ISPEC

Journal of Agricultural Sciences
Tarım Bilimleri Dergisi

Cilt / Volume : 8 Sayı / Issue: 1 Yıl / 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	CİLT-VOLUME	SAYI-ISSUE
2024	8	1

BAŞ EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU / Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOSOGLU
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 ÇIĞ / 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, Fitopatolji 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 CILESIZ
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. Behçet KIR / Prof. Dr. Behçet KIR
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

Prof. Dr. Hüdai YILMAZ / Prof. Dr. Hüdai YILMAZ
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Meyve Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Aydın Adnan Menderes University, 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 Universitesi, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Ornamental Plants Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Kazım MAVİ / Prof. Dr. Kazım MAVİ
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

Doç. Dr. M. Fırat BARAN /Assoc. 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
Cankırı 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
Cukurova 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, Zootekni 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, Zootekni 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 ALLAHVERDİYEV
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 Hortəculture, 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.

Yayınlayan / Publisher	IKSAD / IKSAD
Yayın Dili / Language	Türkçe-İngilizce / Turkish-English
Basım Tarihi / Date of Publication	26/03/2024
Yayım 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	ESJI www.ESJIndex.org, Eurasian Scientific Journal Index, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, Academic Resource Index ResearchBib, British index, DRJI, CiteFactor Academic Scientific Journals, OpenAIRE, ASCI Asian Science Citation Index, TR DİZİN, SIB, EuroPub

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Some Fermentation Characteristics of Silages Made with Sweet Sorghum Bagasse
Celal YÜCEL, Aysun ŞENER GEDÜK, Derya YÜCEL……1

Determination of Herbage Quality Characteristics in Some Trigonella Species in Meadow-Pasture and Natural Vegetation of the Southeastern Anatolia Region
Elif ÇETİK YEŞİLOVA, Mehmet BAŞBAĞ.....15

The Effect of Salicylic Acid and Salt Stress on Seeder Development of Some Soya (*Glycine max*. L.) Cultivars
Gülşen KEREÇİN, Ferhat ÖZTÜRK.....25

Determination of Herbage Yield and Quality of Some Italian Ryegrass Varieties in Sivas Ecological Conditions
İlker YÜCE, Muhammed TATAR, Kağan KÖKTEN, Meliha Feryal SARIKAYA, Yeter ÇİLESİZ, Tolga KARAKÖY……...36

The Effect of Different Doses of Naphthalene Acetic Acid (NAA) Applications on Fiber Quality Parameters of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)
Hasan HALİLOĞLU, Orhan ÇOKLU…….....45

Investigation of the Growth Response of Reed Ball (Festuca arundinacea Schreb.) to Salinity Stress (NaCl)
Fatih ALAY, Murat BİROL, Emel DEMİR, Necda ÇANKAYA.....57

The Effect of Microbial Fertilizer Application on Maize Grown in Different Locations: I. Yield and Yield Components
Fuatcan DAĞ, Zeki MUT, Özge Doğanay ERBAŞ KÖSE……72

The Effect of Microbial Fertilizer Application on Maize Grown in Different Locations: II. Quality Traits
Fuatcan DAĞ, Zeki MUT, Özge Doğanay ERBAŞ KÖSE, Yusuf Murat KARDEŞ.....81

Determination of Some Agricultural Characteristics of Some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes Suitable for Afşin Basin of Kahramanmaraş Province
İbrahim KILINÇ, Ömer Süha USLU.....91

Performances of Some Sorghum Genotypes Under Eskişehir Ecological Conditions
Şule ERKOVAN, Hanife AFACAN…….....107

Thyme Sediments for Energy Storage Systems and Its Benefit Evaluations for Agricultural Economics
Ayça Nur ŞAHİN DEMİREL, Serkan DEMİREL.....116

Melatonin Receptor 1A (MTNR1A) Gene Polymorphism in Cross-Bred Hamdani Sheep: A Preliminary Study
Ali Osman TURGUT, Davut KOCA……...127

Biochar and Rhizobium Applications: A Promising Synergy for Improved Soybean Growth and Rhizosphere Microbial Activities
Ali SARIOĞLU, Ahmet ALMACA, Kemal DOĞAN, Emrah RAMAZANOĞLU.....134

Changes in Some Soil Compaction Indicators in A Field Treated with Leonardite and Chicken Manure
Zekeriya KARA, Alihan ÇOKKIZGIN, Cengiz YURURDURMAZ, Ümit GIRGEL, Tuğrul YAKUPOĞLU…….....150

Effect of Different Treated Wastewater Levels on Tomato Yield and Some Quality Criteria
Gülperin DURSUN, Murat KARAER…….....160

The Changes in Coleoptile Length and Root System Architecture During Wheat Polyploidization
Uğur SESİZ…….168

Investigation of the Sufficiency of Open and Green Spaces in Bingol City
Ahmet CAF, Canan KOÇ……183

Effect of Sewage Sludge Applications on Some Micronutrient Elements in Soil
Erhan GEZER, Fatih KONUKCU, Aydın ADİLOĞLU, Ali Rıza DİNÇER……...197

Optimization of Silymarin Extraction Condition from *Silybum marianum* (L.) Gaertn and Development of HPLC Method for Its Quantification
Erten AKBEL, Mustafa KARA……...206

The Effect on Silage Quality of Hops at Different Rates Added to Silage Maize
İlknur YILDIRIM, Yusuf Murat KARDEŞ, Erdem GÜLÜMSER……..221

Determining the Energy Efficiency in Cotton Production: A Case of Adana Province
Ali BOLAT……..229

Environmental Awareness and Attitudes of University Students: The Case of Türkiye
Veysi ACIBUCA, Aybüke KAYA……..237

Effect of *Aronia melanocarpa* (Michaux) Elliott Leaf Extract on Different Life Stages of *Trichogramma evanescens* (Westwood, 1833) (Hymenoptera: Trichogrammatidae)
Fahriye SÜMER ERCAN, Sevcan ÖZTEMİZ, Aydın TUNÇBİLEK…….……247

Genome-Wide Characterization of Expansin Gene Family in *Cannabis sativa*
Hülya SİPAHİ…….255

Effect of Plant Growth Regulators on Different Explants and Explant Size of Yellow Everlasting (*Helichrysum pallasii* Sprengel Ledeb.) Under in Vitro Conditions
Emine YURTERİ……..……..266

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):1-14, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):1-14, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10748591

Tatlı Sorgum Posası ile Yapılan Silajların Önemli Fermantasyon Özellikleri

Celal YÜCEL[1*], Aysun ŞENER GEDÜK[2], Derya YÜCEL[1]
[1]Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak
[2]Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): celalyucel@sirnak.edu.tr

Özet
Hayvancılığımızın önemli düzeyde kaliteli kaba yeme ihtiyacı bulunmaktadır. Hayvancılığın ihtiyacı olan kaliteli kaba yem temin etme arayışları devam etmektedir. Çalışma, tatlı sorgum posası ile yapılan silajların fermantasyon özellikleri ve silaj olarak kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, 21 farklı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) çeşit ve hattı materyal olarak kullanılmıştır. Tarla denemeleri, ikinci ürün koşullarında Doğankent/Adana'da 2016 ve 2017 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada etanol elde etmek için bitkilerin hasadı, salkımdaki tanelerin süt ile hamur olum dönemi arasındaki tarihlerde yapılmıştır. Özsuyu alınan saplar (posa) silaj yapılarak bazı önemli silaj özellikleri incelenmiştir. İki yıllık ortalamalara göre kuru madde (KM) oranı % 27.33 ile 37.86, ham kül oranın KM bazında 37.0-65.6 g kg^{-1} ve pH değerinin 3.019-3.341 arasında değiştiği saptanmıştır. Ayrıca organik asitlerden laktik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit içeriklerinin sırasıyla 21.80-46.44, 4.753-11.565, 0.00-2.596 ve 0.155-1.513 g kg^{-1} KM aralığında olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre tatlı sorgum bitkisinin özsuyu alınan saplarından elde edilen silajların fermantasyon özellikleri bakımından kaba yem olarak değerlendirilebilecek potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Akdeniz bölgesinde ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum posasının silaj olarak değerlendirmesi alternatif kaba yem kaynağı olabilecektir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :10.09.2023
Kabul Tarihi :25.10.2023

Anahtar Kelimeler
Tatlı sorgum
genotip
fermantasyon
organik asitler
silaj
posa

Some Fermentation Characteristics of Silages Made with Sweet Sorghum Bagasse

Abstract
There is a significant need for high-quality hay in our livestock industry. The search for providing alternative quality forage needed by livestock farming continues. The research was carried out to reveal the potential of silages made with sweet sorghum bagasse to be used as roughage. In the research, 21 different sweet sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) varieties and lines were used as plant materials. Field trials were conducted under second crop conditions in Doğankent/Adana in 2016 and 2017 years. In the research, the plants were harvested to obtain ethanol in the period between the milk and dough formation dates of the grains in the panicle. Some important silage fermentation properties were determined by making silage from sap (bagasse) from which sap was taken. As a result of the research, according to two-year averages, the dry matter (DM) rates of the genotypes were 27.33-37.86%, the ash contents (AC) were 37.0-65.6 g kg^{-1} DM, and the pH values were 3.019-3.341. In addition, it was determined that the contents of organic acids lactic acid (LA), acetic acid (AA), propionic acid (PA) and butyric acid (BA) varied between 21.80-46.44, 4.753-11.565, 0.0-2.596 and 0.155-1.513 g kg^{-1} DM, respectively. According to the results of the research, it was determined that the silages obtained from the sap-taken stems of the sweet sorghum plant have the potential to be used as roughage in terms of fermentation properties. The use of sweet sorghum bagasse, grown as a second product in the Mediterranean region, as silage can be an alternative forage source.

Research Article

Article History
Received :10.09.2023
Accepted :25.10.2023

Keywords
Sweet sorghum
genotype
fermentation
organic acids
silage
bagasse

1. Giriş

Sorgumların, yüksek sıcaklığa ve kuraklığa, tuzluluğa, su basmasına karşı toleranslı olması, toprak seçiciliği yönünden de diğer türlere göre daha kanaatkâr olması türün önemini artırmaktadır. Bunun yanı sıra sorgumların, 90-120 gün gibi çok kısa sürede biçime gelmesi, 3-4 m kadar boylanması ve yazlık ara ürün olarak tarımının yapılması, birim alan veriminin yüksek olması, enerji ve yem amaçla kullanılması, ayrıca birim alan üretiminde girdi masraflarının silajlık mısır ve diğer yem bitkisi türlerine göre daha düşük olması gibi önemli avantajları nedeniyle önemli tür olarak öne çıkmaktadır (Dok ve ark., 2021; Yücel ve ark., 2022; Yücel ve ark., 2023). Sorgumların, başka olumlu bir özelliği de biçimden sonra yeniden büyümesi ve uygun yetiştirme teknikleri uygulandığında verimin % 60'ına birinci biçimde ulaşmasıdır (Cruz ve ark., 2020). Bu nedenle tatlı sorgumun hayvan yemi kaynağı olarak kullanım avantajları vardır (Yücel ve Erkan, 2020; Oliveira ve ark., 2021).

Yem kalitesi bitki türüne ve çeşidine, yetiştirme koşullarına ve bitkinin hasat sırasındaki fenolojisine bağlı olarak değişebilmektedir (Capstaff ve Miller, 2018). Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), yüksek verimi ve kuraklığa toleransı nedeniyle geviş getiren hayvanlar için önemli bir yem kaynağıdır (Neves ve ark., 2015; Yücel, 2020; Baloch ve ark., 2023). Bitki otlatılabilir, kuru ot veya silaj olarak muhafaza edilerek değerlendirilebilir (Pedersen ve Fritz, 2000). İklim değişikliğine ve marjinal alanlarda tarımının yapılıyor olmasından dolayı da mısırın yerine geçecek bir ürün olarak, küresel boyutta giderek daha fazla kabul görmektedir (Getachew ve ark., 2016; Gleadow ve ark., 2016). Mısır silajına kıyasla daha düşük ham protein ve daha yüksek lif içeriğine rağmen sorgum silajı, geviş getiren hayvanların performansını destekleme potansiyeline sahiptir; bu nedenle hayvancılıkta yaygın kullanım için kabul edilebilir bir aday türdür (Harper ve ark., 2017).

Sorgum bitkisi mera olarak, hasıl (yeşil) yem, kuru ot ve silaj olmak üzere çok farklı şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Yemlik sorgum çeşitleri ile yapılan silajın fermantasyonun, mısır silajına benzer şekilde olduğu ve pH'sı 4'ün altında olduğu bildirilmektedir (Filya, 2003; Contreras-Govea ve ark., 2010). Sorgum silajı pH 3.9 seviyelerine bir hafta sonra ulaşmakta, 2-4 hafta arasında ise stabil duruma gelmektedir (Rodriguez ve ark., 1999). Çünkü yemlik sorgum, bazen mısıra göre daha fazla su içerdiği için silaj yapıldığında, daha fazla AA konsantrasyonuna sahip olabilmektedir (Contreras-Govea ve ark., 2010). Silajda fazla nemin olması, laktik asit üreten bakterilerin hızlı yerleşmesini ve böylece klostridial lehine, pH içinde hızlı bir şekilde gerekli düşüşü geciktirdiği ve böylece sızıntıyı artırdığı iddia edilmektedir (Gordon ve ark., 1999). Silajın fermantasyon özellikleri arasında KM, pH, amonyak, AA, LA, PA ve BA olduğu da birçok araştırıcı tarafından da belirtilmektedir (Ward, 2000; Kung ve Shaver, 2001). Ayrıca, pH'nın fermantasyon kalitesinin göstergesi olduğu da bilinmektedir (Ward, 2000). Tarımsal sanayinin bir yan ürünü olan tatlı sorgum küspesi (posası), herhangi bir katkı maddesi olmadan kaliteli silaja dönüştürülebilir. Sorgum silajının ayrıca 150 g konsantre yem ile desteklendiğinde koyun rasyonlarında kullanılabilir (Kumari ve ark., 2013). Naeini ve ark. (2014) sorgum silajına üre ve melas gibi maddelerin eklenmesinin silajın kalitesini daha da artırabileceğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, Çukurova ikinci ürün koşullarında yetiştirilen ve etanol elde edildikten sonra kalan saplar (posa) ile yapılan silajların bazı önemli fermantasyon özellikleri ve organik asit içerikleri incelenerek, silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi ve kaba yem olarak kullanılma potansiyeli ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada yer alan materyalin adları ve temin edildiği kaynaklar, Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan materyalin adları ve temin edildiği kaynaklar

No	Genotipler	Temin Edildiği Kaynak ve Orijinleri
1	Cowley,	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
2	Dale	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
3	Grassi	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
4	M81-E	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
5	Mennonita	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
6	N. Sugarcane	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
7	P1579753	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
8	Ramada	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
9	Roma	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
10	Rox Orange	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
11	Smith	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
12	Sugar Drip	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
13	Theis	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
14	Topper 76	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
15	Tracy	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
16	UNL-Hyb-3	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
17	Williams	Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD
18	No2	Batı Akdeniz Tar. Araş. Enst. Antalya/Turkey (USDA-Çin)
19	No91	Batı Akdeniz Tar. Araş. Enst. Antalya/Turkey (USDA-Tayvan)
20	No5	Batı Akdeniz Tar. Araş. Enst. Antalya/Turkey (USDA S. Africa)
21	Gulseker	Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

2.2.Denemelerin yürütüldüğü koşulların toprak ve iklim özellikleri

Tarla denemelerinin yürütüldüğü topraklar, Arıklı toprak serisi olup, kireç içeriği ($CaCO_3$) % 32.5-35.0, kum; % 24-28, silt % 41-43, kilin ise % 30-33 arasında değiştiği ve toprak tekstür sınıfının killi-tın (CL) yapısında olduğu saptanmıştır (Anonim, 2018a).

Araştırmanın yürütüldüğü Haziran-Ekim dönemindeki aylara ait ortalama sıcaklığın 2016 ve 2017 yıllarına ait sırasıyla ortalama sıcaklığın 25.1 °C ve 24.8 °C olduğu, ortalama nispi nemin % 79.0 ve % 79.6 ve toplam yağışın ise 46.2 ve 48.2 kg m^{-2} olarak saptanmıştır (Anonim, 2018b). Bu dönemdeki yağışın bitki yetiştiriciliği için yeterli olmaması nedeniyle, bitkinin ihtiyacı olan su, sulama ile karşılanmıştır.

2.3.Tarla denemeleri

Tarla denemeleri, 2016 ve 2017 yıllarında, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Araştırma Alanında, Doğankent/Adana'da, 4 tekrarlamalı olarak, tesadüf blokları deneme desenine uygun olarak yürütülmüştür. Ekimler, buğday hasadından sonra Haziran ayının son haftasında yapılmıştır. Ekim öncesi dekara saf olarak 5 azot ve fosfor gelecek şekilde taban gübresi verilmiştir. Her çeşit 70 cm aralıkla, sıra üzeri mesafesi 15 cm olacak şekilde 4 sıra olarak elle ekilmiştir. Her parsel 14 m^2 (2.8 x 5 m) olarak planlanmıştır. Bitkiler, 40-50 cm'ye ulaştığı dönemde, elle sıra arasına üst gübre olarak dekara 5 kg saf azot gelecek şekilde uygulanmış ve ardından sulanmıştır. Yabancı ot mücadelesi mekanik olarak yapılmıştır. Hasatlar, her çeşit için salkımdaki tanelerin süt-hamur olum döneminde yapılmıştır.

2.4.Silaj yapımı, örneklerin analize hazırlanması ve kimyasal analizler

Bitkiler hasat edildikten sonra yaprak ve salkımları alınan saplar, sıkma makinesinde geçirilip sapların içerisindeki öz suyu alındıktan sonra arta kalan saplardan (posadan) alınan 1 kg posa, yaprak/dal öğütme makinesinde 3-5 cm büyüklüğünde parçalandıktan sonra 1 kg vakumlu poşetlere konulmuş ve vakum aletinde % 100'e yakın havası alındıktan sonra vakumlanmıştır. Silaj örnekleri, 60 gün süresince oda sıcaklığında muhafaza edilmiş ve fermantasyon faaliyetleri

tamamlandıktan sonra silajlar, silaj kalite analizlerinin yapılması için açılmıştır. Açılan silajlarda pH'nın belirlenmesi için belli miktarda örnek alındıktan sonra, 400 g yaş silaj örneği alınmış ve 65 °C'de kurutma dolabında yaklaşık 3-4 gün süre ile kurutulup ağırlığı sabitlenene kadar bekletildikten sonra tartılıp kuru madde oranları belirlenmiştir. Kuru madde oranları belirledikten sonra, silaj örnekleri öğütüldükten sonra 1-2 mm elek çapına sahip eleklerden geçirilerek kalite analizlerine hazırlanmıştır. Her bir silajda örneği temsil edecek şekilde 25 g silaj örneği alınmış ve alınan örnek karıştırıcıya konularak üzerine 100 ml saf su ilave edilerek manyetik karıştırıcıda 5 d süre ile karıştırılıp homojenize edildikten sonra, karışımdan süzülerek, analiz için 30 ml örnek alınmış ve alınan bu süzüntünün pH değeri, Mettler Toledo Seven Compact marka dijital pH metre ile pH değerleri ölçülmüştür (Polan ve ark., 1998). Öğütülen KM örneğinden 3 g numune alınmış ve 550±25 °C sıcaklıkta sabit kütleye ulaşıncaya kadar ısıtılarak organik maddeleri uçurulmuştur. Daha sonra arta kalan inorganik maddelerden ibaret bulunan kül miktarı tespit edilmiştir (TS EN ISO 2171, 2010). Elde edilen % değerler KM üzerinden hesaplanarak g kg^{-1} KM olarak hesaplanmıştır.

Silaj örneklerinde alınan süzüntülerde laktik, asetik, propiyonik ve bütirik asit gibi organik asit analizleri yapılmıştır. Organik asit için alınan örnekler, 0.45 µm'lik filtreden (Milipore Millex-HV, Hidrofilik PVDF filtre) geçirilmiş ve Shimadzu LC-20AD model SPD-20A UV ve RID 10A refraktif indeks dedektörlü HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Kolon olarak ICSep ION-300 (300 x 7.8 mm) marka kolon ve taşıyıcı faz olarak 5 mM'lik sülfürik asit çözeltisi kullanılmış ve akış hızı 0.6 mL dk^{-1} olarak ayarlanmıştır. Örneklerdeki organik asit konsantrasyonları dış standart yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla standartlardan 5 farklı konsantrasyonda kalibrasyon çözeltileri hazırlanıp HPLC'de analiz edilmiş ve elde edilen verilere, doğrusal regrasyon analizi uygulanarak eğriyi tanımlayan eşitlik hesaplanmıştır. Bu eşitlik kullanılarak örneklerdeki organik asit miktarları belirlenmiştir (Lee ve Coates, 2000).

Verilerin istatistiki analizlerinde JMP paket programları kullanılarak, tesadüf blokları deneme desenine göre yıllar birleşik varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamalar, Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır (Yurtsever, 1984).

3.Bulgular ve Tartışma

3.1.Kuru madde oranı

Varyans analiz sonuçlarına göre KM oranı bakımından genotiplerin, yılların ve yıl x genotip interaksiyonlarının % 1'e göre önemli oldukları belirlenmiştir. Yıl ve çeşit interaksiyonlarına göre silaj kuru madde oranının % 22.80 ile % 44.39 arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek silaj KM oranı araştırmanın birinci yılında M81-E çeşidinde, en düşük silaj kuru madde oranı ise araştırmanın ikinci yılında Dale çeşidinde elde edilmiştir. Diğer çeşit ve hatların kuru madde oranları ise bu değerler arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması, % 27.33-37.86 arasında değişmiş olup, en düşük değer Dale çeşidinde, en yüksek değerin ise UNL-Hyb-3 hibrid hattında saptanmıştır. Araştırmanın birinci yılında silaj KM oranı ortalamasının (% 36.23) ikinci yıla (% 29.49) göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Linn ve Martin (1999) hasadın geciktirilmesi bitkilerin olgunlaşması bitkilerde lif ve lignin içeriğini artırmakta ve buna bağlı olarak KM oranının yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Yıllar arasında KM oranı bakımından ortaya çıkan farklılık, Linn ve Martin (1999)'in belirttiği durumdan kaynaklanmış olabilir.

Silaj fermantasyonu ve kalitesi için silaj yapılması istenen materyalin KM oranı önemlidir (McDonald ve ark., 1995; Yücel ve ark., 2021, Yücel ve Akkaya, 2022). Daha düşük KM konsantrasyonunun, fermantasyon süresini uzatmasının yanı sıra, atık maddeler, solunum kayıpları ve aerobik stabiliteyi artırdığı birçok çalışmada saptanmıştır (McDonald ve ark., 1991; Muck ve ark., 2003). Chen ve ark. (2019) silajın KM içeriğinin silaj işlemi boyunca tutarlı bir şekilde azalma eğiliminde olmakta, çünkü silajın kolayca parçalanabilen bileşenleri, silaj fermantasyonu sırasında mikroorganizmalar tarafından silaj asitlerine, etanole ve karbondioksite

parçalanmaktadır. McDonald ve ark. (1991) tarafından silo içinde yeterli fermantasyonu sağlamak için yemlerin ideal KM içeriğinin 300 g ila 350 g kg^{-1} aralığında olması gerektiği önerilmektedir. Kuru madde içeriği silolama sırasında fermantasyonu ve dolayısıyla üretilen silajın kalitesini etkileyen önemli bir faktördür; aynı zamanda KM alımında da pozitif olarak ilişkilidir. Chakravarthi ve ark. (2017) tatlı sorgumda kuru madde içeriğinin % 11.82 ile 38.19 arasında değiştiğini ve ortalamasının ise % 26.30 olduğunu bildirmişlerdir. Lema ve ark. (2000) tatlı sorgum çeşitleri ile yapılan silajlarda; genotiplere göre değişmekle birlikte KM oranın % 31.1-37.1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Genotiplerin genetik yapılarının farklılığından dolayı kuru madde oranlarının değiştiği görülmektedir. Kuru madde oranındaki farklılıkların, genotiplerin ve yetiştirilme koşullarının farklı olmasının yanı sıra hasat dönemindeki bitkinin olgunlaşma dönemi ile ilikli olabilmektedir.

Tablo 2. Tatlı sorgum posası silajlarının KM oranı, ham kül ve pH ortalamaları ve varyans analiz sonuçları

Genotipler	Kuru Madde Oranı (%)			pH			Ham Kül (g kg^{-1} KM)		
	2016	2017	Ort.	2016	2017	Ort.	2016	2017	Ort.
Cowley	38.16 a-g+	25.16 op	31.66 c-g	3.115	3.090	3.103	70.5 a-e+	53.6 a-g	62.0 abc
Dale	31.86 g-n	**22.80 p**	**27.33 h**	3.083	**2.958**	3.020	71.6 a-d	54.6 a-g	63.1 ab
Grass1	33.08 f-n	27.54 nop	30.31 e-h	3.103	2.973	3.038	41.4 d-g	**32.7 g**	**37.0 e**
M81-E	**44.39 a**	29.56 l-o	36.97 ab	3.123	3.155	3.139	64.1 a-f	52.4 a-g	58.3 a-d
Mennonita	28.69 m-p	29.66 l-o	29.17 fgh	3.163	3.083	3.123	75.0 ab	44.1 c-g	59.6 a-d
N. Sugarcane	36.21 c-k	32.39 f-n	34.30 a-e	3.165	3.080	3.123	67.5 a-f	38.8 f-g	53.2 a-e
P1579753	36.03 c-k	31.82 h-n	33.92 a-e	3.135	3.000	3.068	55.8 a-g	41.7 d-g	48.8 a-e
Ramada	38.51 a-f	30.86 ı-o	34.69 a-d	3.120	3.118	3.119	66.1 a-f	54.4 a-g	60.3 a-d
Roma	42.00 abc	28.57 m-p	35.28 abc	3.188	3.155	3.171	69.2 a-f	56.5 a-g	62.8 ab
Rox Orange	29.97 k-o	34.13 e-m	32.05 c-g	3.188	3.040	3.114	53.3 a-g	41.1 efg	47.2 a-e
Smith	39.45 a-e	34.12 e-m	36.79 ab	3.123	3.120	3.121	44.9 b-g	42.4 c-g	43.7 b-e
Sugar Drip	41.01 a-d	28.19 m-p	34.60 a-d	3.148	2.985	3.066	72.2 abc	59.0 a-g	**65.6 a**
Theis	35.11 d-l	28.00 m-p	31.56 c-g	3.033	3.078	3.055	51.2 a-g	44.4 c-g	47.8 a-e
Topper 76	36.50 c-ı	27.45 nop	31.97 c-g	3.085	3.140	3.113	45.3 b-g	56.9 a-g	51.1 a-e
Tracy	34.10 e-m	31.13 ı-o	32.61 c-f	3.155	3.095	3.125	44.6 c-g	41.5 d-g	43.1 cde
UNL-Hyb-3	43.70 ab	32.02 g-n	**37.86 a**	3.135	3.195	3.165	54.1 a-g	41.5 d-g	47.8 a-e
Williams	37.44 b-h	30.16 j-o	33.80 b-e	3.093	3.030	3.061	50.8 a-g	39.1 fg	44.9 b-e
No2	35.27 d-l	33.96 e-m	34.62 a-d	3.193	3.085	3.139	44.3 c-g	39.0 fg	41.6 de
No91	35.58 d-l	26.99 nop	31.28 c-h	3.058	3.050	3.054	54.6 a-g	50.8 a-g	52.7 a-e
No5	36.39 c-j	25.37 op	30.88 d-h	3.108	**3.575**	**3.34**1	43.8 c-g	49.8 a-g	46.8 a-e
Gulseker	27.46 nop	29.33 l-o	28.40 gh	3.043	2.995	**3.019**	**78.0 a**	43.9 c-g	60.9 a-d
Ortalama	**36.23 A[1]**	**29.49 A[1]**		**3.121**	**3.095**		**58.0 A[1]**	**46.6 B**	
DK (%)	6.76			5.53			20.47		
F Çeşit	**			Ö.D			**		
F Yıl	**			Ö.D			**		
F Ç xY int.	**			Ö.D			**		

+) Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre P≤0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur. **) P≤0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli. 1) Benzer büyük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farksızdır.

3.2.Ham kül

Ham kül (HK) değeri bakımından genotipler, yıllar ve yıl x genotip interaksiyonları % 1'e göre önemli bulunmuştur. Yıl x genotip interaksiyonuna göre HK değerlerinin 32.7 ile 78.0 g kg^{-1} KM arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek HK değeri araştırmanın birinci yılında Gülşeker çeşidinden, en düşük HK değeri ise ikinci yılında Grass1 çeşidinde elde edilmiştir. Çalışmanın birinci yılında HK ortalamasının (58.0 g kg^{-1} KM) ikinci yıla (46.6 g kg^{-1} KM) göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmanın birinci yılı KM oranlarına paralel olarak HK içerikleri de yüksek bulunmuştur (Tablo 2). McDonald ve ark. (1995) ham kül oranın, yem bitkilerinin toplam mineral

içeriğini gösterdiğini ve bu değerin % 8.5'i geçmemesi gerektiğini ifade etmektedirler. Kül, tatlı sorgum yapraklarının temel bileşenlerinden biridir. Emmanuel ve ark. (2022) kül içeriğindeki artışa bağlı olarak yemlerin de makro ve mikro mineral elementlerin (Ca, Mg, K, Na, P ve S) konsantrasyon seviyelerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Sıkılan tatlı sorgum posası ile yapılan silajların toplam kül içeriği % 5.62-6.76 arasında (Kumari ve ark., 2013), % 7.3-9.8 arasında (Mahmood ve ark., 2013) ve % 9.25 olarak (Venkata Seshaiah ve ark., 2012) saptanmıştır. Yücel ve ark. (2021) GAP koşullarında aynı materyallerle yürütmüş oldukları çalışmada ham kül içeriğinin 44.86-70.13 g kg^{-1} KM arasında değiştiğini bildirmektedirler. Ayrıca tatlı sorgum bitkisi ile yapılan silajların HK içerikleri % 6.15 ile 13.08 arasında (Chakravarthi ve ark., 2017); % 7.05-8.19 arasında (Olusola ve ark., 2022) ve 60.7 g kg^{-1} KM olarak (Rodrigues ve ark., 2020) saptanmıştır. Önceki çalışmalarda HK içerikleri ile yürütülen çalışmalarda; sıkılan saplarla yapılan çalışma sonuçların bulgularımıza benzerlik gösterdiği, sıkılmayan veya tüm bitki ile yapılan silajların HK içeriklerinin bulgularımıza göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Li ve ark. (2021) tatlı sorgumun farklı kısımlarının kimyasal bileşimleri salkım, yaprak ve sapların sırasıyla KM bazında HK içerikleri % 4.35, % 9.04 ve % 5.27 olarak belirlemişlerdir. Lema ve ark. (2000) tatlı sorgum çeşitleri ile yapılan silajlarda; kuru maddede ham kül oranın % 2.5-4.9 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan, Kökten ve ark. (2018) farklı sorgum türlerinin ot kalitelerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, sorgum otlarının ham kül içeriklerinin % 6.11-9.79 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

3.3. pH

Uygulanan varyans analizler sonucunda pH bakımından genotipler ve yıllar arasında istatistiki olarak önemli farklar saptanmamıştır. İki yılı birleştirilmiş çeşit ortalamasına göre pH 3.019 ile 3.341 arasında değişmiş, olup en düşük değerin Gülşeker çeşidinde, en yüksek değerin ise No5 genotipinde elde edildiği saptanmıştır. Silajın pH'sı için KM oranı önemlidir. İdeal bir silaj pH seviyesi ve laktik asit içeriği için taze bitkinin KM'de 125.4 g kg^{-1} suda çözünür karbonhidratın gerekli olduğu bildirilmektedir (Rodrigues ve ark., 2020). Düşük KM konsantrasyonunda, fermantasyon süresi uzatılmasının yanı sıra, atık maddeler, solunum kayıplarının aerobik stabiliteyi artırdığı bildirilmektedir (McDonald ve ark., 1991; Muck ve ark., 2003). Ayrıca hasat zamanın gecikmesi durumunda pH artmaktadır (Yücel ve ark., 2018). Clostridia tarafından üretimi yapılan bütirik asit, pH'da bir artışa neden olmakta, KM ve enerji içeriğinde sırasıyla % 50 ve % 20'ye kadar önemli kayıplara ulaşabilir (Bolsen, 1995). Dong ve ark. (2020) tatlı sorgum posasının pH'sını 5.14 olduğunu bildirmektedirler. Yücel ve ark. (2021) GAP koşullarında aynı materyallerle yürütmüş oldukları çalışmada iki yıllık ortalamalara göre genotiplerin pH değerlerinin 3.20-3.83 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Kraut ve ark. (2016) silaj fermantasyonun tamamen mikrobiyal tabanlı bir fermantasyon faaliyeti olduğu bildirilmektedir. Yemlik sorgum silajının, mısır silajı ile benzer fermente olduğu ve pH'nın 4'ün altında olduğu bildirilmektedir (Filya, 2003; Contreras-Govea ve ark., 2010). Cattani ve ark. (2017) mısır ve sorgum silajını karşılaştırdıkları araştırmada, mısır ve sorgumun pH değerlerinin sırasıyla 3.68-4.08 arasında değiştiğini saptamışlardır. Junior ve ark. (2015) sorgum silajının pH değerinin 3.60-3.68 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Rodrigues ve ark. (2020) Brezilya koşullarında farklı sorgum çeşitleri ile yapmış oldukları silajların pH değerini 3.81 olarak saptamışlardır. Kaya ve Polat (2010) pH 3.7-4.2 aralığında olan silajları iyi kalitede silaj olarak sınıflandırmışlardır. Kaplan ve ark. (2017) bazı sorgum genotiplerin silajının pH değerlerinin 3.92-4.25 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırıcıların elde etiği sonuçlar, araştırmadan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

3.4.Organik asitler

3.4.1.Laktik asit

Uygulanan varyans analize göre laktik asit (LA) bakımından genotipler, yıllar ve yıl x genotip interaksiyonları arasında P≤0.01 düzeyinde istatistikî olarak önemli farklılık saptanmıştır (Tablo 3). Yıl x çeşit interaksiyonu ortalamalarına göre LA değerlerinin 18.69 ile 63.94 g kg^{-1} KM arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek LA değeri araştırmanın ikinci yılında M81-E çeşidinde, en düşük LA değeri ise yine ikinci yılda No2 hattında elde edilmiştir. Diğer genotiplerin LA ortalamaları ise bu değerler arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalamasına göre LA değerleri 21.80 ile 46.44 g kg^{-1} KM arasında değişmiş olup, en düşük değer UNL-Hyb-3 hattında ve en yüksek değer ise Dale çeşidinde saptanmıştır. Araştırmanın birinci yılı LA ortalaması (32.88 g kg^{-1} KM), ikinci yıla (38.90 g kg^{-1} KM) göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Çalışmanın ikinci yılında elde edilen LA değerinin yüksek olması, aynı yılda saptanan KM oranın düşük olması ile ilişki olduğu sanılmaktadır. Benzer bulgular Yücel ve ark. (2021) tarafından da bildirilmektedir. Kaliteli bir silajda laktik asit oranının % 2.00'nin üstünde olması beklenirken, AA içeriğinin % 0.80'in üzerine çıkmaması beklenmektedir (Alçiçek ve Özkan, 1997). Laktik asidin, silolama sırasında üretilen en çok arzu edilen metabolit olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir, çünkü istenmeyen fermantasyonu azaltan pH düşüşüne neden olmaktadır (McDonald ve ark., 1991). Laktik asit, en güçlü organik asit olduğundan silajın en çok arzu edilen fermantasyon ürünüdür. Dolayısıyla bu organik asit, silolama işlemi boyunca besin maddelerinin yüksek düzeyde korunmasıyla ilişkilidir (Rodrigues ve ark., 2020). Silajda materyalin fazla nem içermesi, laktik asit üreten bakterilerin hızlı yerleşmesini ve böylece klostridial lehine, pH'nın hızlı bir şekilde gerekli düşüşü geciktirdiği ve silodaki sızıntıyı artırdığı bildirilmektedir (Gordon ve ark., 1999). Silaj pH değeri 4.0'den düşük olduğunda, son ürünün nihai kalitesini belirleyen istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini engelleyen LA fermantasyonu varlığını gösterdiği bildirilmektedir (Ferreira ve ark., 2011). Durul (2016) tatlı sorgum silajının LA içeriğini % 1.09-2.79 aralığında olduğunu bildirmektedir. Rodrigues ve ark. (2020) Brezilya koşullarında farklı sorgum çeşitleri ile yapmış oldukları silajların, laktik asit içeriğinin 76.6 g kg^{-1} KM olarak saptamışlardır. Kaplan (2013) sorgum silajında laktik asit içeriğin 19.0 ile 44.4 g kg^{-1} KM arasında değişmekte olduğunu bildirmektedir. Yücel ve ark. (2021) GAP koşullarında aynı materyallerle yürütmüş oldukları çalışmada laktik asit değerlerinin 22.42-53.45 g kg^{-1} KM arasında değiştiğini bildirmektedirler. Kaplan ve ark. (2017) farklı sorgum genotiplerinde laktik asit değerlerinin % 1.657-4.914 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada sorgum silajında laktik asit içeriğinin 49.0 g kg^{-1} KM olduğu bildirilmektedir (Wu-tai ve ark., 2002). Ayrıca iyi kalitede verim alabilmek için silajların LA içeriğinin KM bazında 20 g kg^{-1}'dan büyük olması önerilmektedir (Kaya ve Polat, 2010).

