to late spiking genotypes (Wych et al., 1982).

It was found that the response of oat (*Avena sativa* L.) genotypes to delayed sowing dates (both in terms of escaping from high temperature and tolerating high temperature) can be used in variety development, genotypes were found to be significantly different in terms of days and GDD (Growing Degree Days), genotypic differences were found to be significant in terms of plant height, grain yield and hectoliter weight, GDD was found to be less variable between sowing dates than the number of days in the development periods and therefore CHU (corn heat units) used in maize (*Zea mays* L.) can be used in oats (Corville Baltenberger and Frey, 1987). The effect of day and night temperature and day-night temperature difference on oat yield and other agronomic traits during the grain filling period and the thermo-periodic response of these traits were determined (Hellewell et al., 1996). In 1998-2002 with 101 oat varieties originating from Germany, Sweden, Canada and USA, it was reported that genetic and environmental variations affected oat grain yield, oat grain yield decreased due to drought and extreme heat conditions, excessive wind and rain caused lodging in oats and reduced grain yield (Tamn, 2003). In Pakistan, it was reported that flowering time, ripening time, 1000-grain weight, plant height and flowering time of different oat varieties were significantly different on grain yield (Nawaz et al., 2004).

The development of new high yielding varieties depends on determining the effects of phenological periods on yield. There are many studies showing that phenological periods such as sowing-days to maturity (DM), vegetative period (VP) and grain filling period (GFP)

have significant effects on grain yield (GY) (Gebeyehou et al., 1982; Lopez Castaneda and Richards, 1994). In our country, for the first time, GFP_{tt} / VP_{tt} was evaluated in durum wheat varieties and it was concluded that the harmonization ratio (HR) obtained by proportioning them was significantly related to grain yield (Akkaya et al., 2006).

2. Material and Methods

The research was carried out for 2 successive years in 2014-2015 and 2015-2016 growing seasons under Kahramanmaraş conditions with 3 replications according to the randomized completed block design based on rainfall and 8 oat cultivars (Checota, Sebat, Kahraman, Yeniçeri, Arslanbey, Seydişehir, Kırklar, Faikbey).

HR formula was used to examine the relationship between phenological periods (VP, GFP, DM) and grain yield and harmonization ratio and to determine the traits that can be used as selection criteria in the region. Days to maturity (DM), grain filling period (GFP) and vegetative period (VP) were rated by Gebeyehou et al. (1982); Lopez

Castaneda and Richards (1994). Celsius scale was used with a base 0°C for thermal time calculations for VP, DM and GFP. HR (harmonization ratio) values were calculated with the formula $HR = GFP_{tt} / VP_{tt}$ depending on thermal times.

Sowing was carried out with a 6-row plot seeder with a spacing of 20 cm on plots 8.30 m in length, with a sowing depth of 3-4 cm and plot size of 1.2 m x 8.3 m = 9.96 m² in both years, with 350 grains per oat based on 1000-grain weight.

In the soil in the experiment, phosphorus and potassium among macro plant nutrients were moderately sufficient, calcium and magnesium were too much. Micronutrients except manganese were low or insufficient. Organic matter content was low, lime content was high and slightly alkaline (Anonymous, 2015). In the 2014-2015 period, the lowest temperature was 1.7 °C in January and the highest temperature was 32 °C in June (Table 1). In the 2015-2016 period, the lowest temperature was 1.6 °C in January and the highest temperature was 33.7 °C in June (Anonymous, 2016).

Table 1. Minimum and maximum temperature averages in the study years

Months	Min. Temperature Averages (°C)		Max. Temperature Averages (°C)	
	2014-2015	2015-2016	2014-2015	2015-2016
December	6.8	3.8	12.4	14.3
January	1.7	1.6	9.8	7.3
February	4.2	7.0	9.8	16.2
March	6.7	8.0	16.9	18.4
April	9.3	12.6	19.8	27.1
May	15.0	15.5	22.2	26.9
June	19.6	20.5	32.0	33.7

Fertilization was completed in both years by applying commercial fertilizer 20-20-0 (compound) at 7 kg da⁻¹ pure N and 7 kg pure P₂O₅ as base fertilizer at sowing and 33 % Ammonium Nitrate (NH₄NO₃) at 7 kg da⁻¹ pure N at the end of tillering.

Weeds in the plots were controlled by hand pulling and narrow and broadleaf weeds were controlled with herbicide (2,4 - D Amine).

1.15 meters from the beginning and end of each parcel, 1 row from the edges of the parcels as edge effect when approaching the harvest

time, the remaining part was adjusted to be (0.8 m x 6 m = 4.8 m²) and threshing was carried out with a parcel threshing machine.

The analysis of variance of the data belonging to the mentioned characters was performed using SAS package program (SAS, 1999) and the comparison of the means was performed using Duncan multiple comparison test.

3. Results and Discussion

As a result of the evaluation of the genotypes in terms of the traits examined by

considering the two-year averages; the genotypes examined were found to be significantly different in terms of grain protein ratio, vegetative period, sowing-days to maturity, heading duration, harmonization ratio, grain filling period, hectoliter weight, 1000-grain weight and grain yield.

When the two-year averages were analyzed, the values in terms of heading duration varied between 131.6 and 143.3 days; the varieties with the highest average were Sebat (143.3) and Faikbey (141.6), and the varieties with the lowest average were Arslanbey (131.6) and Kahraman (133.6) (Table 2). When early maturity is mentioned, it is often understood that the variety matures early and comes to harvest. In fact, the short life span of the plant does not provide an advantage in terms of yield. Therefore, in cereals, not the short-lived ones, but the ones with early spike are preferred, and earliness refers more to the date of spike (Kırtok, 1984). It is known that there is generally a significant and positive relationship between heading date, which is a measure of earliness, and yield and yield components (Blum et al., 1989). Heading duration is a genotypic trait and is also affected by environmental conditions (Sönmez, 2020).

Grain yield varied between 376.7-507.4 kg da⁻¹, the highest values were observed in Yeniçeri (507.4) and Kahraman (489.2) varieties and the lowest values were observed in Faikbey (376.7) and Seydişehir (386.3) varieties (Table 2). Although a variety has genotypically high yield potential, its adaptation to environmental conditions is very

important since grain yield is controlled by many genes (Yaşar, 2021). It has been reported that sowing norm, climate, moisture content and genotypic structure of varieties determine the adaptability to different growing conditions and have significant effects on oat grain yield (Batalova and Gorbunova, 2009). It has been observed that climatic conditions have a significant effect on oat grain yield and high temperature and drought reduce grain yield (Tamn, 2003). Heavy wind and rainfall were reported to reduce grain yield because they cause oats to lodging (Inan et al., 2005).

Harmonization ratio varied between 0.345-0.517. The highest values were observed in Arslanbey (0.517) and Kırklar (0.456) varieties, while the lowest values were observed in Sebat (0.345) and Yeniçeri (0.350) varieties (Table 2). In a study in which it was determined that the genotype with the highest grain yield had the highest harmonization ratio and the genotype with the lowest grain yield had the lowest harmonization ratio in durum wheat, days to maturity, grain yield, GFP_{tt} and VP_{tt} traits were examined and it was determined that there were significant differences between genotypes in terms of harmonization ratio and there was a positive and significant relationship between grain yield and harmonization ratio (Akkaya et al., 2006). In this study, similar results were not found for oat genotypes; however, it should not be ignored that Arslanbey genotype (the earliest), which has the shortest heading duration, days to maturity and vegetative period, has the highest harmonization ratio among all genotypes.

Table 2. Result of 2 years of some examined traits

Varieties	Harmonization Ratio			Grain Yield			Heading Duration		
	2014-15	2015-16	Average	2014-15	2015-16	Average	2014-15	2015-16	Average
Checota	0.448 ^c	0.349 ^b	0.398 ^c	317.9 ^c	471.2 ^{ab}	394.6 ^b	154.3 ^c	125.6 ^b	140.0 ^c
Sebat	0.382 ^d	0.309 ^c	0.345 ^d	464.6 ^{ab}	505.5 ^{ab}	485.1 ^a	157.3 ^a	129.3 ^a	143.3 ^a
Kahraman	0.529 ^b	0.355 ^b	0.442 ^b	422.9 ^b	555.5 ^a	489.2 ^a	148.0 ^d	119.6 ^{cd}	133.8 ^d
Yeniçeri	0.414 ^{cd}	0.286 ^c	0.350 ^d	518.5 ^a	496.2 ^{ab}	507.4 ^a	155.6 ^b	124.3 ^b	140.0 ^c
Arslanbey	0.578 ^a	0.456 ^a	0.517 ^a	467.3 ^{ab}	472.2 ^{ab}	469.7 ^a	145.3 ^c	118.0 ^d	131.6 ^e
Seydişehir	0.444 ^c	0.372 ^b	0.408 ^c	330.1 ^c	442.5 ^b	386.3 ^b	153.6 ^c	125.6 ^b	139.6 ^c
Kırklar	0.563 ^{ab}	0.348 ^b	0.456 ^b	469.3 ^{ab}	508.3 ^{ab}	488.8 ^a	148.0 ^d	120.3 ^c	134.1 ^d
Faikbey	0.391 ^d	0.377 ^b	0.384 ^c	272.9 ^c	480.5 ^{ab}	376.7 ^b	157.0 ^a	126.3 ^b	141.6 ^b
Averages	0.468^a	0.356^b	0.412	407.9^a	491.5^b	449.7	152.4^a	123.6^b	138.0
Coeff Var (CV)	4.632	4.110	4.510	7.880	11.348	9.949	0.463	0.944	0.680

The vegetative period varied between 134.5-147.3 days, the highest values were observed in Sebat (147.3) and Faikbey (145.6) varieties, while the lowest values were observed in Arslanbey (134.5) and Kırklar (138.1) varieties (Table 3). In previous studies, flowering of oat cultivars was reported to be a genotypic trait (Matiello et al., 1999; Nawaz et al., 2004; Locatelli et al., 2008). However, these differences were reported to be due to environmental conditions (Gautam et al., 2006). Therefore, year x genotype interaction was found to be significant due to climate terms in this study. In addition, since the first year was wetter than the second year in this study, the vegetative period was longer in the first experimental year.

Grain filling period varied between 25.3-33.6 days; the highest values were found in Arslanbey (33.6) and Kırklar (31.0) varieties and the lowest values were found in Sebat (25.3) and Yeniçeri (25.5) varieties (Table 3). It is known that genetic yield increase in oat cultivars grown in high meridian regions leads to changes in yield components and can also change the grain filling period. It has also been reported that grain filling period is the only period that can be changed by breeding (Peltonen-Sainio and Rajala, 2007). It is

known that year x genotype interaction is significant in terms of grain filling period (Sharma, 1992; Öztürk and Akkaya, 1994). It was also reported that selection for varieties with long grain filling period can be used as a selection criterion in terms of yield (Sharma, 1994). It was reported that the 1000-grain weight of lines with long grain filling period was higher than that of lines with short grain filling period (Sharma, 1994). It was found that there were significant differences between years in terms of grain filling period of genotypes (Wych et al., 1982) and moisture deficiency and high temperatures occurring during this period significantly limited the grain filling period (Öztürk and Akkaya, 1994a).

Days to maturity varied between 168.1-173.6 days. The highest values were found in Faikbey (173.6) and Checota (173.0) varieties, while the lowest values were found in Arslanbey (168.1) and Kahraman (168.5) varieties (Table 3). It was reported that there was a significant difference in days to maturity in terms of genotype, year and year x genotype interactions (Dumlupınar, 2010) and days to maturity was caused by genotypes (Nawaz et al., 2004).