3.4.2.Asetik asit

Uygulanan Varyans analizlere göre asetik asit (AA) bakımından yıllar ve yıl x çeşit interaksiyonu P≤0.01 düzeyinde istatistikî olarak önemli bulunmuştur (Tablo 3). Yıl x genotip interaksiyonlarına göre AA ortalamalarının genotiplere göre 2.599 ile 15.703 g kg^{-1} KM arasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek AA değeri birinci yılda No5 hattında, en düşük AA değeri ise yine birinci yılda Smith çeşidinde elde edilmiştir. Çeşit ortalaması 4.753 ile 11.565 g kg^{-1} KM arasında değişmiş olup, en düşük değer P1579753 çeşidinde, en yüksek değer ise No5 genotipinde saptanmıştır. Araştırmanın birinci yılında AA ortalamasının (5.848 g kg^{-1} KM) ikinci yıla (8.085 g kg^{-1} KM) göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Asetik asit, laktik asitten sonra silajda konsantrasyonun ikinci düzeyde bulunmaktadır. Durul (2016) tatlı sorgum silajının AA değerinin % 0.09-0.21 arasında değiştiğini bildirmektedir. Kaplan ve ark. (2017) farklı sorgum genotiplerinde AA değerlerinin % 0.057-1.778 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Rodrigues ve ark.

(2020) Brezilya koşullarında farklı sorgum çeşitleri ile yapmış oldukları silajların, AA içeriğini 24.4 g kg^{-1} KM olarak saptamışlardır. Yücel ve ark. (2021) GAP koşullarında aynı materyallerle yürütmüş oldukları çalışmada iki yıllık ortalamalara göre genotiplerin asetik asit değerlerinin 5.54-15.78 g kg^{-1} KM arasında değiştiğini bildirmektedirler.

Tablo 3. Tatlı sorgum posası silajlarının laktik ve asetik asit değerlerine ilişkin ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları

Genotip No	Laktik Asit (g kg^{-1} KM)			Asetik Asit (g kg^{-1} KM)		
	2016	**2017**	**Ort.**	**2016**	**2017**	**Ort.**
Cowley	39.30 abc+	34.11 abc	36.71 ab	8.638 ab	5.969 ab	7.304
Dale	40.56 abc	52.31 abc	**46.44 a**	3.836 ab	9.930 ab	6.883
Grass1	37.78 abc	30.33 abc	34.05 ab	4.342 ab	5.813 ab	5.078
M81-E	21.86 bc	**63.94 a**	42.90 ab	3.801 ab	10.907 ab	7.354
Mennonita	21.26 bc	49.91 abc	35.58 ab	7.931 ab	10.049 ab	8.990
N. Sugarcane	43.73 abc	43.23 abc	43.48 ab	4.204 ab	12.271 ab	8.238
P1579753	37.40 abc	31.03 abc	34.22 ab	4.650 ab	4.855 ab	**4.753**
Ramada	19.16 c	45.63 abc	32.40 ab	5.184 ab	9.154 ab	7.169
Roma	32.59 abc	30.19 abc	31.39 ab	3.171 ab	6.922 ab	5.047
Rox Orange	19.58 c	36.16 abc	27.87 ab	8.375 ab	5.644 ab	7.010
Smith	25.51 bc	54.62 ab	40.06 ab	**2.599 b**	12.788 ab	7.694
Sugar Drip	27.37 bc	40.52 abc	33.94 ab	3.584 ab	9.574 ab	6.579
Theis	32.50 abc	40.83 abc	36.67 ab	7.655 ab	6.598 ab	7.126
Topper 76	27.879 bc	46.61 abc	37.24 ab	3.651 ab	8.055 ab	5.853
Tracy	47.60 abc	35.14 abc	41.37 ab	5.371 ab	12.602 ab	8.987
UNL-Hyb-3	20.64 bc	22.96 bc	**21.80 b**	4.706 ab	5.718 ab	5.212
Williams	38.00 abc	41.80 abc	39.90 ab	5.225 ab	5.530 ab	5.378
No2	45.024 abc	**18.69 c**	31.86 ab	10.828 ab	6.315 ab	8.572
No91	22.47 bc	44.71 abc	33.58 ab	4.465 ab	7.615 ab	6.040
No5	37.83 abc	29.66 abc	33.75 ab	**15.703 a**	7.426 ab	**11.565**
Gulseker	52.53 abc	24.50 bc	38.52 ab	4.897 ab	6.059 ab	5.478
Ortalama	**32.88 B**	**38.90 A[1]**		**5.848 B**	**8.085 A**	
DK (%)	**28.89**			**55.6**		
F Çeşit	**			**ÖD**		
F Yıl	**			**		
F Ç x Y int.	**			**		

+) Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre P≤0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur. **) P≤0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli. Benzer büyük harf ile gösterilen yıl ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farksızdır.

3.4.3. Propiyonik asit

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre propiyonik asit (PA) bakımından genotipler arasında P≤0.01 seviyesinde istatistikî olarak önemli farklılık saptanmıştır (Tablo 4). Yıl x çeşit interaksiyonlarına göre PA değerlerinin genotiplere göre 0.0 ile 3.646 g kg^{-1} KM arasında değiştiği saptanmıştır. Diğer genotiplerin PA ortalamaları ise bu değerler arasında değişmiştir. Çeşit ortalamasına göre PA içeriklerinin ise 0.00 ile 2.596 g kg^{-1} KM arasında değiştiği saptanmıştır Araştırmanın birinci yılında Topper 76 ve No91; araştırmanın her iki yılında da Theis çeşidinde propiyonik asit üretimine rastlanılmamıştır. Diğer taraftan, No2, Rox Orange ve Sugar Drip çeşitlerinde daha yüksek değerler elde edildiği saptanmıştır. Araştırmanın birinci yılı PA ortalaması (1.250 g kg^{-1} KM), ikinci yıla (1.428 g kg^{-1} KM) göre daha düşük bulunmuştur. Kaplan ve ark. (2017) farklı sorgum genotiplerinde PA değerlerini % 0.000-0.247 arasında tespit etmişlerdir. Rodrigues ve ark. (2020) Brezilya koşullarında farklı sorgum çeşitleri ile yapmış oldukları silajların propiyonik asit içeriğini 0.2 g kg^{-1} KM olarak saptamışlardır. Yücel ve ark. (2021) GAP koşullarında yürütmüş oldukları çalışmada genotiplerin iki yıllık ortalamalarına göre propiyonik asit değerlerinin 0.173-1.751 g kg^{-1} KM aralığında yer aldığını bildirmişlerdir. Sorgum silajında PA içeriğinin

2.5 g kg^{-1} KM olduğu bildirilmektedir (Wu-tai ve ark., 2002). Silaj fermantasyonunun son ürünlerinden olan asetik, bütrik ve propiyonik asit gibi kısa zincirli uçucu yağ asitleri silajlardaki maya ve küf gelişimini engelleyerek aerobik bozulmayı önlemektedirler (McDonald ve ark., 1991).

Tablo 4. Tatlı sorgum posası silajlarının propiyonik ve bütirik asit değerlerine ilişkin ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları

Genotip No	Propiyonik Asit (g kg^{-1} KM)			Bütirik Asit (g kg^{-1} KM)		
	2016	2017	Ort.	2016	2017	Ort.
Cowley	1.623 a-d+	1.008 a-d	1.315 a-d	0.459	0.459	0.459 def
Dale	1.367 a-d	1.558 a-d	1.462 a-d	0.735	0.669	0.702 bcd
Grass1	1.312 a-d	1.140 a-d	1.226 a-d	0.206	0.233	0.219 def
M81-E	0.020 d	1.872 a-d	0.946 a-d	0.176	0.196	0.186 ef
Mennonita	0.580 bcd	3.108 abc	1.844 abc	1.301	1.067	1.184 ab
N. Sugarcane	2.127 a-d	1.611 a-d	1.869 abc	1.127	1.027	1.077 ab
P1579753	2.031 a-d	1.594 a-d	1.813 abc	0.709	0.601	0.655 cde
Ramada	0.296 d	1.288 a-d	0.792 bcd	0.286	0.286	0.286 def
Roma	0.850 bcd	2.065 a-d	1.457 a-d	0.537	0.637	0.587 c-f
Rox Orange	1.090 a-d	**3.646 a**	2.368 ab	**1.647**	1.380	**1.513 a**
Smith	1.950 a-d	1.276 a-d	1.613 a-d	0.379	0.165	0.272 def
Sugar Drip	2.472 a-d	1.761 a-d	2.117 ab	**0.155**	**0.155**	**0.155 f**
Theis	**0.00 d**	**0.00 d**	**0.000 d**	0.368	0.217	0.293 def
Topper 76	**0.00 d**	0.522 cd	0.261 cd	0.535	0.498	0.517 def
Tracy	2.083 a-d	1.533 a-d	1.808 abc	0.219	0.226	0.223 def
UNL-Hyb-3	0.380 a-d	1.434 a-d	0.907 a-d	0.536	0.636	0.586 c-f
Williams	2.372 a-d	1.383 a-d	1.878 abc	0.458	0.192	0.325 def
No2	3.187 a-d	2.006 a-d	**2.596 a**	0.841	0.531	0.686 bcd
No91	**0.000 d**	0.008 d	**0.000 d**	0.446	0.420	0.433 def
No5	0.683 bcd	0.670 bcd	0.677 bcd	0.261	0.261	0.261 def
Gulseker	1.824 a-d	0.508 cd	1.166 a-d	0.452	0.630	0.541def
Ortalama	**1.250**	**1.428**		**0.563**	**0.429**	
DK (%)	59.89			44.10		
F çeşit	*			**		
F yıl	**ÖD**			**ÖD**		
F ÇxY int.	**			**ÖD**		

+) Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre P≤0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur. **) P≤0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli.

3.4.4.Bütirik asit

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre bütirik asit (BA) bakımından sadece genotipler arasında P≤0.01 seviyesinde istatistikî olarak önemli farklılık bulunmuştur (Tablo 4). Birleşik yıl ortalamalarına göre BA değerlerinin 0.155 ile 1.647 g kg^{-1} KM arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek BA değeri araştırmanın birinci yılında Rox Orange çeşidinde, en düşük BA değeri ise her iki yılda da Sugar Drip çeşidinde saptanmıştır. Çeşit ve hatların ortalaması 0.155 ile 1.513 g kg^{-1} KM arasında değişmiş olup, en düşük değer Sugar Drip çeşidinde, en yüksek değer ise Rox Orange çeşidinde saptanmıştır. Kaplan ve ark. (2017) farklı sorgum genotiplerinde BA değerlerinin % 0.000-0.002 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Yücel ve ark. (2021) GAP koşullarında aynı materyallerle yürütmüş oldukları çalışmada iki yıllık ortalamalara göre genotiplerin bütirik asit değerlerinin 0.200-1.942 g kg^{-1} KM arasında değiştiğini bildirmektedirler. Kaplan (2013) Diyarbakır koşullarında tüm bitki ile yapılan silajların bütirik asit içeriklerini 2.14 ile 4.48 g kg^{-1} KM aralığında olduğunu saptamıştır.

Fermantasyon iyi gerçekleşmiş kaliteli bir silaj yeminde, bütirik asidin oluşması istenmemesine rağmen, genellikle % 0.1-0.7 aralığında olmasının normal sayılabileceği bildirilmektedir (Woolford, 1984; Weinberg ve Ashbell, 2003). Kung ve ark. (2018) genellikle KM'nin % 1 ila % 3'ü arasında değişirken, iyi fermente edilmiş silajlarda bulunması istenmemektedir.

4.Sonuçlar

Çukurova ikinci ürün koşullarında tatlı sorgum çeşit ve hatları ile yürütülen iki yıllık araştırmada, özsuyu alınmış saplarla (posa) yapılan silajların fermantasyon özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, Akdeniz iklimine sahip ekolojilerde ikinci ürün olarak tarımı yapılan sorgumun, özsuyu alınan saplarla (posa) yapılan silajların önemli fermantasyon özellikleri bakımından kaba yem olarak değerlendirilebilecek yem özelliklerine sahip olduğu ve önemli bir kaba yem kaynağı olabileceği kanısına varılmıştır. Bu konularla ilgili daha fazla çalışmaların yapılarak, sorgumun ülkemizdeki ekim alanlarının artırılarak kaba yem açığının kapatılmalıdır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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

Proje kapsamında değerlendirilen materyal, TÜBİTAK tarafından desteklenen 114O945 nolu projeden sağlanmıştır. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Alçiçek, A., Özkan, K., 1997. Silo yemlerinde fiziksel ve kimyasal yöntemlerle silaj kalitesinin saptanması. *Türkiye I. Silaj Kongresi*, Kongre Bildiriler Kitabı, 16-19 Eylül, Bursa, s. 241-246.

Anonim, 2018a. Deneme alanlarının 2016 ve 2017 yılları toprak analiz sonuçları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Besleme ve Toprak Bölümü Laboratuvar Analiz Sonuçları. Adana.

Anonim, 2018b. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Adana İl Müdürlüğü, 2016, 2017 Meteorolojik Veriler. (ttps://www.mgm.gov.tr/verideg erlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m =ADANA), (Erişim Tarihi: 12.04.2018).

Baloch, F.M., Altaf, M.T., Liaqat, W., Bedir, M., Nadeem, M.A., Cömertpay, G., Çoban, N., Habyarimana, E., Barutçular, C., Cerit, I., Ludidi, N., Karaköy, T., Aasim, M., Chung, Y.S., Nawaz, M.A., Hatipoğlu, R., Kökten, K., Sun, H.J., 2023. Recent advancements in the breeding of sorghum crop: current status and future strategies for marker-assisted breeding. *Frontiers in Genetics*, 14:1150616.

Bolsen, K.K., 1995. Silage: Basic principles. In: Barnes, R.F., Miller, D.A. and Nelson, C.J. (Eds.), Forage Vol. II, The science of grassland agriculture, 5th ed. Iowa State University Press, Ames, IA, pp. 163-176

Capstaff, N.M., Miller, A.J., 2018. Improving the yield and nutritional quality of forage crops. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1-18.

Cattani, M., Guzzo, N., Mantovani, R., Bailoni, L., 2017. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8:15.

Chakravarthi, M.K., Reddy, Y.R., Rao, K.S., Ravi, A., Punyakumari, B., Ekambaram, B., 2017. A study on nutritive value and chemical composition of sorghum fodder. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 6(1): 104-109.

Chen, L., Dong, Z., Li, J., Shao, T., 2019. Ensiling characteristics, in vitro rumen fermentation, microbial communities and aerobic stability of low-dry matter silages produced with sweet sorghum and alfalfa mixtures. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 99(5): 2140-2151.

Contreras-Govea, F.E., Marsalis, M.A., Lauriault, L.M., Bean, B.W., 2010. Forage sorghum nutritive value: A review. *Forage & Grazinglands,* 8(1): 1-6.

Cruz, S.S.D., Andreotti, M., Pascoaloto, I.M., Lima, G.C.D., Soares, C.D.A., 2020. Production in forage sorghum intercropped with grasses and pigeon pea at crop cutting. *Revista Ciência Agronômica*, 51(2): e20165389.

Dok, M., Çelik A.E., Aksoy, M., Yücel, C. 2021. Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum posasından elde edilen peletlerin yanma özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 5(4): 820-832, 2021, 12.12. 2021

Dong, M., Li, Q., Xu, F., Wang, S., Chen, J., Li, W., 2020. Effects of microbial inoculants on the fermentation characteristics and microbial communities of sweet sorghum bagasse silage. *Scientific Reports*, 10: 837.

Durul, G., 2016. Farklı biçim zamanlarının tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris*) silaj karışımlarında bazı kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Emmanuel, S.A., Ibrahim, H.D., Mika, S.R., Alabi, F.M., Olajide, O.O., Sallau, A.A., Adedirin, O., Fadeyi A.E., Akiode S.O., Danlami, U., Orishadipe, A.T., 2022. Nutritional analysis of sweet sorghum stalk as main excipient of compounded dairy and beef cattle feed. *Natural Products Chemistry & Research*, 10(1): 1-4.

Ferreira, D.J., Zanine, A.M., Santos, E.M., Lana, R.P., Silva, W.L., Souza, A.L., Pereira, O.G., 2011. Perfil fermentativo e valor nutritivo de silagem de capim-elefante inoculada com Streptococcus bovis. *Archivos de Zootecnia*, 60(232): 1223-1228.

Filya, İ., 2003. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. J*ournal of Dairy Science*, 86(11): 3575-3581.

Getachew, G., Putnam, D.H., Ben, C.M., De, Peters, E.J., De, De Ben, C.M., De Peters, E.J., 2016. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences*, 07: 1106-1121.

Gleadow, R.M., Ottman, M.J., Kimball, B.A., Wall, G.W., Pinter, P.J., LaMorte, R.L., Leavitt, S.W., 2016. Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO_2 are age dependent. *Field Crops Research*, 185: 97-102.

Gordon, F.J., Dawson, L.E.R., Ferris, C.P., Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J., 1999. The influence of wilting and forage additive type on the energy utilization of grass silage by growing cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 79: 15-27.

Harper, M.T., Oh, J., Giallongo, F., Lopes, J. C., Roth, G.W., Hristov, A.N., 2017. Using brown midrib 6 dwarf forage sorghum silage and fall-grown oat silage in lactating dairy cow rations. *Journal of Dairy Science*, 100: 5250-5265.

Junior, M.A.P.O., Retore, M., Manarelli, D.M., de Souza, F.B., Ledesma, L.L.M., Orrico, A.C.A., 2015. Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. *Pesquisa Agropecuária* Brasileira, Brasília, 50(12): 1201-7.

Kaplan, M., 2013. The effect of variety on the chemical composition and ensiling characteristics of sorghum plant. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 16(2): 34-38.

Kaplan, M., Arslan, M., Kale, H., Kara, K., Kökten, K., 2017. GT biplot analysis for silage potential, nutritive value, gas and methane production of stay-green grain sorghum shoots. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 44(3): 230-238.

Kaya, Ö., Polat, C., 2010. Tekirdağ ili koşullarında I. ve II. ürün olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinin silaj fermantasyon özellikleri ve yem değerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3): 129-136.

Kökten, K., Özmen, S., Kaplan, M., 2018. Determination of herbaceous quality features of some sorghum species in Bingöl conditions. *EJONS 5. International Congress on Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, Conference Proceedings Book, 22-25 November, Gaziantep, pp.129-137.

Kraut, C.J., Tripathi, V., Chen, Y., Gatica, J., Volchinski, V., Sela, S., Weinberg, Z., Cytryn, E., 2016. Temporal and spatial assessment of microbial communities in commercial silages from bunker silos. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100: 6827-6835.

Kumari, N.N., Reddy, Y.R., Blümmel, M., Nagalakshmi, D., Monica, T., 2013. Effect of feeding sweet sorghum bagasse silage with or without chopping on nutrient utilization in deccani sheep. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 13: 243-249.

Kung, J.L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5): 4020-4033.

Kung, L., Shaver, R., 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forage*, 3(13): 1-5.

Lee, H.S., Coates, G.A., 2000. Quantitative study of free sugars and myoinositol in citrus juices by HPLC and literature compilation. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 14: 2123-2141.

Lema, M., Felix, A., Salako, S., Bishnoi, U., 2000. Nutrient content and in vitro dry matter digestibility of silages made from various grain sorghum and sweet sorghum cultivars, *Journal of Sustainable Agriculture*, 17(1): 55-70.

Li, H., Han, X., Liu, H., Hao, J., Jiang, W., Li, S., 2021. Silage Fermentation on sweet sorghum whole plant for fen-flavor Baijiu. *Foods*, 10: 1477.

Linn, J.G., Martin, N.P., 1999. Forage Quality Tests and Interpretation (Revised 1989). University of Minnesota.

Mahmood, A., Ullah, H., Ijaz, M., Javaid, M.M., Shahzad, A.N., Honermeier, B., 2013. Evaluation of sorghum hybrids for biomass and biogas production. *Australian Journal of Crop Science*, 7(10): 1456-1462.

McDonald, P.J., Henderson, A.R., Heron, S.J. E., 1991. The biochemistry of Silage (2nd ed.), Edinburgh, UK. Mallow Chalcombe Publications.

McDonald, P., Edward, R.A. Greenhalgh, J.F.D., 1995. Animal Nutrition, 5th Edn., Longman Scientific and Technical, England. Muck, R.E., Moser, L.E., Pitt, R.E. 2003. Postharvest Factors Affecting Ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), Silage Science and Technology. Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 251-304.

Miron, J., Solomon, R., Adin, G., Nir, U., Nikbachat, M., Yosef, E., Ben-Ghedalia, D., 2006. Effects of harvest stage and re-growth on yield, composition, ensilage and *in vitro* digestibility of new forage sorghum varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 140-147.

Muck, R.E., Moser, L.E., Pitt, R.E., 2003. Postharvest factors affecting ensiling. Pp 251-304 in D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, eds. Silage Science and Technology. ASA Inc., Madison, WI.

Naeini, S.Z., Khorvash, M., Rowghani, E., Bayat, A., Nikousefat, Z., 2014. Effects of urea and molasses supplementation on chemical composition, protein fractionation and fermentation characteristics of sweet sorghum and bagasse silages as alternative silage crop compared with maize silage in the arid areas. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 4(6): 343-352.

Neves, A.L.A., Santos, R.D., Pereira, L.G.R., Oliveira, G.F., Scherer, C.B., Verneque, R.S., McAllister, T., 2015. Agronomic characteristics, silage quality, intake and digestibility of five new Brazilian sorghum cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 153: 371-380.

Oliveira, N.C., Costa, K.A.P., Rodrigues, L. G., Silva, A.C.G., Costa, J.V.C.P., Silva, S.Á.A, Assis, L.F.A., Oliveira, S.M.P., Vieira, M.L., 2021. Fermentation characteristics and nutritive value of sweet sorghum silage with *Paiaguas palisadegrass* and *Ipypora grass*. Semina: *Ciências Agrárias*, 42(3): 1923-1940.

Olusola, F.O., Oluwatosin, O.B., Adebowale, F.N., 2022. Nutritional potentialities of sweet sorghum plant parts in ruminant production system. *Archiva Zootechnica*, 25(1): 5-23.

Pedersen, J.F., Fritz, J.O., 2000. Forages and fodder In: C. W. Smith and R. A. Frederiksen (eds), Sorghum: Origin, History, Technology, and Production, 824.

Polan, C.E., Stieve, D., Garrett, J., 1998. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia or microbial inoculant. *Journal Dairy Science*, 81: 765-76.

Rodrigues, P.H.M., Pinedo, L.A., Meyer, P.M., da Silva, T.H., Guimarães, I.C.D. S.B. 2020. Sorghum silage quality as determined by chemical–nutritional factors. *Grass and Forage Science*, 75(4): 462-473.

Rodriguez, V.R., Cruz, C.T., Fernendiz, S.J.M., Roldon, C.T., Mendoza, C.A., Saucedo, C.G., Tomasini, C.A. 1999. Use sugarcane bagasse pith as solid substrate for *P. chrysosporium* growth. *Folia Microbiology*, 44: 213-218.

TS EN ISO 2171, 2010. Tahıllar, baklagiller ve yan ürünleri - Yakılarak kül muhtevasının tayini. 21 sayfa.

Venkata Seshaiah, Ch., Ramana Reddy, Y., Nagalakshmi, D., Rao, J., 2012. Evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) bagasse by chemical, in sacco and in vivo techniques in graded murrah buffalo bulls. *Journal of Veterinary Advances*, 2(8): 418-423.

Ward, R.T., 2000. Fermentation analysis: use and interpretation. In Tri-State Dairy Nutrition Conference.

Weinberg, Z.G., Ashbell, G., 2003. Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, 13: 181-188.

Woolford, M.K., 1984. The silage fermentation. Grassland Research Inst, Hurley, England, p. 350.

Wu-tai, G., Ashbell, G., Hen, Y., Weinberg, Z.G., 2002. The effects of two inoculants applied to forage sorghum at ensiling on silage characteristics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2: 218-221.

Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 56, Ankara.

Yucel, C., İnal, İ., Yucel, D., Hatipoğlu, R., 2018. Effects of mixture ratio and cutting time on forage yield and silage quality of intercropped berseem clover and Italian ryegrass *Legume Research*, 41(5): 1-8.

Yucel, C., 2020. Evaluation of Sweet Sorghum Biomass as an Alternative Livestock Feed. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4(1): 10-20.

Yucel, C., Erkan, M.E., 2020. Evaluation of forage yield and silage quality of sweet sorghum in the eastern mediterranean region. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 20(4): 923-930.

Yucel, C., Hatipoglu, R., Bilgin, F.D., İnal, İ., 2023. Bagasse yield and quality traits of silage made from juice extracted sweet sorghum stalks. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(4): 379-387.

Yucel, C., Yucel, D., Hatipoglu, R., Dweikat, İ., 2022. Research on the potential of some sweet sorghum genotypes as bioethanol source under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46: 141-151.

Yücel, C., Akkaya, M.R., 2022. Mısırın soya ile farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinde yapılan silajların fermantasyon özelliklerinin saptanması. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 730-742.

Yücel, C., Öktem, A., Gedük, Ş.A., 2021. GAP koşullarında yetiştirilen tatlı sorgumun posası ile yapılan silajın bazı fermantasyon özellikleri. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4): 1064-1076.

Atıf Şekli	Yücel, C., Şener Gedük, A., Yücel, D., 2024. Tatlı Sorgum Posası ile Yapılan Silajların Önemli Fermantasyon Özellikleri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 1-14. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10748591.
To Cite	Yücel, C., Şener Gedük, A., Yücel, D., 2024. Some Fermentation Characteristics of Silages Made with Sweet Sorghum Bagasse. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 1-14. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10748591.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):15-24, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):15-24, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10749052

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çayır-Mera ve Doğal Vejetasyonlarında Yer Alan Bazı *Trigonella* Türlerinde Ot Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Elif ÇETİK YEŞİLOVA[1], Mehmet BAŞBAĞ[2*]
[1]Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Diyarbakır
[2]Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): mbasbag@dicle.edu.tr

Özet
Bu çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi çayır-mera ve doğal vejetasyonlarında yer alan bazı *Trigonella* türlerinde (*T. coerulescens*, *T. filipes*, *T. foenum graceum*, *T. mesopotamica*, *T. monantha*, *T. spicata*, *T. spruneriana* ve *T. strangulata*) ot kalite özelliklerini belirlemek amacıyla 2023 yılı Mayıs ayında yürütülmüştür. Araştırmada *Trigonella* türlerinde ham protein (HP) % 18.31-22.45, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) % 14.09-24.09, nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) % 30.33-37.18, asit deterjanda çözünmeyen protein (ADP) % 0.31-0.41, kuru madde (KM) % 90.63-92.98, sindirilebilir kuru madde (SKM) % 70.14-77.93, kuru madde tüketimi (KMT) % 3.23-3.96, nispi yem değeri (NYD) 180.4-237.1, potasyum (K) % 0.41-0.87, kalsiyum (Ca) % 1.73-2.17, magnezyum (Mg) % 1.74-2.93, fosfor (P) % 0.31-0.45, Ca/P 4.40-5.88 ve K/(Ca+Mg) 0.10-0.22 aralıklarında değişim göstermiştir. Türler içerisinde HP bakımından *T. spruneriana*, *T. monantha* ve *T. foenum graceum*; ADF bakımından *T. spicata*; NDF bakımından *T. strangulata*, *T. spruneriana*, *T. spicata* ve *T. monantha*; SKM bakımından *T. spicata*; KMT bakımından *T. spicata*, *T. mesopotamica*, *T. foenum graceum* ve *T. filipes*; NYD bakımından *T. spicata* ve *T. mesopotamica* türleri istatistiksel olarak en yüksek değerleri vermiştir. Bu türler içerisinden de *T. spicata* incelenen birçok özellik (ADF, NDF, SKM, KMT ve NYD) bakımından en yüksek değerleri vermiştir. Ayrıca, incelen tüm türler ot kalite standartları bakımından en kaliteli sınıf olan prime grupta yer almışlardır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :12.09.2023
Kabul Tarihi :25.10.2023

Anahtar Kelimeler
Trigonella
türler
ot kalitesi
mineral maddeler

Determination of Herbage Quality Characteristics in Some *Trigonella* Species in Meadow-Pasture and Natural Vegetation of the Southeastern Anatolia Region

Abstract
This study was conducted in May 2023 to determine the herbage quality characteristics of some *Trigonella* species (*T. coerulescens*, *T. filipes*, *T. foenum graceum*, *T. mesopotamica*, *T. monantha*, *T. spicata*, *T. spruneriana* and *T. strangulata*) in meadow-pasture and natural vegetation of Southeastern Anatolia Region. In the study, crude protein (HP) varied between 18.31-22.45%, acid detergent fiber (ADF) 14.09-24.09%, neutral detergent fiber (NDF) 30.33-37.18%, acid detergent protein (ADP) 0.31-0.41%, dry matter (DM) 90.63-92.98%, digestible dry matter (DDM) 70.14-77.93%, dry matter intake (DMI) 3.23-3.96%, relative feed value (RFV) 180.4-237.1, potassium (K) 0.41-0.87%, calcium (Ca) 1.73-2.17%, magnesium (Mg) 1.74-2.93%, phosphorus (P) 0.31-0.45%, Ca/P 4.40-5.88 and K/(Ca+Mg) 0.10-0.22 in *Trigonella* species. Among the species, *T. spruneriana*, *T. monantha* and *T. foenum graceum* gave the statisticallay highest values in terms of HP; *T. spicata* in terms of ADF; *T. strangulata*, *T. spruneriana*, *T. spicata* and *T. monantha* in terms of NDF; *T. spicata* in terms of DDM; *T. spicata*, *T. mesopotamica*, *T. foenum graceum* and *T. filipes* in terms of DMI; *T. spicata* and *T. mesopotamica* in terms of RFV. Among these species, *T. spicata* gave the highest values in terms of many traits examined (ADF, NDF, DDM, DMI and RFV). In addition, all examined species were in the prime group, which is the highest quality class in terms of herb quality standards.

Research Article

Article History
Received :12.09.2023
Accepted :25.10.2023

Keywords
Trigonella
species
herbage quality
mineral substances

1.Giriş

Trigonella cinsi, Leguminosae (Syn: Fabaceae) familyasına ait Dünya'da yaklaşık 135 tür içeren büyük bir cinstir. *Trigonella* cinsi, Akdeniz, Batı Asya, Avrupa, Kuzey ve Güney Afrika, Kuzey Amerika ve G. Avustralya çevresindeki kurak bölgelerde dağılmaktadır (Townsend ve Guest, 1974; Mabberly, 1987). Türkiyede ise 49 *Trigonella* taksonu yer almakta ve bunların da 21'i endemiktir (Akan ve ark., 2007). Bu taksonlar, özellikle çayır-meralarımızda biyoçeşitliliğin zenginleşmesinde ve kaba yem olarak havan beslenmesinde önem arz etmektedir. *Trigonella* taksonları üzerinde yapılan araştırmalarda ham protein (HP) oranı % 10.39-22.66, ADF % 19.65-41.57, NDF % 24.76-55.25, SKM % 61.39-73.59, KMT % 2.17-4.85, NYD 103.4-262.6 (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Yıldırım ve Turan, 2020; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022; Akbay ve ark., 2023) aralıklarında değişirken, kuru madde (KM) oranı % 90.5-91.53 (Özçelik ve Şahin, 2018) ve mineral maddelerden potasyum (K) % 1.72-2.75, kalsiyum (Ca) % 0.86-2.44, magnezyum (Mg) % 0.14-0.36, fosfor (P) % 0.19-0.40, Ca/P 3,07-11.62 ve K/(Ca+Mg) 0.02-1,72 aralıklarında değişmiştir (Kouloumbis, 2002; Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015). Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi çayır-mera ve doğal vejetasyonlarında yer alan bazı *Trigonella* türlerinde hayvan beslenmesi açısından önemli olan bazı ot kalite özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2.Materyal ve Yöntem

Araştırmanın materyalini, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin farklı lokasyonlarından 2023 yılında toplanan *Trigonella* cinsine ait 8 türün bitki örnekleri oluşturmaktadır. Türlerin toplandığı lokasyonlar, coğrafi koordinatları ve toplanma tarihleri Tablo 1'de verilmiştir.

Trigonella türlerine ait herbaryum ve ot örnekleri bitkilerin çiçeklenme döneminde alınmıştır. Bitkilerin tür teşhisleri Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde Prof. Dr. Selçuk ERTEKİN tarafından yapılmıştır. Her bir türden yaklaşık 200'er g yeşil ot numunesi bitkilerin kök boğazından kesilerek alınmış ve kurutma dolabında (Memmert ULM 800) 70 ^{o}C'de 48 saat kurutulduktan sonra (Anonim, 2001), laboratuvar tipi değirmende (IKA, A11) öğütülmüştür. Daha sonra numuneler 1 mm çaplı numune eleğinde (Retsch, DIN-ISO 3310/2) elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Türlerin kalite analizleri Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında NIRS (Near Infrared Spectroscopy-Foss Model 6500) analiz cihazı ile yapılmıştır. Analizde ham protein (HP), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), Ca, K, Mg ve P değerleri ölçülmüştür. Ayrıca tespit edilen ADF ve NDF yardımıyla sindirilebilir kuru madde (SKM), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değerleri (NYD) de hesaplanarak bulunmuştur. Hesaplamalarda aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Morrison 2003).