Table 3. Result of 2 years of some examined traits

Varieties	Vegetative Period			Grain Filling Period			Days to Maturity		
	2014-15	2015-16	Average	2014-15	2015-16	Average	2014-15	2015-16	Average
Checota	158.3 ^b	129.6 ^{bc}	144.0 ^c	31.6 ^b	26.3 ^c	29.0 ^{cd}	190.0 ^a	156.0 ^b	173.0 ^{ab}
Sebat	161.6 ^a	133.0 ^a	147.3 ^a	27.3 ^c	23.3 ^e	25.3 ^e	189.0 ^{ab}	156.3 ^b	172.6 ^b
Kahraman	152.3 ^c	124.3 ^d	138.3 ^d	35.3 ^a	25.0 ^{cd}	30.1 ^c	187.6 ^{cd}	149.3 ^c	168.5 ^{cd}
Yeniçeri	159.3 ^b	128.0 ^e	143.6 ^c	29.3 ^b	21.6 ^f	25.5 ^e	188.6 ^{bc}	149.6 ^c	169.1 ^c
Arslanbey	149.6 ^d	119.3 ^e	134.5 ^e	37.3 ^a	30.0 ^a	33.6 ^a	187.0 ^d	149.3 ^c	168.1 ^d
Seydişehir	158.0 ^b	128.3 ^{bc}	143.1 ^c	31.3 ^b	28.0 ^b	29.6 ^c	189.3 ^{ab}	156.3 ^b	172.8 ^b
Kırklar	151.6 ^c	124.6 ^d	138.1 ^d	37.3 ^a	24.6 ^{de}	31.0 ^b	189.0 ^{ab}	149.3 ^c	169.1 ^c
Faikbey	161.3 ^a	130.0 ^b	145.6 ^b	28.0 ^c	28.0 ^b	28.0 ^d	189.3 ^{ab}	158.0 ^a	173.6 ^a
Averages	156.5^a	127.1^b	141.8	32.2^a	25.8^b	29.0	188.7^a	153.0^b	170.8
Coeff Var (CV)	0.695	0.750	0.766	4.093	3.412	3.877	0.329	0.334	0.364

1000-grain weight varied between 23.6-36.3 g; the highest values were determined in Checota (36.3) and Kahraman (34.7) varieties and the lowest values were determined in Sebat (23.6) and Yeniçeri (26.4) varieties (Table 4). 1000-grain weight was found to be a variable trait according to genotypes (Yanming et al.,

2006; Kara et al., 2007; Maral, 2009). 1000-grain weight values were reported to vary between 20.9 and 38.2 g (Buerstmayr et al., 2007). It was reported that the highest 1000-grain weight was obtained from Checota variety and the 1000-grain weights varied between 23.3-37.0 g (Yılmaz, 1996; Gül et al.,

1999) and Checota variety was the highest variety in terms of 1000-grain weight (İnan et al., 2005). In another study conducted in wheat, 1000-grain weight values varied between 27.7-46.1 g (Erdem and Sakin, 2023). All these findings are similar to this study.

Hectoliter weight varied between 43.9-55.5 kg; the highest values were obtained from Kahraman (55.5) and Kırklar (53.0) varieties and the lowest values were obtained from Faikbey (43.9) and Arslanbey (47.1) varieties (Table 4). Grain yield and hectoliter weight were found to be due to genotypic differences for many genotypes (Corville Baltenberger and Frey (1987). In a study conducted with 328 oat materials between 2012 and 2016, it was reported that the average hectoliter weight was 44.83 kg (Howarth et al., 2021).

Protein content varied between 14.1-17.6. Kırklar (17.6) and Kahraman (17.1) varieties had the highest protein content while Arslanbey (14.1) and Sebat (15.3) varieties had the lowest protein content (Table 4). Results are in agreement with the findings of Balkan et al. (2023), who determined that protein content in durum wheat genotypes varied between 14.23-16.33 %. It has been reported that environment and genotype have a great effect on protein content in oats (Doehlert et al., 2001). It has also been reported that although protein content depends significantly on genotype, it is largely influenced by environment (Stone and Savin, 2000; Johansson et al., 2003). Or it has been reported that protein content is equally affected by genetic and environmental factors (Doehlert et al., 2001).

Table 4. Result of 2 years of some examined traits

Varieties	Protein Content in Grain			1000-Grain Weight			Hektoliter Weight		
	2014-15	2015-16	Average	2014-15	2015-16	Average	2014-15	2015-16	Average
Checota	15.4 ^{bc}	15.8 ^b	15.6 ^b	35.4 ^b	37.3 ^a	36.3 ^a	40.5 ^a	58.6 ^{bc}	49.5 ^{bc}
Sebat	14.9 ^c	15.7 ^b	15.3 ^b	24.3 ^e	22.9 ^c	23.6 ^f	41.4 ^a	52.0 ^d	46.7 ^{cd}
Kahraman	16.2 ^b	17.9 ^a	17.1 ^a	36.2 ^{ab}	33.2 ^{ab}	34.7 ^{ab}	46.3 ^a	64.6 ^a	55.5 ^a
Yeniçeri	16.0 ^{bc}	15.9 ^{ab}	16.0 ^b	28.8 ^d	23.9 ^c	26.4 ^e	45.8 ^a	60.0 ^{ab}	52.9 ^{ab}
Arslanbey	12.8 ^d	15.5 ^b	14.1 ^c	37.1 ^a	31.8 ^b	34.4 ^{abc}	39.6 ^a	54.6 ^{cd}	47.1 ^{cd}
Seydişehir	15.0 ^c	15.9 ^{ab}	15.5 ^b	27.4 ^d	31.5 ^b	29.4 ^d	42.0 ^a	59.3 ^{bc}	50.6 ^{bc}
Kırklar	18.8 ^a	16.5 ^{ab}	17.6 ^a	33.2 ^c	31.3 ^b	32.3 ^c	46.1 ^a	60.0 ^{ab}	53.0 ^{ab}
Faikbey	14.8 ^c	16.3 ^{ab}	15.6 ^b	32.1 ^c	33.3 ^{ab}	32.7 ^{bc}	40.5 ^a	47.3 ^e	43.9 ^d
Averages	15.5^a	16.2^b	15.8	31.8^a	30.6^b	31.2	42.8^a	57.0^b	49.9
Coeff Var (CV)	3.819	6.540	5.268	2.644	8.118	5.842	9.618	4.515	6.681

4. Conclusions and Recommendations

It is estimated that all these differences determined in terms of the data obtained and the traits examined are due to factors such as the use of different varieties in the research, the different adaptation ability of the varieties, genetic differences between the varieties and the different ecological and environmental conditions of both growing periods. In addition, it was determined that the varieties responded differently to ecological conditions.

It should be taken into consideration that phenological parameters, agricultural characters or quality traits such as protein ratio in grain, vegetative period, days to maturity, heading duration, harmonization ratio, grain filling period, hectoliter weight, 1000-grain

weight and grain yield can be used as a selection criterion, that harmonization ratio, grain yield, days to maturity, vegetative period and grain filling period will contribute to the studies and future breeding studies and that it is important to continue to investigate with different plant species, genotypes and locations.

References

- Akkaya, A., Dokuyucu, T., Kara R., Akçura M., 2006. Harmonization ratio of post-pre-anthesis durations by thermal times for durum wheat cultivars in a mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 24(4):404-408.

- Anonymous, 2015. Kahramanmaraş eastern mediterranean gateway agricultural research institute directorate. Soil-Water Resources Soil Analysis Laboratory Results.
- Anonymous, 2016. Climate values of Kahramanmaraş meteorological station. General Directorate of Meteorology Records, Ankara.
- Balkan A., Oğuz B., İsmet B., Balaban-Göçmen D., Kâmil Ö., 2023. Study on some quality and morpho-physiological traits of durum wheat (*Triticum durum* L. Desf.) genotypes. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7: 86-94.
- Batalova, G. A., Gorbunova, L. A., 2009. Oat yield and seed quality depending on sowing rate. *Russian Agricultural Sciences*, 35(1):18-19.
- Blum, A., Golan G., Mayer J., Sinmena B., Shpiler L., Burra J., 1989. The drought response of landraces of wheat from the northern negeu desert in Israel. *Euphytica*, 43:87-96.
- Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., Zechner, E., 2007. Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under central european growing conditions. *Field Crops Research*, (101):343-351.
- Corville Baltenberger, D.C., Frey, K.J., 1987. Genotypic variability in response of oat to delayed sowing. *Agronomy Journal*, 79: 813-816.
- Dokuyucu, T., Peterson, D.M., Akkaya, A., 2003. Contents of antioxidant compounds in turkish oats: Simple phenolics and avenanthramide concentrations. *Cereal Chemistry*, 80(5):542-543.
- Doehlert, D. C., Mc Mullen, M. S., Hammond, J. J., 2001. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. *Crop Science*, 41: 1066-1072.
- Dumlupinar, Z., 2010. Characterization of local oat genotypes of Turkey origin with avenin proteins for morphological, phenological and agronomic traits. Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Institute of Science and Technology, PhD Thesis.
- Erdem, B., Sakin, M. A., 2023. Determination of yield and quality characteristics of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties at Bilecik-center conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2):303-315.
- Gautam, S. K., Verma, A. K., Vishwakarma, S. R., 2006. Genetic variability and association of morpho-physiological characters in oat (*Avena sativa* L.). *Farm Science Journal*, 15(1):82-83.
- Gebeyehou, G., Knott, D.R., Baker, R.J., 1982. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars. *Crop Science*, 22: 337-340.
- Gold, K. V., Davidson, D. M., Irvine, M. D., 1988. Oat bran as a cholesterol-reducing dietary adjunct in a young, healthy population. *Western Journal of Medicine*, 148:299-302.
- Gül, İ., Akıncı, C., Çölkesen, M., 1999. Diyarbakır koşullarına uygun tane ve ot amaçlı yetiştirilebilecek yulaf çeşitlerinin belirlenmesi. *Hububat Sempozyumu*, 8-11 Haziran, Konya, 117-125.
- FAO, 2021. The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization, Budapest.
- Food and Drug Administration, 1997. Food labeling: health claims; oats and coronary heart disease; Final Rule. Federal Register, 62: 3583-3601.
- Hellewell, K.B., Stuthman, D.D., Markhart III, A.H., Erwin, J.E., 1996. Day and temperature effects during grain-filling oat. *Crop Science*, 36: 624-628.
- Hoffmann, L.A., 1995. World production and use of oats. In the oat crop-production and utilization. Welch, R.W., Ed., Chapman and Hall: London, UK, 34-61.

- Howarth, C.J., Martinez-Martin, P.M.J., Cowan, A.A., Griffiths, I.M., Sanderson, R., Lister, S.J., Langdon, T., Clarke, S., Fradgley, N., Marshall, A.H., 2021. Genotype and environment affect the grain quality and yield of winter oats (*Avena sativa* L.). *Foods*, 10(10): 2356.
- Inan, A. S., Ozbas, M. O., Cagirgan, M. I., 2005. Evaluation of oat lines used in human nutrition in terms of agricultural and quality characteristics. *Turkey VIth Field Crops Congress*, 5-6 September, Antalya (Research Presentation) Volume II, Page 1153-1155.
- Johansson, E., Prieto Linde, M.L., Svensson, G., Jönsson, J.Ö., 2003. Influences of cultivar, cultivation year and fertilizer rate on amount of protein groups and amount and size distribution of mono and polymeric proteins. *The Journal Agricultural Science*, 140: 275-284.
- Kara, R., Dumlupınar, Z., Hışır, Y., Dokuyucu, T., Akkaya, A., 2007. Evaluation of oat varieties in terms of grain yield and yield elements under Kahramanmaraş conditions. *Turkey VIIth Field Crops Congress*, June 25-27, Erzurum (Presented Paper), 121-125.
- Kırtok, Y., 1984. Biological yield, harvest index and grain yield in cereals. I. Their effect of environmental conditions as agricultural criteria. Çukurova University, Faculty of Agriculture, Adana, Turkey.
- Locatelli, A.B., Federizzi, L.C., Milach, S.C. K., Mc Elroy, A.R., 2008. Flowering time in oat: genotype characterization for photoperiod and vernalization response. *Field Crops Research*, 106:242-247.
- Lopez-Castaneda, C., Richards, R. A., 1994. Variation in temperate cereals in rain fed environments. Part II. Phasic Development and Growth. *Field Crops Research*, 37: 63-75.
- Maral, H., 2009. Response of oat varieties to nitrogen fertilization in terms of grain yield, nitrogen use and yield characteristics. K.S.Ü. Institute of Science and Technology, Department of Field Crops, Master's Thesis, Kahramanmaraş, p. 50.
- Matiello, R.R., Sereno, M.J.C.M., Neto, J.F. B., Carvalho, F.I.F., Pacheco, M.T., Pegoraro, D.G., Taderka, I., 1999. Characterization for plant height and flowering date in the biological species oat. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 34(4):1393-1398.
- Nawaz, N., Razzaq, A., Ali, Z., Sarwar, G., Yousaf, M., 2004. Performance of different oat (*Avena sativa* L.) varieties under the agro-climatic conditions of Bahawalpur-Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(4):624-626.
- Sharma, R.C., 1992. Duration of the vegetative and reproductive period in relation to yield performance of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, 1(3):133-137.
- Sharma R.C., 1994. Early generation selection for grain filling period in wheat. *Crop Science*, 34:945-948.
- Sönmez, A.C., 2020. Determination of biological yield and some physiological characteristics of winter oat (*Avena sativa* L.) breeding material. *Journal of Iğdır University Institute of Science and Technology*, 10 (4): 3042-3051.
- TÜİK, 2021. Agricultural Products Statistics, İstatistiklerle Türkiye. Turkish Statistical Institute, Ankara.
- TÜİK, 2022. Agricultural Products Statistics, Statistics with Turkey. Turkish Statistical Institute, Ankara.
- Öztürk, A., Akkaya, A., 1994. Relationships between vegetative period, grain filling period and grain filling rate and yield and yield components in winter wheat genotypes. Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Field Crops Science Association, TUBITAK and ÜSİGEM, Field Crops Congress, April 25-29, Agronomy Proceedings, Volume I, pp. 48-51, Bornova, İzmir.