SKM= 88.9 - (0.779 x ADF)

KMT= 120 / NDF

NYD= (SKM x KMT) / 1.29

Bitkilere ait kalite standartları ise Tablo 2'de verilen baklagil, buğdaygil ve baklagil+buğdaygil karışımları için belirlenmiş olan sınıflandırmaya göre yapılmıştır (Lacefield, 1988).

Tablo 1. *Trigonella* türleri ve toplandığı lokasyonlara ait bilgiler

Türler	Lokasyon	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Tarih
Trigonella coerulescens	Diyarbakır-2	38,37804º	40,246895º	813	10.05.2023
Trigonella filipes	Mardin-1	37,443211º	40,638088º	1002	07.05.2023
Trigonella foenum graceum	Diyarbakır-13	37,914333º	40,27253º	652	15.05.2023
Trigonella mesopotamica	Kilis-1	36,777069º	37,277817º	624	06.05.2023
Trigonella monantha	Şırnak-1	37,290447º	41,633801º	891	07.05.2023
Trigonella spicata	Siirt-1	37,861427º	41,985153º	846	07.05.2023
Trigonella spruneriana	Adıyaman-1	37,878105º	38,903748º	736	06.05.2023
Trigonella strangulata	Mardin-2	37,46534º	41,075199º	1036	07.05.2023

Tablo 2. Baklagil, buğdaygil ve baklagil+buğdaygil karışımlarına ait kalite standartları

Kalite	HP (%)	ADF (%)	NDF (%)	SKM (%)	KMT (%)	NYD
P	>19	<31	<40	>65	>3.0	>151
1	17-19	31-35	40-46	62-65	3.0-2.6	151-125
2	14-16	36-40	47-53	58-61	2.5-2.3	124-103
3	11-13	41-42	54-60	56-57	2.2-2.0	102-87
4	8-10	43-45	61-65	53-55	1.9-1.8	86-75
5	<8	>45	>65	<53	<1.8	<75

Araştırmada elde edilen verilere, JMP istatistik paket programı (JMP, 2002) yardımıyla varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar LSD testi ile gruplandırılmıştır.

3.Bulgular ve Tartışma

3.1.1.Ham protein (HP)

Farklı *Trigonella* türlerinde HP oranı % 18.31-22.45 aralıklarında değişirken, tüm türlerin ortalaması % 19.89 bulunmuştur. Türler içerisinde en yüksek HP oranı *T. spruneriana*'dan elde edilirken, bunu istatistiksel olarak benzer grupta yer alan *T. monantha* ve *T. foenum graceum* izlemiştir. En düşük değer ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. mesopotamica, T. strangulata, T. coerulescens* ve *T. filipes*'den elde edilmiştir (Tablo 3). Ham protein oranı, kaba yemin kalitesini belirleyen önemli karakterlerden birisi olup, bu değerin yüksek olması istenir. HP oranına ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Akbay ve ark., 2023; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022) sınırları içerisinde yer almıştır. *Trigonella* türlerini Tablo 3'de verilen kalite standartları bakımından incelediğimizde; *T. spruneriana, T. monantha, T. foenum graceum, T. spicata* ve *T. filipes* en iyi kalite sınıfı olan prime (P) grubunda yer alırlarken, *T. coerulescens, T. strangulata* ve *T. mesopotamica* 1. grupta yer almışlardır.

3.1.2.Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF)

Trigonella türlerinde ADF oranı % 14.09-24.09 arasında değişim göstermiş ve ortalama % 20.91 elde edilmiştir. Türler arasında en düşük ADF oranı *T. spicata*'dan elde edilirken, bunu sırasıyla *T. foenum graceum, T. filipes* ve *T. strangulata* izlemiştir. En yüksek ADF oranını ise *T. coerulescens* vermiş ve bunu istatistiksel olarak benzer grupta yer alan sırasıyla *T. monantha, T. mesopotamica* ve *T. spruneriana* izlemiştir (Tablo 3).

Kaba yemlerde ADF değeri, bitki hücre duvarının yapısında bulunan selüloz, lignin ve çözülemeyen protein miktarını ifade eder (Aşçı ve Acar, 2018) ve bu değerin mümkün olduğunca düşük olması arzu edilir (Schroeder, 1994; Sayar ve ark., 2014; Başbağ ve ark., 2020). ADF oranına ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Yıldırım ve Turan, 2020; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022; Akbay ve ark., 2023) sınırları içerisinde yer

almıştır. Kalite standartları bakımından incelendiğinde, türlerin tamamı ADF değerleri bakımından en iyi kalite sınıfı olan prime (P) grupta yer almışlardır.

3.1.3.Nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF)

Trigonella türlerinde NDF oranı % 30.33-37.18 arasında bulunmuştur (ortalama % 33.93). Türler arasında en düşük NDF oranı *T. strangulata*'dan elde edilmiş ve bunu istatistiksel olarak benzer grupta yer alan *T. spruneriana, T. spicata* ve *T. monantha* izlemiştir. En yüksek NDF oranı ise *T. coerulescens*'den elde edilirken bunu sırasıyla *T. filipes, T. foenum graceum* ve *T. mesopotamica* izlemiştir (Tablo 3).

Kaba yemlerde NDF bitki hücre duvarının yapısında bulunan hemiselüloz, selüloz, lignin, kütin ve çözülemeyen protein miktarını ifade eder (Aşçı ve Acar, 2018), dolayısıyla, kaba yemlerde NDF değerinin mümkün olduğunca düşük olması istenir (Schroeder, 1994; Sayar ve ark., 2014; Başbağ ve ark., 2020). NDF oranına ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Yıldırım ve Turan, 2020; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022; Akbay ve ark., 2023) sınırları arasında yer almıştır. Kalite standartları bakımından incelediğimizde, türlerin tamamı NDF değerleri bakımından en iyi kalite sınıfı olan prime (P) grupta yer almışlardır.

3.1.4.Asit deterjanda çözünmeyen protein (ADP)

Trigonella türlerinde ADP oranı % 0.31-0.41 arasında elde edilmiştir (ortalama % 0.36). Türler arasında en düşük ADP oranını istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. strangulata* ve *T. monantha* verirken, en yüksek ADP oranını ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. spruneriana* ve *T. foenum graceum* türleri vermiştir (Tablo 3). Kaba yemlerde sindirilemeyen protein miktarını ortaya koyan ADP değerinin mümkün olduğunca düşük olması istenir (Aşçı ve Acar, 2018).

Tablo 3. *Trigonella* türlerine ait ham protein (HP), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen protein (ADP) değerleri ve oluşan

Türler	HP (%)	KS	ADF (%)	KS	NDF (%)	KS	ADP (%)
T. coerulescens	18.85 c	1	24.09 a	P	37.18 a	P	0.35 cd
T. filipes	19.09 c	P	21.37 bc	P	36.17 ab	P	0.38 b
T. foenum graceum	20.47 abc	P	19.99 c	P	35.24 ab	P	0.41 a
T. mesopotamica	18.31 c	1	21.83 abc	P	34.92 ab	P	0.33 d
T. monantha	21.58 ab	P	22.91 ab	P	33.86 abc	P	0.32 e
T. spicata	19.81 bc	P	14.09 d	P	33.18 bc	P	0.35 c
T. spruneriana	22.45 a	P	21.77 abc	P	30.58 c	P	0.41 a
T. strangulata	18.59 c	1	21.52 bc	P	30.33 c	P	0.31 e
Ortalama	**19.89**	**P**	**20.91**	**P**	**33.93**	**P**	**0.36**
$LSD_{(0.05)}$	2.21*		2.46**		3.71*		0.014**
CV (%)	6.49		6.87		6.36		0.29

**;P≤0.01 ve *;P≤0.05 düzeyinde önemlidir. Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir

3.1.5.Kuru madde (KM)

Farklı *Trigonella* türlerinde KM oranı % 90.63-92.98 arasında değişmiştir (ortalama % 91.47). Türler içerisinde en yüksek KM oranını *T. spruneriana* verirken, en düşük değer ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. monantha* ve *T. spicata*'dan elde edilmiştir (Tablo 4). KM oranına ilişkin elde edilen bulgular, Özçelik ve Şahin (2018)'in bulguları ile uyumlu bulunmuştur.

3.1.6.Sindirilebilir kuru madde (SKM)

Trigonella türlerinde SKM oranı % 70.14-77.93 arasında elde edilmiştir (ortalama % 72.58). Türler arasında en yüksek SKM oranını *T. spicata*'dan elde edilirken, bunu sırasıyla *T.*

foenum graceum, T. filipes ve *T. strangulata* izlemiştir. En düşük SKM değeri ise *T. coerulescens*'den elde edilmiş ve bunu istatistiksel olarak benzer grupta yer alan *T. monantha, T. mesopotamica* ve *T. spruneriana* takip etmiştir (Tablo 4). SKM oranına ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Yıldırım ve Turan, 2020; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022; Akbay ve ark., 2023) ile uyumlu bulunmuştur. Kalite standartları bakımından incelediğinde, türlerin tamamı SKM değerleri bakımından en iyi kalite sınıfı olan prime (P) grupta yer almışlardır.

3.1.7.Kuru madde tüketimi (KMT)

Trigonella türlerinde KMT oranı % 3.23-3.96 arasında bulunmuştur (ortalama % 3.56). Türler arasında en yüksek KMT oranı *T. mesopotamica*'dan elde edilirken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. spicata, T. filipes* ve *T. foenum graceum* izlemiştir. En düşük KMT değeri ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. strangulata, T. coerulescens, T. monantha* ve *T. spruneriana*'dan elde edilmiştir (Tablo 4). KMT oranına ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Yıldırım ve Turan, 2020; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022; Akbay ve ark., 2023) ile uyumlu bulunmuştur. Kalite standartları bakımından incelediğinde, türlerin tamamı KMT değerleri bakımından en iyi kalite sınıfı olan prime (P) grupta yer almışlardır.

3.1.8.Nispi yem değeri (NYD)

Trigonella türlerinde NYD 180.4-237.1 arasında değişim göstermiştir (ortalama 200.9). Türler arasında en yüksek NYD *T. spicata*'dan elde edilirken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. mesopotamica* izlemiştir. En düşük NYD ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. coerulescens, T. strangulata, T. monantha* ve *T. spruneriana*'dan elde edilmiştir (Tablo 4). NYD'ye ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015; Özçelik ve Şahin, 2018; Akbay ve ark., 2020; Yıldırım ve Turan, 2020; Uslu, 2021; Ateş ve Tenikecier, 2022; Akbay ve ark., 2023) ile uyumlu bulunmuştur. Kalite standartları bakımından incelediğinde, türlerin tamamı NYD bakımından en iyi kalite sınıfı olan prime (P) grupta yer almışlardır.

Tablo 4. *Trigonella* türlerine ait kuru madde (KM), sindirilebilir kuru madde miktarı (SKM), kuru madde tüketimi (KMT), nispi yem değeri (NYD) değerleri ve oluşan gruplar ile kalite standartları

Türler	KM (%)	SKM (%)	KS	KMT (%)	KS	NYD	KS
T. coerulescens	92.12 c	70.14 d	P	3.32 b	P	180.43 c	P
T. filipes	90.81 e	72.26 bc	P	3.62 ab	P	202.71 bc	P
T. foenum graceum	92.62 b	73.33 b	P	3.62 ab	P	206.69 bc	P
T. mesopotamica	90.92 e	71.89 bcd	P	3.96 a	P	220.58 ab	P
T. monantha	90.63 f	71.06 cd	P	3.41 b	P	187.58 c	P
T. spicata	90.63 f	77.93 a	P	3.92 a	P	237.07 a	P
T. spruneriana	92.98 a	71.94 bcd	P	3.44 b	P	191.70 c	P
T. strangulata	91.08 d	72.13 bc	P	3.23 b	P	180.49 c	P
Ortalama	**91.47**	**72.58**	**P**	**3.56**	**P**	200.91	**P**
$LSD_{(0.05)}$	0.126**	1.92		0.40*		13.47**	
CV (%)	0.07	1.54		6.46		8.24	

**;P≤0.01 ve *;P≤0.05 düzeyinde önemlidir. Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

3.1.9.Potasyum (K)

Trigonella türlerinde K değerleri % 0.41-0.87 arasında değişmiştir (ortalama % 0.57). Türler arasında en yüksek K değeri *T. spruneriana*'dan, en düşük değer ise *T. spicata*'dan elde edilmiştir (Tablo 5). K değerine ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulgularından (Kouloumbis, 2002; Kamalak

ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015) kısmen düşük bulunmuştur. Bu farklılık muhtemelen çalışılan farklı genotip ve ekolojik koşullardan kaynaklanmıştır. Potasyum bitkilerde metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlerde görev alan bir element olup, verimi, kaliteyi ve soğuğa dayanıklılığı artırmaktadır (Kacar, 2005).

3.1.10.Kalsiyum (Ca)

Trigonella türlerinde Ca değerleri % 1.73-2.17 arasında değişmiştir (ortalama % 1.95). Türler arasında en yüksek Ca değeri *T. mesopotamica'*dan elde edilirken, bunu istatistiksel olarak aynı grubu yakalayan *T. monantha* ve *T. strangulata* izlemiştir. En düşük değer ise *T. spruneriana'*dan elde edilirken, bunu aynı istatistiksel grupta yer alan *T. foenum graceum* ve *T. coerulescens* izlemiştir (Tablo 5). Ca değerine ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulgularından (Kouloumbis, 2002; Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015) kısmen yüksek bulunmuştur. Bu farklılık muhtemelen çalışılan farklı genotip ve ekolojik koşullardan kaynaklanmıştır. Kalsiyum hayvanların özellikle iskelet, diş gibi kemik yapılarının önemli bir elementi olup, eksikliğinde genç hayvanlarda kemiklerin yumuşamasına, yaşlı hayvanlarda kemiklerin bozuk şekilli olmasına, kümes hayvanlarında ise yumurtaların ince kabuklu olmasına neden olur (Sabah ve Çelik, 2001).

3.1.11.Magnezyum (Mg)

Trigonella türlerinde Mg değerleri % 1.74-2.93 arasında değişmiştir (ortalama % 2.37). Türler arasında en yüksek Mg değeri *T. coerulescens'*den elde edilirken, en düşük değer ise *T. monantha'*dan elde edilmiştir (Tablo 5). Mg değerine ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulgularından (Kouloumbis, 2002; Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015) yüksek bulunmuştur. Bu farklılık muhtemelen çalışılan farklı genotip ve ekolojik koşullardan kaynaklanmıştır. Magnezyum, sinir sisteminin aşırı duyarlılığını azaltarak sakinleşmeye yardımcı olduğu için "antistres minerali" olarak da bilinir. Enzimlerin harekete geçirilmesi ve kandaki şekerin enerjiye dönüştürülmesinde rol alır. Koyunlarda Mg noksanlığında bacaklarda kasılma, başın geriye doğru kaldırılması şeklinde ortaya çıkan çayır tetanisine neden olur (Ensminger ve ark., 1990).

3.1.12.Fosfor (P)

Trigonella türlerinde P değerleri % 0.31-0.45 arasında değişmiştir (ortalama % 0.39). Türler arasında en yüksek P değeri *T. spicata'*dan elde edilirken, bunu istatistiksel olarak benzer grupta yer alan *T. monantha* izlemiştir. En düşük değer ise *T. coerulescens'*den elde edilmiştir (Tablo 5). P değerine ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kouloumbis, 2002; Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015) ile paralellik göstermiştir. Fosfor noksanlığında, hayvanın iştahının bozulması, büyümenin yavaşlaması, durgunluk, dizlerin içe doğru bükülmesinden kaynaklanan çarpık bacaklılık gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır (Ensminger ve ark., 1990).

3.1.13.Kalsiyum/Fosfor (Ca/P)

Trigonella türlerinde Ca/P değerleri 4.40-5.88 arasında değişmiştir (ortalama 4.98). Türler arasında en yüksek Ca/P değeri *T. coerulescens*'den elde edilirken, en düşük değer ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan *T. spruneriana* ve *T. spicata'*dan elde edilmiştir (Tablo 5). Ca/P değerine ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kouloumbis, 2002; Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015) sınırları arasında yer almıştır.

3.1.14.Potasyum/(Kalsiyum+Magnezyum) [K/(Ca+Mg)]

Trigonella türlerinde K/(Ca+Mg) değerleri 0.10-0.22 arasında değişmiştir (ortalama 0.13). Türler arasında en yüksek K/(Ca+Mg) *T. spruneriana'*dan elde edilirken, en düşük değer ise *T. spicata'*dan elde edilmiştir (Tablo 5). K/(Ca+Mg) değerine ilişkin elde edilen bulgular, literatür bulguları (Kouloumbis, 2002; Kamalak ve ark., 2011; Başbağ ve ark., 2015) sınırları arasında yer almıştır.

Tablo 5. *Trigonella* türlerine ait potasyum (K), kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), posfor (P), Ca/P ve K/(Ca+Mg) değerleri ve oluşan gruplar

Türler	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	Ca/P	K/(Ca+Mg)
T. coerulescens	0.60 b	1.85 def	2.93 a	0.31 d	5.88 a	0.13 c
T. filipes	0.49 e	1.93 cde	2.37cd	0.39 c	4.91 c	0.12 d
T. foenum graceum	0.58 bc	1.76 ef	2.58 b	0.38 c	4.65 d	0.13 b
T. mesopotamica	0.56 c	2.17 a	2.16 e	0.41 bc	5.32 b	0.13 bc
T. monantha	0.52 d	2.14 ab	1.74 f	0.43 ab	4.98 c	0.13 b
T. spicata	0.41 f	1.97 bcd	2.37 cd	0.45 a	4.40 e	0.10 e
T. spruneriana	0.87 a	1.73 f	2.29 de	0.39 c	4.40 e	0.22 a
T. strangulata	0.53 d	2.09 abc	2.51 bc	0.39 c	5.30 b	0.11 d
Ortalama	**0.57**	**1.95**	**2.37**	**0.39**	**4.98**	**0.13**
$LSD_{(0.05)}$	0.02**	0.17**	0.15**	0.04**	0.08**	0.004**
CV (%)	1.79	5.12	3.80	2.57	1.00	2.30

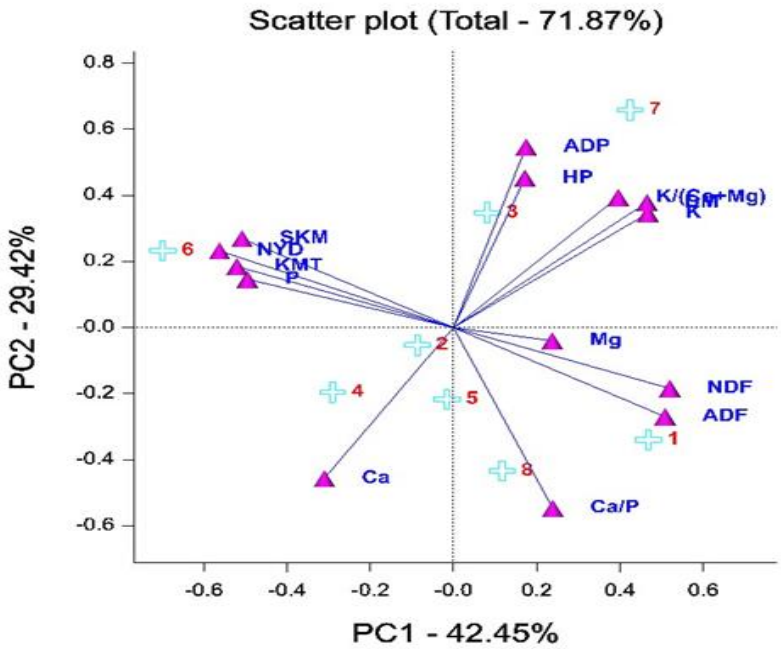
**;P≤0.01 ve *;P≤0.05 düzeyinde önemlidir. Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

3.2.Özellikler arası ilişkinin biplot analizi ve korelasyon analizi ile değerlendirilmesi

Scatter plot biplot tekniği ile incelenen özellikler ve *Trigonell*a türleri arasındaki ilişki Şekil 1'de yer almaktadır. Yapılan biplot analizinde iki boyutlu PCA skoru PC1 % 42.45 ve PC2 % 29.42, toplam varyasyonun (PC1+PC2) ise % 71.87 olduğu kaydedilmiştir. Vektörlerle gösterimde vektörler arasındaki açının daralması söz konusu parametreler arasında olumlu ve yüksek korelasyon olduğunu (ADP ile HP, Mg ile ADF ve NDF, DM ile K) ve özelliklerin birbirlerine yakın konumda olduğunu göstermektedir (Yan ve Tinker, 2006; Sayar ve ark., 2018; Başbağ ve ark., 2021). Görseldeki vektörler arasındaki açı görünümünün genişlemesi özellikler arasındaki korelasyonun zayıflığını (K ile NDF, HP ile NDF) ve açının 90 ºC'e eşit olması özellikler arasında ilişki olmadığını kanıtlamaktadır. Görselde koordinat düzleminin tersi yönde konumlanan SKM, NYD, KMT, Ca ve P değerlerinin diğer özellikler ile negatif ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Başbağ ve ark., (2021) yaptıkları araştırmada ADF ile NDF ve Ca, Mg ve ham proteinin birbiriyle pozitif korelasyon gösterdiğini, ancak SKM ile DM arasında negatif korelasyon olduğunu saptamışlardır.

Scatter plot biplot grafikleri özellikler arasındaki ilişkiyi görsel olarak birbirine yakınlıklarını gösterebilirken özellikler arasındaki ilişkinin önemlilik seviyesini göstermemektedir. Bu nedenle korelasyon analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmada incelenen özellikler arası ilişkiyi önemlilik düzeyine göre belirlemek amacıyla pairwise korelasyon analizi yapılmıştır (Tablo 6).

Yapılan pairwise korelasyon analizine göre, özelliklerarası ilişkilerden HP ile K ve K/(Ca+Mg); KM ile ADP, K ve K/(Ca+Mg); ADF ile NDF ve Ca/P; ADP ile K ve K/(Ca+Mg); SKM ile NYD ve P; KMT ile NYD ve P; NYD ile P; K ile Mg ve K/(Ca+Mg); Ca ile P arasında olumlu ve çok önemli, HP ile ADP ve P; KM ile Mg; KMT ile Ca arasında olumlu ve önemli ilişkiler bulunmuştur. Diğer taraftan, KM ile Ca ve P; ADF ile SKM, KMT, NYD ve P; NDF ile SKM, KMT, NYD ve P; ADP ile Ca ve Ca/P; SKM ile Ca/P; Mg ile P; P ile Ca/P arasında ise olumsuz ve çok önemli, HP ile Mg ve Ca/P; NDF ile Ca; K ile Ca; Mg ile K/(Ca+Mg) arasında olumsuz ve önemli ilişkiler görülmüştür.



Şekil 1. İncelenen özelliklerin ve *Trigonella* türleri arasındaki ilişkinin vektör grafiği yardımıyla scatterplot biplot grafiğinde gösterimi. **1**; *Trigonella coerulescens*, **2**; *Trigonella filipes*, **3**; *Trigonella foenum graceum*, **4**; *Trigonella mesopotamica*, **5**; *Trigonella monantha*, **6**; *Trigonella spicata*, **7***; Trigonella spruneriana*, **8**; *Trigonella strangulate*. **ADF**; Asit deterjan fiber, **NDF**; Nötral deterjan fiber; **ADP**; Nötr deterjan çözünmeyen protein, **HP**; ham protein, **SKM**; Sindirilebilir kuru madde, **NYD**; Nispi yem değeri, **KMT**; Kuru madde tüketimi, **Mg**; Magnezyum, **P**; Fosfor, **Ca**; Kalsiyum, **K**; Potasyum.

Tablo 6. *Trigonella* türlerinin kalite özellikleri arasındaki ilişkinin pairwise korelasyon analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. HP	1.00													
2. KM	0.32	1.00												
3. ADF	-0.23	0.27	1.00											
4. NDF	-0.25	0.32	0.68**	1.00										
5. ADP	0.47*	0.70**	-0.17	-0.20	1.00									
6. SKM	0.23	-0.27	-1.00**	-0.68**	0.17	1.00								
7. KMT	0.23	-0.29	-0.68**	-1.00**	0.21	0.68	1.00							
8. NYD	0.25	-0.30	-0.83**	-0.97**	0.21	0.83**	0.97**	1.00						
9. K	0.48**	0.81**	0.39	0.25	0.54**	-0.39	-0.26	-0.32	1.00					
10. Ca	-0.02	-0.77**	-0.13	-0.41*	-0.68**	0.13	0.40*	0.34	-0.48*	1.00				
11. Mg	-0.46*	0.47*	0.09	0.32	0.21	-0.09	-0.30	-0.25	0.06**	-0.57	1.00			
12. P	0.42*	-0.55**	-0.67**	-0.61**	-0.12	0.67**	0.59**	0.65**	-0.30	0.56**	-0.78**	1.00		
13. Ca/P	-0.47*	-0.14	0.58**	0.24	-0.53**	-0.58**	-0.24	-0.36	-0.15	0.34	0.35	-0.58**	1.00	
14.K/(Ca+Mg)	0.58**	0.72**	0.34	0.20	0.53**	-0.34	-0.21	-0.27	0.97**	-0.42	-0.16*	-0.12	-0.30	1.00

**: P≤0.01 ve *:P≤0.05 düzeyinde önemlidir.

4.Sonuçlar

Farklı *Trigonella* türlerine ait bazı ot kalite değerlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada, incelen tüm türler ot kalite standartları bakımından en kaliteli sınıf olan prime grupta yer almakla beraber, türleri önemli ot kalite özellikleri bakımında kıyasladığımızda; HP bakımından *T. spruneriana*, *T. monantha* ve *T. foenum graceum*; ADF bakımından *T. spicata*; NDF bakımından *T. strangulata*, *T.*

spruneriana, T. spicata ve *T. monantha*; SKM bakımından *T. spicata*; KMT bakımından *T. spicata, T. mesopotamica, T. foenum graceum* ve *T. filipes*; NYD bakımından *T. spicata* ve *T. mesopotamica* türleri istatistiksel olarak en yüksek değerleri vermiştir. Bu türler içerisinden de *T. spicata* incelenen birçok özellik (ADF, NDF, SKM, KMT ve NYD) bakımından en yüksek değerleri vermiştir. Ayrıca, incelen tüm türler ot kalite standartları bakımından en kaliteli sınıf olan prime grupta yer almışlardır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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 tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Akan, H., Aytaç, Z., Pınar, N.M., Ekici, M., 2007. Türkiye *Trigonella* (*Leguminosae*)'larının Revizyonu. TÜBİTAK Proje No: TBAG-2099 (101T142) sonuç raporu.

Akbay, F., Erol, A., Kamalak, A., 2020. Farklı hasat döneminin çemen (*Trigonella foenum- graecum* L.) otunun kimyasal bileşimi, metan üretimi ve kondense tanen içeriği üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6): 1663-1668.

Akbay, F., Uslu, Ö.S., Khan, H., Hosaflıoğlu, İ., 2023. Evaluation of agronomic attributes and herbage quality of selected *Trigonella* species. *Gesunde Pflanzen*, 1-11.

Anonim, 2001. Tarimsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, fiğ türleri (*Vicia* L. species). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara.

Aşçı, Ö.Ö., Acar, Z., 2018. Kaba yemlerde kalite. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası yayınları, Ankara.

Ateş, E., Tenikecier, H.S., 2022. Blue fenugreek (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.), (Ed: G.D. Topçu), *Alternative Forage Crops-I*, Iksad Publications, Ankara.

Başbağ, M., Aydın, A., Çaçan, E., Sayar, M.S., 2015. Güneydoğu anadolu bölgesinde yer alan bazı baklagil yem bitkilerinin kalite değerleri. *Türkiye 11. Tarla Bitkileri Kongresi*, Kongre Bildiriler Kitabı, Çanakkale, s. 95-99.

Başbağ, M., Çaçan, E., Sayar, M.S., Fırat, M., 2020. Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal alanlarından toplanan yoncaların (*Medicago sativa* L.) ot kalite özelliklerinin belirlenmesi ve biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7(11): 7-16.

Ensminger, M.E., Oldfield, J.E., Heinemann, W.W., 1990. Feeds & Nutrition, second edition. The Ensminger Publishing Company, California, U.S.A., pp. 890.

JMP, 2002. A Business Unit of SAS. SAS Instute, USA.

Kacar, B., 2005. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 3-4 Ekim, Eskişehir, s. 209.

Kamalak, A., Atalay, A.İ., Özkan, Ç.Ö., Kaya, E., Tatliyer, A., 2011. Determination of potential nutritive value of *Trigonella kotschi* Fenzl hay harvested at three different maturity stages. *Kafkas Universitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi* 17(4): 635-640.

Kouloumbis, P., 2002. Fenugreek, the genus Trigonella, London and New York.

Lacefield, G.D., 1988. Alfalfa hay quality makes the difference. University of Kentucky Department of Agronomy AGR-137, Lexington, KY.

Mabberly, D.J., 1987. The plant book: A portable dictionary of the higher plants. Cambridge etc.: Cambridge University Press xii, 706p.-. En Chromosome numbers, Anatomy and morphology. Reprinted with corrections General (KR, 198905031).

Morrison, J.A., 2003. Hay and pasture management, Chapter 8. Extension Educator, Crop Systems Rockford Extension Center.

Özçelik, Ş.N., Şahin, A., 2018. Çemen (*Trigonella foenum- graecum* L.) otunun ve tohumunun besin madde içerikleri ve in vitro sindirilebilirliğinin belirlenmesi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 1(1): 25-35.

Sabah, E., Çelik, M.Y., 2001. İscehisar (Afyon) mermer artıklarının hayvan yemi katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, 3-5 Mayıs, Afyon.

Sayar, M.S., Han, Y., Yolcu, H., Yücel, H., 2014. Yield and quality traits of some perennial forages as both sole crops and intercropping mixtures under irrigated conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(1): 59-65.1119.

Schroeder, J.W., 1994. Interpreting forage analysis. Extension Dairy Specialist (NDSU), AS-1080, North Dakota State University.

Townsend, C.C., Guest, E., 1974. Flora of Iraq. vol. 3, (*Leguminales*). Ministry of agriculture & agrarian reform, Baghdad.

Uslu, O.S., 2021. Potential nutritive value of *Trigonella spicata* hay harvested at different maturity stages. *Progress in Nutrition*, 23(2): e2021046.

Yıldırım, F., Turan, N., 2020. Tek yıllık bazı baklagil yem bitkilerinin verim ve verim unsurları ile bazı silaj özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(3): 477-491.

Atıf Şekli	Çetik Yeşilova, E., Başbağ, M., 2024. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çayır-Mera ve Doğal Vejetasyonlarında Yer Alan Bazı *Trigonella* Türlerinde Ot Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 15-24. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10749052.
To Cite	Çetik Yeşilova, E., Başbağ, M., 2024. Determination of Herbage Quality Characteristics in Some *Trigonella* Species in Meadow-Pasture and Natural Vegetation of the Southeastern Anatolia Region. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 15-24. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10749052.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):25-35, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):25-35, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10750500

Salisilik Asit ve Tuz Stresi Uygulamalarının Bazı Soya (*Glycine max*. L.) Çeşitlerinin Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Gülşen KEREÇİN[1], Ferhat ÖZTÜRK[2*]
[1]Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): fozturk@sirnak.edu.tr

Özet
Bu araştırmada materyal olarak insan beslenmesinde önemli bir yer edinen soya (*Glycine max* L.) bitkisi değerlendirilmiştir. Araştırmanın amacı, farklı dozlarda tuz ve salisilik asit uygulamalarının soya bitkisinin tuz stresine karşı tolerans seviyesini belirlemek ve fide gelişimi üzerine etkisini belirlemektir. Çalışma, 2022 yılında Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait iklimlendirme odasında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada, üç farklı soya çeşidi (Arısoy, Asya ve Gapsoy 16), salisilik asit dozu (0, 0.5, 1.0 mM) ve 4 farklı tuz (NaCl) dozu (0, 75,150 ve 225 mM) ele alınmıştır. Araştırmada soya bitkisinin kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, yaprak alanı, yaprak disk yaş ağırlığı, yaprak disk kuru ağırlığı, bitki boyu gibi özellikler incelenmiştir. Araştırma sonucunda; tuz stresinin bitki kök, gövde kuru ve yaş ağırlıkları, gövde uzunluğu, kök uzunluğu ve yaprak alanı değerlerinde azalışa sebep olduğu belirlenmiştir. Tuz stresinin özellikle bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerin salisilik asidin etkisiyle bitkide meydana gelen olumsuzluklar indirgenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :15.09.2023
Kabul Tarihi :25.10.2023

Anahtar Kelimeler
Salisilik asit
soya
tuz stresi
bitki gelişimi

The Effect of Salicylic Acid and Salt Stress on Seeder Development of Some Soya (*Glycine max*. L.) Cultivars

Abstract
In this study, soybean (*Glycine max* L.) plant, which has an important place in human nutrition, was evaluated as material. The aim of the research was to determine the tolerance level of soybean plant against salt stress as a result of salt and salicylic acid application at different doses to different soybean varieties and to observe the effect on seedling development. The study was organized in 2022 in the acclimatization room of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Şırnak University. The experiment was carried out according to the Random Plots Factorial Experimental Design with 3 replications. Three different soybean varieties (Arisoy, Asya and Gapsoy 16), salicylic acid dose (0, 0.5, 1.0 mM) and 4 different NaCl salt doses (0, 75, 150 and 225 mM) were used in the study. In the study, Soybean plant characteristics such as root length, stem length, root wet weight, stem wet weight, stem dry weight, stem dry weight, leaf area, leaf disc wet weight, leaf disc dry weight, plant height were examined. As a result of the research, it was determined that salt stress caused a decrease in root, stem dry and wet weights, stem length, root length and leaf area values. The negative effects of salt stress especially on plants were reduced by the effect of salicylic acid.

Research Article

Article History
Received :15.09.2023
Accepted :25.10.2023

Keywords
Salicylic acid
soybean
salt stress
plant growth

1.Giriş

Bitkilerin yaşamları boyunca maruz kaldıkları stres faktörlerinin en önemlilerinden birisi tuz stresidir (Omidi ve ark., 2022). Tuzluluk kurak ve yarı kurak alanlarda bitkisel üretim yapmayı güçleştirmekte ve buna bağlı olarak ta verim azalmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011; Gürsoy, 2020; Gürsoy, 2022a) İklimi ılıman bir yapıya sahip bölgelerde nemliliğin etkisi ile çözülen tuzlar, toprağın alt katmanlarına inerek yer altı sularına karışır ve okyanuslara taşınmaktadır. Bu nedenle nemli iklim bölgelerinde deniz ya da okyanus suyuna maruz kalan topraklar dışında tuzlu topraklara rastlanmaz. İklimi kurak olan bölgelerde ise okyanuslara ve denize taşınma ile yıkanma durumu çok düşük kalmaktadır. Dünya topraklarının % 46'sı kurak ve yarı kurak iklim bölgelerindedir. Bu bölgelerin sulama yapılan tarım arazilerinin % 50 ye yakın kısmında değişen oranlarda tuzluluk sorunu vardır. Ayrıca görülen kuraklık nedeni ile buharlaşma olmakta ve bu buharlaşma sonucu toprak yüzeyinde tuz birikimi meydana gelmektedir.