- Öztürk, A., Akkaya, A., 1994a. Path analysis of the relationships between yield, yield elements and phenological periods in winter wheat genotypes. *Field Crops Congress*, April 25-29, Volume I, Agronomy Proceedings, Bornova, Izmir.
- Peltonen Sainio, P., Rajala, A., 2007. Duration of vegetative and generative development phases in oat cultivars released since 1921. *Field Crops Research*, 101:72-79.
- Peterson, D. M., Wesenberg, D. M., Burrup, D. E., Erickson, C. A., 2005. Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. *Crop Science*, 45(4), pp. 1249-1255.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute, 1999. SAS/STAT User's Guide. 8th Version, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Stone, P.J., Savin, R., 2000. Grain quality and its physiological determinants. In: Satorre, M. H., Slafer, G. A. (Eds), wheat, ecology and physiology of yield determination. Food Products Press, New York, pp. 85-120.
- Tamn, I., 2003. Genetic and environmental variation of grain yield of oat varieties. *Agronomy Research*, 1: 93-97.
- White, P. J., Xing, Y., 1997. Antioxidants from cereals and legumes. in natural antioxidants: chemistry, health effects and applications; Shahidi, F., Ed.; AOCS Press: Champaign, IL.
- Wood, M., 2001. New oats and barleys, ready for breakfast, Brewery or Bran. *Agricultural Research*, 49(8):18-19.
- Wych, R.D., Mc Graw, R.L., Stuthman, D.D., 1982. Genotype x year interaction for length and rate of grain filling in oats. *Crop Science*, (22):1025-1028.
- Yanming, M., Zhi Yong, L., Yu Ting, B., Wei, W., Hao, W., 2006. Study on diversity of oats varieties in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 43(6):510-513.
- Yaşar, C., 2021. Determination of yield and yield elements of some oat varieties in Eskisehir ecological conditions. (Master's Thesis, Eskisehir Osmangazi University Institute of Science and Technology).
- Yılmaz, N., 1996. Van ekolojik koşullarında bazı yulaf çeşit ve hatlarının verim ve verim öğeleri üzerinde bir araştırma. *Türkiye 3. Çayır Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi*, 17-19 Haziran, Erzurum.

To Cite

Tanrıkulu, A., 2024. Evaluation of the Relationship between Harmonization Ratio and Some Yield Traits with Grain Yield in Oat Varieties. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 813-821.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13234374>.



Organik ve Konvansiyonel Üretilen Sanayi Tipi Domates Meyvelerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Kıymet Pınar ÇALIM¹, İbrahim DUMAN

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): k.pinarcalim@gmail.com

Özet

Bu araştırmada, farklı iki tarım yönteminin domates meyvesinde oluşturduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerin kıyaslanması amaçlanmıştır. Çalışma, açık tarla koşullarında yaz ve kış dönemi süresince organik pazara ve konvansiyonel pazara ürün arz eden üreticilerden alınan domates meyve örnekleriyle yürütülmüştür. Organik ve konvansiyonel olarak üretilen domates meyvelerinin meyve ağırlığı, sertliği, güneş yanıklığı oranı, yüzey ve pulp rengi, suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit miktarı, pH değeri, C vitamini, likopen, toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivitesi karşılaştırılmıştır. Konvansiyonel olarak üretilen domates meyvelerinin organik olarak üretilenlere göre meyve ağırlığı ve güneş yanığı oranı belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur. Konvansiyonel ve organik üretilen domates meyvelerinin SÇKM miktarı sırasıyla % 4.31 ve % 7.51, C vitamini miktarı 14.43 ve 18.93 mg 100 g⁻¹, likopen miktarı 78.74 ve 95.67 mg kg⁻¹ değerleri ile önemli farklılık gösterdiği, organik üretilenlerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde organik olarak üretilen domates meyvelerinin toplam fenol miktarı, antioksidan aktivitesi ve meyve yüzey rengi (a*/b*) konvansiyonel olarak üretilenlere göre önemli oranda daha yüksek bulunmuştur.

Determination of Physicochemical Properties of Organic and Conventionally Produced Preprocessing Type Tomato Fruits

Abstract

The aim of this study was to compare the physical and chemical properties of tomato fruits formed by two different agricultural methods. The study was carried out with tomato fruit samples taken from producers supplying products to the organic and conventional markets during summer and winter periods under open field conditions. Fruit weight, hardness, sunburn rate, surface and pulp color, total soluble solids (TSS), titratable acidity, pH value, vitamin C, lycopene, total phenol amount and antioxidant activity of organic and conventionally produced tomato fruits were compared. Fruit weight and sunburn rate were found to be significantly higher in conventionally produced tomato fruits than in organically produced ones. It was determined that TSS amount of conventionally and organically produced tomato fruits showed significant differences with the values of 4.31 % and 7.51 %, vitamin C amount was 14.43 and 18.93 mg 100 g⁻¹, lycopene amount was 78.74 and 95.67 mg kg⁻¹, respectively, and was higher in organically produced ones. Similarly, total phenol content, antioxidant activity and fruit surface color (a*/b*) of organically produced tomato fruits were found to be significantly higher than those of conventionally produced ones.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :03.05.2024

Kabul Tarihi :18.06.2024

Anahtar Kelimeler

Domates
üretim şekli
biyokimyasal özellikler
renk
briks

Research Article

Article History

Received :03.05.2024

Accepted :18.06.2024

Keywords

Tomato
production method
biochemical properties
color
brix

1. Giriş

Organik tarım, sentetik gübreler ve kimyasal ilaçlar kullanılmadan yapılan bir tarım sistemidir. Bu tarım sistemi, insan sağlığını, ekosistemleri ve toprak verimliliğini korumaya yönelik bir yaklaşımdır. Kimyasal gübre ve ilaçların zararlı etkilerinden kaçınarak, ekolojik süreçlere ve biyoçeşitliliğe dayanır. Konvansiyonel tarımda yoğun kimyasal kullanımı, çevresel ve sağlıkla ilgili birçok soruna yol açmıştır. Organik gıdaların sağlıklı ve kimyasalsız olması, 1990'lardan bu yana bu ürünlere olan talebi önemli ölçüde artırmıştır. Tarımsal üretimdeki radikal değişiklikler, yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren tarımın çevreye ve insan sağlığına zarar verip vermediği tartışmalarını beraberinde getirmiştir. Özellikle bitkisel üretimde kullanılan tarım ilaçlarının zararlarına dair birçok bilimsel araştırma mevcuttur. Bu ilaçlar, uygulandıkları alanların yanı sıra çok uzak ekosistemlerde de olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Özkan ve Akıncı, 2021 ; Tapkı ve ark., 2021).

Domates, dünyada en çok tüketilen taze sebzelerden biri olup, salça, püre, ketçap gibi türevlerin üretiminde hammadde olarak veya gıda sanayinde dondurulmuş ürün olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır. Domates aynı zamanda Akdeniz tipi beslenmede en yaygın kullanılan sebze olarak da tüketilmektedir. Sofralık, salça, kuru domates ve konserve sanayi amaçlı üretilen domates ülkemizde de en çok üretilen sebzelerdir.

Domates ve ürünleri insan sağlığı için gerekli olan besin maddeleri açısından zengin ve antioksidan kapasitesi yüksektir (Kanabur ve Reddy, 2014). Düzenli domates tüketiminin bazı kanser türleri ve kalp hastalıkları riskinin azaltılmasıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Uçurum ve ark., 2019).

Domates ülkemizde serada ve açık alanda diğer meyve ve sebze türlerinde olduğu gibi hem organik hem de konvansiyonel olarak yetiştirilmekte ve pazara arz edilmektedir. Organik ürünlerde gıda güvenliği ve kalitesine ilişkin çalışmaların sınırlı sayıda olması, araştırmanın çok yönlü ve geniş bir alana sahip olması bu konuda çatışmalara ve farklı

görüşlere yol açmıştır (Uçurum ve ark., 2019; Borguini ve ark., 2013).

Ülkemiz organik domates üretim miktarı yıllara göre önemli farklılık göstermektedir. Örneğin 2010 yılında gerçekleştirilen 12.118 ton olan organik domates miktarının 2014 yılında 8.500 ton olarak gerçekleştiği, son verilere göre de ülkemiz organik domates üretim miktarının 19.920 ton olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2023). Bu farklılığın sofralık tüketimden ziyade sanayi sektöründen (salça, kurutma ve konserve) gelen talep doğrultusunda dalgalanma gösterdiği belirtilmiştir (Duman ve Şen, 2019).

Domates meyvesinde araştırma konusu olan bazı fizikokimyasal özellikler bakım koşullarına, üretici alışkanlıklarına ve özellikle de ekolojik koşullara göre önemli oranda değişim gösterdiği belirlenmiştir (Vural ve ark., 2000). Benzer şekilde bitki besleme programı, kimyasal gübre kullanımı ya da organik kökenli besin maddelerinin kullanımı ile tarımsal mücadele amaçlı kullanılan kimyasal maddelerin de domates meyve özelliklerine olan etkisi ile birlikte insan beslenmesindeki etkisinin farklı olabildiği ifade edilmektedir. Ancak insan beslenmesindeki etkinliği konusunda yeterli çalışmaya rastlanılmamıştır. Buradan hareketle düzenlenen bu çalışmada organik sertifikalı üretim koşulunda üretilerek pazara arz edilen organik sertifikalı domates meyveleri ile konvansiyonel tarım sistemlerinde yetiştirilmiş domates meyvelerinin fizikokimyasal özelliklerinin karşılaştırılması ve insan beslenmesinde etkili özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, 2023 ve 2024 yıllarında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait laboratuvarlarda yürütülmüştür. Çalışma açık tarla koşullarında yaz ve kış dönemi süresince organik pazara ve konvansiyonel pazara ürün arz eden ve Urla-Nohutalan köyünde üretim yapan üreticiden alınan meyve örnekleriyle yürütülmüştür. Alınan meyve örnekleri hızla laboratuvara getirilerek analiz aşamasına geçilmiştir.

2.1. Materyal

Çalışmanın bitkisel materyalini Rio Grande çeşidi sanayi domatesi oluşturmuştur. İzmir ili çevresinde Urla-Nohutalan köyü ekosistemi içerisinde üretim yapan üreticiden (organik ve konvansiyonel) pazara sunulmak üzere hasat edilen meyvelerden alınan ortalama 2'şer kg meyve örneği (4 tekerrürlü) üzerinde çalışmada öngörülen fizikokimyasal özellikler belirlenmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

2.2. Yöntem

Meyve örneklerinde aşağıda verilen fiziksel ve kimyasal analizler 4 tekrarlı olarak yapılmıştır.

2.2.1. Meyve ağırlığı

Pazara arz amaçlı hazırlanan ürünlerden alınan 4 tekerrürlü meyve örneğinin toplam ağırlığının meyve adedine bölünmesi ile (g) hesaplanmıştır.

2.2.2. Meyve güneş yanıklığı oranı

Alınan örneklerdeki güneş yanıklığı zararı olan meyve adedi ve bu sayının toplam meyve adedindeki % oranı olarak belirlenmiştir.

2.2.3. Meyve sertliği

Her bir tekerrür örneğinden alınan 10 adet meyvenin ekvator bölgesinin iki tarafından 7.9 mm uç kullanılan meyve tekstür analiz (Fruit Texture Analyzer, GS-15, GÜSS Manufacturing Ltd., Güney Afrika) cihazı ile ölçüm yapılmıştır. Belirlenen değerler Newton (N) kuvvet olarak hesaplanarak verilmiştir.

2.2.4. Meyve yüzey ve meyve pulpu rengi

Meyve rengi, her tekerrürde 10 adet domates meyvesinin ekvator bölgesinin iki tarafından Minolta kolorimetresi (CR-400, Minolta Co., Tokyo, Japonya) ile CIE L*, a*, b* cinsinden ölçülmüştür. Cihaz, ölçümlerden önce standart beyaz kalibrasyon plakası (L*=97.26, a*=+0.13, b*=+1.71) ile kalibre edilmiştir. (McGuire, 1992). Meyve renk değerlerinin belirlenmesinden sonra parçalanarak elde edilen meyve pulpu örnekleri bir behere konarak üst kısımdan

renk ölçüm cihazının başına takılan özel bir aparat ile renkleri belirlenmiştir.

2.2.5. Suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı

Her tekerrürdeki domatesler katı meyve sıkacağından sıkıldıktan sonra elde edilen meyve suyu, filtre kağıdından süzöldükten sonra bundan alınan 3-5 damla meyve suyu örneğinde dijital refraktometre (Atago PAL-1, Japonya) yardımıyla SÇKM miktarı ölçülmüştür. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Karaçalı, 2016).

2.2.6. Titre edilebilir asit (TA) miktarı

Titre edilebilir asit miktarı meyvelerin parçalanması ile elde edilen domates suyundan alınan 5 ml örneğin üzerine 20 ml saf su eklenerek 0.1 N NaOH ile pH 8,1'e kadar titre edilmiştir ve harcanan NaOH miktarından hesaplanarak ve g sitrik asit 100 ml⁻¹ olarak ifade edilmiştir. (Karaçalı, 2016).

2.2.7. Meyve pulpu pH değeri

Örneklere ait her tekerrürden elde edilen meyve suyunun pH'sı pH metre (Mettler Toledo MP220) yardımıyla ölçülmüştür.

2.2.8. Etüv kuru ağırlık değeri

Doğranmış meyve örnekleri 65 °C etüvde 7 gün kurutulduktan sonra yapılan tartım sonucu yaş ve kuru örneklerden değişim oranı (%) olarak hesaplanmıştır.

2.2.9. C Vitamini (L-Askorbik Asit) miktarı

Domates meyvelerinden her bir tekerrürü temsil edecek şekilde alınarak 25 g örnek Waring ticari blender (Blender 8011ES, ABD) ile 25 ml oksalik asit (% 0.4) ilave edilerek parçalanmış ve filtre kağıdından süzölmüştür. Bu süzükten alınan örneklerde C vitamini (L-askorbik asit) miktarı 2.6-dikloroindofenol ile titrimetrik metod AOAC, (1995) kullanılarak spektrofotometrde (Varian Bio 100, Avustralya) 518 nm dalga boyunda ölçülerek ve sonuçlar mg C vitamini 100 g⁻¹ olarak verilmiştir.

2.2.10. Toplam fenol miktarı

Domates meyvelerinden alınan 5 g örneğe 25 ml metanol eklenerek 2 dakika

homojenizatör (Ika Ultra-Turrax T18 Basic, Almanya) ile orta hızda homojenize edildikten sonra 14-16 saat 4 °C'de karanlık koşullarda bekletilmiştir. Örnekler filtre kağıdından süzülerek tüplere alınmış ve analiz edilinceye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir (Thaipong ve ark., 2006). Toplam fenol miktarı analizi Folin-Ciocaltaeu kalorimetrik yöntemi modifiye edilerek spektrofotometre (Varian Bio 100, Avustralya) ile yapılmıştır (Zheng ve Wang, 2001). Ekstrakte edilen örneklerden 150 µl ekstrakta 2400 µl saf su, 150 µl folin-ciocaltaeu (1:10) çözeltisi konarak 30-40 saniye vortekste (Heidolph Reax Top, Almanya) karıştırılmıştır. 3-4 dakika sonra 300 µl sodyum karbonat (Na₂CO₃, 1 N) ilave edilerek 20 °C'de karanlık koşullarda 2 saat bekletilmiştir. Çözeltiler spektrofotometrede 725 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Bu yöntemde gallik asidin farklı konsantrasyonlarında (mg L⁻¹) hazırlanan standart çözeltiler ile kurve çizilerek sonuçlar hesaplanmıştır. Domates meyvelerinde bulunan toplam fenol miktarı mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

2.2.11. Likopen miktarı

Çözücü olarak kullanılan aseton ile muamele ve homojenize edilen domates örneğinden elde edilecek ekstrakta meydana gelen renk 503 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülerek ve aşağıdaki formülle hesaplanarak sonuçlar mg kg⁻¹ olarak verilmiştir (Davis ve ark., 2003).

Likopen (mg kg⁻¹)= 62,43*OD503 / örnek ağırlığı

2.2.12. Antioksidan aktivitesi

Antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) yöntemi kullanılmıştır. Ekstrakte edilen örneklerden 150 µl ekstrakta 2850 FRAP çalışma solüsyonu eklenerek 30 dakika 20 °C'de karanlık koşullarda bekletilmiştir. Çözeltiler spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. 25-400 µmol L⁻¹ konsantrasyonları arasında

hazırlanan standart trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid) çözeltiler ile kurve çizilerek sonuçlar hesaplanmıştır. Domates meyvesinde saptanan antioksidan aktivitesi değerleri µmol trolox eşdeğeri (TE) g⁻¹ olarak verilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

2.3. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi

Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış, elde edilen verilerin değerlendirilmesinde t-testi kullanılmış ve uygulamalar arasındaki farklılıklar P≤0.05 önemlilik düzeyinde ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmadan elde edilen bulgular belirlenen parametrelere ayrı ayrı irdelenmiştir. Organik domatesler ile konvansiyonel domateslerin ortalama meyve ağırlık değerleri arasındaki fark P≤0.01 güvenle önemli bulunmuştur. Konvansiyonel meyvelerin ağırlık değeri organik meyvelerin ağırlıklarına göre önemli oranda daha yüksek bulunmuştur Organik ve konvansiyonel domates meyvelerinin ortalama ağırlık (g) değeri sırası ile 94.61 g ve 114.74 g olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Meyve kalitesini önemli oranda olumsuz etkileyen ve özellikle açık tarla domates yetiştiriciliğinde her geçen yıl artan sıcaklık değerine paralel olarak zarar oranı artan meyve güneş yanıklık oranı (%) bakımından da organik ve konvansiyonel meyveler arasındaki fark P≤0.01 güvenle önemli bulunmuştur. Organik domates meyvelerinde belirlenen % 5.12 güneş yanıklık oranı ile konvansiyonel meyvelerde belirlenen % 23.61 oranına göre daha düşük bulunmuştur (Tablo 1). Meyve ağırlık ve meyve güneş yanıklık oranı değerlerinin aksine meyve sertlik değeri (N) bakımından ise organik ve konvansiyonel meyveler arasında istatistiki anlamda önemli fark saptanmamıştır. Meyve sertlik değeri organik meyvelerde 35.71 N, konvansiyonel meyvelerde ise 36.61 N bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Uygulamalara göre belirlenen bazı meyve fiziksel özellikleri

Uygulama	Meyve ağırlık (g)	Meyve güneş yanıklığı oranı (%)	Meyve sertliği (N)
Organik	94.61	5.12	35.71
Konvansiyonel	114.74	23.61	36.61
Önem düzeyi	**	**	öd

** P = 0.01'e göre önemli. öd: önemli değil

Organik ve konvansiyonel domates meyvelerinde yukarıda belirlenen bazı fiziksel özellikler bakımından elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, konvansiyonel domates meyvelerinin organik meyvelere göre daha yüksek meyve ağırlığı ve meyve güneş yanıklık oranı gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşın meyve sertlik değeri bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Elbette ki bu farklılıkların belirlenmesinde ekolojik koşullar, yetiştirme yöntemi ve uygulanan bakım koşullarının etkisi fazladır. Ancak konvansiyonel koşullarda yapılan üretimde uygulanan özellikle kimyasal gübrelerin bitki tarafından organik preparatlara göre daha hızlı alınması ve yarayışlı hale geçmesi hem bitki gelişiminde hem meyve ağırlığında ve verim değerinde önemli oranlarda artış gösterebilmektedir. Çalışmada aynı ekolojide çalışılmış olmasına rağmen konvansiyonel koşullardaki üretimdeki sınırsız uygulamaların meyve ağırlığında artış sağladığı tahmin edilmektedir. Buna karşın konvansiyonel üretimde meyve güneş yanıklığındaki yüksek oran, bitki habitusunun küçük olması, bitkinin az yapraklı gelişmesi ve meyveleri yeterli şekilde örtmemesinde kaynaklanmış olacağı tahmin edilmektedir. Nitekim benzer amaçlar ile yürütülen çalışmalarda da elde edilen bulgular çalışma bulgularını destekler nitelikte bulunmuştur. Örneğin organik ve konvansiyonel yöntemlerle yetiştirilen sera domateslerinin azot alımı ve meyve kalitesi arasındaki farkların incelendiği çalışmada, organik yöntemle yetiştirilen domateslerin ortalama meyve ağırlığının genellikle daha düşük kaldığını, bazı domates çeşitlerinde de yetiştirme sisteminin meyve sertliğini etkilediğini, yetiştirme yöntemlerinin bazı

domates çeşitlerinde daha yüksek sertlik değeri sağladığı rapor edilmiştir (Gravel ve ark. 2010). Yine çalışmamızda belirlenen organik domates meyvelerindeki düşük güneş yanıklık oranı bulgusu, organik ve konvansiyonel sistemlerin karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada organik yöntemlerle yetiştirilen domateslerin güneş yanıklığına karşı daha dayanıklı olabildiği bulgusu ile benzerlik göstermiştir (Uthairatanakij ve ark., 2017). Burada konvansiyonel üretimdeki yabancı ot mücadelesinde herbisit kullanımı ile yabancı ot gelişiminin büyük oranda engellenmesi nedeniyle Urla gibi sıcak ekolojide meyvelerin güneşe maruz kalma riskini artırmaktadır. Halbuki organik üretimde yabancı ot mücadelesi ancak el ile yapıldığından özellikle bitki sıra üzerlerinde kalan yabancı otların meyvelere gölgeleme yapmasının etkisi ile güneş yanıklığının bir ölçüde engellendiği öngörülmektedir.

Çalışmada belirlenen SÇKM miktarı (briks) değeri bakımından uygulamalar arasında istatistikteki anlamda önemli fark bulunmuştur ($P \leq 0.01$). Organik domates meyveleri % 7.51 SÇKM miktarı ile konvansiyonel domates meyvelerinin SÇKM miktarından (% 4.31) belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Bu bulgu organik sertifikalı üretilen domates meyveleri için önemli oranda arzu edilen bir özellik olmuştur.

Hem sofralık tüketimde hem de salça olarak değerlendirmede önemli parametrelerden olan pH değeri bakımından ise uygulamalar arasında istatistiki anlamda önemli bir fark belirlenmemiştir. Organik ve konvansiyonel domates meyvelerinde belirlenen pH değeri sırası ile 4.20 ve 4.18 olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Uygulamalara göre belirlenen bazı meyve fiziksel özellikleri

Uygulama	SÇKM miktarı (Briks) (%)	pH	TA miktarı	Kuru ağırlık oranı (%)
Organik	7.51	4.20	0.572	8.75
Konvansiyonel	4.31	4.18	0.408	6.67
Önem düzeyi	**	öd	**	**

** P = 0.01'e göre önemli. öd: önemli değil

Diğer bir yandan yapılan çalışmada belirlenen ve domatesin önemli kalite özelliklerinden olan titre edilebilir asit (TA) miktarı ve kuru ağırlık oranı organik ve konvansiyonel uygulamalar arasındaki fark $P \leq 0.01$ güvenle önemli bulunmuştur. TA miktarı organik meyvelerde 0.572 g sitrik asit 100 ml⁻¹ bulunmasına karşın konvansiyonel meyvelerde bu değer 0.408 g sitrik asit 100 ml⁻¹ tespit edilmiştir. Benzer şekilde organik meyvelerde belirlenen % 8.75 kuru ağırlık oranı konvansiyonel meyvelerde % 6.67 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Her iki parametre bakımından da organik meyvelerin lehine olumlu artış belirlenmiştir. Çalışmada belirlenen briks, pH, TA ve kuru ağırlık değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, organik sertifikalı olarak üretilmiş Rio Grande çeşidi domates meyvelerinin briks, TA miktarı ve kuru ağırlık oranı değerleri konvansiyonel koşullarda üretilen meyvelere göre önemli oranda yüksek bulunmuştur. Organik koşullarda yapılan üretimde kullanılan girdilerin organik kökenli olması, üretim yapılan toprağın organik sertifikalı olması ve toprak biyolojik özellik değerlerinin yüksek olması nedeniyle bitki tarafından alınan besin maddelerinin dengeli olması, hızlı olması ve kolay alınabilir formda olması nedeniyle önemli oranda yüksek çıkmasını sağlamıştır (Kayıkçıoğlu ve ark., 2020).

Kuzeydoğu Yunanistan'da serada benzer amaçlı yürütülen bir çalışmada organik "Elpida F1" domates çeşidinde briks değeri konvansiyonel serada yetiştirilen meyvelere göre daha yüksek bulunmuştur. (Kapoulas ve ark., 2011).

Konvansiyonel ve organik koşullarda yetiştirilen domates meyveleri arasındaki titre edilebilir asit değerlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, briks değerlerine benzer

şekilde yine organik meyvelerde (0.36 g 100 ml⁻¹) konvansiyonel meyvelere (0.28 g 100 ml⁻¹) göre daha yüksek titre edilebilir asitlik (TA) değeri belirlenmiştir (Oliveira ve ark., 2013). Bu sonuçlar, çalışmamızdan elde etmiş olduğumuz bulgular ile paralellik göstermiştir.