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 gösterir. Bitkiler içerisinde bazı türler özellikle tuzluluğa karşı hassasiyet gösterebilirken bazıları ise fizyolojik farklılık, biyokimyasal ve moleküler yanıtlar vererek indüklenen tolerans mekanizmaları ile yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmektedirler (Yaşar ve ark., 2006; Çulha ve Çakırlar, 2011).

Salisilik asit, fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyici olması nedeniyle bitki bünyesinde fizyolojik olayların düzenleyici olarak görev alır (Mikolajczyk ve ark., 2000). Bitkilerin bir kısmında çiçeklenmeyi teşvik ettiği ve kök çevresinden iyon alınmasını kontrol ettiği belirtilmiştir (Raskin, 1992). Dünya da birçok tarımsal alanlarda tuzlu toprakların artışı nedeniyle bitkisel üretimde sınırlayıcı bir unsur olmakta, toplam verimde azalışa sebep olmakta ve bazı alanların artan tuzluluk miktarlarından kaynaklı olarak tarımsal üretimde kullanılamamaktadır (Ekiz ve ark., 1995). Soya bitkisine uygulanacak farklı tuz konsantrasyonları ve farklı dozlardaki salisilik asit uygulamalarının bitki tuz stresi altındayken salisilik asidin tolerans mekanizmalarını ne derece etkilediği ve arttırdığı verim ve kalitede nasıl sonuçlar doğuracağı bitki yaprak, sap, gövde ve kök yapısındaki değişimler test edilmek istenmiştir.

2.Materyal ve Yöntem

Çalışma, 2022 yılında Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait kontrollü iklimlendirme odasında yürütülmüştür. Çalışma, tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada, üç farklı soya çeşidi (Arısoy, Asya ve Gapsoy 16) üç farklı salisilik asit konsantrasyonu (0, 0.5, 1.0 mM) ve dozunda 4 farklı (0, 75, 150, 225 mM) tuz dozu (NaCl) kullanılmıştır. Bitki bünyesinde oluşturulan tuz stresinin salisilik asit uygulamaları sonucu ne derecede önlenebildiğini gözlemlemek amacıyla salisilik asit dozları, toprağa sulama suyu ile birlikte verilmiştir.

Soya tohumları viyollere ekilip 2- 3 adet gerçek yaprağa sahip oldukları fide döneminde 1/3 torf ve 2/3 toprak karışımı ile doldurulan 500 cc' lik plastik saksılara birer fide dikilmiştir. Dikimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25ºC sıcaklık % 65 neme sahip iklim odasına yerleştirilmiştir.

Ekimden itibaren saf su ile gün aşırı olmak kaydı ile bitkiler sulanmıştır. Bitkilere ekimden 12 gün sonra salisilik asit (sırasıyla; 0 g, 0.150 g ve 0.300 g salisilik asit tartılarak 1 litre su içinde çözülmüştür) verilmiştir. Bitkiler belirli bir olgunluğa geldiklerinde (16. gün) tuz stresi uygulamalarına başlanmıştır. Sulama suyu olarak farklı tuz dozlarında hazırlanan solüsyon toprağa uygulanmıştır. Tuz konsantrasyonu uygulamalarıyla birlikte salisilik asit verilmeye devam edilmiştir. Bitkilere 19. gün de sadece tuz uygulanıp salisilik asit uygulaması sonlandırılmıştır. Salisilik asit uygulaması sonlandırıldıktan yaklaşık 1 hafta sonra (27.gün) bitkilerde

fizyolojik stres belirtileri gözlemlenmiş ve analizler için 33. günde hasat yapılmış deneme sonlandırılmıştır.

Araştırmada incelenen özellikler;

Kök uzunluğu; Bitkilerin kök kısmının en uç kısmından kök boğazına kadar olan kısım ölçülerek bulunmuştur.

Gövde uzunluğu; Bitkilerin toprak seviyesinden en uç noktaya kadar olan yükseklikleri ölçülerek bulunmuştur.

Kök yaş ağırlığı; Uygulamaları temsil eden bitkilerin kök kısmı ayrıldıktan sonra hassas terazide kök yaş ağırlıkları belirlenmiştir

Gövde yaş ağırlığı; Uygulamaları temsil eden bitkiler toprak seviyesinden biçildikten sonra hassas terazide gövde yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

Kök kuru ağırlığı; Hasat sonrası bitki örnekleri 70 ^{o}C'ye ayarlanan etüvde 48 saat süresince bekletilerek kök kuru ağırlıkları hesaplanmıştır.

Gövde kuru ağırlığı: Hasat sonrası bitki örnekleri 70 ^{o}C' ye ayarlanan etüvde 48 saat süresince bekletilerek gövde kuru ağırlıklar hesaplanmıştır.

Yaprak alanı: Yaprak şekilleri çizilerek alan ölçer aleti (planimetre) kullanılarak cm^2 olarak hesaplanmıştır.

Yaprak disk yaş ağırlığı: Bitkilerin oransal su içeriklerini belirlemek için hasattan hemen sonra her bir yapraktan 4 adet disk kesilip yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Yaprak disk kuru ağırlığı: Hasat sonrası bitki örnekleri 70 ^{o}C' ye ayarlanan etüvde 48 saat süresince bekletilerek yaprak disk kuru ağırlıklar hesaplanmıştır.

Bitki boyu: Bitkilerin toprak yüzeyinden bitkinin en tepe noktasına kadar olan kısım ölçülerek bulunmuştur.

Çalışmadan elde edilen verilerin varyans analizi tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre JMP 10 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklıklar ise çoklu karşılaştırma testlerinden LSD testine göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Soya çeşitlerine tuz stresi ve salisilik asit uygulamaları sonucu fide gelişim parametrelerine ilişkin veriler Tablo 1-5'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı soya çeşitlerinde uygulanan farklı salisilik asit dozu ve tuz konsantrasyonları sonucunda elde edilen bitki boyu ve kök uzunluğu ortalamaları

		Bitki Boyu (cm)				Kök Uzunluğu (cm)			
Çeşit	**Tuz**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**
Arısoy	**T0**	43,53ghı	51,47cd	56,42b	50,47	14,41 jk	18,76 fgh	22,06 cde	17,75
	T1	39,83ıj	41,15ıj	46,29e-h	42,42	11,33 n-q	20,13 efg	22,80 cd	18,08
	T2	25,53qr	30,58l-p	31,84lm	29,31	8,93 rs	20,06 efg	18,00 gh	15,66
	T3	20,65s	25,43qr	26,31o-r	24,13	8,13 s	18,96 fgh	15,20 ıj	14,1
	Ortalama	32,38	37,15	40,21	36,58	10,70	19,48	19,51	16,40
Gapsoy 16	**T0**	42,45hıj	47,08d-g	61,15a	50,22	12,43 k-o	21,10 def	17,30 hı	16,94
	T1	34,80kl	38,97jk	49,11cde	40,96	11,56 m-q	20,93 def	15,03 ıj	15,84
	T2	27,20n-q	30,86l-o	33,57l	30,54	9,70 p-s	20,06 efg	13,70 j-m	14,48
	T3	19,81s	22,01rs	25,29qr	22,37	9,46 qrs	18,96 fgh	10,53 o-r	12,98
	Ortalama	31,06	34,73	42,28	36,02	10,79	20,26	14,14	15,06
Asya	**T0**	44,19f-ı	48,16c-f	52,55bc	48,3	11,73 l-q	24,13 bc	17,80 gh	15,28
	T1	38,95jk	40,35ıj	43,56ghı	40,95	13,03 j-n	27,56 a	14,03 jkl	18,21
	T2	32,57l	34,11l	33,67l	33,45	12,03 l-p	25,60 ab	12,10 k-o	16,57
	T3	26,21pqr	27,36m-q	30,90lmn	28,15	9,46 qrs	11,96 l-p	11,26 n-r	10,90
	Ortalama	35,48	37,49	40,17	37,71	11,56	22,31	13,8	15,24
LSD				4,55			2,35		

T0: 0 (Kontrol), T1: 75mM, T2:150mM, T3:225mM, SA1: 0 (Kontrol), SA2: 0.5 mM, SA3:1 mM

Araştırma sonucunda, çeşit x tuz x salisilik asit interaksiyonunun bitki boyu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüş ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda bitki boyu 19,81- 61,15 cm arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). En yüksek bitki boyu değeri Gapsoy 16 çeşidinde 0 mM Tuz – 1 mM salisilik asit uygulamalarında elde edilirken, en düşük değer ise Gapsoy 16 ve Arısoy çeşitlerinde 225 mM Tuz - 0 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 19,81 ile 20,65 cm olarak elde edilmiştir. Tuz stresi; çimlenme, fide gelişimi, vejetatif ve olgunluk aşamaları da dahil olmak üzere hemen hemen bütün büyüme ve gelişme aşamalarında bitki metabolizmasını olumsuz etkileyen oldukça karmaşık bir abiyotik strestir. Tuzluluğun neden olduğu stres bitki boyu üzerindeki etkisi olumsuz görülmüştür. Araştırmamız sonucunda tuz stresinin olumsuz etkilerini gösterir benzer sonuçlar, bazı araştırmacılar (Noble ve Rogers, 1993; Shannon, 1994; Cordovilla ve ark., 1995; Yousef ve Al-Saadawi, 1997; Essa ve Al-Ani, 2001; Dajic, 2006) tarafından da bildirilmiştir.

Salisilik asit konsantrasyonundaki artış bitki boyu üzerinde etkisi olumlu olarak belirlenmiş olup, bazı araştırmacılar tarafından da bulgularımızı destekleyici sonuçları belirterek, bitki boyu üzerinde salisilik asit konsantrasyonun artırıcı etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Baran ve Doğan (2014) soya bitkisinde salisilik asidin tuz stresine karşı koruyucu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Kaydan ve Yağmur (2006), yaptıkları çalışmada salisilik asit uygulamalarının buğday bitkisinde bitki boyu üzerinde önemli etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Kaya ve İnan (2017), salisilik asit uygulamalarının tuz stresinin neden olduğu olumsuzluklar üzerinde azaltıcı etkisinin olduğunu belirtmiştir. Salisilik asit uygulamasının ekmeklik buğdayda fide boyunu arttırdığını bildirmişlerdir (Maghsoudi ve Arvin, 2010). Tuz konsatrasyon oranındaki artış bitki boyu üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğu görülmüştür. Eren (2012), tuz konsantrasyonundaki artışın bitki boyunda olumsuz etki yaptığını bildirmişlerdir. Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresinin özellikle mısır bitkisinde bitki boyunu olumsuz etkilediğini belirtmiştir.

Kök uzunluğu bakımından, çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda kök uzunlukları 8,13- 27,56 cm arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). En yüksek kök uzunluk değeri Asya – 75 mM Tuz – 0,5 mM salisilik asit uygulamasında 27,56 cm olarak elde edilirken, en düşük değer ise Arısoy-225 mM-O (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 8,13 cm olarak elde edilmiştir. Tuz stresindeki artış çeşitlerin kök uzunluğunda azalış göstermiştir. Birçok araştırmacı yapmış oldukları çalışmalarda, tuzluluk oranındaki artışı ile birlikte bitki kök uzunluklarında azalış olduğunu bildirmişlerdir (Yıldırım ve ark., 2015; İyem ve ark., 2020; Kızılgeci ve ark., 2020). Ertekin ve ark., (2017) tuz stresinin fiğ çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada tuz konsantrasyonu arttıkça tüm çeşitlerin çimlenme parametrelerinde ve kök ve fide uzunluğunda azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Soya fasulyesi türleri arasında tuz toleransı yüksek olan türlerin olmasına karşın, tuzun soyada yaşam döngüsüne olumsuz etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Phang ve ark., 2008; Özçınar ve ark., 2022). Bir başka araştırmacıda, soya fasulyesi türlerinin, orta derecede tuza dayanıklı özelliklerinden dolayı tuzluluğu belirli bir seviyeye kadar tolere edebildiğini ve soya fasulyesinde verim, sıcaklık faktörü ile birlikte toprak tuzluluğu bu spesifik seviyeyi aştığında azalış gösterdiği sonucuna varılmıştır (Ashraf ve Wu, 1994; Gulzar ve ark., 2001). Ayrıca, artan tuzluluk seviyelerinin tüm çeşitler altında çalışılan tüm karakterleri azalttığı sonucu bildirilmiştir. (Essa, 2002; Kondetti ve ark., 2012).

Tuz stresi altında yetiştirilen bitki tohumlarının çimlenmesinin geciktiği veya engellendiği, bu nedenle çimlenmede önemli ölçüde bir azalma görüldüğü tespit edilmiştir (Bybordi ve Tabatabaei, 2009; Wu ve ark., 2015; Ahmed ve ark., 2017).

Tuz stresi tüm soya fasulyesi genotiplerinde tuzluluk seviyesi arttıkça kök ve sürgün

uzunluğunu engellemiş, ancak sürgün uzunluğunun kök uzunluğundan daha fazla etkilendiği görülmüştür. Benzer sonuçlar (Farhoudi ve ark., 2011; Kondetti ve ark., 2012) tarafından rapor edilmiş olup, bu kişiler çoğu mahsulde kök gelişiminin sürgünlere göre daha az engellendiğini göstermiştir.

Kök ve sürgünün büyümesi, tuz toleransı için en önemli parametredir. Çünkü kökler toprakla doğrudan temas halindedir ve topraktan suyu emer ve sürgün bunu bitkinin geri kalanına sağlar. Bu nedenle sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu bitkilerin tuz stresine tepkisi için önemli bir ipucu sağlar (Jamil ve ark., 2004). Tunçtürk ve ark. (2011), tuz stresinin kanola bitkisinde kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığı üzerinde azaltıcı etkilerinin olduğunu bildirmiştir. Bilkis ve ark. (2016), tuz stresinin azaltıcı etkisinin olduğunu ve kök uzunluklarında yaklaşık % 30,4'lük bir azalış olduğunu saptamışlardır. Toprak ve Tunçtürk (2018) tuz stresinin aspir çeşitlerine olan etkisini inceledikleri çalışmada tuz stresinin bütün çeşitlerde fide gelişimini önemli seviyede etkilediğini bildirmişlerdir.

Tablo 2. Farklı soya çeşitlerinde uygulanan farklı salisilik asit dozu ve tuz konsantrasyonları sonucunda elde edilen gövde uzunluğu ve gövde yaş ağırlığı ortalamaları

		Gövde uzunluğu (cm)				Gövde yaş ağırlığı			
Çeşit	**Tuz**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort**
Arısoy	**T0**	25,00lmn	31,83hı	67,10 a	41,31	0,67 ı-l	1,73 c	0,76 ghı	1,05
	T1	23,31mno	33,66gh	40,73cd	32,57	0,60 j-m	1,97 ab	0,70 h-k	1,09
	T2	18,95p	32,33g-ı	35,00fg	28,76	0,58 klm	1,84 bc	0,60 j-m	1,00
	T3	18,21pq	26,83kl	28,70jk	24,58	0,49 mno	1,58 d	0,56 k-n	0,87
	Ortalama	21,37	31,16	42,88	31,80	0,58	1,78	0,65	1,00
Gapsoy 16	**T0**	26,53kl	32,83g-ı	46,33 b	35,23	0,83 fgh	1,81 c	0,47 mno	1,04
	T1	25,16lm	34,60fg	39,73de	33,16	0,69 h-l	2,02 a	0,58 klm	1,09
	T2	22,03o	33,03g-ı	34,40gh	29,82	0,57 k-n	1,84 bc	0,66 ı-l	1,02
	T3	15,76q	26,83kl	25,16lm	22,58	0,47 mno	1,58 d	0,31 p	0,78
	Ortalama	22,37	31,82	36,40	30,20	0,64	1,81	0,50	3,95
Asya	**T0**	26,86kl	39,83de	37,13ef	34,61	0,74 g-j	1,80 c	0,55 l-o	1,03
	T1	30,87ıj	43,16c	30,76ıj	34,93	0,97 ef	2,01 a	0,41 op	1,13
	T2	27,70kl	39,10de	28,03k	31,72	0,87 fg	1,85 bc	0,43 nop	1,05
	T3	15,53q	19,20p	22,43no	19,05	0,59 klm	1,10 e	0,51 mno	0,73
	Ortalama	25,32	35,32	29,59	30,08	0,79	1,69	0,47	0,98
2,71						0,14			

T0: 0 (Kontrol), T1: 75mM, T2:150mM, T3:225mM, SA1: 0 (Kontrol), SA2: 0.5 mM, SA3:1 mM

Tuz konsantrasyonu arttığında gövde uzunluğunda azalış belirlenmiş ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda gövde uzunlukları 15,53-67,10 cm arasında değişim göstermiştir (Tablo 2). En yüksek gövde uzunluk değeri Arısoy – 0 mM Tuz – 1 mM salisilik asit uygulamasında 67,10 cm olarak elde edilirken, en düşük değer ise Gapsoy ve Asya çeşitlerinde 225 mM - 0 (kontrol) salisilik asidi uygulamasında 15,76 ile 15,53 cm olarak elde edilmiştir.

Tuzluluk etkisi aynı kuraklığın etkisine benzer sonuçlar meydana getirir. Bu koşullar altında bitki büyümesinde yavaşlama ve tohum veriminde azalma görülür. Tuzlu koşullarda bitkilerin azot alımında problemler görülebilir. Demirkol ve ark. (2019) yem bezelyesinde tuz stresinin çimlenme ve fide gelişimi üzerinde önemli düzeyde etkisinin olduğunu belirlediklerini bildirmişlerdir.

Bütün bitkiler tuzluluğa karşı aynı tepkiyi göstermeyebilirler. Ayrıca iklim şartları da bitkilerin tuzluluğa ve kurağa karşı dayanıklılığını belirleyen önemli etmenlerdir. Genel olarak, kışlık olarak ekimi yapılan bitkilerin yazlık olarak ekimi gerçekleşen bitkilere nazaran tuza karşı daha dayanıklıdırlar. Çünkü soğuk dönemlerde

bitkilerin suya duydukları ihtiyaç daha düşük olduğundan ve kışın yağan yağışlardan dolayı toprakta birikmiş olan tuzların yağış sularıyla topraktan yıkanıyor olacağından bitkilerin etkilenmesi daha az olacaktır. Soya bir yazlık bitki olduğundan diğer kışlık bitkilere nazaran daha çok etkilenecektir. Nitekim araştırmamız sonucunda soyanın tuzluluğa karşı hassas olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmamızda tuzluluk oranındaki artışın kök yaş ağırlığı üzerinde etkisinin olumsuz olduğu ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda kök yaş ağırlıkları 0,28-1,32g arasında değişim göstermiştir (Tablo 3). En yüksek kök yaş ağırlığı değeri Asya – 75 mM Tuz – 0,5 mM salisilik asit uygulamasında 1,32 g olarak elde edilirken, en düşük değer ise Gapsoy-225 mM-1 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 0,28 g olarak ve Arısoy 225 mM-0 (kontrol) uygulamasında 0,29 g olarak elde edilmiştir.

Tablo 3. Farklı soya çeşitlerinde uygulanan farklı salisilik asit dozu ve tuz konsantrasyonları sonucunda elde edilen kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı ortalamaları

		Kök yaş ağırlığı (g)				Kök kuru ağırlığı (g)			
Çeşit	**Tuz**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort**
Arısoy	**T0**	0,57 h-k	1,18 bc	0,73 efg	0,83	0,15 ıjk	0,33 c-f	0,29 f	0,26
	T1	0,46 klm	1,22 ab	0,66 f-ı	0,78	0,12 k-o	0,35 bcd	0,22 gh	0,23
	T2	0,41 lmn	1,08 c	0,55 ıjk	0,68	0,13 j-m	0,34 b-e	0,18 hıj	0,22
	T3	0,29 o	0,97 d	0,57 h-k	0,61	0,07 o	0,30 ef	0,16 ıjk	0,17
	Ortalama	0,43	1,11	0,63	0,72	0,12	0,33	0,21	0,22
Gapsoy 16	**T0**	0,67 fgh	1,23 ab	0,60 hıj	0,83	0,18 hıj	0,39 b	0,20 ghı	0,77
	T1	0,61 hı	1,28 ab	0,35 mno	0,74	0,15 ıjk	0,35 bc	0,08 no	0,19
	T2	0,46 klm	1,26 ab	0,62 ghı	0,78	0,12 k-o	0,44 a	0,21 gh	0,26
	T3	0,33 no	0,97 d	0,28 o	0,53	0,09 l-o	0,31 c-f	0,09 mno	0,16
	Ortalama	0,52	1,18	0,46	0,72	0,13	0,37	0,14	0,34
Asya	**T0**	0,58 hıj	1,21 ab	0,49 jkl	0,76	0,13 j-m	0,35 b-e	0,23 g	0,24
	T1	0,80 e	1,32 a	0,41 lmn	0,84	0,20 ghı	0,33 c-f	0,14 jkl	0,22
	T2	0,72 efg	1,24 ab	0,34 no	0,77	0,16 ıjk	0,39 ab	0,12 k-o	0,22
	T3	0,43 lmn	0,75 ef	0,36 mno	0,51	0,12 k-o	0,30 def	0,12 k-n	0,18
	Ortalama	0,63	1,13	0,40	0,72	0,15	0,34	0,15	0,21
LSD				0,11		0,05			

T0: 0 (Kontrol), T1: 75mM, T2:150mM, T3:225mM, SA1: 0 (Kontrol), SA2: 0.5 mM, SA3:1 mM

Kök kuru ağırlığı bakımından tuzluluk oranındaki artışın etkisi olumsuz görülmüş ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda kök uzunlukları 0,07- 0,44 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 3). En yüksek kök kuru ağırlık değeri Gapsoy 16 – 150 mM Tuz – 0,5 mM salisilik asit uygulamasında 0,44 g olarak elde edilirken, en düşük değer ise Arısoy-225 mM- 0 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 0,07 g olarak elde edilmiştir. Tuz konstrasyonun kök kuru ağırlığı üzerindeki etkisi olumsuz görülmüştür. Gürsoy 2023, çalışma sonucunda uygulanan tuzun konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu, sürgün ve kök ağırlığı ile tuza dayanım indeksinde önemli ölçüde azalmalar belirlediklerini ve en düşük değerleri 20 dS m^{-1} NaCl tuz konsantrasyonunda belirlediklerini bildirmişlerdir. Maghsoudi ve Arvin (2010) abiyotik stresin kök kuru ağırlığı üzerinde önemli bir etki yaratmadığını fakat salisilik asit uygulamasının kök kuru ağırlığı üzerinde artırıcı bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Tuzluluk oranındaki artışın gövde yaş ağırlığı üzerinde azaltıcı bir etkisi görülmüş ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda gövde yaş ağırlıkları 0,31- 2,02 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 2). En yüksek gövde yaş ağırlığı değeri Gapsoy ve Asya çeşitlerinde 75 mM Tuz – 0,5 mM salisilik asit uygulamasında 2,02 g olarak elde edilirken, en düşük değer ise

Gapsoy-225 mM-1 salisilik asiti uygulamasında 0,31 g olarak elde edilmiştir. Tuz konstrasyonu arttıkça gövde yaş ağırlığında bir azalış göstermiştir. Fakat salisilik asit uygulamalarının gövde yaş ağırlığı üzerindeki etkisi ise olumlu görülmüştür.

Gövde kuru ağırlığı üzerinde tuzluluk oranının azaltıcı bir etkisi görülmüş ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda gövde kuru ağırlıkları 0,13-0,59 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 4). En yüksek gövde kuru ağırlığı değeri Gapsoy 16 ve Asya çeşitlerinde 150 mM Tuz – 0,5 mM salisilik asit uygulamasında 0,59 ve 0,55 g olarak, Gapsoy 16 75 mM Tuz- 0,5 mM salisilik asit ve 0 mM-0,5 mM salisilik asit uygulamaları aynı grup içerisinde yer almışlardır. En düşük değer Arısoy - 225 mM-0 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 0,05 g olarak elde edilmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça gövde kuru ağırlığında bir azalış göstermiştir. Fakat salisilik asit uygulamalarının gövde kuru ağırlığı üzerindeki etkisi ise olumlu görülmüştür.

Tablo 4. Farklı soya çeşitlerinde uygulanan farklı salisilik asit dozu ve tuz konsantrasyonları sonucunda elde edilen gövde kuru ağırlığı ve yaprak alanı ortalamaları

		Gövde Kuru Ağırlığı (g)				Yaprak Alanı (cm^2)			
Çeşit	**Tuz**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**
Arısoy	**T0**	0,14 jkl	0,45 bcd	0,34 e	0,31	5,47 d-ı	5,89 bcd	6,34 ab	5,90
	T1	0,15 jk	0,53 ab	0,29 ef	0,32	4,71 j-n	5,08 g-k	5,54 c-h	5,11
	T2	0,15 ıjk	0,27 efg	0,17 ı-k	0,20	4,10 o-r	4,51 l-p	5,02 ı-m	4,54
	T3	0,05 m	0,52 abc	0,23 f-ı	0,27	3,96 qr	4,06 pqr	4,19 n-r	4,07
	Ortalama	0,12	0,44	0,26	0,27	4,56	4,88	5,27	4,90
Gapsoy 16	**T0**	0,15 jk	0,54 a	0,15 ıjk	0,28	6,01 bc	6,68 a	6,76 a	6,48
	T1	0,15 jk	0,55 a	0,19 h-k	0,29	5,12 g-k	5,57 c-g	5,79 cde	5,49
	T2	0,14 jk	0,59 a	0,25 fgh	0,33	4,50 m-p	5,08 g-k	5,25 f-ı	4,94
	T3	0,06 lm	0,42 d	0,11 klm	0,20	4,04 pqr	4,24 n-r	4,42 n-q	4,23
	Ortalama	0,12	0,53	0,17	0,27	4,92	5,39	5,55	5,29
Asya	**T0**	0,13 j-m	0,53 ab	0,29 ef	0,31	5,12 g-k	5,35 e-ı	5,70 c-f	5,39
	T1	0,18 h-k	0,44 cd	0,16 ıjk	0,26	5,06 g-k	5,31 e-ı	5,41 d-ı	5,26
	T2	0,18 h-k	0,55 a	0,15 ıjk	0,29	4,44 n-q	5,03 h-l	5,22 f-j	4,89
	T3	0,15 jk	0,19 g-j	0,17 ıjk	0,17	3,73 r	3,96 qr	4,62 k-o	4,10
	Ortalama	0,16	0,43	0,19	0,26	4,59	4,91	5,24	4,91
LSD		0,08				0,52			

T0: 0 (Kontrol), T1: 75mM, T2:150mM, T3:225mM, SA1: 0 (Kontrol), SA2: 0.5 mM, SA3:1 mM

Araştırma sonucunda uygulamalarının yaprak alanı üzerindeki etkisi önemli görülmüştür. Çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda yaprak alanı 3,73- 6,76 cm^2 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4). En yüksek yaprak alanı değeri Gapsoy 16 – 0 mM Tuz – 1 mM ile 0 mM Tuz – 0,5 mM salisilik asit uygulamasında 6,76 ve 6,68 cm^2 olarak elde edilirken, en düşük değer ise Asya-225 mM-0 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 3,73 cm^2 olarak elde edilmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça yaprak alanında bir azalış görülmüştür. Genel olarak tuz stresine maruz kalan bitkilerde turgor kaybı, stoma iletkenliği ve fotosentez hızında azalma, besin dengesizliği, biyokütlenin azalması ve büyümenin yavaşlaması yaygın etkiler arasında görülür (Sevgi ve Leblebici, 2023). Fakat salisilik asit uygulamalarının yaprak alanı üzerindeki etkisi ise olumlu olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, uygulamalarının yaprak disk yaş ağırlığı üzerindeki etkisi önemli görülmüş ve çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda yaprak disk yaş ağırlığı 0,1-0,16 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaprak disk yaş ağırlığı değeri Arısoy – 0 mM Tuz – 1 mM salisilik asit

uygulamasında 0,17 g olarak elde edilirken, en düşük değer ise Asya-225 mM-0 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 0,08 g olarak elde edilmiştir. Çeşit x tuz konsantrasyonu x salisilik asit interaksiyonunda yaprak disk kuru ağırlığı 0,02-0,05 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaprak disk yaş ağırlığı değeri Arısoy – 0 mM Tuz – 1 mM salisilik asit uygulamasında 0,06 g olarak, buna karşın en düşük değer ise Asya-225 mM-0 (kontrol) salisilik asiti uygulamasında 0,02 g olarak elde edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Farklı Soya çeşitlerinde uygulanan farklı salisilik asit dozu ve tuz konsantrasyonları sonucunda elde edilen yaprak disk yaş ağırlığı ve yaprak disk kuru ağırlığı ortalamaları

		Yaprak disk yaş ağırlığı (g)				Yaprak disk kuru ağırlığı (g)			
Çeşit	**Tuz**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**	**SA1**	**SA2**	**SA3**	**Ort.**
Arısoy	**T0**	0,16a-d	0,16abc	0,17a	0,16	0,05a-d	0,05abc	0,06a	0,05
	T1	0,13f-ı	0,15def	0,15c-e	0,14	0,03f-j	0,04c-h	0,04-g	0,03
	T2	0,11jk	0,14e-g	0,15b-e	0,13	0,03e-j	0,03e-j	0,04d-ı	0,03
	T3	0,09lmn	0,10klm	0,11kl	0,1	0,03ıjk	0,03h-k	0,04e-j	0,03
	Ortalama	0,12	0,13	0,14	0,13	0,03	0,03	0,04	0,03
Gapsoy 16	**T0**	0,14efg	0,14efg	0,15b-e	0,14	0,04b-f	0,04b-f	0,05a-d	0,04
	T1	0,14e-h	0,14e-h	0,14e-g	0,14	0,03g-j	0,03ı-m	0,03e-j	0,03
	T2	0,12ıj	0,12ıj	0,13ghı	0,12	0,03f-j	0,03f-j	0,04d-ı	0,03
	T3	0,09mn	0,09mn	0,10kl	0,09	0,02jk	0,02jk	0,04e-j	0,02
	Ortalama	0,12	0,12	0,13	0,12	0,03	0,03	0,04	0,03
Asya	**T0**	0,15def	0,16a-d	0,17ab	0,16	0,04d-ı	0,05a-d	0,06ab	0,05
	T1	0,14e-h	0,15def	0,15c-e	0,14	0,04d-ı	0,05b-e	0,05a-d	0,04
	T2	0,11kl	0,13hıj	0,13f-ı	0,12	0,03f-j	0,04c-g	0,05a-d	0,04
	T3	0,08n	0,10kl	0,11kl	0,09	0,02k	0,03h-k	0,04d-ı	0,03
	Ortalama	0,12	0,13	0,14	0,12	0,03	0,04	0,05	0,04
LSD		0,01				0,012			

T0: 0 (Kontrol), T1: 75mM, T2:150mM, T3:225mM, SA1: 0 (Kontrol), SA2: 0.5 mM, SA3:1 mM

4.Sonuçlar

Tuz stresi bitki gelişimini pek çok bakımdan olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerden bazıları kök ve fide gelişiminin olumsuz etkilenmesi, bitki boyu, kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, yaprak disk yaş ağırlığı ve yaprak alanı değerlerinde azalış şeklinde etkisini göstermiştir. Salisilik asit konsantrasyonun bitki boyu, kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı ve yaprak alanı değerleri üzerinde artırıcı etkileri görülmüştür. Tüm dünyada tuz stresi koşullarında çeşitli bitkilerde stresin etkilerini azaltmada etkili olduğu düşünülen uygulamalar ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmakta olup, çalışmaların daha da yoğunlaştırılması gerekmektedir. Bununla birlikte bitkilerin tuza toleranslarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca tuza dayanıklı yeni çeşitlerin geliştirilmesi gerekmekte olup, bu yönde çalışmaların yoğunlaştırılması önem kazanmaktadır. Ayrıca Ülkemiz topraklarındaki tuzluluk oranının tarımsal üretimde oluşturduğu önemli sorunların etkilerini azaltmak amacıyla, salisilik asidin abiyotik stres koşullarında her ne kadar olumlu etkileri görülmüş olsa da, salisilik asidin bitkilerin stres toleransını sağlamadaki rolünün daha iyi anlaşılabilmesi için daha ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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 makale Gülşen KEREÇİN tarafından Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü bünyesinde hazırlanan yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Kaynaklar

Ahmed, R., Howlader, M.H.K., Shila, A., Haque, M.A., 2017. Effect of salinity on germination and early seedling growth of maize, *Progressive Agriculture*, 28(1): 18-25.

Ashraf, M.Y., Wu, L., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1): 17-42.

Baran, A., Doğan, M., 2014. Tuz stresi uygulanan soyada (*Glycine max* L.) salisilik asidin fizyolojik etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1): 78-84.

Bilkis, A., Islam, M.R., Hafiz, M.H.R., Hasan, M.A., 2016. Effect of NaCl induced salinity on some physiological ve agronomic traits of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 48 (2): 455-460.

Bybordi, A., Tabatabaei, J., 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2): 71-76.

Cordovilla, M.P., Ocana, A., Ligero, F., Lluch, C., 1995. Salinity effect on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes – Rhizobium symbiosis. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 1595-1609.

Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz toleransı mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11: 11-34.

Dajic, Z., 2006. Salt Stress, Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants, Dordrecht, The Netherlands.

Demirkol, G., Yılmaz, N., Önal Aşcı, Ö., 2019. Tuz stresinin yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) seçilmiş genotipinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3): 354-359.

Ekiz, H., Bağcık, S.A., Yılmaz, A., Çağlayan N., Bozoğlu, S., 1995. Bazı arpa genotiplerinin tuzluluğa karşı toleranslarının ve toleransla ilgili seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi. *3. Arpa Malt Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, Eylül, Konya, s. 5-7.

Eren, S., 2012. Farklı tuzluluk düzeylerindeki sulama sularının, nanede (*Mentha piperita* L.) büyüme, gelişme ve verim parametrelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E., Çeliktaş, N., 2017. Tuz stresinin bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 10-18.

Essa, A.T., Al-Ani, D.H., 2001. Effect of salt stress on the performance of six soybean genotypes. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4: 175-177.

Essa, T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L.) cultivaris. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(2): 65-140.

Farhoudi, R., Tafti, M.M., 2011. Effect of salt stress on seedlings growth and ions homoestasis of soybean (*Glycine max* L.) cultivars, *Advances in Environmental Biology*, 5(8): 2522–2526.

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 and Environment*, 61(5): 220-226.

Gulzar, S., Khan, M., Ungar, I., 2001. Effect of salinity and temperature on the germination of Urochondra setulosa (Trin.) CE Hubbard. *Seed Science and Technology*, 29(1): 21-30.

Gürsoy, M., 2020. Effect of chitosan pretreatment on seedling growth and antioxidant enzyme activity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under saline conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(5): 6589-6603.

Gürsoy, M. 2023. An Overview of the effects of salt stress on plant development. *9th Internatıonal Zeugma Conference On Scıentıfıc Research*.