Ancak Rahman ve ark. (2021) konvansiyonel olarak yetiştirilen domateslerin bazı durumlarda daha yüksek TA miktarına sahip olabildikleri ifade etmişlerdir. Ayrıca farklı toprak bünyesinde yetiştirilen Uno Rosso ve H-5803 domates çeşitleri üzerinde yapılan bir çalışmada farklı toprak bünyelerinin pH değerini değiştirdiği bulunmuştur (Nas ve ark., 2018; Türk ve ark., 2019). Bu farklılıkların elbette ki bakım koşulları, ekolojik koşullar, çeşit, uygulamalar ve toprak özellikleri ile doğrusal ilişkili olduğu unutulmamalıdır. Ancak yapılan literatür taramalarında özellikle briks değerlerinin organik sertifikalı üretilen domateslerde daha yüksek tespit edildiği de belirlenmiştir.

Çalışmada organik ve konvansiyonel domateslerin C vitamini içeriği bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistikî anlamda önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Organik ve konvansiyonel domateslerin C vitamini içeriği sırasıyla 18.93 mg 100 g⁻¹ ve 14.43 mg 100 g⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Organik sertifikalı domates meyvelerinde belirlenen bu sonuç organik yetiştirilen domatesin daha yüksek besin değeri ve lezzeti açısından pazarlanabilirliğini arttıracak nitelikte olduğunu göstermektedir.

Domates meyvesi içeriğinde yer alan ve güçlü bir antioksidan olan likopen miktarı bakımından ise organik ve konvansiyonel domateslerin arasındaki fark $P \leq 0.01$ güvenle önemli bulunmuştur. Likopen miktarı organik ve konvansiyonel domates meyvelerinde sırasıyla 95.67 mg kg⁻¹ ve 78.74 mg kg⁻¹ bulunmuştur. C vitamini içeriğine benzer

şekilde organik sertifikalı meyvelerde de likopen değeri önemli oranda yüksek bulunmuştur (Tablo 3). Domates meyvelerinin toplam fenol miktarına üretim yöntemlerinin etkisi istatistiki anlamada ($P \leq 0.01$) farklılıklar göstermiştir. Organik domates meyvelerinde 111.43 mg GAE 100 g⁻¹ olarak belirlenen toplam fenol miktarı, konvansiyonel meyvelerde 82.15 mg GAE 100 g⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Toplam fenol miktarı bakımından organik meyveler lehine belirlenen bu fark organik koşullarda üretilen

domates meyveleri ile beslenmenin önemini ortaya koymuştur.

Farklı üretim yöntemlerinin domates meyvelerinin antioksidan aktivitesine önemli ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Organik domates meyvelerinin antioksidan aktivitesi (5.22 µmol TE g⁻¹) konvansiyonel domates meyvelerin antioksidan aktivitesine (2.94 µmol TE g⁻¹) göre önemli oranda daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Uygulamalara göre belirlenen bazı meyve kimyasal özellikleri

Uygulama	C vitamini (mg 100 g ⁻¹)	Likopen miktarı (mg kg ⁻¹)	Toplam fenol (mg GAE 100 g ⁻¹)	Antioksidan aktivitesi (µmol TE g ⁻¹)
Organik	18.93	95.67	111.43	5.22
Konvansiyonel	14.43	78.74	82.15	2.94
Önem düzeyi	*	**	**	**

0.01'e göre önemli. * $P = 0.05$ 'e göre önemli. öd: önemli değil

Organik ve konvansiyonel meyvelerde belirlenen bazı kimyasal özelliklere ait bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmamızdaki organik ve konvansiyonel tarım yöntemiyle yetiştirilmiş Rio Grande sanayi tipi domates meyvelerinin organik sistemle yetiştirilenlerin daha yüksek C vitamini, likopen, toplam fenol miktarı ve daha yüksek antioksidan aktivitesi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Domatesin yapısında bulunan fenolik bileşikler ve bol miktardaki C vitamini (L- askorbik asit) domatesin besleyici değerini artıran yapılarıdır (Durmuş ve ark., 2018). Ancak domates meyvesinin kimyasal bileşiminin çeşit, olgunluk düzeyi ve yetiştiği bölgenin çevresel koşulları gibi faktörlere de bağlı olduğu göz ardı edilmemelidir. Çünkü olgunluk aşamasının ve depolama sıcaklığının nihai ürünün besin değerini önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir (Uçurum ve ark., 2019). Nitekim Zoran ve ark. (2014) yürüttükleri benzer bir çalışmada, organik ve konvansiyonel tarım sistemiyle üretilen domates çeşitlerinde ortalama C vitamini içeriğini 11.9 mg 100 g⁻¹ bulunduğunu, en yüksek değer de çalışmamız bulgularını destekler şekilde organik sertifikalı üretimden (14.3 mg 100 g⁻¹) elde edildiğini belirtmişlerdir.

Benzer amaçla yürütülen bir diğer çalışmada ise, organik domateslerin konvansiyonel domateslere göre daha yüksek seviyelerde fenolik bileşikler (p-kumarik asit, kafeik asit vb.) içerdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar bu yüksek içeriği de organik tarım yöntemlerinin bitkiler üzerinde yarattığı strese bağlamaktadırlar. Bu stresin, bitkilerin daha fazla antioksidan üretmesine neden olduğu ileri sürülmüştür (Vallverdú-Queralt ve ark., 2012). Benzer şekilde Zoran ve ark. (2014) organik sertifikalı domates meyvelerinin ortalama likopen içeriğinin 2.92 mg 100 g⁻¹, konvansiyonel domateslerin ise 2.84 mg 100 g⁻¹ olduğunu tespit etmişlerdir. Likopen miktarlarının karşılaştırıldığı diğer çalışmada ise organik ve konvansiyonel sistemle üretilen domates çeşitlerinin likopen miktarları sırasıyla 1.20 ve 1.31 mg kg⁻¹ bulunmuştur. Likopen miktarının domates çeşidine bağlı önemli bir değişim göstermediğini belirten araştırmacılar ancak ekolojinin ve bakım uygulamalarının etkisine dikkat çekmişlerdir (Riahi ve ark., 2009; Duman ve ark., 2017; Duman ve Damar, 2016). Domates üretimi yapılan ekoloji, uygulanan bakım işlemleri, gübreleme programı, hastalık ve zararlı mücadelesi ile çeşitlerin etkisi likopen miktarı başta olmak

üzere birçok biyokimyasal özellik üzerinde etkili olabilmektedir (Vural ve ark. 2000). Benzer şekilde antioksidan aktivitesinin de geleneksel ve organik domates yetiştirme sistemlerinde farklılık gösterdiğini belirten Vallverdú-Queralt ve ark. (2011) yaptıkları benzer amaçlı çalışmada organik domates meyve pulpunda belirlenen antioksidan aktivitesi değerinin 3.25-3.82 mmol TE 100 g⁻¹, konvansiyonel üretilen domates meyve pulpunda ise 1.50-2.90 mmol TE 100 g⁻¹ olduğu ifade edilmiştir.

Domates meyvelerinde mevcut diğer bir biyokimyasal özellik olan toplam fenol miktarının değişimi üzerinde yapılan çalışmalarda, organik sistemdeki üretimde bitkilerin daha fazla oksidatif strese maruz kalması ve bu durumun savunma mekanizması olarak daha fazla fenol bileşiği üretimine yol açması nedeniyle toplam fenol miktarının yüksek çıktığını belirlenmiştir (Oliveira ve ark., 2013). Oliveira ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, organik olarak yetiştirilen domateslerin toplam fenol miktarının 308-556 mg GAE kg⁻¹ arasında değiştiğini, konvansiyonel olarak yetiştirilenlerde ise yaklaşık 250 mg GAE kg⁻¹ bulunduğunu belirtmişlerdir (Oliveira ve ark., 2013).

Domatesin meyve yüzey rengi ve meyve pulpu rengi fiziksel önemli kalite parametresidir. Yüksek L* değeri, domatesin daha parlak ve açık renkli olduğunu gösterir. Aynı zamanda domatesin olgunluğu, hasat zamanı ve kalitesi hakkında bilgi verir. Domates meyvesinde pozitif a* renk değeri değerinin daha yüksek olması domatesin daha kırmızı olduğunu ve olgunlaştığını gösterir. Domateste bir diğer renk değeri olan b* değeri domatesin renginin daha sarı olduğunu

gösterir. Hafifçe olgunlaşmış domatesler veya sarı domates türleri yüksek pozitif b* değerine sahip olabilir.

Çalışmada organik ve konvansiyonel domateslerde meyve yüzey rengi L* değeri sırasıyla 43.24 ve 44.96 olarak bulunmuştur. Domatesin daha kırmızı ve olgunluğunu gösteren a* renk değeri organik domateste 34.01, konvansiyonel domateste 32.89 değerinde bulunmuştur. Bu iki renk değeri kıyaslandığında istatistikteki anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 4).

Organik ve konvansiyonel domateste meyve pulpu a* renk değeri sırasıyla 21.13 ve 19.73; meyve pulpu b* renk değeri 14.77 ve 14.84 bulunmuştur. Bu renk değerlerinde istatistikteki anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Çalışmamızda organik ve konvansiyonel domateslerin a*/b* oranı sırasıyla 1.44 ve 1.33 bulunmuştur. Bu renk değerlerinde de istatistikteki anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 4).

Organik ve konvansiyonel domates meyve yüzey rengi b* değeri arasında önemli farklar tespit edilmiştir (P ≤ 0.01). Organik ve konvansiyonel domatesin meyve yüzey rengi b* değeri sırasıyla 28.66 ve 34.90 olarak belirlenmiştir. Konvansiyonel domateslerin meyve yüzeyi b* değeri organik domatesler göre daha yüksek çıkmıştır. Fakat domatesin olgunluğu ve renk doygunluğunu gösteren meyve yüzey rengi a*/b* oranına bakıldığında organik ve konvansiyonel domateslerde sırasıyla 1.19 ve 0.94 bulunmuştur (P ≤ 0.01 - Tablo 4). Bu oranın organik domateste yüksek olması daha yoğun kırmızı renk ve dolayısıyla daha çekici bir görünüm sağlamaktadır.

Tablo 4. Uygulamalara göre belirlenen meyve ve meyve pulpu renk özellikleri

Uygulama	Meyve kabuk rengi				Meyve pulpu rengi			
	L*	a*	b*	a*/b*	L*	a*	b*	a*/b*
Organik	43.24	34.01	28.66	1.19	62.44	21.13	14.77	1.44
Konvansiyonel	44.96	32.89	34.90	0.94	54.05	19.73	14.84	1.33
Önem düzeyi	öd	öd	**	**	*	öd	öd	öd

0.01'e göre önemli. * P = 0.05'e göre önemli. öd: önemli değil

Meyve pulpu rengi L* değerlerini incelediğimizde organik ve konvansiyonel domateslerde olmak üzere sırayla 62.44 ve 54.05 bulunmuştur. Meyve pulpu L* değerleri arasında organik domatesin lehine istatistiki anlamda önemli fark bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Bu değerlerin meyve pulpunda yüksek olması domatesin daha canlı, parlak renkte olmasını ve doğal olarak pazarlanabilirliği ve kalitesini arttırır.

Organik ve konvansiyonel yöntemlerle yetiştirilen domateslerin renk değişiminin incelendiği çalışmada, her iki yetiştirme yönteminin meyve yüzey renginde önemli bir fark yaratmadığı belirtilmiştir (Zoran ve ark., 2014). Ancak, organik domateslerin likopen içeriğinin daha yüksek olduğu ve bu nedenle daha yoğun kırmızı renkte olduğu ifade edilmiştir (Zoran ve ark., 2014). Bu bulgular yaptığımız çalışmaya benzer sonuçlar göstermiştir. Likopen kırmızı domateste en çok bulunan karotenoid olup, domatese kırmızı rengini verir ve olgun domateslerde daha yoğun miktarda bulunur (Kapoulas ve ark., 2011). Özellikle meyve yüzey rengi ve meyve pulpu a* değeri incelendiğinde anlamlı bir fark bulunmasa da çalışmamızda organik domateslerde likopen daha fazla bulunmuştur (Tablo 3). Aynı zamanda çalışmada meyve yüzey rengi ve meyve pulpu renginin a* değeri organik domateste daha yüksek değerde bulunmuştur. Bu bulgulardan yola çıkarak Tablo 3'te yer alan likopen değerleri organik domateslerde daha fazla bulunmasını açıklayabilir.

Sonuç

Çalışma sonucunda, konvansiyonel domates örneklerine kıyasla organik domates örneklerinin güneş yanıklığına karşı daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Ancak, meyve ağırlığı ve meyve sertliği açısından elde edilen sonuçlarda, organik üretim lehine bir sonuç elde edilmemiştir. Benzer şekilde, en yüksek suda çözünür kuru madde miktarı, meyve kuru ağırlık oranı, TA miktarı, C vitamini, likopen, toplam fenol ve antioksidan aktivitesi yine organik üretim yapılan domates örneklerinden elde edilmiştir. Ancak, meyve suyu pH değeri, meyve yüzey rengi a* değeri

ve pulp rengi a* değerinde önemli farklılıklar elde edilmemiştir. Sonuçlar, organik üretim ile elde edilen domates meyvelerinin, insan sağlığı açısından önemli yararları olan C vitamini, likopen, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitesinin konvansiyonel üretime göre daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, (<http://www.tuik.gov.tr>), (Erişim tarihi: 31.03.2024).
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA.
- Benzie, I., Strain, J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (frap) as a measure of "antioxidant power: the frap assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70-76.
- Borguini, R., Bastos, D.H.M., Moita-Neto, J. M., Capasso, F.S., Silva Torres A.F., 2013. Antioxidant potential of tomatoes cultivated in organic and conventional systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(4): 521-529.
- Davis, A., Dale, N.M., Ferreira, F.J., 2003. Pearl millet as an alternative feed ingredient in broiler diets. *Journal of Applied Poultry Research* , 2(12): 137-144.

- Duman, İ., Damar, A.V., 2016. Sanayi domatesi üretiminde kullanılan çeşitlerde aranan kalite parametreleri, *Harman Time Dergisi*, 4(39): 48-56.
- Duman, İ., Nas, Y., Damar, A., 2017. Sanayi Domates Tarımı. Tarım Gündem Dergisi Yayını, Hürriyet Matbaası, No: 109, İzmir.
- Duman, İ., Şen, F., 2019. Kuru domates üretiminde kaliteli ürün eldesini etkileyen faktörler, *Harman Time Aylık Bitkisel Üretim Dergisi*, 7(78): 30-38.
- Durmuş, M., Yetgin O., Abed, M.M., Haji, E. K., Akcay, K., 2018. Domates bitkisi, besin içeriği ve sağlık açısından değerlendirmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(2): 59-74.
- Gravel, V., Blok, W., Hallmann, E., Carmona-Torres, C., Wang, H., Van De Peppel, A., Van Bruggen, A., 2010. Differences in N uptake and fruit quality between organically and conventionally grown greenhouse tomatoes. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2010): 797–806.
- Kanabur, V., Reddy, L., 2014. A study on antioxidant property of organic and conventional tomatoes. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(5): 12-17.
- Kapoulas, N., Zoran, S., Đurovka, M., Trajković, R., Milenković, L., 2011. Effect of organic and conventional production practices on nutritional value and antioxidant activity of tomatoes. *African Journal of Biotechnology*, 10(71): 15938-15945.
- Karaçalı, İ., 2016. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza Ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 634: İzmir.
- Kayıkçıoğlu, H., Duman, İ., Aşçıoğlu T., Elmacı, Ö. L., 2020. Effects of tomato-based rotations with diversified pre-planting on soil health in the mediterranean soils of western Turkey. *Agriculture Ecosystems & Environment journal*. 299(106986): 1-13.
- McGuire, R.G. , 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12): 1254-1255.
- Nas, Y., Türk, B., Duman, İ., Şen F., Tuncay, Ö., 2018. Farklı toprak özelliklerinin sanayi domatesi üretiminde meyve ph değeri, verim ve bazı kalite özelliklerine etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(3): 311-318.
- Oliveira, A., Moura, C., Gomes-Filho, E., Marco, C., Urban, L., Miranda, M., 2013. The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. *PLoSOne*, 8(2): 1-6.
- Özkan, R., Akıncı C., 2021. Organik ve konvansiyonel koşullarında bazı makarnalık buğday (*Triticum durum L.*) genotiplerinin performanslarının değerlendirilmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2): 439–455.
- Rahman, S., Mele, M., Lee, Y.T., Islam, M., 2021. Consumer preference, quality, and safety of organic and conventional fresh fruits, vegetables, and cereals. *Foods*, 10(105): 1-17.
- Riahi, A., Hdider, C., Sanaa, M., Tarchoun, N., Kheder M. B., Guezal I., 2009. Effect of conventional and organic production systems on the yield and quality of field tomato cultivars grown in Tunisia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009(89): 2275–2282.
- Tapkı, N., Öztrornacı, B., Davran, M. K., 2021. tarımsal çevre kirliliği açısından üreticilerin bilinç düzeyi: Doğu Akdeniz Bölgesi örneği. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(3): 641–651.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Kevin, C., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D. H., 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6–7(19): 669-675.

- Türk, B., Nas, Y., Duman, İ., Şen, F., Tuncay, Ö., 2019. Sanayi domatesi üretiminde toprak tipi ve çeşit seçiminin verim ve meyve kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(3): 337-343.
- Uçurum, Ö., Variş, S., Alp, H., Keskin, M., 2019. A comparative study on chemical composition of organic versus conventional fresh and frozen tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3): 1-11.
- Uthairatanakij, A., Aiama-or, S., Jitareerat, P., Maneenoi, A., 2017. A preliminary comparison of antioxidants of tomato fruit grown under organic and conventional systems. *Horticulturae*, 3(21): 1-6.
- Vallverdú-Queralt, A., Jáuregui, O., Medina-Remón, A., Lamuela-Raventós, R., 2012. Evaluation of a method to characterize the phenolic profile of organic and conventional tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(13): 3373–3380.
- Vallverdú-Queralt, A., Medina-Remón, A., Casals-Ribes, I., Lamuela-Raventós, R.M., 2011. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices. *Food Chemistry*, 130(2012): 222–227.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). E. Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, E.Ü Basımevi, No: 440, İzmir.
- Zheng, W., Wang, S.Y., 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11): 5165-5170.
- Zoran, I., Nikolaos, K., Ljubomir, Š., 2014. Tomato fruit quality from organic and conventional production. V. Pilipavicius (Ed), *Organic Agriculture Towards Sustainability*, IntechOpen, Litvanya, s.147-169.

Atıf Şekli

Çalım, K.P., Duman, İ., 2024. Organik ve Konvansiyonel Üretilen Sanayi Tipi Domates Meyvelerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(3): 822-832.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13252885>.

To Cite

Çalım, K.P., Duman, İ., 2024. Determination of Physicochemical Properties of Organic and Conventionally Produced Preprocessing Type Tomato Fruits. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 822-832.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13252885>.



Efficacy of Spinetoram Against Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Muhsin Yunus DERİCİ¹ , Ahmet Güray FERİZLİ² , Mevlüt EMEKÇİ² 

¹ Pest Control Central Research Institute, Ankara

² Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Ankara

*Corresponding author: myd_307@hotmail.com

Abstract

This study, conducted at Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ankara University, aimed to evaluate the efficacy of Spinetoram (Radiant 120 SC) against the red flour beetle, *Tribolium castaneum*, across three temperatures (20, 25, and 30 °C) and at 65% relative humidity. Adults of *T. castaneum* were exposed to soft wheat treated with Spinetoram at concentrations of 0.01, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.00, 5.00, and 10.00 ppm in PVC vials for of 1, 2, 3, 7, and 15 days. Bioassays at each dose rates were repeated 3 times with three replicates each. Adult mortality data were analyzed by repeated measures analysis of variance technique and the differences between the means were determined by Tukey's test. Mortality rates were found to be proportional to the dose, temperature, and exposure time. At 0.01, 0.25, 0.5, and 0.75 ppm doses, mortality rates were similar to those of the controls. At 1 ppm dose, mortality rates were 37.04 %, 52.59 %, and 72.59 % after 15 days of exposure at 20, 25 and 30 °C, respectively. The mortalities were 80.74 %, 68.52 % and 81.85 % at 2 ppm dose, 92.59 %, 98.15 %, 90.37 % at 5 ppm dose, and 98.89 %, 99.26 % and 99.63 % at 10 ppm dose, respectively. The development of F1 adults was significantly suppressed at 2 ppm, with the suppression rates of 80.0 %, 63.7 %, and 45.3 % at 20, 25, and 30 °C, respectively. In conclusion, Spinetoram can be considered as an alternative to chemical protectants in the control of *T. castaneum*.

Research Article

Article History

Received :04.05.2024
Accepted :18.06.2024

Keywords

Tribolium castaneum
F1 development
spinetoram
wheat
adult mortality

1. Introduction

Wheat has been the most fundamental food source for humans throughout history. The history of collecting grains from nature dates back to 17,000 BCE (Tanno and Willcox, 2006). It is known that wheat was first domesticated in southeastern Turkey (Diamond, 2006). Today, it is known that there are many types of wheat and wheat is generally divided into three groups. These are defined as durum, bread and biscuit wheat (Kurt, 2012). Wheat has historically been one of the most internationally traded agricultural commodities. The main reason for this is that wheat is a staple food for many countries.

In recent years, the global population density has been steadily increasing, leading to a corresponding rise in the demand for food. Therefore, it is important to develop different methods to achieve high yields in agricultural production, which plays a crucial role in human nutrition, and to protect it from agricultural pests (Schöller et al., 1997; Azizoglu et al., 2011). From farm to fork, a range of factors can cause product losses at each stage. The causes of these losses may include climate events, diseases and pests, and agricultural infrastructure problems. Typically, losses caused by organisms of animal origin in stored products are estimated to be an annual average of 10 % (Donahaye and Messer, 1992). This damage rate can vary depending on the level of contamination. Studies have shown that losses caused by stored product pests can reach up to 100 % (Sallam, 2013).

The flour beetle, *Tribolium castaneum*, is a widespread pest of stored products, particularly those derived from wheat, such as flour. This species also inflicts damage on products like pasta, dried fruits, biscuits, and nuts, leading to significant losses (Sinha and Watters, 1985; Mills and Pedersen, 1990; Karunakaran et al., 2004). Additionally, this pest has a very high reproductive potential (Prakash et al., 1987).

Chemical control of these agricultural pests has been ongoing for a long time (Jackson and Jaronski, 2009). In recent years, studies have

shown that the intensive use of chemicals has negative effects on human health, food safety, and the environment (Moore and Prior, 1993; Arthur, 1996; Zettler and Arthur, 2000; Ayvaz et al., 2008; Teng et al., 2013; Zhang et al., 2016; Tang et al., 2018; Perez-Parada et al., 2018; Al-Ghaim et al., 2019). The most common method used to combat stored product pests is chemical control, and it is reported that approximately 297 tons of pesticides are used for this purpose in our country (Emekçi and Ferizli, 1999).

Due to the successful results, synthetic pesticides are being heavily used in the fight against stored product pests (Tiryaki et al., 2010). These pesticides include crop protectants such as malathion, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos-methyl, as well as fumigants like methyl bromide and aluminum phosphide (Bond et al., 1984; Taylor, 1994). Recently, with the increasing environmental awareness and the negative effects of pesticides on human health, there has been a search for alternatives that are more rapidly and easily degradable compared to synthetic chemicals, and have minimal impact on non-target organisms and the environment (Arnason et al., 1989; Feng and Isman, 1995; Wewetzer, 1995).

Spinetoram is a low-risk commercialized insecticide resulting from the chemical modification of spinosyns (spinosyn L and J) produced by the fermentation of the bacterium *Saccharopolyspora spinosa*, which belongs to the Actinomycete class (Mertz and Yao, 1990; DeAmicis et al., 2011). Compared to spinosad, spinetoram is a new spinosyn insecticide with faster action and higher potency (Dripps et al., 2008). When examining the mechanism of action of spinetoram, it is found to be effective on nicotinic acetylcholine and gamma-aminobutyric acid (GABA) receptors (Williams et al., 2003; Dripps et al., 2008). Spinetoram shares the same mechanism of action as spinosad, being effective through both contact and ingestion. When the correct dose rate is applied, it causes the pest to stop feeding within 24 hours, leading to death (Dripps et al., 2008).

Spinetoram is a broad-spectrum insecticide effective against harmful insects on numerous plants. It is effective against orders such as Lepidoptera, Thysanoptera, and Diptera. When applied at low rates, spinetoram shows low toxicity to predators belonging to the families Coccinellidae and Chrysopidae, as well as those in the order Hemiptera (DeAmicis et al., 1997; Copping and Menn, 2000; Williams et al., 2003; Gamal et al., 2007; Mahmoud and Osman, 2007). Spinosad is an insecticide with low toxicity to mammals, with an oral acute LD50 value of > 5000 mg kg⁻¹ in rat trials (Thompson et al., 2000). Spinetoram was reported to be less toxic to the wasp *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) than spinosad (Besard et al., 2011).