Gürsoy, M., 2022a. Enhancing germination performance early seedling growth chlorophyll stability ındex and salt tolerance percentage of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds by aplication different plant growth regulators under salinity stress. *Agrociencia*, 56(1): 82-92.

Iyem, E., Yildirim, M., Kizilgeci, F., 2020. Comparative study on germination and seedling growth of wheat cultivars under salt stress regimes. *International Journal of Agriculture Environment and Food Science*s, 4(4): 439-449.

Jamil, M., Rha, E.S., 2004. The effect of salinity (NaCl) on the germination and seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 7: 226–232.

Kaya, A., İnan, M., 2017. Tuz (NaCl) stresine maruz kalan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine salisilik asidin etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3): 332-342.

Kaydan, D., Yağmur, M., 2006. Farklı salisilik asit dozları ve uygulama şekillerinin buğday (*Triticum aestivum* L.) ve mercimekte (*Lens culinaris Medik*.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(3): 285-293.

Kizilgeci, F., Mokhtari, N.E.P., Hossain, A., 2020. Growth and physiological traits of five bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes are influenced by different levels of salinity and drought stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(9): 8592-8599.

Kondetti, P., Jawali, N., Apte, S.K., Shitole, M.G., 2012. Salt tolerance in Indian soybean (*Glycine max* L. Merill) varieties at germination and early seedling growth. *Annals of Biological Research*, 3(3): 1489–1498.

Maghsoudi, K., Arvin, M.J., 2010. Salicylic acid and osmotic stress effects on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Plant Ecophysiology*, 2: 7-11.

Mikolajczyk, M., Awotunde, O.S., Muszynska, G., Klessig, D.F., Dobrowolska, G., 2000. Osmotic stress induces rapid activation of a salicylic acid-induced protein kinase and a homolog of protein kinase ASK1 in tobacco cells. *Plant Cell*, 12(1): 165-178.

Noble, C.L., Rogers, M.J.E., 1993. Response of temperate forage legumes to waterlogging and salinity. In: M. Pessarakli (ed.), *Handbook of Plant and Crop Str*ess, Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 473-496.

Omidi, M., Khandan-Mirkohi, A., Kaf, M., Zamani, Z., Ajdanian, L., Babaei, M., 2022. Biochemical and Molecular Responses of Rosa damascena mill. cv. Kashan to salicylic acid under salinity stress. *BMC Plant Biology*, 22: 373.

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.

Phang, T.H., Shao, G., Lam, H.M., 2008. Salt tolerance in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(10): 1196-1212.

Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 43(1): 439-463.

Sevgi, B., Leblebici, S., 2023. Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri ve geliştirilen tolerans mekanizmaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11: 1498-1516.

Shannon, M.C., 1994. The potential for improved salt tolerance of the cultivated soybean. In: R. Ansari, T. J. Flowers, A.R. Azmi (eds), *Current Developments in Salinity and Drought Tolerance of Plants*, Plant Physiol. Div., Atomic Energy Agric. Res. Centre, Tando Jarm, Pakistan, pp. 103-113.

Toprak, T., Tunçtürk, R., 2018. Farklı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin gelişim performansları üzerine tuz stresinin etkisi. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi,* 1(1): 44-50.

Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Yıldırım, B., Çiftçi, V., 2011. Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 10(10): 1827-1832.

Yakıt, S., Tuna, A.L., 2006.Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea m*ays L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergis*i, 19(1): 59-67.

Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtioglu, S., 2006. Determination of anti oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(4): 627–630.

Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 47–66.

Yildirim, M., Kizilgeci, F., Akinci, C., Albayrak, O., 2015. Response of durum wheat seedlings to salinity. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici ClujNapoca*, 43(1): 108-112.

Yousef, S.A., Al-Saadawi, I.S., 1997. Effect of salinity and nitrogen fertilization on osmotic potential and elements accumulation in four genotypes of broad bean *Vicia faba* L. *Dirasat: Agricultural Sciences*, 24: 395-401.

Atıf Şekli	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. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10750500.
To Cite	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. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10750500.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):36-44, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):36-44, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10750737

Determination of Herbage Yield and Quality of Some Italian Ryegrass Varieties in Sivas Ecological Conditions

İlker YÜCE[1*], Muhammed TATAR[1], Kağan KÖKTEN[1], Meliha Feryal SARIKAYA[1]
Yeter ÇİLESİZ[1], Tolga KARAKÖY[1]
[1]Sivas University of Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Sivas
[*]Corresponding author: ilkeryuce001@gmail.com

Abstract
Italian ryegrass is a forage plant that can grow rapidly vegetatively, can take at least two cuts in suitable ecologies, and has a tall plant height. Italian ryegrass, an annual forage crop, is rich in minerals, protein and water-soluble carbohydrate content, good palatability, digestibility and metabolic energy value are quite high compared to herbage of medium pasture quality. Italian ryegrass is a plant that has the potential to be a solution to the roughage needs of farm animals in Turkey. In this context, the aim of this study is to determine the Italian ryegrass variety or varieties with high yield and quality suitable for Sivas ecology. Twenty-one Italian ryegrass varieties (Master, Quickston, Big Boss, Koga, Venüs, Braulio, Jivet, Medoacus, Excellent, Tornado, İlkadım, Caramba, Kartetra, Efe-82, Trinova, Hellen, Devis, Vallivert, Teanna, Rambo, Zeybek-19) were used as plant material in the experiment. Experiment was conducted at Sivas Science and Technology University, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Agricultural Ar&Ge Center trial area in 2022-2023 growing season. According to the data obtained, the differences between Italian ryegrass varieties were found to be statistically significant in terms of plant height, green and dry herbage yields. Plant height, green and dry herbage yields ranged between 115.0-130.7 cm, 1407-3240 kg da^{-1} and 392-976 kg da^{-1}, respectively. In terms of quality parameters of varieties, differences were also significant. The values were 11.18-14.73% for crude protein rates, 6.57-12.43% for crude ash rates, 32.9-37.7% for ADF (Acid detergent fiber) rates, 61.6-65.4% for NDF (Neutral detergent fiber) rates, 59.55-62.76% for DMD (Digestible dry matter) rates, 1.84-1.95% for DMI (Dry matter intake) rates, and 84.76-94.42 for RFV (Relative feed value) values. Among the Italian ryegrass varieties used in the research, it was determined that Excellent variety performed well in terms of herbage yield, and İlkadım, Master and Kartetra varieties performed well in Sivas conditions in terms of herbage quality.

Research Article

Article History
Received :10.10.2023
Accepted :25.11.2023

Keywords
Italian ryegrass
yield
crude protein
ADF
NDF

1. Introduction

Grasslands are important because they provide a range of ecosystem services that are useful not just to the environment but also to agriculture, as they are essential to the sustained production of meat and milk (Humphreys et al., 2010; Wilkins and Humphreys, 2003). Grasslands are found in many settings and provide a variety of functions, including hay, silage, and grazing. Their composition is often determined by the adaption, productivity, and endurance of certain species and cultivars in unadulterated stands.

Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* subsp. *italicum* Lam.) is one of the finest fodder grass producing species in terms of yield and energy content. It is frequently employed as a component in the manufacture of silage (Worku et al., 2021; Ertekin et al., 2022). Harvesting Italian ryegrass early in the blooming season allows it to dry fast and produces a high-quality crop of hay that livestock may consume. When there is heavy rainfall, it is advantageous to postpone harvesting and provide the gathered material to animals in the form of silage. The plant has thin stems and non-coarsen structure, however after flowering, the digestibility of the hay declines. In the one cutting can provide 1500-2500 kg da^{-1} of green herbage and 500-800 kg da^{-1} of dried herbage under typical circumstances. By harvesting two to three times, one can acquire 4-6 tons of green grass and 750-1500 kg da^{-1} of dried herbage in places that receive spring rains or under irrigation (Avcıoğlu et al., 2009).

Grazing animals enjoy it, because of its high palatability and high productivity in intensive agricultural settings (Bernard et al., 2002). Incorporating Italian ryegrass into pastures with legumes and other monocot species leads to increased feed quality and consistent, high production that can be realized the year after seeding (Burns et al., 2015). Apart from its immediate agronomic advantages, it offers additional ecosystem services that improve soil health (Blanco-Canqui et al., 2015). These services include lowering leaching of nitrogen and phosphorus (Malcolm et al., 2009; Maxwell et al., 2014), which prevents water bodies from being contaminated (Aronsson et al., 2016), capturing carbon (Bolinder et al., 2007; Riley et al., 2008; Schmidt et al., 2011), strengthening soil aggregate stability (Riley et al., 2008), and, lastly, boosting the diversity and density of small fauna and biota species in the soil (Pommeresche and Løes., 2009; 2014).

Italian ryegrass is cultivated as a short-lived plant since it cannot withstand harsh winter weather; nevertheless, a study conducted by Canadian researchers reported that it may survive in mixes for four years in milder winter climates or with enough snow protection (Jung et al., 1996; Humphreys et al., 2010). It is grown as an annual or biannual in Lithuania and other Baltic nations; the duration of the growing season is determined by the climate (Kemešytė et al., 2013). Italian ryegrass's limited range and challenging cultivation are mostly caused by its low resistance to abiotic stressors including water logging, low levels of snow insulation, temperature fluctuations that result in recurrent freezing-thawing cycles, etc. (Bērziņš et al., 2020). The aim of this study was to determine the herbage yield and quality of some Italian grass varieties.

2. Materials and Methods

In the study, 21 registered Italian ryegrass varieties (Master, Quickston, Big Boss, Koga, Venüs, Braulio, Jivet, Medoacus, Excellent, Tornado, İlkadım, Caramba, Kartetra, Efe-82, Trinova, Hellen, Devis, Vallivert, Teanna, Rambo, Zeybek-19) obtained from some companies were used as plant material. The experiment was conducted in the 2022-2023 growing season at Sivas Science and Technology University, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Agricultural Ar&Ge Center trial area, according to the randomized block trial design, with three replications. The parcel area in the experiment was made to be 5 m long and 6 rows. Sowing was done in the first week of October, using 20 cm row spacing and 4 kg of seeds per decare. DAP fertilizer was applied to the area where the experiment was conducted, at the rate of 4 kg nitrogen and 10 kg

phosphorus (P_2O_5) per decare, upon planting. When the plants reached a height of approximately 30 cm, top fertilization was applied with 6 kg of nitrogen per decare.

Table 1. Precipitation, temperature and relative humidity values of the period of the experiment

Months	Total Precipitation (mm)		Average Temperature (°C)		Average Relative Humidity (%)	
	2022-2023	Long Term	2022-2023	Long Term	2022-2023	Long Term
October	16.6	19.0	11.6	12.5	62.8	57.6
November	39.6	32.3	6.6	6.1	74.2	69.9
December	23.8	29.8	3.0	2.7	86.1	79.8
January	7.2	46.1	0.9	-2.0	87.3	74.0
February	43.8	35.4	-3.6	0.6	92.4	71.2
March	107.6	44.2	6.4	2.5	93.0	64.7
April	74.8	23.2	9.1	11.1	92.8	50.0
May	56.4	18.9	13.0	13.9	93.6	53.8
June	51.4	77.7	17.3	18.6	95.3	55.2
Total/Aver.	**421.2**	**326.6**	**7.1**	**7.3**	**86.4**	**64.0**

The province of Sivas is characterized by a continental climate, with hot, dry summers and cold, snowy winters. Table 1 provides key climate characteristics during the research period, including temperature, precipitation, and humidity. The lowest recorded average temperature was -3.6 °C in February, and the highest recorded average temperature was 17.3 °C in June. Between October (2022) and June (2023), there was 421.2 mm of precipitation overall, which was more than the long-term average of 326.6 mm. Month-by-month variations in the average relative humidity value ranged from 62.8% to 95.3%, above the long-term average of 64.02%.

Table 2. Physical and chemical properties of the soil of the trial site

Depth	Texture	pH	Lime (% $CaCO_3$)	Salinity (%)	P_2O_5 (kg da^{-1})	K_2O (kg da^{-1})	Organic matter (%)
0-30 cm	Silty clay loam	7.28	19.6	0.33	3.40	93.59	1.7

Table 2 provides the experimental site's chemical and physical characteristics. The soil in the Sivas location was silty clay loam with a pH of 7.28. It was also notable for having a low phosphorus (P_2O_5) content (3.40 kg da^{-1}), low organic matter (1.7%), high potassium (K_2O) content (93.59 kg da^{-1}), lime content (19.6 %) and salt contents (0.33 %). The field was adequately drained, and there was no groundwater issue during the investigation.

Harvesting time was done in the second week of June. Plant height of 10 plants from each plot planted in the experiment was measured and the average was taken. In addition, after removing the outer row in each parcel, the weights of the plants harvested from the remaining four rows in the middle were taken and the weights obtained were converted into decare calculations. 500 g of plant samples taken from each parcel were weighed after being left to dry at 70 ^{0}C for 48 hours and the dry matter ratio was determined. Then, the dry matter ratios were multiplied by the green herbage yield and the dry herbage yield per decare was determined. Dry herbage samples of the Italian ryegrass varieties were ground in mill and passed through 1 mm sieve for chemical analysis. Crude ash ratio of Italian ryegrass samples was determined by burning at 550 ^{0}C for 8 hours (AOAC, 1990). Crude protein analyses were performed by the methods specified in AOAC (2003). The ADF and NDF constituting the cell wall were performed by the method specified in Van

Soest (1963) and Van Soest and Wine (1967). Relative feed value (RFV), dry matter digestibility (DMD) and dry matter intake (DMI) of Italian ryegrass samples were calculated according to the formulas (Morrison, 2003). DMD % = 88.9 - (0.779 x ADF %); DMI % = 120 / NDF %; RFV = (DDM % x DMI %) /1.29.

The analysis of the data obtained was made in the Jump-Pro13 statistical package program and the differences between the averages were compared according to the Tukey test. Correlation analysis and color map were made in Jump-Pro13 and Biplot graphics in Genstat 12th (Copyright 2011, VSN International Ltd.).

3. Results and Discussion

Plant height (PH), green herbage yield (GHY), dry herbage yield (DHY), crude ash (CA), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), dry matter digestibility (DMD) and dry matter intake (DMI) ratios and relative feed value (RFV) values determined in the samples of some Italian ryegrass varieties were found to be statistically significant at the 1% level (Table 3).

Table 3. Average values of herbage yield and quality characteristic of Italian ryegrass varieties

Varieties	PH (cm)	GHY (kg da^{-1})	DHY (kg da^{-1})	CP (%)	CA (%)	ADF (%)	NDF (%)	DMD (%)	DMI (%)	RFV
Big boss	128.2^{a-c}	2027^{fg}	635^{ef}	11.18^{ı}	6.91^{cd}	37.7^{a}	65.4^{a}	59.55^{ı}	1.84^{fg}	84.76^{h}
Braulio	123.1^{e-g}	1783^{h}	577^{f-h}	11.35^{hı}	8.89^{bc}	37.1^{ab}	63.3^{b-g}	60.04^{hı}	1.90^{a-e}	88.26^{d-h}
Caramba	129.1^{ab}	2057^{f}	615^{e-g}	11.83$^{g-ı}$	7.34^{cd}	36.1^{b-f}	64.1^{a-e}	60.80^{d-h}	1.87^{c-g}	88.28^{d-h}
Devis	125.0^{c-f}	2125^{d-f}	674^{de}	12.09$^{f-ı}$	6.61^{d}	37.1^{ab}	65.4^{a}	60.03^{hı}	1.84^{g}	85.42^{gh}
Efe 82	130.7^{a}	2218^{c-e}	621^{e-g}	13.36^{bc}	7.42^{cd}	34.4$^{g-ı}$	63.6^{a-f}	62.12^{a-c}	1.89^{b-g}	90.93^{a-e}
Excellent	119.6^{gh}	3240^{a}	976^{a}	13.07^{c-f}	7.29^{cd}	35.1^{d-h}	63.4^{b-g}	61.55^{b-f}	1.89^{a-f}	90.35^{b-f}
Hellen	124.1^{d-f}	2164^{d-f}	679^{de}	11.78$^{g-ı}$	6.72^{d}	35.3^{c-h}	62.5^{e-g}	61.41^{b-g}	1.92^{a-c}	91.53^{a-d}
İlkadım	118.3^{hı}	2601^{b}	799^{bc}	14.73^{a}	6.86^{cd}	32.9^{ı}	61.9^{fg}	62.76^{a}	1.94^{ab}	94.42^{a}
Jivet	130.9^{a}	2720^{b}	728^{cd}	13.23^{b-d}	6.57^{d}	33.9^{hı}	62.6^{d-g}	62.50^{ab}	1.92^{a-d}	92.94^{a-c}
Kartetra	124.9^{c-f}	2264^{cd}	639^{ef}	14.22^{ab}	6.90^{cd}	33.7$^{f-ı}$	61.6^{g}	61.89^{a-d}	1.95^{a}	93.49^{ab}
Koga	126.4^{b-e}	2108^{ef}	531^{hı}	11.52^{hı}	12.43^{a}	36.5^{a-d}	64.3^{a-e}	60.44$^{f-ı}$	1.87^{c-g}	87.56^{e-h}
Master	122.5^{e-g}	2368^{c}	827^{b}	13.15^{c-e}	7.33^{cd}	35.0$^{e-ı}$	61.6^{g}	61.64^{a-e}	1.95^{a}	93.14^{a-c}
Medoacus	123.2^{e-g}	1489^{ij}	481^{ı}	11.89$^{g-ı}$	6.65^{d}	36.7^{a-c}	64.9^{ab}	60.32$^{g-ı}$	1.85^{e-g}	86.44^{f-h}
Quickstan	119.5^{gh}	2126^{d-f}	621^{e-g}	13.14^{c-e}	7.21^{cd}	35.2^{d-h}	64.8^{a-c}	61.47^{b-f}	1.85^{e-g}	88.35^{d-h}
Rambo	123.3^{e-g}	1804^{h}	558^{gh}	13.37^{bc}	7.16^{cd}	36.2^{b-e}	64.5^{a-d}	60.70^{e-h}	1.86^{d-g}	87.62^{d-h}
Teanna	115.4^{ı}	1572^{ı}	387^{j}	12.36^{c-h}	9.57^{b}	35.4^{c-g}	63.8^{a-f}	61.36^{c-g}	1.88^{c-g}	89.50^{c-f}
Tornado	127.9^{a-d}	1808^{h}	486^{ı}	11.21^{ı}	7.33^{cd}	35.9^{b-f}	64.4^{a-d}	60.95^{d-h}	1.86^{d-g}	88.05^{d-h}
Trinova	126.5^{b-e}	1771^{h}	558^{gh}	12.25^{d-h}	7.30^{cd}	35.7^{b-g}	63.9^{a-e}	61.08^{c-h}	1.88^{c-g}	88.99^{d-g}
Vallivert	121.8^{f-h}	1407^{j}	392^{j}	12.57^{c-g}	8.33^{b-d}	35.3^{c-h}	63.0^{c-g}	61.38^{b-g}	1.91^{a-e}	90.67^{a-e}
Venüs	127.9^{a-d}	1884^{gh}	597^{f-h}	12.15$^{e-ı}$	7.21^{cd}	35.6^{b-g}	64.1^{a-e}	61.16^{c-h}	1.87^{c-g}	88.74^{d-g}
Zeybek-19	122.2^{f-h}	1413^{j}	478^{ı}	11.48^{hı}	7.87^{b-d}	36.0^{b-f}	63.8^{a-e}	60.84^{d-h}	1.88^{c-g}	88.68^{d-g}
Average	124.3**	2045**	612**	12.47**	7.61**	35.6**	63.7**	61.14**	1.89**	89.43**
CV	1.96	4.54	7.07	4.84	5.29	2.50	1.85	1.13	1.85	2.66

**; significant at the P≤0.01 level. There is no statistical difference between the averages shown with the same letter.

The plant heights of Italian ryegrass varieties varied between 115.4-130.9 cm. While the highest plant height of Italian ryegrass varieties was obtained in Jivet variety, the lowest plant height was obtained in Teanna variety. In the study examining the effect of biogas slurry application on biomass production and feed quality of *Lolium*

multiflorum, it was reported that Italian ryegrass plant height varied between 63.5-117.3 cm (Xu et al., 2021).

The green and dry herbage yields of Italian ryegrass varieties varied between 1407-3240 kg da^{-1} and 392-976 kg da^{-1}, respectively. While the highest green and dry herbage yields of Italian ryegrass varieties were obtained in Excellent variety, the lowest green and dry herbage yields were obtained in Vallivert variety. In a study examining the forage yield and quality response of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) to different water and nitrogen levels, it was reported that the dry matter yield varied between 234-1076 kg da^{-1} (Abraha et al., 2015). While in the study conducted to determine the herbage yield and quality of some Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) varieties in Bingöl conditions, it was reported that the green and dry herbage yields of Italian ryegrass varieties were obtained as 3377-4458 kg da^{-1} and 808-1052 kg da^{-1}, respectively (Lale and Kökten, 2020), in the study where the effects of different harvest times on the yield and some quality elements of annual ryegrass varieties were examined, it was reported that the green herbage yield of annual ryegrass varieties varied between 1890-4460 kg da^{-1} (Demiroğlu Topçu et al., 2021). In a study examining the effect of chemical fertilizer and biogas slurry on fresh biomass yield in Italian grass, it was reported that biomass yield varied between 2936-5466 kg da^{-1} (Xu et al., 2021).

The crude protein and crude ash rates of the samples of Italian ryegrass varieties varied between 11.18-14.73% and 6.57-12.43%, respectively. The highest crude protein rate of Italian ryegrass varieties was obtained in İlkadım variety, followed by Kartetra variety, which are statistically in the same group. The highest crude ash rates were found in Koga variety. On the other hand, the lowest crude protein and crude ash rates in the samples of Italian ryegrass varieties were obtained in Big boss and Jivet varieties, respectively. In the study where the effects of different harvest times on the yield and some quality elements of annual ryegrass varieties were examined, it was reported that the crude protein and crude ash rates of annual ryegrass varieties varied between 11.16-15.04% and 10.02-13.85%, respectively (Demiroğlu Topçu et al., 2021). While Abraha et al. (2015) reported that the crude protein ratio in annual ryegrass ranged between 23.55-28.58%, Xu et al. (2021) reported that the crude protein ratio in Italian ryegrass ranged between 22.71-25.06%. On the other hand, in the study conducted to determination dry matter yields and quality characteristics of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) genotypes, crude protein rate was obtained as 9.7-25.8% (Akça Pelen et al., 2023).

The ADF and NDF ratios of the samples of Italian ryegrass varieties varied between 32.9-37.7% and 61.6-65.4%, respectively. While the highest ADF and NDF ratios were obtained from Big boss variety; the lowest ADF rate was found in İlkadım variety, and the lowest NDF rate was found in Kartetra and Master varieties. Abraha et al. (2015) reported that the NDF rate in annual ryegrass ranged between 38.2-40.9%. On the other hand, Yavuz et al. (2017) reported that ADF and NDF rates in annual ryegrass lines were obtained as 30.6-36.5% and 46.9-54.1%, respectively, Sidhu et al. (2020) reported that the ADF and NDF rates in Italian ryegrass grown at sowing time and different nitrogen levels were obtained as 27.7-29.5% and 41.8-46.1%, respectively. While Lale and Kökten (2020) reported that the ADF and NDF rates in Italian ryegrass varieties ranged between 38.3-40.7% and 55.0-63.4%, respectively, Demiroğlu Topçu et al. (2021) reported that the ADF and NDF rates in annual ryegrass varieties ranged between 34.8-42.0% and 53.1-60.3%, respectively, Xu et al. (2021) reported that the ADF and NDF rates in Italian ryegrass ranged between 18.4-19.5% and 35.6-36.9%, respectively.

The DMD and DMI ratios and RFV values of the samples of Italian ryegrass varieties differed statistically by 1% among varieties and varied between 59.55-62.76%, 1.84-1.95% and 84.76-94.42, respectively. In a study examining the forage yield and quality response of annual ryegrass (*Lolium*

multiflorum) to different water and nitrogen levels, it was reported that in vitro dry material digestibility varied between 75.6-83.2% (Abraha et al., 2015). While in the study carried out to determine the herbage yield and quality of some Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) varieties in Bingöl conditions, it was reported that the DMD, DMI ratios and RFV values of Italian ryegrass varieties were obtained as 57.22-59.04%, 1.89-2.18% and 86.44-99.55, respectively (Lale and Kökten, 2020), in the study conducted to determination of forage yield and quality characteristics of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) lines, it was reported that the relative feed value varied between 110.7-127.3 (Demiroğlu Topçu et al., 2021). On the other hand, in the study conducted to determination dry matter yields and quality characteristics of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) genotypes, DMD and RFV values were obtained as 59.3-66.9% and 96-147, respectively (Akça Pelen et al., 2023)

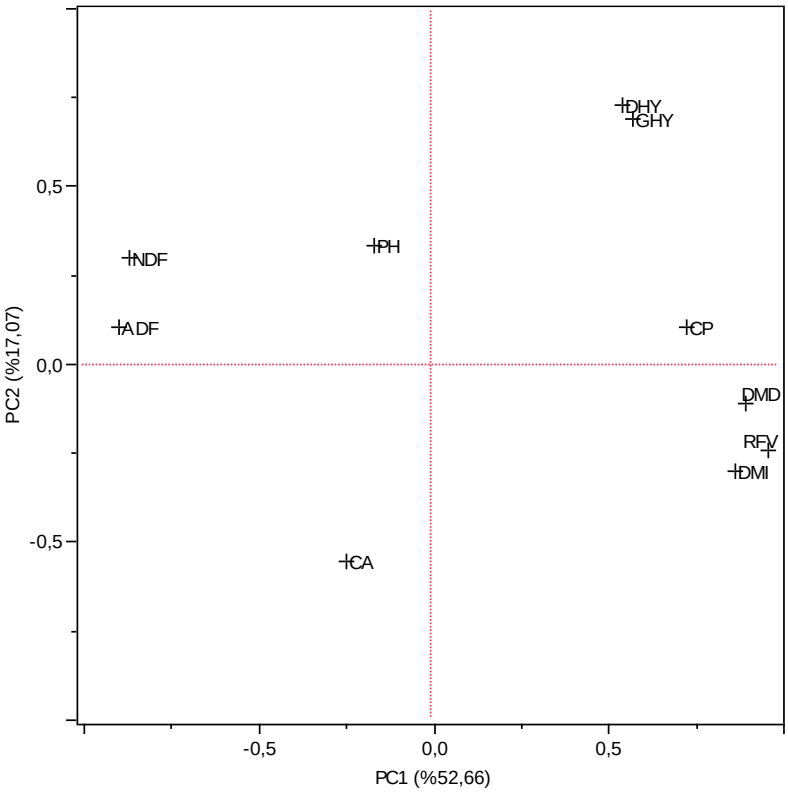


Figure 1. Principal component biplot analysis of the relationships between the examined features

Principal Component (PC) biplot analysis was performed to provide a strong demonstration of the relationships between the studied traits in Italian ryegrass herbage samples. According to the study results, PCA explained 69.73% of the total variation, while PC1 explained 52.66% and PC2 17.07% on the biplot (Figure 1). It was determined that there was a positive relationship between CP and DHY, GHY, DMD, RFV, DMI features and a negative relationship with ADF, NDF, PH and CA features.

4. Conclusions

This study was conducted to provide information about determining the herbage yield and quality of Italian ryegrass varieties grown in the Sivas climate. Italian ryegrass varieties showed significant differences in terms of herbage yield and quality. This study depicted that Excellent variety were superior in

terms of herbage yield (green and dry herbage yield) and Kartetra, Master and İlkadım varieties were superior in terms of herbage quality (low ADF, NDF rates and highest DDM, DMI and RFV).

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 supported by Sivas Science and Technology University Rectorate Scientific Research Projects (BAP) Coordination with the project number "2023-GENL-TBT-0002". We would like to thank Sivas Science and Technology University Rectorate Scientific Research Projects Coordination Office for their support.

References

Abraha, A.B., Truter, W.F., Annandale, J.G., Fessehazion, M.K., 2015. Forage yield and quality response of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) to different water and nitrogen levels. *African Journal of Range & Forage Science*, 32(2): 125-131.

Akça Pelen, M., Okkaoğlu, H., Ay, E., Büyükkileci, C., Özpınar, H., 2023. Determination of dry matter yields and quality characters of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) genotypes. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 4(2): 66-72.

AOAC, 1990. Official method of analysis. Association of official analytical chemists 15th edition, Washington DC, USA.

AOAC, 2003. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. 2nd Rev. Gaithersburg, USA, Association of Analytical Communities.

Aronsson, H., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Liu, J., Øgaard, A.F., Känkänen, H., Ulén, B., 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in Southern Scandinavia and Finland. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71: 41-55.

Avcıoğlu, R., Açıkgöz, E., Soya, H., Tan, A., 2009. Yem Bitkileri Üretimi. (http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/18de4d2ec21 cfcb_ek.pdf?tipi=14&sube), (Erişim Tarihi: 19.09.2023)

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.

Bērziņš, P., Ruņģis, D.E., Rancāne, S., Stesele, V., Vēzis, I., Jansons, A., 2020. Genetic and agronomic analysis of Latvian fescue (*Festuca* spp.), ryegrass (*Lolium* spp.) accessions and their hybrids. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 73: 487-493.

Blanco-Canqui, H., Shaver, T.M., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A., Elmore, R.W., Francis, C.A., Hergert, G.W., 2015. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*, 107: 2449-2474.

Bolinder, M.A., Janzen, H.H., Gregorich, E.G., Angers, D.A., VandenBygaart, A.J., 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118: 29-42.

Burns, G.A., O'Kiely, P., Grogan, D., Watson, S., Gilliland, T.J., 2015. Comparison of herbage yield, nutritive value and ensilability traits of three ryegrass species evaluated for the Irish recommended list. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 54: 3140.

Demiroğlu Topçu, G., Çelen, A.E., Özkan, Ş.Z., 2021. The effects of different harvest times on yield and some quality components of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) varieties. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(02A): 1810-1816.

Ertekin, I., Atis, I., Ziya Aygun, Y., Yilmaz, S., Kizilsimsek, M., 2022. Effects of different nitrogen doses and cultivars on fermentation quality and nutritive value of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silages. *Animal Bioscience*, 35: 39-46.

Humphreys, M., Feuerstein, U., Vandewalle, M., Baert, J., 2010. Ryegrasses. In: B. Boller, U.K. Posselt, F. Veronesi (Eds), Fodder Crops and Amenity Grasses, Springer: New York, pp. 211-260.

Jung, G.A., Van Wijk, A.J.P., Hunt, W.F., Watson, C.E., 1996. Ryegrasses. In Cool-Season Forage Grasses. Hoboken, NJ, USA.

Kemešytė, V., Lemežienė, N., Stukonis, V., Kanapeckas, J., 2013. Morphological and anatomical traits of short-lived ryegrass. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 67: 281-284.

Lale, V., Kökten, K., 2020. Determination of herbage yield and quality of some Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) varieties in Bingol conditions. *Turkish Journal of Nature and Science*, 9(Special Issue): 46-50.

Malcolm, B.J., Cameron, K.C., Di, H.J., Edwards, G.R., Moir, J.L., 2014. The effect of four different pasture species compositions on nitrate leaching losses under high N loading. soil. *Use Management*, 30: 58-68.

Maxwell, T.M.R., McLenaghen, R.D., Edwards, G.R., Di, H.J., Cameron, K.C., 2019. Italian ryegrass swards reduce N leaching via greater N uptake and lower drainage over perennial ryegrass cultivars varying in cool season growth rates. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 62: 69-82.

Morrison, J.A., 2003. Illinois Agronomy Handbook. Hay and Pasture, Chapter 6. Rockford Extension Center.

Pommeresche, R., Løes, A.-K., 2009. Relations between agronomic practice and Earthworms in Norwegian arable soils. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 3: 129-142.

Pommeresche, R., Løes, A.-K., 2014. Diversity and density of springtails (Collembola) in a grass-clover ley in North-West Norway. *Norwegian Journal of Entomology*, 2: 165-179.

Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., Korsaeth, A., 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124: 275-284.

Schmidt, M.W.I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I.A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A.C., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49-56.

Sidhu, M.S., Sharma, G.D., Kumar, N., Chahal, A., Rana, M.C., Sharma, R.P., 2020. Herbage yield, nutritive value and soil properties of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) as affected by sowing time and varying levels of nitrogen. *Forage Research*, 46(2): 163-167.

Van Soest, P.J., 1963. The use of detergents in the analysis of fibre feeds. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 46: 829-835.

Van Soest, P.J., Wine, R.H., 1967. The use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 50: 50-55.

Wilkins, P.W., Humphrey, M.O., 2003. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *Journal of Agricultural Sciences*, 140: 129-150.

Worku, A., Tóthi, R., Orosz, S., Fébel, H., Kacsala, L., 2021. Novel mixtures of Italian ryegrass and winter cereals: influence of ensiling on nutritional composition, fermentation characteristics, microbial counts and ruminal degradability. *Italian Journal of Animal Science*, 20: 749-761.

Xu, W., Zhu, Y., Wang, X., Ji, L., Wang, H., Yao, L., Lin, C., 2021. The effect of biogas slurry application on biomass production and forage quality of *Lolium multiflorum*. *Sustainability*, 13: 3605.

To Cite	Yüce, İ., Tatar, M., Kökten, K., Sarıkaya, M.F., Çilesiz, Y., Karaköy, T., 2024. Determination of Herbage Yield and Quality of Some Italian Ryegrass Varieties in Sivas Ecological Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 36-44 DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10750737.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):45-56, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):45-56, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10751707

Farklı Dozlarda Naftalin Asetik Asit (NAA) Uygulamalarının Pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) Lif Kalite Parametrelerine Etkisi

Hasan HALİLOĞLU[1*], Orhan ÇOKLU[1]
[1]Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): haliloglu@harran.edu.tr

Özet
Bu araştırma, naftalin asetik asit (NAA) uygulamalarının pamuğun lif kalite parametrelerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, Şanlıurfa İli Haliliye İlçesi Arapoğlu köyünde yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada NAA uygulamaları taraklanma başlangıcı (T.B.) döneminde (30, 60 ve 90 g da^{-1}), çiçeklenme başlangıcı (Ç.B.) döneminde (30, 60 ve 90 g da^{-1}) ve çiçeklenme doruğu (Ç.D.) döneminde (30, 60 ve 90 g da^{-1}) olmak üzere uygulanmıştır. Araştırma sonucunda; NAA uygulamalarının denemenin birinci yılında çepel alanı, ikinci yılında ise lifte sarılık üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu ancak yıllara göre farklılık gösterdiğini, bu özellikler bakımından bir stabilitenin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen diğer lif özelliklerinden lif olgunluğu, lif kopma uzaması, üniformite indeksi, kısa lif oranı, lif parlaklığı ve iplik eğrilebilirlik indeksi değerleri bakımından NAA uygulamalarının istatistiki olarak önemli bir etkisi bulunamamıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :12.10.2023
Kabul Tarihi :25.11.2023

Anahtar Kelimeler
Pamuk
naftalin asetik asit dozları
büyüme dönemleri
lif kalitesi
iplik

The Effect of Different Doses of Naphthalene Acetic Acid (NAA) Applications on Fiber Quality Parameters of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Abstract
This study aimed to assess the effect of Napthalene Acetic Acid (NAA) on fiber quality parameters of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Field trials were carried out at the trial site of Arapoğlu Village in the Haliliye county of Şanlıurfa. A factorial randomized complete block design with three replications was employed. In the study, NAA applications were observed at the beginning of squaring (B.S.) stage (300, 600 and 900 g ha^{-1}), at the beginning of flowering (B.F.) stage (300, 600 and 900 g ha^{-1}) and at the flowering peak (F.P.) period (300, 600 and 900 g ha^{-1}). As a result of this study; It was concluded that the effect of NAA applications on fiber length and fiber strength was statistically significant but differed according to years and there was no stability in terms of these properties. There was no statistically significant effect of NAA applications on fiber maturity, fiber elongation, uniformity index, short fiber index, fiber reflectance and spinning consistency index.

Research Article

Article History
Received :12.10.2023
Accepted :25.11.2023

Keywords
Cotton
naphthalene acetic acid doses
growing stages
fiber quality
yarn

1.Giriş

Pamuk; 6.000 yılı aşkın bir süredir gıda, lif ve hatta yakıt olarak kullanılmaktadır. Pamuk lifi, tekstil endüstrisinin en önemli hammaddelerinden biridir. Aynı zamanda yenilenebilir bir doğal kaynaktır; bu nedenle pamuk dünyada yaygın olarak yetiştirilmektedir. Çok fazla kullanım alanına sahip olması ile birçok sektörde istihdam olanağı yaratmakta ve ülke ekonomisine de katma değer sağlamaktadır (Mutlu ve Karademir, 2022). Pamuğun büyüme ve gelişme aşamaları, toplam 180-200 gün süren çıkış, fide, taraklanma, çiçeklenme, koza oluşturma ve koza açma aşamalarından oluşur.

Pamuk bitkisinin her kısmı faydalıdır. En önemli kısmı ise kumaş yapımında kullanılan elyaf veya liftir. Linterler (tohumun üzerindeki kısa tüy) plastik, patlayıcı ve diğer ürünlerin yapımında kullanılan selüloz kaynağı olarak kullanım olanağı sağlar. Linterler ayrıca yüksek kaliteli kâğıt ürünlerine dahil edilir ve şilte, otomobil yastıkları ve mobilya için dolgu malzemesi olarak kullanılır.

Pamuk sıcak iklimlerde yetişir ve dünyadaki pamuğun büyük kısmı ABD, Özbekistan, Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan'da yetiştirilir. Pamuk yetiştiren diğer önde gelen ülkeler ise Brezilya, Pakistan ve Türkiye'dir.

Bitki hormonlarının sentetik türevleri olan kimyasal maddelere bitki gelişim düzenleyicileri (BGD) adı verilir (Çetinkaya ve Baydan, 2006; Akgül, 2008). Günümüzde bitkilerin büyüme hızını ve büyümesini değiştirmek için özel BGD'ler kullanılmaktadır. Bitki hormonları besin değil, küçük miktarlarda bulunan kimyasallardır. Hücre ve dokuların büyümesini, gelişmesini ve farklılaşmasını teşvik eder ve etkiler.

Bitki hormonları olarak da adlandırılan fitohormonlar, kültür bitkilerinin büyüme ve gelişmesini düzenleyen, farklı temel metabolik yollardan elde edilen küçük moleküllerdir. Bitki büyüme düzenleyicileri (BDG) doğası gereği organiktir ve bitki fizyolojik ve gelişim süreçlerini değiştiren besinlerden farklıdır. BGD'ler ayrıca biyostimulantlar veya biyoinhibitörler olarak da adlandırılırlar. Bunlar bitki hücrelerinin içinde belirli enzimleri veya enzim sistemlerini uyarmak veya inhibe etmek için hareket eder ve bitki metabolizmasını düzenlemeye yardımcı olur (Magray, 2021). Bitkilerce salgılanan hormonların aksine BGD'lerin doğal veya sentetik olarak üretimi yapılmaktadır. Bitki büyüme ve gelişmesine doğal bitki büyüme düzenleyicileri ile müdahaleler yapıldığında ya bitki hormon düzeyinde değişiklikler ya da bitkinin kendi doğal hormonlarına tepkisinde değişiklikler meydana gelmesi muhtemeldir. Çiçeklenme aşamasında büyüme düzenleyicilerin ve kimyasalların yapraktan uygulanması fizyolojik verimliliği artırabilir ve dolayısı ile ürün verimliliğini arttırmada önemli bir rol oynayabilir (Dashora ve Jain, 1994).

Son dönemlerde, sentetik bitki büyüme düzenleyicilerinin pamuk üretiminde verimi arttırmak amacıyla kullanımına yönelik araştırmalar yürütülmektedir. Bitki gelişim düzenleyiciler yüksek verim için çiftçiler tarafından verimi artırıcı olarak kullanılabilmektedir. Bu bileşikler kimyasal içerikleri ve kullanım durumlarına göre farklılıklar sergilemektedir. Bu gelişim düzenleyiciler yüksek bitkilerin (kök, gövde, dal, yaprak, tohum gibi organları, hücre zarları bulunan ve klorofil pigmentleri olan bitkiler) farklı organlarından ve bazı mantarlardan üretilmektedir.

NAA'nın uygun konsantrasyonda kullanılan yapay büyüme destekleyicisi olduğu, tahıl bitkilerinin büyümesini ve gelişmesini, diğer fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilediği bilinmektedir (Islam ve Jahan, 2016)

IAA (Indol-3- asedik asit) en önemli doğal oksin ve NAA (1-Naftalinasetik asit) en önemli sentetik oksindir. Oksin grubunda yer alan naftalin günümüzde çeşitli formülasyonları potasyum, amonyum, etil ester formunda veya sodyum tuzları formunda satılmaktadır. Renksiz ve kristal bir yapıya sahiptir. NAA hormonun pamuk bitkisine olan etkilerinden bazıları, pamukta erken çiçek ve meyve dökülmelerini önlemekte, çiçeklenmeyi teşvik etmekte, tarak ve koza dökümünü azaltmakta, verim, koza ağırlığı ve tohum

iriliğinde önemli düzeyde arttırmakta ve erkencilik sağlamaktadır. Pamuk bitkisinde tüm bu etkileri dolayısı ile Naftalin Asetik Asit (NAA)'in kullanılması önem arz etmektedir.

Bu çalışma farklı dozlarda NAA uygulamalarının pamuğun lif kalite parametrelerine etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma 2017 ve 2018 yılları yetiştirme sezonlarında Şanlıurfa İli Haliliye İlçesi Arapoğlu Köyünde yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü yerin ana materyali killi-tınlı, hafif alkali, derin profilli olup; tüm profil de kireç, fosfor ve potasyum oranı yüksek olup, buna karşılık organik maddece fakirdir (Anonim, 2017a). Deneme yerinden alınan toprak örneklerinin bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme yerine ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*

Yıllar	Derinlik (cm)	Organik Madde (%)	Toplam Tuz (%)	pH	Kireç (%)	P_2O_5 (kg da^{-1})	K_2O (kg da^{-1})
2017	0-20	0.5282	0.027	7.69	17.9	59.54	247.04
2018	0-20	0.6324	0.019	7,73	18.8	52.31	158.53

*Anonim, 2017a

Tablo 1'den, deneme alanı toprağının kil bünyeli olduğu ve kireç içeriğinin yüksek, ayrıca pH'ın hafif bazik özellikte olduğu görülebilmektedir. Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almakta yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık bir iklim özelliği göstermektedir.

Tablo 2. Denemelerin yürütüldüğü bölgenin Nisan ile Kasım ayları arasında oluşan bazı iklim değerleri*

Yıllar	Parametreler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
2017	Ort. Mak. Sıcaklık (°C)	23.1	30.1	36.4	41.3	39.4	36.9	27.3	22.8
	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	10.8	16.2	22.4	26.7	24.9	22.6	15.1	4.8
	Ort. Sıcaklık (°C)	16.6	22.9	29.7	34.2	32.3	29.6	20.5	12.1
	Ort. Nisbi Nem (%)	50.2	39.0	27.0	22.9	35.7	28.8	36.9	53.9
	Ort. Yağış (kg m^{-2})	79.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	78.6
2018	Ort. Mak. Sıcaklık (°C)	27	30	36.5	39.8	39.6	32.9	27	19.9
	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	14.2	15	22.4	25.1	26.4	20.3	15.4	10
	Ort. Sıcaklık (°C)	20.5	22.2	29.8	32.7	33	26	20.5	14.1
	Ort. Nisbi Nem (%)	48	47.2	29.8	34.7	46.8	52.6	55.6	62.4
	Ort. Yağış (kg m^{-2})	1.8	26.7	8.6	0.0	0.5	83.2	22.5	35.3

*MGM, 2018

Tablo 2'den, pamuğun yetişme süresince (Nisan-Kasım Ayları) ortalama sıcaklığının 2017 yılında, 12.1°C ile 34.2°C arasında; 2018 yılında, 14.1°C ile 33.0°C arasında; maksimum sıcaklıkların 2017 yılında, 22.8°C ile 41.3°C arasında; 2018 yılında, 19.9°C ile 39.8°C arasında; minimum sıcaklıkların ise 2017 yılında, 4.8°C ile 26.7°C arasında; 2018 yılında, 10°C ile 26.4 °C arasında; ortalama nisbi nem 2017 yılında, % 22.9 ile % 53.9 arasında; 2018 yılında, % 29.8 ile % 62.4 arasında; ortalama yağış miktarının 2017 yılında, 0.0 ile 79.2 mm arasında; 2018 yılında, 0.0 ile 83.2 mm arasında değişim göstermiştir (MGM, 2018). Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede bitki materyali olarak Candia pamuk çeşidi ve bitki gelişim düzenleyicisi olarak etken maddesi [% 1.18 2-(1-Napthyl) acetamide (NAD) %0.43 2-(1-Napthyl) acetic acid (NAA)] olan ürün kullanılmıştır (Anonim, 2017b).

Çalışmada her parsel 4 sıralı, parsel boyu 12 m, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 10-12 cm olacak şekilde düzenlenmiştir. Ekim işlemleri pnömatik mibzer ile tavlı toprağa 2017 yılında 25 Nisan, 2018 yılında ise 20 Nisan tarihlerinde yapılmıştır. Ekimle birlikte 8 kg da^{-1} N ve P (20-20-0 kompoze) taban gübresi ve üst gübrelemede ise üre (% 46 N) gübresinden 8 kg da^{-1} saf N lister aleti ile toprağa uygulanmıştır. Ekimden 15 gün önce geniş yapraklı yabancı otların mücadelesi için 300 ml da^{-1} (450 g l^{-1} Pendimethalin), ekim sonrasında ise geliç ve köpekdişi ayrığı'na karşı 125 ml da^{-1} (116.2 g l^{-1} Clethodim) herbisiti kullanılmıştır. Daha sonraki dönemlerde bitkilerin gelişim dönemlerinde yapılan rutin kontrollerde ise bitkilerin ekonomik zarar eşikleri dikkate alınarak zararlı mücadelesi yapılmıştır. Deneme alanında yabancı otları kontrol etmek ve üst gübre vermek amacıyla 2017 yılında 4, 2018 yılında ise 3 defa makina çapası yapılmıştır. Denemede NAA uygulamaları yaprağa şu şekilde uygulanmıştır. Kontrol, T.B. (30, 60, 90 g da^{-1}), Ç.B. (30, 60, 90 g da^{-1}), Ç.D. (30, 60, 90 g da^{-1}). Naftalin asetik asit uygulamaları T.B. (1 metrede 1-2 tarak), Ç.B. (1 metrede 1-2 çiçek ya da ekimden 65-75 gün sonra) ve Ç.D. (1 metrede 8-10 çiçek, bitki başına 3-5 çiçek ya da çiçeklenme başlangıcından 15-20 gün sonra) (Chen ve ark., 1997) dönemlerinde tek doz halinde püskürtülmüştür. Denemenin yürütüldüğü yerde hava sıcaklığının aşırı olmasından dolayı çok çabuk buharlaşma olması nedeniyle NAA uygulamaları saat 19.00'dan sonra havanın serin olduğu saatlerde sırt pompası ile her parsele uygulanmış, kontrol parsellerine ise su püskürtülmüştür.

Denemenin iki yılında da 7'şer defa karık sulama yapılmıştır. 2017 yılında 1. el hasat 14 Ekim, 2. el hasat 10 Kasım tarihinde, 2018 yılında 1. el hasat 10 Ekim, 2. el hasat ise 7 Kasım tarihinde olmak üzere iki defada elle yapılmıştır. Hasat her parselin ortasındaki iki sıranın başından ve sonundan 1'er metrelik kısmı atılarak geriye kalan alan üzerinden (10×1.4=14 m^{-2}) yapılmıştır. Araştırmada incelenen lif özelliklerinin analizi USTER HVI 1000 cihazında yapılmıştır (USTER, 2017).

Yöntemleri uyarınca elde edilen veriler tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabii tutulmuş, ortalamaları ise Tukey-Hsd testine göre gruplandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan birleşik yıllar analizine göre yıllar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunduğundan her yılın verileri ayrı ayrı analiz edilmiştir.

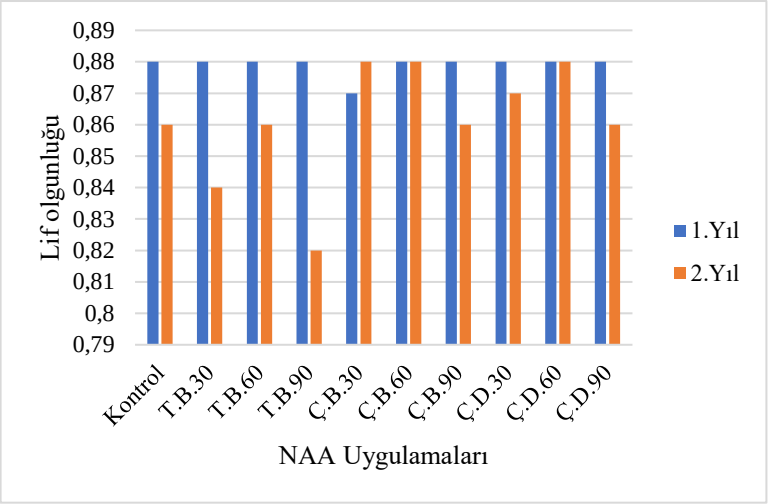
Tablo 3. İncelenen özelliklere ait P (önemlilik) değerleri

	P Değeri		P Değeri		P Değeri		P Değeri	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
	Lif olgunluğu (%)		Lif kopma uzaması (%)		Üniformite indeksi (%)		Kısa lif oranı (%)	
Tekerrür	0.122	0.383	0.975	0.465	0.937	0.632	0.085	0.254
Uygulamalar	0.413	0.483	0.870	0.400	0.923	0.761	0.832	0.135
	Lif parlaklığı (Rd)		Lifte sarılık (+b)		Çepel Alanı (%)		İplik Eğrilebilirlik Indeksi (SCI)	
Tekerrür	0.847	0.669	0.997	0.412	0.687	0.483	0.381	0.827
Uygulamalar	0.835	0.625	0.663	0.005**	0.000**	0.736	0.696	0.090

**: % 1

3.1. Lif olgunluğu

Tablo 3'den, varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen lif olgunluğu değerleri yönünden istatistiki olarak önemli düzeyde herhangi bir farklılığın bulunmadığı izlenebilmektedir. Tablo 5 ve Şekil 1'den, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen lif olgunluğu değerlerinin 0.82 ile 0.88 arasında değiştiği ve ortalamaların 0.88 ve 0.86 arasında oluştuğu izlenebilmektedir.



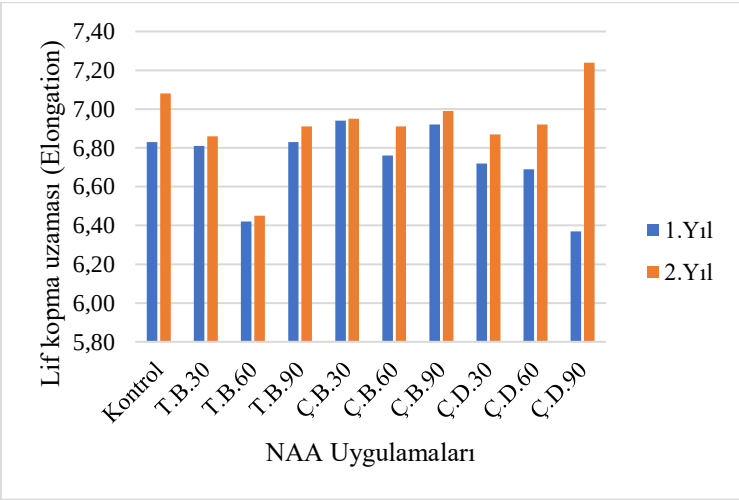
Şekil 1. NAA uygulamalarından elde edilen lif olgunluğu değerleri

Denemenin iki yılında da istatistiki olarak önemli farklılıkların bulunmaması NAA uygulamalarının üniformite indeksi üzerine istatistiki olarak herhangi bir etkisinin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır. Elde edilen verilere göre lif olgunluğu oranı bakımından bir değer hariç (2017 yılı T.B.90) diğer tüm lif değerleri olgun (0.85-0.90) grubunda bulunmaktadır (Anonymous, 2023).

3.2. Lif kopma uzaması

Tablo 3'den, varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen lif kopma uzaması değerleri yönünden istatistiki olarak önemli düzeyde herhangi bir farklılığın bulunmadığı izlenebilmektedir.

Tablo 4 ve Şekil 2'den, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen lif kopma uzaması değerlerinin % 6.37 ile % 7.24 arasında değiştiği ve ortalamaların % 6.73 ve % 6.92 arasında oluştuğu izlenebilmektedir. En yüksek lif kopma uzaması 2017 yılında Ç.B.30 (% 6.94) uygulamasından, en düşük ortalama lif kopma uzaması ise Ç.D.90 (% 6.37) uygulamalarından, 2018 yılında en yüksek lif kopma uzaması Ç.D.90 (% 7.24) uygulamasından, en düşük ortalama lif kopma uzaması ise T.B.60 (% 6.45) uygulamalarından elde edilmiştir.



Şekil 2. NAA uygulamalarından elde edilen lif kopma uzaması (%) değerleri

Denemenin her iki yılında da istatistiki olarak herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Bu verilere göre NAA uygulamalarının lif kopma uzaması üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen verilere göre lif kopma uzaması bakımından tüm lif örnekleri orta (5.9-6.7) grubunda yer almışlardır (Anonymous, 2023).

Tablo 4. NAA uygulamalarından elde edilen ortalama lif olgunluğu, lif kopma uzaması (%), üniformite indeksi (%), kısa lif oranı (%) ve standart sapma değerleri

Uygulama Zamanları	Lif Olgunluğu + Standart Sapma		Lif kopma Uzaması (%) + Standart Sapma		Üniformite İndeksi (%) + Standart Sapma		Kısa Lif Oranı (%) + Standart Sapma	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Kontrol	0.88±0.01ö.d.	0.86±0.02ö.d.	6.83±0.09ö.d.	7.08±0.29ö.d.	82.08±0.30ö.d.	82.12±0.22ö.d.	8.47±0.99ö.d.	8.12±0.97ö.d.
T.B.30	0.88±0.01	0.84±0.02	6.81±0.36	6.86±0.38	82.40±0.95	83.15±0.26	8.10±1.63	7.83±2.36
T.B.60	0.88±0.01	0.86±0.01	6.42±0.69	6.45±0.13	81.98±0.85	82.40±0.13	8.47±0.13	8.26±0.79
T.B.90	0.88±0.01	0.82±0.06	6.83±0.77	6.91±0.33	82.74±1.62	82.65±0.43	8.05±1.15	7.56±1.00
Ç.B.30	0.87±0.01	0.88±0.03	6.94±0.20	6.95±0.20	82.47±0.97	82.22±0.41	8.20±1.27	7.79±0.63
Ç.B.60	0.88±0.01	0.88±0.01	6.76±0.12	6.91±0.29	82.88±0.71	83.2±0.49	7.60±1.74	7.67±0.09
Ç.B.90	0.88±0.01	0.86±0.01	6.92±0.57	6.99±0.65	82.26±0.54	82.41±0.27	8.35±1.26	7.96±0.85
Ç.D.30	0.88±0.01	0.87±0.02	6.72±0.30	6.87±0.10	82.82±0.58	81.68±0.27	7.59±1.22	7.59±0.46
Ç.D.60	0.88±0.01	0.88±0.02	6.69±0.65	6.92±0.30	81.41±0.85	82.81±0.64	8.09±1.96	7.52±0.61
Ç.D.90	0.88±0.01	0.86±0.03	6.37±0.14	7.24±0.25	83.06±1.12	82.32±0.43	7.55±0.81	7.32±0.42
Ortalama	0.88±0.01	0.86±0.03	6.73±0.42	6.92±0.33	82.41±0.83	82.5±0.42	8.05±1.19	7.76±0.95
%C.V.	0.67	2.75	7.19	4.26	1.67	1.25	10.46	4.81

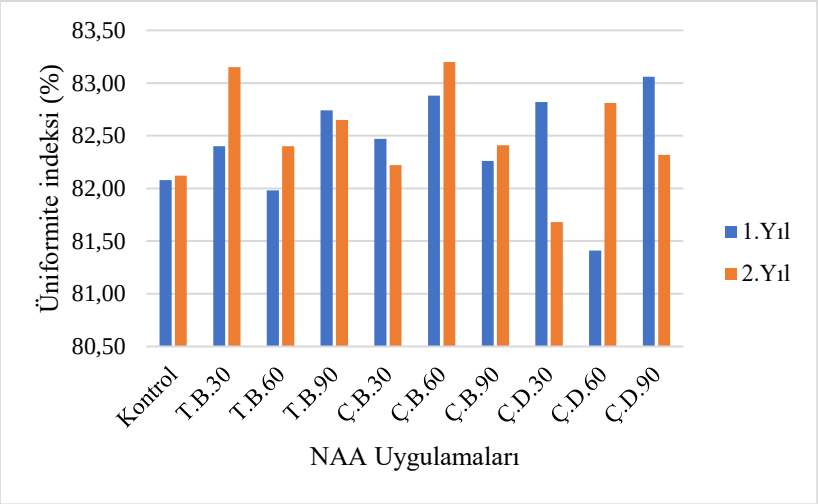
ö.d: önemli değil

3.3. Üniformite indeksi

Tablo 3'den, varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen üniformite indeksi değerleri yönünden istatistiki önem düzeyinde herhangi bir farklılığın bulunmadığı izlenebilmektedir.

Üniformite indeksi, elyafın ortalama uzunluğu ile üst yarım ortalama uzunluğu arasındaki oranıdır ve yüzde olarak ifade edilen bir ölçüdür. Eğer balyadaki tüm elyaflar aynı uzunluktaysa, ortalama uzunluk ve üst yarım ortalama uzunluk aynı olurdu. Ancak, pamuk elyaflarının uzunluğundaki doğal varyasyon nedeniyle, lif üniformitesi her zaman % 100'den düşük olmaktadır. Lif üniformitesi, iplik düzgünlüğü, dayanıklılığı ve iplik üretim sürecinin verimliliğini etkiler. Aynı zamanda kısa lif oranı (1/2 inçten daha kısa elyaf içeriği) ile de ilgilidir. Düşük bir üniformite endeksine sahip pamuk, yüksek oranda kısa lif içerebilir. Bu tür pamukların işlenmesi zor olur ancak, düşük kaliteli iplik üretmeye uygun olabilirler.

Tablo 4 ve Şekil 3'den, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen üniformite indeksi değerlerinin % 81.41 ile % 83.20 arasında değiştiği ve ortalamaların % 82.41 ve %82.50 arasında oluştuğu izlenebilmektedir. En yüksek üniformite indeksi 2017 yılında Ç.D.90 (% 83.06) uygulamasından, en düşük ortalama üniformite indeksi ise Ç.D.60 (% 81.41) uygulamalarından, 2018 yılında en yüksek üniformite indeksi Ç.B.60 (% 83.20) uygulamasından, en düşük ortalama üniformite indeksi ise Ç.D.30 (% 81.68) uygulamalarından elde edilmiştir. Her iki deneme yılında istatistiki olarak önemli farklılıkların bulunmaması NAA uygulamalarının üniformite indeksi üzerine etkisinin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.



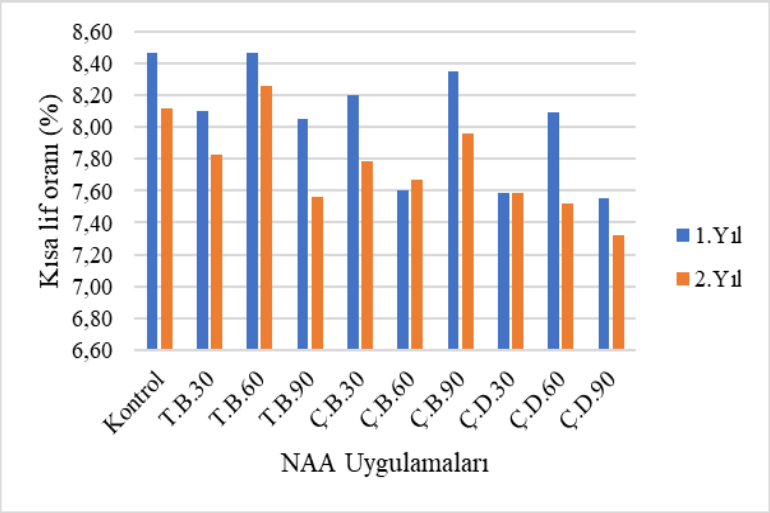
Şekil 3. NAA uygulamalarından elde edilen üniformite indeksi (%) değerleri

Yeknesak bir iplik ve dolayısı ile yeknesak bir kumaşın elde edilmesi için lif üniformitesinin yüksek olması istenir. Elde edilen verilere göre lif üniformitesi bakımından tüm lif örnekleri orta (% 80-82) ve iyi (% 82-85) gruplarında yer almıştır (Anonymous, 2023). Sawan ve Sakr (1998), Kelidari ve ark. (2017) tarafından da NAA uygulamalarının lif üniformite indeksi üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

3.4. Kısa lif oranı

Tablo 3'den, varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen kısa lif oranı değerleri yönünden istatistiki olarak önemli düzeyde herhangi bir farklılığın bulunmadığı izlenebilmektedir.

Her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen kısa lif oranı değerlerinin % 7.32 ile % 8.47 arasında değiştiği ve ortalamaların % 8.05 ve % 7.76 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Tablo 4 ve Şekil 4). En yüksek kısa lif oranı 2017 yılında T.B.60 (% 8.47) uygulamasından, en düşük ortalama kısa lif oranı ise Ç.D.90 (% 7.55) uygulamalarından, 2018 yılında en yüksek kısa lif oranı T.B.60 (% 8.26) uygulamasından, en düşük ortalama kısa lif oranı ise Ç.D.90 (% 7.32) uygulamalarından elde edilmiştir.



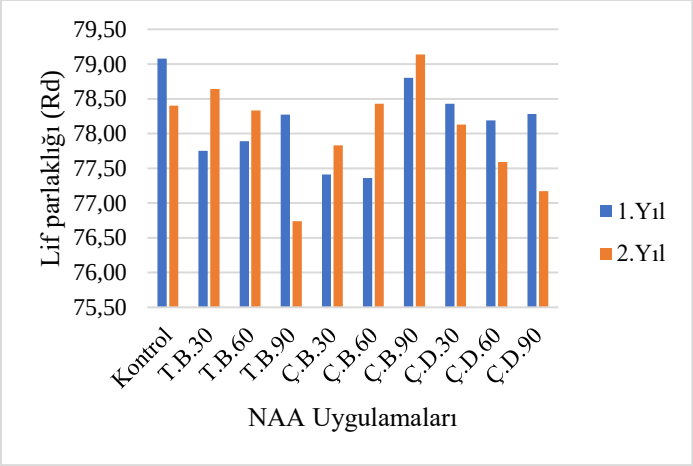
Şekil 4. NAA uygulamalarından elde edilen kısa lif oranı (%) değerleri

Denemenin her iki yılında da uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıkların bulunmaması NAA uygulamalarının kısa lif oranı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.

3.5. Lif parlaklığı

Yapılan varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen lif parlaklığı değerleri yönünden istatistiki olarak önemli düzeyde herhangi bir farklılığın bulunmadığı belirlenmiştir. (Tablo 3).

Tablo 5 ve Şekil 5'den, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen lif parlaklığı değerlerinin 77.17 ile 79.14 arasında değiştiği ve ortalamaların 78.15 ve 78.04 arasında olduğu görülebilmektedir. En yüksek lif parlaklığı 2017 yılında kontrol (79.08) parselinden, en düşük lif parlaklığı değeri ise Ç.B.90 (77.36) uygulamalarından, 2018 yılında en yüksek lif parlaklığı Ç.B.90 (79.14) uygulamasından, en düşük lif parlaklığı değeri ise Ç.D.90 (77.17) uygulamalarından elde edildiği görülebilmektedir.



Şekil 5. NAA uygulamalarından elde edilen lif parlaklığı (Rd) değerleri

Denemenin her iki yılında istatistiki olarak önemli farklılıkların bulunmamış olması NAA uygulamalarının lif parlaklığı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.

Tablo 5. NAA uygulamalarından elde edilen ortalama kısa lif (%), lif parlaklığı (Rd), lifte sarılık (+b) ve standart sapma değerleri

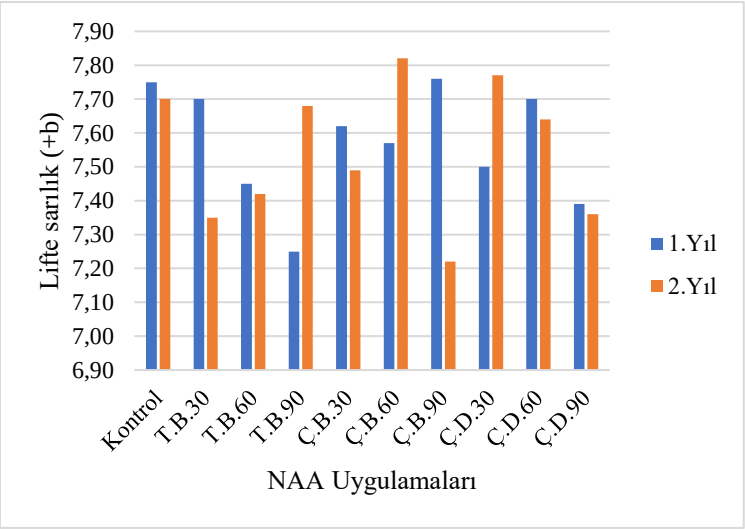
Uygulama Zamanları	Lif Parlaklığı (Rd) + Standart Sapma		Lifte Sarılık (+b) + Standart Sapma		Çepel Alanı (%) + Standart Sapma		İplik Eğrilebilirlik İndeksi (SCI) + Standart Sapma	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Kontrol	79.08±0.54ö.d.	78.40±0.73ö.d.	7.75±0.26ö.d.	7.70±0.15 ab*	0.51±0.07 d*	0.51±0.07ö.d.	116.51±9.95ö.d.	116.51±9.95ö.d.
T.B.30	77.75±1.39	78.64±0.42	7.70±0.16	7.35±0.10 ab	0.66±0.11 cd	0.75±0.07	112.82±10.42	130.93±7.00
T.B.60	77.89±0.63	78.33±0.90	7.45±0.34	7.42±0.07 ab	0.74±0.08 cd	0.74±0.08	108.72±1.93	121.26±2.08
T.B.90	78.27±0.76	76.74±0.96	7.25±0.32	7.68±0.15 ab	0.82±0.09 bc	0.80±0.15	118.44±7.18	106.51±4.42
Ç.B.30	77.41±1.87	77.83±1.45	7.62±0.36	7.49±0.15 ab	0.59±0.08 cd	0.78±0.17	116.01±9.10	121.29±6.55
Ç.B.60	77.36±0.90	78.43±1.64	7.57±0.41	7.82±0.26 ab	0.84±0.11 bc	0.62±0.07	123.70±12.68	125.16±8.39
Ç.B.90	78.80±2.01	79.14±1.98	7.76±0.31	7.22±0.06 ab	0.64±0.06 cd	0.65±0.08	113.21±8.84	118.07±5.03
Ç.D.30	78.43±0.24	78.13±1.60	7.50±0.08	7.77±0.23 ab	0.50±0.08 d	0.63±0.12	119.81±4.12	114.39±2.56
Ç.D.60	78.19±0.84	77.59±1.69	7.70±0.41	7.64±0.30 ab	1.12±0.05 a	0.57±0.03	119.55±4.49	125.13±17.28
Ç.D.90	78.28±1.97	77.17±1.31	7.39±0.39	7.36±0.10 a	1.03±0.07 ab	0.88±0.05	118.20±12.16	125.54±4.94
Ortalama	78.15±1.19	78.04±1.32	7.57±0.31	7.54±0.24	0.75±0.21	0.69±0.14	116.70±8.36	120.48±9.43
%C.V.	1.70	1.79	1.52	2.31	11.38	14.83	7.51	6.92

*: aynı harf grubu içerisinde yer alan konular arasında istatistiki olarak önemli düzeyde (0.05) bir farklılık bulunamamıştır. ö.d: önemli değil

3.6. Lifte sarılık

Yapılan varyans analizi sonucunda; lifte sarılık değeri bakımından denemenin birinci yılında önemsiz, ikinci yılında ise önemli ($p \leq 0.01$) farklılıklar bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 5 ve Şekil 6'dan, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen lifte sarılık değerlerinin 7.22 ile 7.82 arasında değiştiği ve ortalamaların 7.57 ve 7.54 arasında olduğu görülebilmektedir. En yüksek lifte sarılık değeri 2017 yılında Ç.B.90 (7.76) uygulamasından, en düşük ortalama lifte sarılık değeri ise T.B.90 (7.25) uygulamalarından, 2018 yılında en yüksek lifte sarılık değeri Ç.B.60 ve Ç.D.30 (7.82 ve 7.77) uygulamalarından, en düşük ortalama lifte sarılık değeri ise Ç.B.90 (7.22) uygulamasında oluşmuştur.



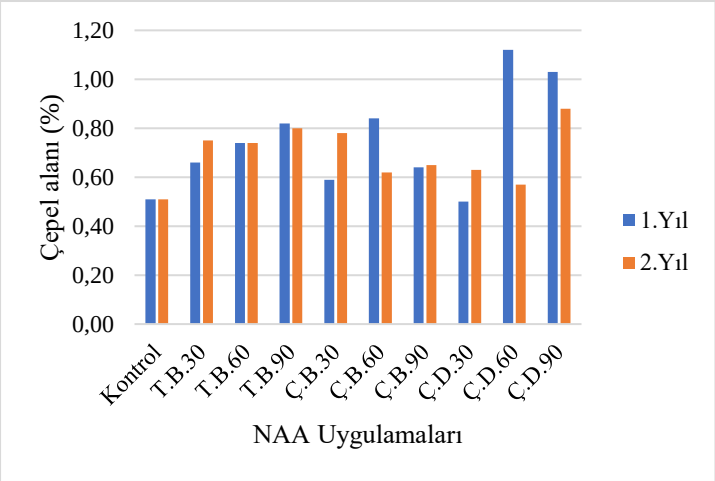
Şekil 6. NAA uygulamalarından elde edilen lifte sarılık (+b) değerleri

Deneme yıllarında farklı sonuçların çıkması bu özellik bakımından bir stabilitenin olmadığı, çevre koşullarına ve hasat sırasındaki işlemlere bağlı olarak değişebileceği orta çıkmaktadır. Sarılık değerinin yüksek olmasına pamukların tarlada yağmura maruz kalması, ya da nemli toplanıp bekletilmesi neden olmaktadır.