In this study, it was aimed to evaluate the lethal efficacy of Spinetoram, against *Tribolium castaneum* adults at different dose rates under 3 different temperatures (20 °C, 25 °C, and 30 °C) in the laboratory.

2. Materials and Methods

2.1. Test species

In this study, *Tribolium castaneum* (L.) reared in the stored product pests laboratory of the Plant Protection Department of the Faculty of Agriculture, Ankara University, was used.

2.2. Rearing of test species

Tribolium castaneum was maintained on a mixture of grounded soft wheat kernels and powdered dry yeast (5 %). The mixture was sterilized in a deep freezer for 72 hours, and then added to 1-liter glass jars in amounts of 250-300 grams. The mouths of the jars were covered by muslin cloths which were secured with rubber bands. The culture jars were kept in a temperature/humidity controlled room at 25 ± 1 °C and 60 ± 5 % relative humidity throughout the experiment.

2.3. Spinetoram

Spinetoram (Radiant 120 SC, Corteva Turkey Tarım A.Ş.) is used at the concentrations of 0.01, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 5, and 10 ppm

2.4. Bioassays

For each dose level, 500 grams of soft wheat was treated with 5 mL Spinetoram solution using a Badger Airbrush. The control group was treated with distilled water only.

The bioassays were conducted using 100 ml plastic vials, each contained 50 grams of wheat treated with the respective dose of Spinetoram and 30 *T. castaneum* adults of 7-21-day-old. Bioassays at each dose rates were repeated 3 times with three replicates each.

Test vials were placed in PVC boxes (28 x 40 x 16 cm, W:L:H) containing KOH solution for maintaining the humidity at 65 % (Solomon 1951), and they were kept in a temperature controlled incubator (Binder KB720, Germany) for 15 days. Adult mortalities were assessed 1, 2, 3, 7, and 15 days after the introduction of adults. In each counts till to last one, dead adults were removed while alive ones were returned to the same test vials. In the final count, all the adults, dead or alive, were removed, and the treated wheats were kept in the same vials for an additional 50 days to assess F1 adult development.

The study was conducted at 20, 25, and 30 °C and 65 % R.H., which were monitored continuously using Hobo® ProTemp/RH data loggers (Onset Comp. USA) placed in each PVC boxes.

2.5. Statistical analyses

The mortality data were analyzed using Generalized Linear Models (GLM) with repeated measures ANOVA, and mean differences were assessed with Tukey's test at a significance level of 0.05. No correction was made in the adult mortalities due to low mortalities in the control groups.

3. Results and Discussion

3.1. The efficacy of Spinetoram against *Tribolium castaneum* adults

Statistical analyses revealed a significant interaction between exposure time, temperature, and dose rate (Table 1). Mortality rates at all the temperature levels increased with increasing dose and the exposure time In

the control groups, mortality rates were observed to be low, only due to natural deaths. Mortality rates at the dose levels of 0.01, 0.25, 0.5, and 0.75 ppm were also observed to be low, similar to those of the control groups. At 1 ppm dose, mortality rates were 37.04 %, 52.59 %, and 72.59 % after 15 days of

exposure at 20, 25 and 30 °C, respectively. The mortalities were 80.74 %, 68.52 % and 81.85 % at 2 ppm dose, 92.59 %, 98.15 %, 90.37 % at 5 ppm dose, and 98.89 %, 99.26 % and 99.63% at 10 ppm dose, respectively (Fig. 1, 2, and 3.).

Table 1. GLM repeated measures ANOVA test results

	SS	Degrees of freedom	MS	F	p
Intercept	878281	1	878280.7	3890.81	0.000000
Temperature	4018	2	2008.8	8.89	0.000193
Dose	1210675	8	151334.3	670.41	0.000000
Temperature*Dose	10331	16	645.7	2.86	0.000297
Error	48758	216	225.7		
Exposure time	73126	4	18281.4	1105.60	0.000000
Exposure time*Temperature	1119	8	139.9	8.46	0.000000
Exposure time*Dose	104447	32	3264.0	197.39	0.000000
Exposure time*Temperature*Dose	4581	64	71.6	4.33	0.000000
Error	14286	864	16.5		

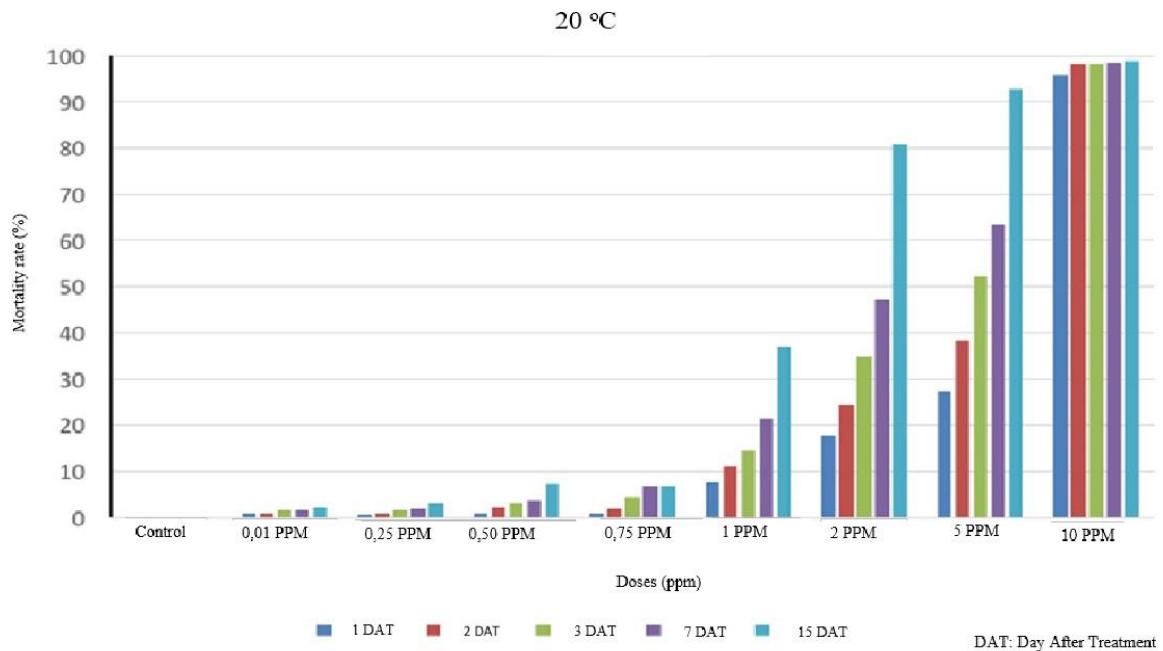


Figure 1. Adult mortality in *Tribolium castaneum* -at 20 °C

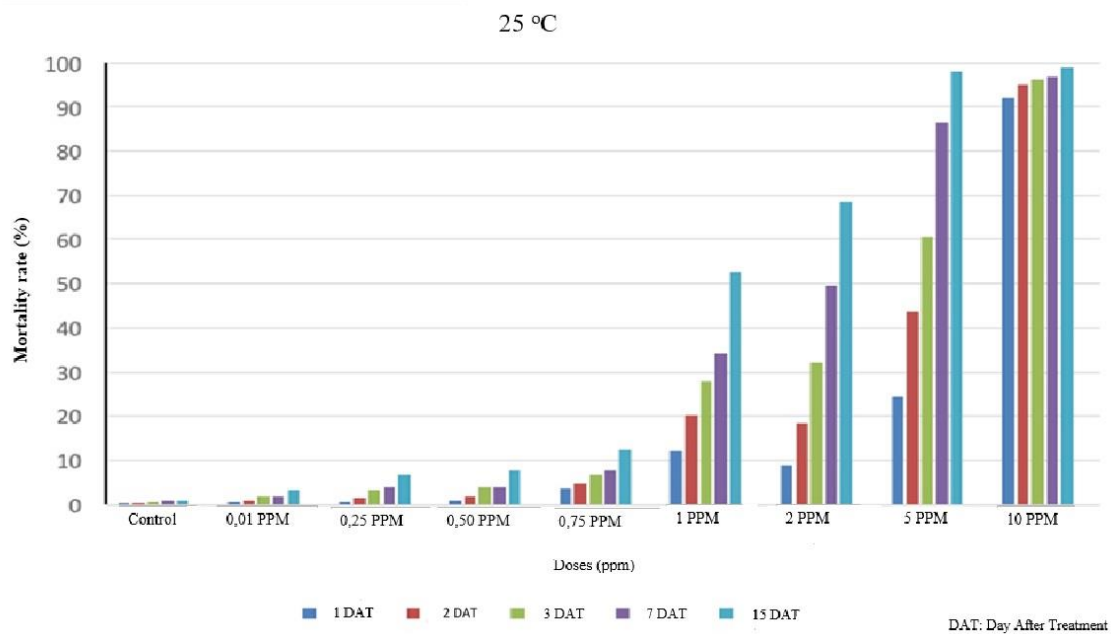


Figure 2. Adult mortality in *Tribolium castaneum* -at 25 °C

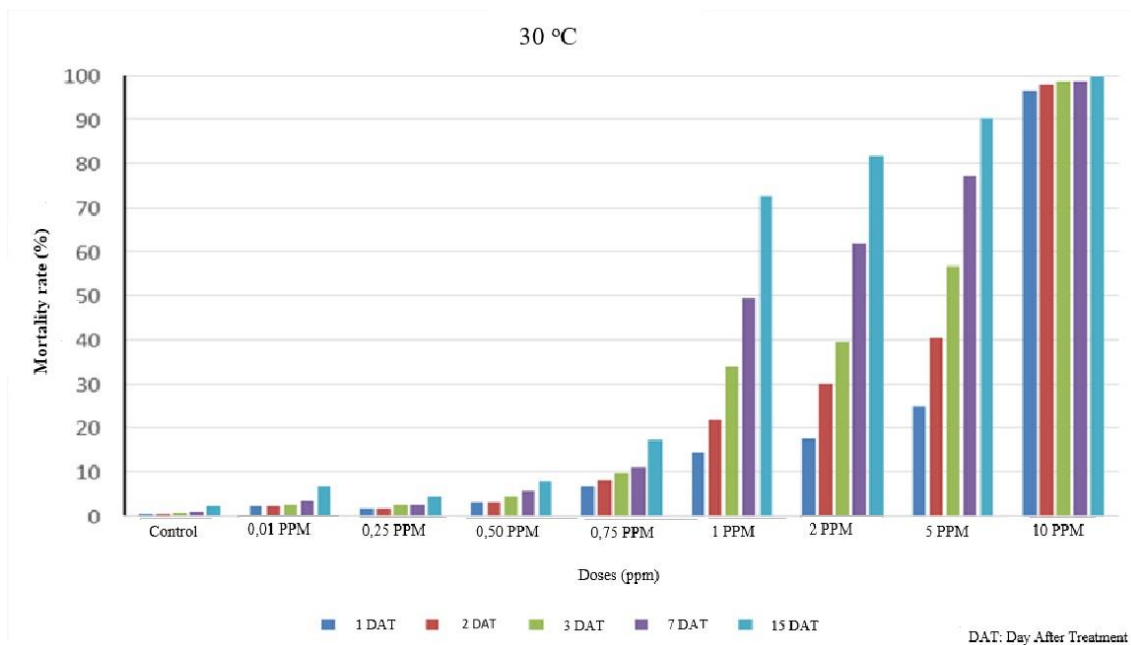


Figure 3. Adult mortality in *Tribolium castaneum* -at 30 °C

3.2. The effect of spinetoram on F1 adult development of *Tribolium castaneum*

Development of F1 adults of *Tribolium castaneum* has been suppressed in a dose dependent manner. It was observed that Spinetoram applied at doses of 0.75 ppm and lower did not suppress the population growth at all three temperature levels (20, 25, and 30

°C). The development of F1 adults was suppressed by 56.3 %, 57.0 %, and 51.3 % at 1 ppm dose at 20, 25, and 30 °C, respectively, and by 80.0 %, 63.7 %, and 45.3 % at 2 ppm dose, respectively. At 5 and 10 ppm, almost the entire populations were suppressed at all three temperature levels (Figure 4).