3.7. Çepel alanı

Tablo 3'den, varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen çepel alanı değerleri yönünden istatistiki olarak 2017 yılında önemli ($P \geq 0.01$) düzeyde farklılığın elde edildiği, 2018 yılında ise herhangi bir farklılığın bulunmadığı izlenebilmektedir.

Tablo 5 ve Şekil 7'den, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen çepel alanı değerlerinin 0.51 ile 1.12 arasında değiştiği ve ortalamaların 0.75 ve 0.69 arasında olduğu görülebilmektedir. En yüksek çepel alanı değeri 2017 yılında Ç.D.60 (1.12) uygulamasından, en düşük çepel alanı değeri ise Ç.D.30 (0.50) uygulamalarından, 2018 yılında en yüksek çepel alanı değeri Ç.D.90 (0.88) uygulamasından, en düşük ortalama çepel alanı değeri ise kontrol (0.51) parselinden elde edilmiştir.



Şekil 7. NAA uygulamalarından elde edilen çepel alanı (%) değerleri

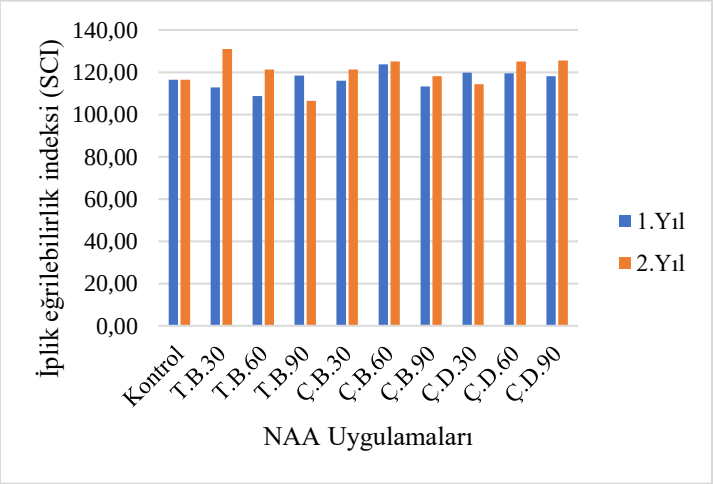
Çepel, pamuk bitkisinin yaprakları ve kabuğu gibi pamuk lifi dışındaki maddelerin miktarının bir ölçüsüdür. Pamuk numunesinin yüzeyi dijital bir kamera ile taranır ve dijital görüntü analiz edilir. Çöp parçacıklarının kapladığı yüzey alanının yüzdesi (yüzde alan) ve görünür çöp parçacıklarının sayısı (parçacık sayısı) hesaplanır ve raporlanır. Çepel alanının fazla olması daha fazla tekstil fabrikası işleme atığı ve daha düşük iplik kalitesi ile sonuçlanır. Küçük çepel parçacıkları son derece istenmeyen bir durumdur. Çünkü bunların iplik fabrikasında temizlenmesi büyük çepel parçacıklarına göre daha zordur.

Denemenin birinci yılında önemli, ikinci yılda ise istatistiki olarak farklılıkların bulunmaması, birinci yılda hasat sırasında toplama yapan işçilerin temiz toplamamasından kaynaklanmış problemlerin olabileceğini göstermektedir. Pamukta kaliteli bir iplik dolayısı ile kaliteli bir kumaşın elde edilmesi için çepel alanı değerinin düşük olması istenir.

3.8. İplik eğrilebilirlik indeksi

Tablo 3'den, varyans analizi sonucunda; NAA uygulamalarından elde edilen iplik eğrilebilirlik indeksi değerleri yönünden istatistiki olarak önemli düzeyde herhangi bir farklılığın bulunmadığı görülebilmektedir.

Tablo 5 ve Şekil 8'den, her iki deneme yılında NAA uygulamalarından elde edilen iplik eğrilebilirlik indeksi değerlerinin 106.51 ile 130.93 arasında değiştiği ve ortalamaların 116.70 ve 120.48 arasında olduğu izlenebilmektedir.



Şekil 8. NAA uygulamalarından elde edilen iplikte eğrilebilirlik değerleri

En yüksek iplik eğrilebilirlik indeksi değeri 2017 yılında Ç.B.60 (123.70) uygulamasından, en düşük ortalama iplik eğrilebilirlik indeksi değeri ise T.B.60 (108.72) uygulamasından, 2018 yılında en yüksek iplik eğrilebilirlik indeksi değeri T.B.30 (130.93) uygulamasından, en düşük ortalama iplik eğrilebilirlik indeksi değeri ise T.B.90 (106.51) uygulamasından elde edilmiştir.

İplik eğrilebilirlik indeksi, liflerin eğrilebilirliğini tahmin etmek için kullanılan bir hesaplamadır. Çoklu regresyon denklemi, iplik mukavemetini ve eğirmeyi tahmin etmek için değerli bilgiler sağlayabilir. Denemenin her iki yılında istatistiki olarak farklılıkların bulunmaması NAA uygulamalarının iplik eğrilebilirlik indeksi değeri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır. İplik eğrilebilirlik indeksi değerinin yüksek olması istenen bir özelliktir.

4. Sonuçlar

Araştırma sonucunda; NAA uygulamalarının denemenin birinci yılında çepel alanı, ikinci yılında ise lifte sarılık değerleri üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu ancak yıllara göre farklılık gösterdiğini, bu özellikler bakımından bir stabilitenin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

İncelenen diğer lif kalite özelliklerinden lif olgunluğu, lif kopma uzaması, üniformite indeksi, kısa lif oranı, lif parlaklığı ve iplik eğrilebilir indeksi değerleri bakımından NAA uygulamalarının istatistiki olarak önemli bir etkisi bulunamamıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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 çalışmanın ilk yılının bazı verileri Orhan ÇOKLU'nun Yüksek Lisans çalışmasından üretilmiştir.

Kaynaklar

Akgül, H., 2008. Büyüme ve Gelişim Düzenleyiciler. Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Yayını, Yayın No:12.

Anonim, 2017a. Yaşar tarım toprak analiz laboratuvarı. Şanlıurfa

Anonim, 2017b. (http://gentatarim.com/urun/biofortune-bitki-gelisim-duzenleyicisi/), (Erişim Tarihi: 13.06.2023).

Anonymous, 2023. (https://cottonworks.com/en/topics/sourcing-manufacturing/fiber-science/cotton-fiber-qualities-and-evaluation/), (Erişim tarihi: 02.04.2023)

Chen, R.L., Pan, W.Q., Gao, S.T., Gu, D.L., Gao, D.Y., 1997. A preliminary study on the technique of foliar spraying of concentrated on cotton during the boll period. *Field Crop Abstract*, 501-607.

Çetinkaya, A.M., Baydan, E., 2006. Bitki gelişim düzenleyicilerin zehirliliğine genel bir bakış. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 77(4): 26-31.

Dashora, L.D., Jain, P.M., 1994. Effect of growth regulators and phosphorus levels on growth and yield of Soybean. *Madras Agricultural Journal*, 81: 235- 237.

Islam, S., Jahan, N., 2016. Effects of NAA and different nitrogen levels on nutrient uptake by Bari GOM-26 (*Triticum aestivum* L.). *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh Science*, 42(1): 69-76.

Kelidari, A., Mohamadi, G.N., Vafaie-Tabar, M., Madani, H., Sharifabad, H.H., 2017. Effect of NAA and Zn-EDTA application on yield and fiber quality of cotton cultivars. *Crop Research*, 52(1, 2 & 3): 89-98.

Magray, M.M., 2021. Plant growth regulators and their role in horticultural crop production and development. *Research Management in Horticultural Crops*, 1: 31-51.

MGM, 2018. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, rasat kayıtları.

Mutlu, M.H., Karademir, Ç., 2022. Pamuk'ta (*Gossypium hirsutum* L.) Bazı Fizyolojik Parametreler ile Verim ve Lif Teknolojik Özellikler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 6(4):874-886.

Sawan, Z.M., Sakr, R.A., 1998. Effect of 1-naphthalene acetic acid concentrations and the number of applications on the yield components, yield and fibre properties of the Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Agronomie*, 18(4): 275-283.

USTER, 2017. High Volume Instruments (HVI) Catalog. USTER® 1000 the fiber classification and analysis system. Uster Technologies AG. Sonnenbergstrasse 10 8610 Uster, Switzerland.

Atıf Şekli	Haliloğlu, H., Çoklu, O., 2024. Farklı Dozlarda Naftalin Asetik Asit (NAA) Uygulamalarının Pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) Lif Kalite Parametrelerine Etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 45-56. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10751707.
To Cite	Haliloğlu, H., Çoklu, O., 2024. The Effect of Different Doses of Naphthalene Acetic Acid (NAA) Applications on Fiber Quality Parameters of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 45-56. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10751707.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):57-71, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):57-71, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813047

Kamışsı Yumağın (*Festuca arundinacea* Schreb.) Tuzluluk Stresine (NaCl) Karşı Büyüme Tepkisinin Araştırılması

Fatih ALAY[1*], Murat BİROL[2], Emel DEMİR[1], Necda ÇANKAYA[1]
[1]Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun
[2]Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): fatih.alay@tarimorman.gov.tr

Özet
Bu çalışma, Pop 11 nolu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) bitkisine farklı tuz yoğunlukları uygulanarak bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, 2022 yılında Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü sera koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulan saksı denemesine 0, 60, 120, 180, 240 mM NaCI dozları uygulanmıştır. Araştırmada, bitki boyu (cm), yaş bitki ağırlığı (g), kuru bitki ağırlığı (g), yaprak ayası eni (cm), yaprak ayası boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak oransal su içeriği (%), lipit peroksidasyonu (nmol g^{-1} T.A.), prolin miktarı (µmol g^{-1} T.A.) ve kök uzunluğu (cm) değerleri incelenmiştir. İncelenen sonuçlar değerlendirildiğinde; Na^+ ve Cl^- iyonlarının düşük dozlarının (0 ve 60 mM) bitkiye faydalı olabileceği artan dozların ise olumsuz etkiler oluşturabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca kamışsı yumak bitkisinin seçilen büyüme parametrelerinin ele alınması yanında, bitki yeşil aksamındaki besin elementi içeriğinin de (Na^+, K^+, Ca^{+2}, Mg^{+2} ve Cl^-) önemli derecede değiştiği gözlemlenmiştir. Na ve Cl ile bitki parametreleri arasındaki korelasyona göre NaCl ile bitki uzunluğu (BU), yaş bitki ağırlığı (YBA), kuru bitki ağırlığı (KBA), yaprak ayası eni (YAE) ve saksı kök uzunluğu (SKU) arasında negatif önemli (r: -0.78, 0.91, 0.91, 0.78 ve 0.96) ilişki belirlenmiştir Prolin miktarı (PM) arasında ise pozitif önemli (r: 0.94) bir ilişki belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :15.10.2023
Kabul Tarihi :25.11.2023

Anahtar Kelimeler
Festuca arundinacea Schreb
tuzluluk stresi
tolerans
verim
NaCl

Investigation of the Growth Response of Reed Ball (*Festuca arundinacea* Schreb.) to Salinity Stress (NaCl)

Abstract
This study, was carried out to determine the effect of different salt concentrations on plant growth by applying different salt concentrations to the plant Pop 11 (*Festuca arundinacea* Schreb.). The study was conducted as a pot trial under greenhouse conditions at the Black Sea Agricultural Research Institute in 2022. Doses of 0, 60, 120, 180, 240 mM NaCl were applied to the pot experiment, which was set up with 4 replications according to the randomized plot design. In this research, plant height (cm), fresh plant weight (g), dry plant weight (g), leaf blade width (cm), leaf blade length (cm), stem diameter (mm), leaf relative water content (%), Lipid peroxidation (nmol g^{-1} FW), proline amount (µmol g^{-1} FW) and root length (cm) values were examined. When the examined results are evaluated; It was concluded that low doses of Na+ and Cl- ions (0 and 60 mM) may be beneficial to the plant, while increased doses may have negative effects. Moreover, in addition to considering the selected growth parameters of the reed ball plant, it was observed that the nutrient element content (Na+, K+, Ca+2, Mg+2 and Cl-) in the green parts of the plant also changed significantly. According to the correlation between Na and Cl and plant parameters, there is a negative significance (r:) between NaCl and plant length (BU), fresh plant weight (YBA), dry plant weight (KBA), leaf blade width (YAE) and pot root length (SKU). -0.78, 0.91, 0.91, 0.78 and 0.96) and a positive significant (r: 0.94) relationship was determined between the amount of proline.

Research Article

Article History
Received :15.10.2023
Accepted :25.11.2023

Keywords
Festuca arundinacea Schreb
salinity stress
tolerance
yield
NaCl

1.Giriş

Dünyada 800 milyon hektardan daha fazla alanın tuz stresine maruz kaldığı, bu alanın ise dünya toplam kara alanının % 6'sına karşılık geldiği bilinmektedir. Ülkemiz toprakları ise yaklaşık 1.5 milyon hektarı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır (Kanber ve ark., 2005; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Yılmaz ve ark., 2011; Şahin ve Akçalı, 2016; Deveci ve Tuğrul, 2017; Örçen, 2017; Şen ve ark., 2021). Tuzluluk veya topraktaki tuz konsantrasyonu, doymuş çözeltinin elektriksel iletkenliğiyle belirlenir (Karaman ve ark., 2007; Peker ve Öztürk, 2020). Tuzlu topraklar; elektriksel iletkenliği 4 dS m^{-1} (40 mM NaCl) değerinden fazla, pH değeri 8.5 ve daha fazla olan topraklardır (Tatar ve ark., 2018; Şen ve ark., 2021).

Toprakta oluşan tuzlulaşma; ana kayadan çözünen tuzlar, sulama suyunun tuzluluğu, gübreleme sonucunda oluşan tuzlar vb. sebeplerden oluşabilir. Bulunan bölgede yeterince yağış varsa bu tuzlar, toprakta alt katmanlara kadar yıkanmakta bitkiler için sorun oluşturmamaktadır. Yağışın çok az olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde ise bu tuzlar toprakta buharlaşmayla toprağın üst katmanlarına taşınmakta bitkiler için elverişsiz ortam oluşmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005; Ekmekçi ve ark., 2005; Keser ve ark., 2009; Çulha ve Çakırlar, 2011; Karaoğlu ve Yalçın, 2018; Şen ve ark., 2021). Bu elverişsiz ortam bitkilerin büyümesini sınırlandırabilmektedir. Bu sınırlandırma iki şekilde olmaktadır. Birincisi, bitkilerin toprak çözeltisinden su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir (Dölarslan ve Gül, 2012). Tuzlar ortamın osmotik basıncını arttırarak köklerin su çekmesini, bundan dolayı da bitki besin alımı miktarını azaltmaktadır. Tuzların rizosfer bölgesinde fazla bulunması sebebiyle bitki besin elementi alınımını yavaşlatıp, bitki bünyesini bozarak bitki gelişimini ve verimini azaltmaktadır (Hao ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021).

Tuzluluğa genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlar neden olur (Önal Aşçı ve Üney, 2016; Deveci ve Tuğrul, 2017; Karaoğlu ve Yalçın, 2018). Ancak doğada en fazla sodyum klorür (NaCl)'e rastlanmaktadır. Fazla miktarda Na^+ ve Cl^- iyonları glikofit bitkilerde toksik etki yapmakta (Özen ve Onay, 2007; Dölarslan ve Gül, 2012; Aşçı ve Üney, 2016; Topçu ve ark., 2016; Çelik, 2020) ve bu iyonlar toprakta fazla miktarda bulunduğu taktirde bitkilerin NO_3^-, K^+ ve Ca^+ alımını azaltmaktadır (Kacar ve ark., 2009; Bora ve Deveci, 2015; Korkmaz ve ark., 2016; Aşçı ve ark., 2021). Tüm bu etkilerin sonucunda, bitkilerde çimlenme, büyüme, gelişme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olay etkilenmektedir (Bressan, 2008; Sheldon ve ark., 2017; Mishra ve ark., 2021). Tuzluluk çimlenmede azalmaya veya çimlenmenin gerçekleşmemesine, bitkilerde ise verim kayıplarına ve ölümlere neden olabilmektedir (Khan ve ark., 2000; Kuşvuran ve ark., 2007; Kökten ve ark., 2010; Zamani ve ark., 2010; Önal Aşcı, 2011; Karaköy ve ark., 2012; Kaya ve ark., 2013; Çaçan ve Kökten, 2014; Aydın ve Atıcı, 2015; Benlioğlu ve Özkan, 2015; Aşçı ve Üney, 2016; Topçu ve ark., 2016; Sürmen ve ark., 2018; Türk ve Alagöz, 2020; Kızılşimşek ve Süren, 2020; Ertekin ve ark., 2022).

Son yıllarda yapılan araştırmalar tuzluluğa karşı bazı bitki türlerinin prolin enzimi ürettiğini ve bitkiden bitkiye tuzluluğa karşı toleransın değişebileceğini bildirmektedirler (Manuchehri ve Salehi, 2015). Prolin, bitkilerde su noksanlığı, soğuk, sıcaklık, ağır metaller ve özellikle tuzluluk gibi faktörlere maruz kalındığında ortaya çıkan ilk fizyolojik tepkidir. Prolinin hücre içindeki yoğunluğunun artması, strese karşı indikatör olması yanında, bitkinin strese karşı savunma mekanizmasını harekete geçiren metabolik olayların ilk basamağını oluşturmaktadır (Holmstrom ve ark., 1996; Iba, 2002; Lehmann ve ark. 2010; Szabados ve Savouré, 2010; Kishor ve Sreenivasulu, 2014).

Harivandi ve ark. (1992), Açıkgöz (1994) ve Uddin ve ark. (2013) kamışsı yumağın tuzluluğa orta derecede toleranslı olduğunu ve 6-10 dS m^{-1}'e kadar tolerans gösterebildiğini ifade etmişlerdir. Kamışsı yumak, uzun boylu,

kaba yapılı, kalın ve sert yapraklı, yumak şeklinde gelişen, derin köklü, soğuğa ve gölge koşullara orta derece dayanıklı, basılmaya ve çiğnenmeye çok dayanıklı buğdaygiller familyasından serin iklim bitkisidir (Oral ve Açıkgöz, 1998; Avcıoğlu, 2014; Açıkgöz, 2021).

Bu çalışmanın amacı; ıslah yapılarak çeşit tescil aşamasına getirilen Pop 11 nolu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) popülasyonunun 4 yapraklı (otlatma) döneminde uygulanan farklı tuz (NaCl) dozlarının bitki gelişimi üzerine olan etkisini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 2022 yılında Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (KTAE) kontrollü sera koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Saksı denemesi olarak kurulan deneme, 6 farklı doz ile (0 mM, 60 mM, 120 mM, 180 mM ve 240 mM) 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme deseni göre yürütülmüştür. Çalışmada, çeşit tescil aşamasına kadar getirilen 11 nolu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) popülasyonu kullanılmıştır.

Denemede kullanılan topraklar, KTAE kampüsündeki araştırma denemelerinin yürütüldüğü alandan alınmış ve 4 mm elekten geçirilerek kullanılmıştır (Jackson, 1967). Daha sonra topraklar her saksıya (r:10 cm ve h:18 cm) eşit olarak (saksı başına 3 kg) paylaştırılmıştır. Saksı denemesinde kullanılan toprak özellikleri de tekstür (Bouyoucos, 1951); pH (Richards, 1954); EC (Richards, 1954); kireç (Tüzüner, 1990); organik madde (Jackson, 1958); N (Bremmer, 1965); alınabilir P (Olsen ve ark., 1954); ve K (Richards, 1954) ve Cl analizi (Johnson ve Ulrich, 1959) yöntemine göre belirlenmiştir. Deneme toprağı siltli tın tekstüre (Kum: % 23.23, Kil: % 2.37, Silt: % 74.40) sahip olup, tarla kapasitesi 17.26 solma noktası ise 11.07'dir. Toprak reaksiyonu hafif alkali (pH: 7.69), tuzsuz (0.364 dS m^{-1}), orta seviyede kireçli (% 5.4), organik madde içeriği az (% 1.7), N miktarı % 0.11, P içeriği (7.74 mg kg^{-1}) ve K içeriği (125 mg kg^{-1}) yetersizdir (Bruce ve Rayment, 1982). Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre gerekli olan optimum bitki besin elementi isteği tamamlayıcı gübre olarak verilmiştir.

24 Ekim 2022 tarihinde kamışsı yumak tohumları her saksıya 10 adet ekilmiş, homojen olacak şekilde 6 adet bitkiye seyreltme, 4. gerçek yaprakları çıktığında da tuz uygulaması yapılmıştır. Ekimden sonra kontrol gruplarındaki bitkiler saf su ile sulanmış geri kalan saksılara tuz konularına göre (Kontrol, 60, 120, 180 ve 240 mM NaCl) uygulama yapılmıştır. Saksı ağırlığı tartıldıktan sonra toprağın tarla kapasitesi (TK) hesaplanmış (Klute, 1986) ve TK'nın % 60 seviyesinde tutulacak şekilde deneme konularına uygun olarak saksılara saf su (kontrol) ya da konulara göre tuzlu su verilmiştir. Dozların bitkiler üzerindeki etkileri görülmeye başladığı 15 Mart 2023 tarihinde de deneme sonlandırılmıştır.

Hasat sonrası toprak örnekleri her saksıdan homojen olarak alınmış ve polietilen torbalara konulmuştur. Topraklar oda koşullarında kuruduktan sonra ise tahta tokmaklar ile dövülmüş 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Saksı denemesinde kullanılan değişebilir K, Na, Ca, Mg (Richards, 1954) ve Cl analizi (Johnson ve Ulrich, 1959) yapılmıştır.

NaCl noksanlık belirtileri izlenmeye başlandığında, hasat edilen bitki sap ve yaprak kısmı saf su ile yıkanarak sabit ağırlığa gelinceye kadar 70°C'ye ayarlanmış etüvde kurutulmuştur. Agat değirmeninde öğütülen ve analize hazır hale getirilen bitki örneklerinden 0.5 g alınıp kuru yakma yöntemine göre 550°C kül fırınında 12 saat boyunca yakılıp, mavi bantlı filtre kâğıdında süzülmüştür. Süzülen örneklerin son hacmi saf su ile 25 ml'ye tamamlanmış ve örneklerin toplam Na, K, Ca ve Mg konsantrasyonları ICP-OES cihazında belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

2.1. İncelenen özellikler

Bitki boyu (BB) (cm): Bitkiler, toprak yüzeyi ile bitkinin en ucu arasındaki mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Her saksıda bulunan 6 adet bitki ayrı ayrı ölçülerek ortalaması alınmıştır. Yaş bitki ağırlığı (YBA) (g): Her saksıda bulunan 6 adet bitki toprak

yüzeyinden kesilerek 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılarak fide yaş ağırlığı değeri bulunmuştur. Kuru bitki ağırlığı (KBA) (g): Her saksıda bulunan 6 adet bitki 70 ºC'de 48 saat kurutulmuş ve 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılmıştır. Yaprak ayası eni (YAE) (cm): Bayrak yaprağın en geniş yerinden cetvel yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir. Toplam sonuç 6'ya bölünerek ortalama değer bulunmuştur. Yaprak ayası boyu (YAB) (cm): Bayrak yaprağın sapa birleştiği yer ile en uç kısmı arasındaki mesafe cetvelle ölçülerek belirlenmiştir. Toplam sonuç 6'ya bölünerek ortalama değer bulunmuştur. Gövde çapı (GÇ) (mm): Toprak yüzeyi ile bitkinin en uç kısmı arasındaki orta noktasından kumpas yardımıyla ölçülerek mm cinsinden belirlenmiştir. Toplam sonuç 6'ya bölünerek ortalama değer bulunmuştur. Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) (%): Stres sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları alınmış, daha sonra 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilip; bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 65°C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen taze ve kuru ağırlıklar aşağıdaki formül (Eşitlik 1) yardımıyla oranlanarak YOSİ (%) hesaplanmıştır (Türkan ve ark., 2005; Öztekin, 2009; Deveci ve Tuğrul, 2017). YOSİ'ye ilişkin model Eşitlik 1'de verilmiştir.

YOSİ = (TA-KA)/(TuA-KA)x100 (Eşitlik 1)

TA: Taze Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgor Ağırlığı

Prolin miktarı (PM) (µmol g^{-1}): 0.2 g taze yaprak örneği cam tozu yardımıyla % 3'lük 4 mL sülfosalisilik asit çözeltisi ile homojenize edilip iki tabaka wattman kâğıdından süzülmüştür. Filtratın 1 mL'si 1 mL asit-ninhidrin, 1 ml glasiyal asetik asitle test tüpünde karıştırılmıştır. Bu karışım 100 ºC'de 1 saat su banyosunda bekletilerek, bu süre sonunda tüpler alınarak buz içerisine konulup reaksiyon sonlandırılmıştır. Örneklerin absorbansı 546 nm dalga boyunda okunmuştur. Bitki dokularındaki prolin miktarı µmol g^{-1} taze ağırlık şeklinde hesaplanmıştır (Claussen, 2005). Lipit Peroksidasyonu (nmol g^{-1}): 0.2 g yaprak sıvı azotun içinde cam tozu ve % 0.25 tiyobarbütirik asit (TBA) içeren 2 mL % 10 triklor asetik asit (TCA) çözeltisinde homojenize edilmiştir. Bu karışım 30 dakika 95 ºC'de ısıtıldıktan sonra buz banyosunda hızlıca soğutulup ve 15 dakika 15000xg'de santrifüj edilmiştir. Süpernatantın absorbansı 532 nm'de okunmuştur. Regresyon analizinde saptanan formül kullanılarak lipit peroksidasyon ürünleri nmol g^{-1} taze ağırlık (TA) şeklinde ifade edilmiştir (Heath ve Packer, 1968). Kök uzunluğu (KU) (cm): Toprak yüzeyi ile kılcal köklerin en uzun yeri arasındaki mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüştür.

2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme bitiminde bitkilerden gözlemler alınmış, toprak ve bitki örnekleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar JMP Pro 13 istatistik paket programı aracılığı ile varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Önemli bulunan farklılıklar için LSD yöntemiyle farklılığı oluşturan gruplar tespit edilmiştir. Bitki gözlem verileri ile dozlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki boyu (BB)

İstatistiki analiz sonunda tuz dozlarının bitki boyuna çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça bitki boyu kısalmaktadır. En uzun bitki boyu olan 27.8 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en kısa bitki boyu 13.9 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça bitki boyunda kontrole göre % 50 azalış meydana gelmiştir. Ortalama bitki boyu 22.6 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 12 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Tablo 1'e baktığımızda bitki boyu bakımından kontrol, 60 ve 120 mM NaCl tuz dozlarının aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Bu durum Na^+ ve Cl^- iyonlarının düşük dozlarda bitkiler için gerekli besin elementleri olabileceğini akla getirmektedir (Kacar ve ark., 2009). Tuzluluk, toprakta bulunan tuz miktarını ifade eder ve bitkiler için optimum seviyelerin üzerine

çıkması durumunda, bitkiler üzerinde çeşitli olumsuz etkiler yapabilir. Yüksek tuz konsantrasyonu, bitkilerin su alımını azaltabilir, kök gelişimini engelleyebilir ve bitkilerin normal büyümesini etkileyebilir. Bu durum, bitkilerin genellikle daha kısa ve zayıf büyümesine neden olabilir. (Kacar ve ark., 2006; Okkaoğlu ve Avcıoğlu, 2010; Dölarslan ve Gül, 2012). Bulgularımız, artan tuz dozlarının bitki boy uzamasını engellediğini bildiren Khalvati ve Avcıoğlu (2001), Tan ve ark. (2002), Öztürk (2004), Saruhan ve ark. (2008), Geren ve Durul (2014), Topçu ve ark. (2016), Aşcı ve Zambi (2020)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

Tablo 1. Kamışsı yumak bitkisine uygulanan tuz dozlarının bitki gelişimi üzerine etkisi

Dozlar	BB (cm)	YBA (g saksı$^{-1}$)	KBA (g saksı$^{-1}$)	YAE (cm)	YAB (cm)	GÇ (mm)	YOSİ (%)	KU (cm)	LP (nmol g^{-1})	PM (µmol g^{-1})
0 mM (Kotrol)	27.8 a	7.5 a	2.5 a	0.45 a	43.5 a	1.9	77.67 a	27.3 a	78.5 c	98.6 d
60 mM	26.2 a	6.8 ab	2.4 a	0.44ab	33.3 b	1.7	73.11 ab	24.3ab	81.8 c	110.6 d
120 mM	23.7 ab	5.7 b	1.6 b	0.43 ab	27.6 c	1.8	68.71 bc	21 b	110.2 b	149.2 c
180 mM	21.3 b	3.5 c	1.0 bc	0.38 bc	20.7d	1.6	64.18 cd	10 c	117.8ab	194.4 b
240 mM	13.9 c	1.6 d	0.4 c	0.32 c	14.7 e	1.3	61.15 d	6.8 c	125.8 a	212.0 a
Ort.	22.6**	5.02**	1.6**	0.4**	27.9**	1.6ÖD	68.97**	17.9**	102.8**	152.9**
VK (%)	12	20.7	23.6	10	9.7	19.6	5.2	12.9	7.0	7.5

K: Kontrol, Ort: Ortalama, VK: Varyasyon katsayısı, Ö.D: Önemli değil, * p<0.05: önemli, **p<0.01: çok önemli, aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir. BB: Bitki boyu, YBA: Yaş bitki ağırlığı, KBA: Kuru bitki ağırlığı, YAE: Yaprak ayası eni, YAB: Yaprak ayası boyu, GÇ: Gövde çapı, YOSİ: Yaprak oransal su içeriği, KU: Kök uzunluğu, LP: Lipit peroksidasyonu, PM: Prolin miktarı

3.2. Yaş bitki ağırlığı (YBA)

İstatistiki analiz sonunda tuz dozlarının yaş bitki ağırlığı üzerine çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan yaş bitki ağırlığı azalmaktadır. En fazla yaş bitki ağırlığı 7.5 g saksı$^{-1}$ ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaş bitki ağırlığı 1.6 g saksı$^{-1}$ ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça yaş bitki ağırlığında % 79 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaş bitki ağırlığı 5.02 g saksı$^{-1}$, denemenin varyasyon katsayısı % 20.7 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Tablo 1'e baktığımızda Na^+ ve Cl^- iyonlarının düşük dozları besin elementleri olabileceği düşüncesinden hareketle, bitki boyunun kontrol ve 60 mM NaCl tuz dozlarında aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Bitki yaş ağırlığının tekerrürler arasında farklılığının en temel sebebi, oluşturulan fizyolojik kuraklık olabilir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bulgularımız, artan tuz dozlarının yaş bitki ağırlığını azalttığını bildiren Topçu ve ark. (2016), Ertekin ve ark. (2017), Ertekin ve ark. (2018), Kızılşimşek ve Süren (2020), Er ve Elibol (2022), Ertekin ve ark. (2022)'nın sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.3. Kuru bitki ağırlığı (KBA)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla kuru bitki ağırlığı arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan kuru bitki ağırlığı azalmaktadır. En fazla kuru bitki ağırlığı 2.5 g saksı$^{-1}$ ile kontrol dozundan elde edilirken, en az kuru bitki ağırlığı 0.4 ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça kuru bitki ağırlığında % 84 oranında azalış olmuştur. Ortalama kuru bitki ağırlığı 1.6 g saksı$^{-1}$, denemenin varyasyon katsayısı % 23.6 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Tablo 1'e baktığımızda Na^+ ve Cl^- iyonlarının düşük dozları besin elementleri olabileceği için, kuru bitki ağırlığının kontrol ve 60 mM NaCl tuz dozlarında aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Ancak NaCl toprakta fazla bulunduğunda, fizyolojik kuraklık, toksik etki, besin elementi eksikliği, besin elementi dengesizliğine neden olarak bitkilerin

gelişimini olumsuz yönde etkilediği bildirilmektedir (Aşçı ve Zambi, 2020). Bulgularımız, artan tuz dozlarının kuru bitki ağırlığını azalttığını bildiren Aşçı ve Üney (2016), Kızılşimşek ve Süren (2020), Aşçı ve Zambi (2020), Er ve Elibol (2022)'un sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.4. Yaprak ayası eni (YAE) (cm)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla yaprak ayası eni arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin yaprak ayası eni azalmaktadır. En fazla yaprak ayası eni 0.45 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaprak ayası eni 0.32 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça yaprak ayası eninde % 29 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaprak ayası eni 0.4 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 10 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Yaprak ayası eni bakımından Tablo 1'e baktığımızda kontrol-120 mM NaCl dozları arası aynı grupta olsa da tuz dozları arttıkça yaprak ayası eninde azalış meydana gelmektedir. En fazla azalış 240 mM NaCl dozunda olmuştur. Yaprak eni ve boyu çim dokusu açısından önemli birer göstergedir. Bitkilerin stres altında genellikle yaprak genişliğini daralttıkları bilinmektedir (Chen ve ark., 2009). Bulgularımız, artan tuz dozlarının yaprak ayası enini azalttığını bildiren Yang ve ark. (1990), Franco ve ark. (1993), Chen ve ark. (2009), Topçu ve ark. (2016) ile benzerlik göstermektedir.

3.5. Yaprak ayası boyu (YAB)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla yaprak ayası boyu arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin yaprak ayası boyu azalmaktadır. En fazla yaprak ayası boyu 43.5 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaprak ayası boyu 14.7 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça yaprak ayası boyunda % 66 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaprak ayası boyu 27.9 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 9.7 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Yaprak ayası boyu bakımından Tablo 1'e baktığımızda tuz dozları arttıkça yaprak boylarında azalış meydana gelmiştir. Yaprak eni ve boyu çim dokusu açısından önemli birer göstergedir. Bitkilerin stres altında genellikle yaprak boyunu kısalttıkları bilinmektedir (Taleisnik ve ark., 2009). Bulgularımız, artan tuz dozlarının yaprak ayası boyunu azalttığını bildiren Taleisnik ve ark. (2009), Sarıca (2014), Gao ve ark. (2015) ile benzerlik göstermektedir.

3.6. Gövde çapı (GÇ)

Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin gövde çapları arasındaki azalış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 1). Gövde çapı en düşük (1.3 mm) 240 Mm tuz dozundan elden edilirken, en geniş gövde çapı ise (1.9 mm) kontrol dozundan elde edilmiştir.

3.7. Yaprak oransal su içeriği (YOSİ)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla yaprak oransal su içeriği arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin yaprak oransal su içeriği azalmaktadır. En fazla yaprak oransal su içeriği % 77.67 ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaprak oransal su içeriği % 61.15 ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça yaprak oransal su içeriğinde % 21.3 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaprak oransal su içeriği % 68.97, denemenin varyasyon katsayısı % 5.2 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Zhu ve ark. (2002), tuzlu su veya su açığı koşullarında bağıl su içeriğinde bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde, bulgularımız Jiang ve Huang (2001), Sarmast ve ark. (2015), Manuchehri ve Salehi (2015), Pawłowicz ve ark. (2018)'nın yaptıkları bir çalışmanın sonuçlarıyla da uyumlu bulunmuştur.