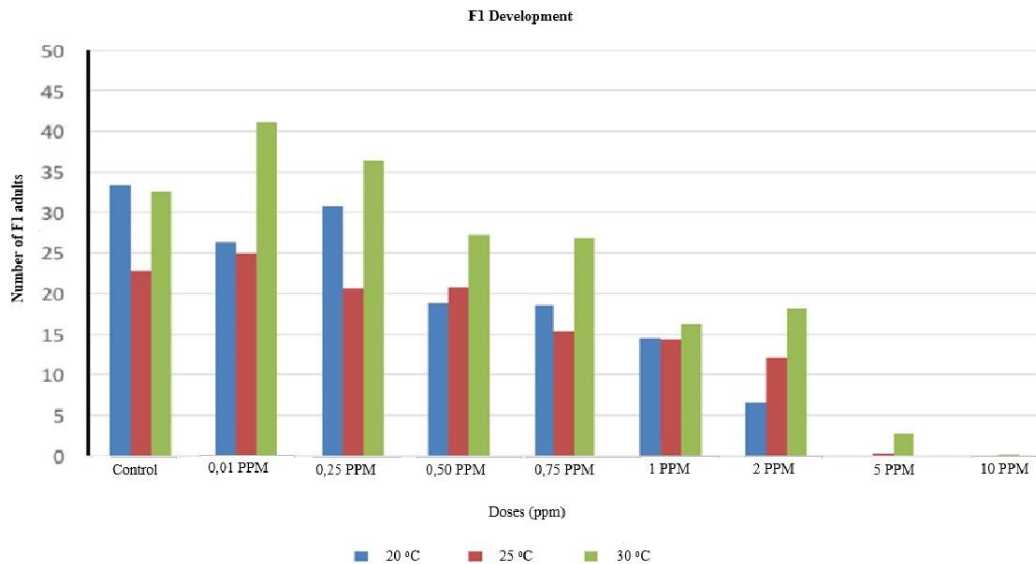


Figure 4. The effect of Spinetoram at different temperatures and doses on the F1 development of *Tribolium castaneum*

Tribolium castaneum is one of the most resistant species to insecticides among stored product pests. For example, in a study conducted by Arthur et al. (2004), *Sitophilus zeamais*, *Oryzaephilus surinamensis*, and *Tribolium castaneum* adults were exposed to maize treated with thiametoxham at the doses of 0, 0.5, 1.0, 2.0, and 4.0 ppm at 22-27 °C and 32 °C for 1-6 days. For *S. zeamais*, a mortality rate of 58-90 % was observed at a 0.5 ppm dose, and a mortality rate of 95-100 % occurred at a 4 ppm dose. *O. surinamensis* showed more tolerance compared to *S. zeamais*, with a mortality rate of 18-80 % at a 5 ppm dose. In the experiment with *T. castaneum*, the mortality rate did not exceed 40 % on the 1st, 2nd, and 3rd days for all doses. At 27 °C, the mortality rate did not exceed 20 % on the 1st and 2nd days. Complete mortality could only be achieved at 32 °C by the 6th day.

In a laboratory study conducted by Sağlam et al. (2016), adults of the bean weevil, *Acanthocelides obtectus* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) were exposed to bean treated with spinetoram at 0.1, 0.25, 0.5, and 1 ppm dose rates at 26±1 °C, and 65±5 % R.H. for 1, 3, 5, and 7 days. Significant increases in mortality rates of *A. obtectus* were observed with exposure times longer than one day. Low concentrations of Spinetoram (0.1 and 0.25 ppm) caused low paralysis and mortality in

adults at all exposure times. However, at higher concentrations (0.5 and 1 ppm), nearly 100% paralysis or mortality was observed in *A. obtectus* adults after 3 days of exposure. These results showed that an application at 1 ppm for 3 days was sufficient to kill all *A. obtectus* adults. Application rates of 0.25, 0.5, and 1 ppm spinetoram completely inhibited F1 adults development.

Similarly in our current study, we observed low mortality rates in *T. castaneum* adults after 1 day of exposure at 0.1 ppm and 0.25 ppm. Spinetoram applied at 0.5 ppm and 1 ppm also resulted in low mortality rates, and complete paralysis or mortality in *T. castaneum* adults were only achieved at 5 ppm or above.

The efficacy of Spinetoram varies according to species, dose rate, and exposure time. Previous studies have shown that *Tribolium castaneum* is more resistant to higher application rates compared to many other species. Although mortality rates increase with longer exposure durations, the required exposure time for mortality in other species is shorter compared to *T. castaneum*. For example, Vassilakos and Athanassiou (2012), reported that *Prostephanus truncatus* and *Rhyzopertha dominica* was found to be very susceptible to spinetoram. At 0.1 ppm Spinetoram, the mortality rate in wheat and

corn was reported to be nearly 100 % after 7 days of exposure. *Tribolium confusum*, however, was found to be less susceptible showing 95 % mortality at 10 ppm after 14 days of exposure. Mortality in *Oryzaephilus surinamensis* adults was reported to be 95 % at 5 ppm after 14 days of exposure. Similarly, in our study, at the lowest dose rate of 0.25 ppm, adult mortality after 7 days of exposure was very low across three different temperature degrees. At 20 °C, only 1 dead individual was found in 9 replications, and no dead individuals were found in 9 replications at 25 °C and 30 °C. At 10 ppm, the mortality rate for *Tribolium castaneum* was calculated to be 100 % at the end of 15th day of exposure. These studies demonstrate that the efficacy of Spinetoram varies among species, and lower dose rates and shorter exposure times were reported for susceptible species.

4. Conclusions

In this study, the efficacy of Spinetoram against *Tribolium castaneum*, an important pest of stored grains, was determined at different dose rates at different temperatures for different exposure times. The high insecticidal efficacy of Spinetoram in *Tribolium castaneum* adults was observed at the dose rates of 5 ppm and above. The development of F1 adults varied depending on the dose and temperature. At a dose of 1 ppm, it was observed that more than half of the population was suppressed across all the temperatures. In higher doses, suppression was higher and reached to 100 % at 5 and 10 ppm.

In this study, it was determined that Spinetoram is more effective when applied at higher dose rates compared to other insecticides, and that a minimum of 5 ppm is required for a successful application.

In conclusion, More than 500 pest species have been found to develop resistance to one or more insecticides (Plapp, 1984). Many organophosphorus insecticides are also considered unsafe for humans and the environment. Synthetic pyrethroids are considered more suitable due to their low toxicity to mammals. However, resistance to synthetic pyrethroids has also been detected.

Therefore, new-generation insecticides such as Spinosad and Spinetoram may be considered as an alternative to residual pesticides for suppressing pests in stored products.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article. All authors declare that they have seen/read and approved the final version of the article ready for publication.

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there is no conflict of interest related to this article.

Acknowledgment

This study is partly derived from the MSc thesis written by the corresponding author.

References

- Al-Ghanim, K.A., Mahboob, S., Vijayaraghavan, P., Al-Misned, F.A., Kim, Y.O., Kim, H.J., 2019. Sublethal effect of synthetic pyrethroid pesticide on metabolic enzymes and protein profile of non-target Zebra fish, *Danio rerio*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(1): 441-447.
- Arnason, J.T., Philogene, B.J.R., Morand, P., 1989. Insecticides of Plant Origin. ACS Symp Ser. No 387. American Chemical Society, Washington, DC, USA.
- Arthur, F.H., 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32: 293-302.
- Arthur, F.H. Yue, B., Wilde, G.E., 2004. Susceptibility of stored-product beetles on wheat and maize treated with thiamethoxam: effect of concentration, exposure interval, and temperature. *Journal of Stored Products Research* 40: 527-546.
- Ayvaz, A., Albayrak, S., Karabörklü, S., 2008. Gamma radiation sensitivity of the eggs, larvae and pupae of Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Pest Management Science*, 64: 505-512.

- Besard, L., Mommaerts, V., Abdu-Alla, G., Smagghe, G., 2011. Lethal and sublethal side-effect assessment supports a more benign profile of spinetoram compared with spinosad in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Pest Management Science*, 67(5): 541-547.
- DeAmicis, C., Edwards, N.S., Giles, M.B., Harris, G.H., Hewitson, P., Janaway, L., 2011. Comparison of preparative reversed phase liquid chromatography and counter current chromatography for the kilogram scale purification of crude Spinetoram insecticide. *Journal of Chromatography A*, 1218: 6122-6127.
- DeAmicis, C.V., Dripps, J.E., Hatton, C.J., Karr, L.L., 1997. Physical and biological properties of the spinosyns: novel macrolide pest-control agents from fermentation. In: P.A. Hedin, R.M. Hollingworth, E.P. Masler, J. Miyamoto and D.G. Thompson (Eds.), *Phytochemicals for Pest Control*, American Chemical Society, Washington DC, pp. 144-154.
- Diamond, J., 2006. Tüfek, Mikrop ve Çelik, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Çeviri: Ülker Önce, Ankara.
- Donahaye, E.J., M. Ellen., 1992. Reduction in grain storage losses of small-scale farmers in tropical countries. Research Report RR-91-7, The Allan Shawn Feinstein World hunger Program, Brown University, USA, , 19p.
- Dripps, J.E., Boucher, R.E., Chloridis, A., Cleveland, C.B., DeAmicis, C.V., Gomez, L.E., Paroonagian, D.L., Pavan, L.A., Sparks, T.C., Watson, G.B., 2011. The Spinosyn Insecticides: Green Trends in Insect Control (Editors: Lopez, O., FernandezBolanos, J.). Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. 163-212.
- Emekçi, M., Ferizli, A.G., 2000. Current status of stored product protection in Turkey. In Adler, C., Schöller, M. [eds.], IOBC/WPRS Study Group Integrated Protection of Stored Products, *IOBC WPRS Bulletin*, 23 (10): 39-45.
- Jackson, M.A., Jaronski, S.T., 2009. Production of microsclerotia of the fungal entomopathogen *Metarhizium anisopliae* and their potential for use as a biocontrol agent for soil-inhabiting insects. *Mycological Research*, 113: 842-850.
- Kurt, Ç., 2012. Buğday işleme fabrikasındaki işlem akışı ve enerji sarfiyatı. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 52s.
- Mertz, F.P., Yao, R.C., 1990. *Saccharopolyspora spinosa* sp. nov. isolated from soil collected in a sugar rum still. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, 40(1): 34-39.
- Moore, D., Prior C., 1993. The potential of mycoinsecticides. *Biocontrol News and Information*, 14: 31-40.
- Perez-Parada, A., Goyenola, G., de Mello, F.T., Heinzen, H., 2018. Recent advances and open questions around pesticide dynamics and effects on freshwater fishes. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 4: 38-44.
- Plapp, F.W., 1984. The genetic basis of insecticide resistance in the housefly: Evidence that a single locus plays a major role in metabolic resistance to insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 22: 194.
- Prakash, A., Rao, J., Pasalu, I.C., Mathur, K.C., 1987. Rice Storage and insect pests management. BR Publishing Corporation, 337p, New Delhi.
- Saglam, O., Tunaz, H., Er, M.K., 2016. Spinetoram'ın fasulye üzerinde fasulye tohum böceği, *Acanthocelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae)'a karşı rezidüel toksisitesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 40(1): 23-32.
- Sallam, M.N., 2013. Insect damage: damage on postharvest. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compensation_-_Pests-Insects.pdf (Accessed: 10.02.2024).

- Solomon, M.E., 1951. Control of humidity with potassium hydroxide, sulphuric acid, or other solutions. *Bulletin of Entomological Research*, 42:543-54.
- Schöller, M., Prozell, S., Al-Kirshi, A.G., Reichmuth, C., 1997. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *Journal of Stored Products Research*, 33(1): 81-97.
- Sinha, R.N., Watters, F.L., 1985. Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control. Agriculture Canada, Winnipeg, M.B., Canada.
- Thompson, G.D., Dutton, R., Sparks, T.C., 2000. Spinosad a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Management Science*, 56(8): 696-702.
- Tang, W., Wang, D., Wang, J., Wu, Z., Li, L., Huang, M., Xu, S., Yan, D., 2018. Pyrethroid pesticide residues in the global environment: An overview. *Chemosphere* 191: 990-1007.
- Tanno, K., Willcox, G., 2006. How Fast Was Wild Wheat Domesticated? www.science.org/cgi/content/full/311/5769/1886/D1 (Accessed: 28.07.2022).
- Teng, M., Zhang, H., Fu, Q., Lu, X., Chen, J., Wei, F., 2013. Irrigation-induced pollution of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in paddy field ecosystem of Liaohe River Plain, China. *Chinese Science Bulletin*, 58: 1751-1759.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S., 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 154-169.
- Vassilakos, T.N., Athanassiou, C.G., 2012. Effect of short exposures to Spinetoram against three stored-product beetle species. *Journal of Economic Entomology*, 105(3):1088-1094.
- Williams, T., Valle, J., Viñuela, E., 2003. Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies. *Biocontrol Science Technology*, 13(5): 459-475.
- Zettler, J.L., Arthur, F.H., 2000. Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection*, 19: 577-582.
- Zhang, H., Lu, X., Zhang, Y., Ma, X., Wang, S., Ni, Y., Chen, J., 2016. Bioaccumulation of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls by loaches living in rice paddy fields of Northeast China. *Environmental Pollution*, 216: 893-901.

To Cite

Derici, M.Y., Ferizli, A.G., Emekci, M., 2024. Efficacy of Spinetoram Against Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 833-841.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13290054>.