3.8. Kök uzunluğu (KU)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla kök uzunluğu arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin kök uzunluğu azalmaktadır. En fazla kök uzunluğu 27.3 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en az kök uzunluğu 6.8 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça kök uzunluğunda % 75 oranında azalış olmuştur. Ortalama kök uzunluğu 17.9 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 12.9 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bulgularımız, artan tuz dozlarının kök uzunluğunu azalttığını bildiren

Xu ve ark. (2013)'nın sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.9. Lipit Peroksidasyonu (malondialdehit - MDA)

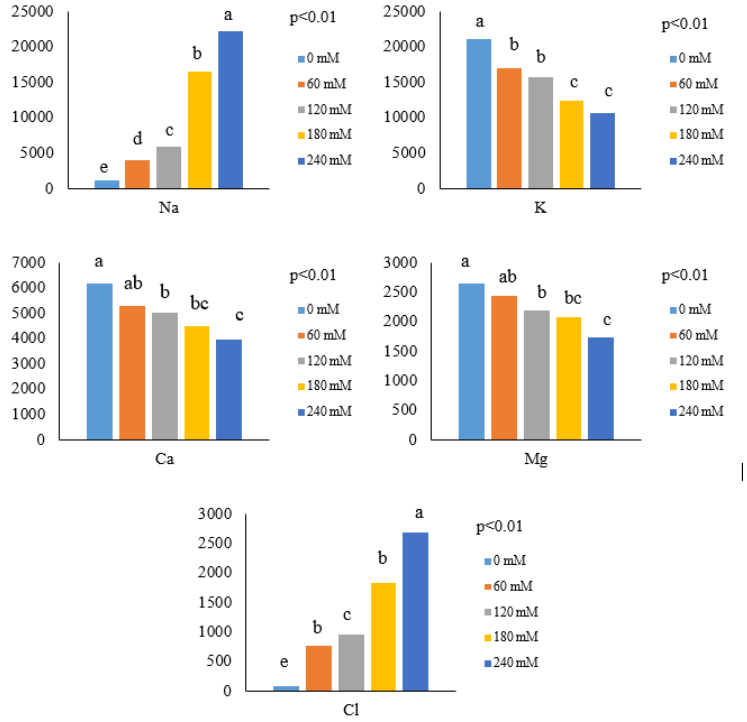
İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla lipit peroksidasyonu arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça lipit peroksidasyonu artmaktadır. En fazla lipit peroksidasyonu 125.8 MDA ile 240 mM NaCl dozundan elde edilirken, en az lipit peroksidasyonu 78.5 MDA ile kontrol (sıfır) dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça lipit peroksidasyonunda da % 60 oranında artış olmuştur. Ortalama lipit peroksidasyonu 102.8 MDA, denemenin varyasyon katsayısı % 7 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bulgularımız, artan tuz dozlarının lipit peroksidasyonunu arttırdığını bildiren Jiang ve Huang (2001), Xu ve ark. (2013), Wang ve ark. (2017)'nın sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.10. Prolin miktarı (PM)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla prolin miktarı arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0,01$). Tuz dozları arttıkça prolin miktarı da artmaktadır. En fazla prolin miktarı 212 µmol g^{-1} ile 240 mM NaCl dozundan elde edilirken, en az prolin miktarı 98.6 µmol g^{-1} ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça prolin miktarında % 115 oranında artış olmuştur. Ortalama prolin miktarı 152.9 µmol g^{-1}, denemenin varyasyon katsayısı % 7.5 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bulgularımız, artan tuz dozlarının prolin miktarını arttırdığını bildiren Kai ve ark. (2010), Li ve ark. (2010), Martin ve ark. (2012), Filippou ve ark. (2014), Manuchehri ve Salehi (2015), Sarmast ve ark. (2015)'nın sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

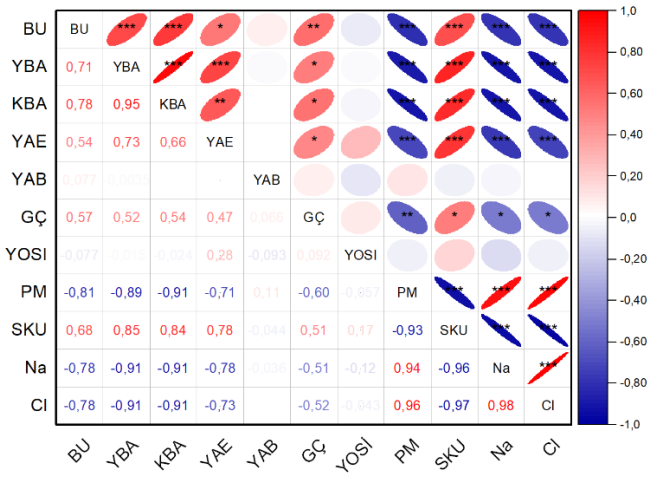
3.11. Bitki besin özelliklerine etkisi

Kamışsı yumak bitkisinin farklı büyüme aşamalarının morfolojik özelliklerine dayalı olarak tuzluluğa karşı farklı toleransları bu araştırmada ortaya konmuştur. Kamışsı yumak bitkisinin seçilen büyüme parametrelerinin ele alınması yanında, bitki yeşil aksamındaki besin elementi içeriğine ve toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkisi de incelenmiştir. Araştırma sonrasında kamışsı yumak toprak üstü aksamda belirlenen Na^{+}, K^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2} ve Cl^{-} konsantrasyonu verilerinde yapılan varyans analizi neticesinde; incelenen bütün parametreler istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Tuz uygulamasının Na, K, Ca, Mg ve Cl kapsamına etkisi incelendiğinde Na ve Cl konsantrasyonları dozlara göre artarken, K, Ca ve Mg konsantrasyonları dozlara göre azalmıştır. Bu kapsamda en yüksek konsantrasyonlar; Na ve Cl sırası ile 22159 ve 2675 mg kg^{-1} olarak en yüksek doz (240 mM) konusundan elde edilirken; K, Ca ve Mg sırası ile 10704, 6155 ve 1734 mg kg^{-1} olarak kontrol konusundan elde edilmiştir (Şekil 1). Gao ve Li (2014), tuzlu koşullar altında yetiştirilen, farklı tuzluluk toleransına sahip iki kamışsı yumak çeşidinin besin alımına etkisini araştırmıştır. Yaptıkları araştırmada tuz uygulaması çalışmamıza benzer şekilde K^{+} ve Mg^{2+} ve Ca^{2+} alımını azalttığı, ancak Na^{+} miktarını arttırdığı bildirilmiştir. Tuzluluktan etkilenen besin alımı süreci, yaprak ve sürgünlerdeki farklı büyüme ve gelişme gösteren dokular ile organlar arasındaki besin hareketi nedeniyle daha da karmaşık hale gelir. Tuzluluk stresi altındaki yeşil aksama Na, K, Ca, Mg ve Cl'un taşınması olayında besinler arasındaki antagonizmden kaynaklı farklı dinamikler rol oynayabilmektedir. K, Ca ve Mg'un yaprak kısmında azalması, tuz uygulamasının bu elementlerin taşınması üzerindeki inhibe edici etkisinden kaynaklanabilir (Lynch ve Läuchli, 1984; 1985).



Şekil 1. Uygulamaların bitki aksamında Na, K, Ca, Mg ve Cl içeriğine etkisi (mg kg^{-1})

Deneme sonrası bitkide alınan örneklerden Na ve Cl konsantrasyonu belirlenmiş, bazı bitki büyüme parametreleri arasındaki korelasyonlar Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre bitkideki Na miktarı ile bitki uzunluğu (BU), yaş bitki ağırlığı (YBA), kuru bitki ağırlığı (KBA), yaprak ayası eni (YAE) ve saksı kök uzunluğu (SKU) arasında negatif önemli (r: -0.78, 0.91, 0.91, 0.78 ve 0.96) ilişki belirlenmiştir ($p<0.001$). Prolin miktarı (PM) arasında ise pozitif önemli (r: 0.94) bir ilişki belirlenmiştir ($p<0.001$). Bitkide Cl konsantrasyonu ile BU, YBA, KBA, YAE ve SKU arasında negatif önemli (r: -0.78, 0.91, 0.91, 0.73 ve 0.97) ilişki belirlenirken ($p<0.001$), PM arasında pozitif önemli (r: 0.96) bir ilişki belirlenmiştir ($p<0.001$). Tuzlu koşullar altında hücre duvarı özellikleri değişmektedir. Yaprak turgoru ve fotosentez oranları azalır, bu da toplam yaprak alanında bir azalmaya yol açar (Rodriuez ve ark., 2005). Ayrıca yaprak ve gövdede gerçekleşen olumsuz durum, tüm toprak üstü kısım boyutlarında ve bitki boyunda bir azalmaya neden olur. Sulama suyundaki yüksek tuz konsantrasyonları bitki büyümesinin azalmasına (Munss ve Tester, 2008), yaprak genişlemesinin sınırlanmasına (Cramer, 2002) neden olur. Öte yandan yüksek tuzlu koşullarda, bitkideki osmotik denge, yüksek miktarda organik çözünenlerin yani prolinin artması ve farklı katyonların (Na^+, K^+, Ca^{2+} Mg^{2+}) dengelenmesi ile sağlanabilir (Roy ve ark., 2014; Bündig ve ark., 2016).



Şekil 2. Bitki özellikleri ve Na-Cl uygulaması arasındaki korelasyon analizi
(*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001) BU: Bitki uzunluğu, YBA: Yaş bitki ağırlığı, KBA: Kuru bitki ağırlığı, YAE: Yaprak ayası eni, YAB: Yaprak ayası boyu, GÇ: Gövde çapı, YOSİ: Yaprak oransal su içeriği, PM: Prolin miktarı, SKU: Saksı kök uzunluğu, Na: Sodyum, Cl: Klor

4. Sonuçlar

Dünya çapında tarımsal verimin önündeki en büyük zorluklardan biri artan toprak tuzluluğudur. Toprak tuzluluğunun en önemli etkenlerinden biri olan tuzlu suyun içindeki sodyum ve klorürün bitkiler üzerinde toksik etkileri olabilir. Bu iyonlar bitki besin alımını ve dengesini bozabilirler. Tüm bu etkiler daha sonra topraktaki ve dolayısı ile bitki bünyesindeki katyon dengesini bozabilir. Tuz uygulamasının bitki bünyesindeki Na, K, Ca, Mg ve Cl besin elementlerine etkisi incelendiğinde Na ve Cl konsantrasyonları dozlara göre artarken, K, Ca ve Mg konsantrasyonları dozlara göre azaldığı görülmüştür. Toprakta bulunan Na ve Cl iyonlarının düşük dozları besin elementleri olabileceği gibi artan dozların ise zamanla bitki boyunu, yaş ve kuru bitki ağırlığını, yaprak ayası eni ve boyunu, gövde çapını, yaprak oransal su içeriğini ve kök uzunluğunu azalttığı bu çalışma ile belirlenmiştir. Ayrıca tuz konsantrasyonları arttıkça lipit peroksidasyonu ve prolin miktarı da artmaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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

Açıkgöz, E., 1994. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları, Bursa.

Açıkgöz, E., 2021. Yem Bitkileri (4. Baskı). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.

Aşçı, Ö.Ö., Üney, H., 2016. The effect of different salt concentrations on germination and plant growth of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz). *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.

Aşcı, Ö.Ö., Zambi, H., 2020. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye çeşit ve genotiplerinde bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3): 274-284.

Aşcı, Ö.Ö., Saral, M.A., Arıcı, Y.K., 2021. Tuz stresinin börülcede bazı fizyolojik özellikler ve mineral madde oranlarına etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2): 297-305.

Avcıoğlu, R., 2014. Çim Ekimi Dikimi Bakımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.

Aydın, İ., Atıcı, Ö., 2015. Tuz stresinin bazı kültür bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2): 360-366.

Benlioğlu, B., Özkan, U., 2015. Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) çimlenme dönemlerinde farklı dozlardaki tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2): 109-114.

Bora, M., Deveci, M., 2015. Değişik vejetasyon dönemlerine kadar uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının biberde meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hidrometre for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 143(9): 434-438.

Bremner, J.T., 1965. Organic forms of nitrogen. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9: 1238-1255.

Bressan, R.A., 2008. Bitki fizyolojisi (Eds. L. Taiz, E. Zeiger; Çeviri Ed. İ. Türkan) *Stres Fizyolojisi*, Palme Yayıncılık, Ankara, s.591-620.

Bruce, R.C., Rayment, G.E., 1982. Analytical methods and interpretations used by the agricultural chemistry branch for soil and land use surveys. Queensland.

Bündig, C., Jozefowicz, A.M., Mock, H.P., Winkelmann, T., 2016. Proteomic analysis of two divergently responding potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) following osmotic stress treatment in vitro. *Journal of Proteomics*, 143: 227-241.

Chen, J., Shiyab, S., Han, F.X., Monts, D.L., Waggoner, A.W., Su, Z.Y., 2009. Bioaccumulation and physiological effects of mercury in Pteris vittata and Nephrolepis exaltata. *Ecotoxicology*, 18: 110–121.

Claussen, W., 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Science*, 168: 241-248.

Cramer, G.R., 2002. Sodium-calcium interactions under salinity stress. In Salinity: environment-plants-molecules Dordrecht: Springer Netherlands.

Çelik, S., 2020. Bazı upland pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerinin çimlenme döneminde farklı tuz (NaCI) seviyelerine karşı toleranslarının belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(2): 112-117.

Çaçan, E., Kökten, K., 2014. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin tuzluluğa toleransının belirlenmesi. *Turkey 5th Seed Congress With International Participation*, Kongre Bildiriler Kitabı, 19-23 Ekim, Diyarbakır, s. 493-496.

Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2): 11-34.

Deveci, M., Tuğrul, B., 2017. Ispanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 89-98.

Dölarslan, M., Gül, E., 2012. Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2): 56-59.

Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.

Er, H., Elibol, S., 2022. Farklı tuz konsantrasyonlarında semiz otu (*Portulaca oleracea*) ve kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) bitkileri uygulanarak tuzlu toprakların fitoremediasyon yöntemiyle iyileştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 34: 70-74.

Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E., Çeliktaş, N., 2017. Tuz stresinin bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 10-18.

Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E., 2018. Effects of different salt concentrations on the germination properties of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) cultivars. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2): 175-179.

Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Can, E., 2022. Bazı yumak (*Festuca* spp.) türlerinin çimlenme ve fide aşamasında tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2): 266-271.

Filippou, P., Bouchagier, P., Skotti, E., Fotopoulos, V., 2014. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species Ailanthus altissima to drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 97: 1-10.

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

Gao, Y., Li, D., 2014. Growth responses of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) to salinity stress. *Euopean Journal of Horticultural Science*, 79(3): 123-128.

Gao, L., Li Y., Han, R., 2015. He-Ne laser preillumination improves the resistance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seedlings to high saline conditions. *Protoplasma*, 252: 1135-1148.

Geren, H., Durul, G., 2014. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri üzerine bir ön araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(1): 85-91.

Hao, S., Wang, Y., Yan, Y., Liu, Y., Wang, J., Chen, S., 2021. A review on plant responses to salt stress and their mechanisms of salt resistance. *Horticulturae*, 7(6): 132.

Harivandi, M.A., Butler, J.D., Wu. L., 1992. Salinity and turfgrass culture, p. 207-229. In: D.V. Waddington, R.N. Carrow, R.C. Shearman (eds.). *Turfgrass-Agron Monogr. 32*. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Heath, R.L., Packer, K., 1968. Leaf senescence; correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32: 93-101.

Holmstrom, K.O., Mantyla, E., Welin, B., Mandal, A., Palva, T.E., Tunnela, O.E., Londesborough, J., 1996. Drought tolerance in tobacco. *Nature*, 379: 683-684.

Iba, K., 2002. Acclimative response to temparature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temparature tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 225-245.

Jackson, M.L., 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc.

Jackson, M.L., 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Publication Pvt. Ltd, New Delhi.

Jiang, Y., Huang, B., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 41(2): 436-442.

Johnson, C.M., Ulrich, A., 1959. II. Analytical Methods For Use in Plant Analysis. California Agricultural Experiment Station. Bull. 766.

Kacar, B., Katkat, V., Öztürk Ş., 2006. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, No:848, Ankara.

Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri (I. Basım). Nobel Yayınları, No:1241, Ankara.

Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2009. Bitki Fizyolojisi (3.Baskı). Nobel Yayınları, No:848, Ankara.

Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4): 723-740.

Kai, L.I., Huibin, L.I., Xiuju, B., Zhao, M., Yujing, Z., 2010. Effects of NaCl stress on two blue fescue varieties (*Festuca glauca*). *Frontiers of Agriculture in China*, 4(1): 96-100.

Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3(7): 213-251.

Karaman, R., Brohi, A., Müftüoğlu, M., Öztaş, T., Zengin, M., 2007. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Detay Yayıncılık, Ankara.

Karaköy, T., Kökten, K., Toklu, F., 2012. Response of some chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to salt stress conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4): 337-341.

Karaoğlu, M., Yalçın, A.M., 2018. Toprak tuzluluğu ve Iğdır Ovası örneği. *Journal of Agriculture*, 1(1): 27- 41.

Kaya, C., Sonmez, O., Aydemir, S., Ashraf, M., Dikilitas, M., 2013. Exogenous application of mannitol and thiourea regulates plant growth and oxidative stress responses in salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Interactions*, 3: 234-241.

Keser, Ö., Çolak, G., Caner, N., 2009. Tuza toleransı farklı iki kültür bitkisinde bazı fizyolojik ve makromorfolojik parametreler üzerine Na_2CO_3 tipi tuz stresi etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 64-80.

Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M., 2000. Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte Haloxylon recurvum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 2763-2774.

Khalvati, M.A., Avcıoğlu, R., 2001. Bazı mısır çeşitlerinin erken gelişme döneminde tuza dayanıklılıkları üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Kızılşimşek, M., Süren, E.N., 2020. Farklı tuzluluk seviyelerinin bazı kamışsı yumak (*F. arundinacea*) çeşitlerin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2): 189-197.

Kishor, P.B.K., Sreenivasulu, N., 2014. Isproline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? *Plant Cell Environment*, 37: 300-311.

Klute, A., 1986. Water retention: laboratory methods. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical And Mineralogical Methods*, 5: 635-662.

Korkmaz, A., Karagöl, A., Horuz, A., 2016. Substrat kültüründe domates bitkisi yaprağında besin kapsamı, K/Na ve Ca/Na oranları üzerine besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3): 441-447.

Kökten, K., Karaköy, T., Bakoğlu, A., Akçura, M., 2010. Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(1): 140-143.

Kusvuran, S., Ellialtioglu, S., Abak, K., Yasar, F., 2007. Responses of some melon (*Cucumis* sp.) genotypes to salt stress. *Ankara University Faculty of Agriculture, Journal of Agricultural Sciences*, 13(4): 395-404.

Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L., Rentsch, D., 2010. Proline metabolism and transportin plant development. *AminoAcids*, 39: 949-962.

Li, K., Li, H., Zhao, Y., Bian, X., Meng, Z., 2010. Effects of NaCl stress on two blue fescue varieties (*Festuca glauca*). *Frontiers of Agriculture in China*, 4: 96-100.

Lynch, J., Läuchlı, A., 1985. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.). *New Phytologist*, 99(3): 345-354.

Lynch, J., Läuchli, A., 1984. Potassium transport in salt-stressed barley roots. *Planta*, 161: 295-301.

Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2): 139-158.

Manuchehri, R., Salehi, H., 2015. Morphophysiological and biochemical changes in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) under combined salinity and deficit irrigation stresses. *Desert*, 20(1): 29-38.

Martin, R.C., Glover-Cutter, K., Baldwin, J.C., 2012. Identification and characterization of a salt stress-inducible zinc finger protein from Festuca arundinacea. BMC Research Notes, 5: 66.

Mishra, P., Mishra, J., Arora, N.K., 2021. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants-Recent developments and prospects: A review. *Microbiological Research*, 252: 126861.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.

Okkaoğlu, H., Avcıoğlu, R., 2010. Mikoriza ve tuz stresi interaksiyonunun mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin erken gelişme döneminde büyüme ve diğer bazı fizyolojik özelliklerin etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Olsen, R.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, H.C., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular*, Washington, D.C.

Onal Asci, O., 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10(44): 8774-8781.

Oral, N., Açıkgöz, E., 1998. Bursa bölgesinde tesis edilecek çim alanları için tohum karışımları ekim oranları ve azotlu gübre uygulaması üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Önal Aşçı, Ö., Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.

Örçen, N., 2017. Kum-perlit karışım oranı ve tuz (NaCl) seviyesinin *Sarcocornia perennis* (Mil.) AJ Scott'in büyüme ve gelişimi üzerine etkisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(2): 203-209.

Özen, H.Ç., Onay, A., 2007. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, No:1220, Ankara.

Öztekin, G.B., 2009. Aşılı domates bitkilerinde tuz stresine karşı anaçların etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Öztürk, A., 2004. Tuzluluk ve sodyumluluğun oluşumu, bitki ve toprağa etkileri. *Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, s.1-16.

Pawłowicz, I., Waśkiewicz, A., Perlikowski, D., Rapacz, M., Ratajczak, D., Kosmala, A., 2018. Remodeling of chloroplast proteome under salinity affects salt tolerance of *Festuca arundinacea*. *Photosynthesis Research*, 137: 475-492.

Peker, A.E., Öztürk, H.S., 2020. Sodyumlu sulama sularının toprak tuzluluk değişimine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 9(2): 102-115.

Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Agriculture Hand Book, 60: 159.

Rodriguez, P., Torrecillas, A., Morales, M.A., Ortuno, M.F., Sánchez-Blanco, M.J., 2005. Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus maritimus* plants. *Environmental and Experimental Botany*, 53(2): 113-123.

Roy, S.J., Negrão, S., Tester, M., 2014. Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26: 115-124.

Sarmast, M.K., Salehi, H., Niazi, A., 2015. Biochemical differences underlie varying drought tolerance in four *Festuca arundinacea* Schreb. genotypes subjected to short water scarcity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37: 192.

Sarıca, N., 2014. Bazı sıcak iklim çim türlerinin tuzluluğa dayanıklılığının belirlenmesi ve uygulamalar açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Saruhan, V., Üzen, N., Eylen, M., Çetin, Ö., 2008. Toprak tuzluluğunun kültür bitkilerine etkileri ve alınabilecek somut önlemler. *İklim Değişikliği Sempozyumu*.

Sheldon, A.R., Dalal, R.C., Kirchhof, G., Kopittke, P.M., Menzies, N.W., 2017. The effect of salinity on plant-available water. *Plant and Soil*, 418: 477-491.

Sürmen, M., Erdoğan, H., Özeroğlu, A., Kara, E., 2018. Farklı tuz konsantrasyonlarının çim bitkilerinde çimlenme ve erken fide dönemi özellikleri üzerine etkileri. *Uluslararası Katılımlı AGRIFOR Kongresi, Marmaris*.

Szabados, L., Savouré, A., 2010. Proline:amulti-functional aminoacid. *Trend Plant Science*, 15: 89-97.

Şahin, C., Akçalı, C., 2016. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı pamuk çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* (UTYHBD), 2(2): 75-79.

Şen, A., Başaran, U., Doğrusöz, M.Ç., Gülümser, E., Mut, H., 2021. The effect of alkali stress on seedling development and quality of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(2): 205-212.

Taleisnik, E., Rodríguez, A.A., Bustos, D., Erdei, L., Ortega, L., Senn, M.E., 2009. Leaf expansion in grasses under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 166(11): 1123-1140.

Tan, M., Koç, A., Erkovan, H.İ., 2002. Dumlu yöresi (Erzurum) tuzlu-alkali topraklarında yetişebilecek yem bitkisi türlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33: 3.

Tatar, N., Öztürk, Y., Çarpıcı, E.B., 2018. NaCl ön uygulamalarının farklı tuz seviyelerinde çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.)'in çimlenme özellikleri üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1): 28-33.

Topçu, G.D., Çelen, A.E., Kuru. E., Özkan, Ş. S., 2016. Farklı tuz konsantrasyonlarının kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) ve mavi ayrık (*Agropyron intermedium*) bitkilerinin çimlenme ve erken gelişme dönemindeki etkileri üzerine araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2): 219-224.

Türk, M., Alagöz, M., 2020. Kamışsı yumak (*Festuca arundinaceae* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2): 317-324.

Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differantial responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of droutght-tolerant P. Acutifolius gray and drought sensetive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediates water stres. *Plant Science*, 168: 223-231.

Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Uddin, M.K., Juraimi, A.S., 2013. Salinity tolerance turfgrass: History and Prospects. Review Article. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal.

Wang, J.J., Lin, W.H., Zhao, Y.T., Meng, C., Ma, A.W., Xue, L.H., Tian, P., 2017. Physiological and biochemical responses of *Festuca sinensis* seedlings to temperature and soil moisture stress. *Functional Plant Biology*, 44(10): 1007-1015.

Xu, R., Yamada, M., Fujıyama, H., 2013. Lipid peroxidation and antioxidative enzymes of two turfgrass species under salinity stress. *Pedosphere*, 23(2): 213-222.

Yang, Y.W., Newton, R.J., Miller, R., 1990. Salinity tolerance in sorghum in hole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, 30: 755-781.

Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karsı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar University Journal of Science*, 7: 47-66.

Zamani, S., Nezami, M.T., Habibi, D., Khorshidi, B., 2010. Effect of quantitive and qualitative performance of four canola cultivars (*Brassica napus* L.) to salinity conditions. *Advances in Environmental Biology*, 4(3): 422-427.

Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., Wang, P., 2021. Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9): 4609.

Zhu, X.G., Wang, Q., Zhang, Q.D., Lu, C.M., Kuang, T.Y., 2002. Response of photosynthetic functions of winter wheat to salt stress. *Plant Nutrition*, 8: 180-85.

Atıf Şekli	Alay, F., Birol, M., Demir, E., Çankaya, N., 2024. Kamışsı Yumağın (*Festuca arundinacea* Schreb.) Tuzluluk Stresine (NaCl) Karşı Büyüme Tepkisinin Araştırılması. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1):57-71. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813047.
To Cite	Alay, F., Birol, M., Demir, E., Çankaya, N., 2024. Investigation of the Growth Response of Reed Ball (*Festuca arundinacea* Schreb.) to Salinity Stress (NaCl). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1):57-71. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813047.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):72-80, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):72-80, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813331

Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Mısıra Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Etkisi: I. Verim ve Verim Unsurları

Fuatcan DAĞ[1], Zeki MUT[2], Özge Doğanay ERBAŞ KÖSE[2*]
[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bilecik
[2]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): ozgedoganay.erbas@bilecik.edu.tr

Özet
Biyogübreler, sürdürülebilir tarım ve ekonomik üretim için gerekli bitki besin maddelerinin desteklenmesi yanında sağlıklı ürün yetiştiriciliği ve çevreci olmaları ile de önemli bir rol oynamaktadır. Bu araştırma, Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarında iki mısır çeşidine *Azotobacter chrococcum* ve *Azotobacter vinelandii* bakterilerini içeren mikrobiyal gübrenin beş farklı dozunun [0 (Kontrol), 50, 100, 150 ve 200 ml] verim ve bazı verim unsurlarına etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada incelenen özellikler; bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, koçan çapı ve tane verimidir. Uygulanan mikrobiyal gübre dozuna göre Bilecik ve Eskişehir lokasyonunda incelene özellikler arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan mikrobiyal gübre dozlarına göre Bilecik lokasyonunda bitki boyu 249.00 (G_5) ile 276.37 (G_3) cm, ilk koçan yüksekliği 71.90 (G_5) ile 89.37 (G_3) cm, koçan uzunluğu 19.35 (G_5) ile 20.37 (G_3) cm, koçan çapı 51.23 (G_1) ile 51.66 (G_3) mm ve tane verimi 1557.16 (G5) ile 1692.83 (G_4) kg da^{-1} arasında değişmiştir. Eskişehir lokasyonunda ise bitki boyu 259.51 (G_1) ile 279.98 (G_3) cm, ilk koçan yüksekliği 75.93 (G_5) ile 91.90 (G_3) cm, koçan uzunluğu 20.42 (G1) ile 21.52 (G_2) cm, koçan çapı 50.92 (G_1) ile 52.35 (G_3) mm ve tane verimi 1513.83 (G1) ile 1686.00 (G_4) kg da^{-1} arasında değişmiştir. Her iki lokasyonda da en yüksek tane verimi sırasıyla G_4 (200 ml da^{-1}) ve G_3 (150 ml da^{-1}) uygulama dozlarında elde edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :26.10.2023
Kabul Tarihi :28.11.2023

Anahtar Kelimeler
Zea mays
tane verimi
mikrobiyal gübre
lokasyon

The Effect of Microbial Fertilizer Application on Maize Grown in Different Locations: I. Yield and Yield Components

Abstract
Biofertilizers play an important role in supporting plant nutrients required for sustainable agriculture and the economy, as well as growing healthy products and being environmentally friendly. This study was conducted to determine the effects of five different doses [0 (Control), 50, 100, 150 and 200 ml] of microbial fertilizer containing *Azotobacter chrococcum* and *Azotobacter vinelandii* bacteria on the yield and some yield components of two maize cultivars in Bilecik and Eskişehir locations. In the study, plant height, first ear height, ear length, ear diameter and kernel yield were examined. According to the applied microbial fertilizer dose, it was determined that there were significant differences in plant height, first ear height, ear length and kernel yield in the Bilecik location, and in plant height, first ear height, ear diameter and kernel yield in the Eskişehir location. According to the results of this research, the study had variations between plant height 249.00 (G_5) - 276.37 (G_3) cm, first ear height 71.90 (G_5) - 89.37 (G_3) cm, ear length 19.35 (G_5) - 20.37 (G_3) cm, ear diameter 51.23 (G_1) - 51.66 (G_3) mm and grain yield 1557.16 (G_5) - 1692.83 (G_4) kg da^{-1} in the Bilecik location. In the Eskişehir location, varied from plant height 259.51 (G_1) to 279.98 (G_3) cm, first ear height 75.93 (G_5) to 91.90 (G_3) cm, ear length 20.42 (G_1) to 21.52 (G_2) cm, ear diameter 50.92 (G_1) to 52.35 (G_3) mm and kernel yield 1513.83 (G_1) to 1686.00 (G_4) kg da^{-1}. In both locations, the highest kernel yield was obtained from G_4 (200 ml da^{-1}) and G_3 (150 ml da^{-1}) application doses, respectively.

Research Article

Article History
Received :26.10.2023
Accepted :28.11.2023

Keywords
Zea mays
kernel yield
microbial fertilizer
location

1. Giriş

Mısır (*Zea mays* L.) dünyada en fazla yetiştirilen üç ana tahıl ürününden biridir. Türkiye'de ise özellikle son yıllarda üretimi hızlı şekilde artarak buğday ve arpadan sonra 9 milyon ton üretim ile en fazla üretilen üçüncü tahıl durumundadır (Anonim, 2023). Mısır insan gıdası, hayvan yemi ve endüstri ham maddesi olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ülkemizde son yıllarda mısır üretimi belirgin şekilde artmakla birlikte dünyanın küresel nüfus arttıkça önümüzdeki yıllarda gıda kıtlığıyla karşı karşıya kalması muhtemeldir. Bu nedenle mevcut mısır ekim alanlarına dayalı olarak gıda güvenliğinin sağlanması için verimin arttırılması esastır (Meng ve ark., 2013). Mısırın ülkeler ve bölgeler arasındaki verim değişimi, çeşit, iklim koşulları, ekim yöntemi ve sıklığı ile gübre uygulamaları başta olmak üzere birçok faktörden etkilenir (Duvick, 2005).

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de tarım topraklarının çoğunluğu bitki besin maddeleri bakımından yetersizdir. Bu nedenle, sürdürülebilir gıda üretimi için önemli miktarda gübre gereksinimi çok önemli bir konudur. Uzunca bir süredir bitkiler için gerekli olan besin elementleri ağırlıklı olarak ticari bir şekilde üretilen kimyasal gübrelerden sağlanmaktadır. Bu tür kimyasal gübrelerin fiyatlarının yüksek olması bitkisel üretim maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca kimyasal gübrelerin toprağın yapısını bozmasının yanında, insanlar, çiftlik hayvanları ve çevre açısından da olumsuz etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Alori ve Babalola, 2018).

Tarımsal üretimde yetiştirilen ürünün verimli ve kaliteli olabilmesi için dengeli ve yeterli gübreleme çok önemlidir. Toprakta bulunan bitki besin maddelerinin miktarlarının yeterli olmasının yanında alınabilirliklerinin de yüksek olması bitkinin bu maddelerden yararlanabilmesi için gereklidir. Ayrıca bitki besin elementlerinin toprakta dengesiz oranlarda bulunması ve birbirleri üzerine olumsuz etkileri bitki gelişimini negatif yönde etkileyebilmektedir. Mikrobiyal gübreler; atmosferik azotu toprağa bağlayan, fosforlu ve potasyumlu bileşikleri parçalayan veya bunları dengeleyen, büyüme ve gelişme faktörlerini artıran, zararlı mikroorganizmaları baskı altında tutan, hayvan gübresi, kompost gibi organik maddeleri parçalayan böylelikle toprağın havalanma ve su tutma kapasitesini artıran canlı, organik mikrobiyal bileşiklerdir (Ünlü, 2008). Son yıllarda ticari olarak kullanımı giderek yaygınlaşan mikrobiyal gübreler, toprak verimliliğini sürdürmek ve bitkisel üretimi verimini ve kalitesini arttırmak için kimyasal gübrelere alternatif ya da birlikte kullanılabilen biyogübrelerdir.

Tarımda toprak verimliliğinin mikroorganizmalar aracılığıyla arttırılmasının geleceğin tarımında önemli bir yeri olduğu açıktır. Bu nedenle, yararlı mikroorganizmalar, inorganik gübrelerin kullanımını en aza indirmek amacyla alternatif olarak kullanılabilir. *Azotobacter chrococcum* ve *Azotobacter vinelandii* kaynaklı gübrelerin daha önce yapılan çalışmada verim ve kalite üzerine önemli etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2004). Bu açıdan biyogübre kullanımının verim, tarımsal özellikler ve kalite özeliklerine farklı bitki, toprak ve iklim koşullarında etkisinin belirlenmesi ve bu gübrelerin kullanılabilirliğinin ortaya konması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla Bilecik ve Eskişehir koşullarında içeriğinde *Azotobacter chrococcum* ve *Azotobacter vinelandii* bakterilerini bulunduran biyogübrenin iki mısır çeşidinde tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkilerini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1.Materyal

Çalışmada, FAO 500 grubuna ait DKC5685 (DEKALB) ve FAO 550 grubuna ait P0937 (PIONEER) mısır çeşitleri kullanılmıştır. Mikrobiyal gübre olarak *Azotobacter chrococcum* ve *Azotobacter vinelandii* bakterilerini içeren Vitormone Plus ticari yaprak gübresi kullanılmıştır.

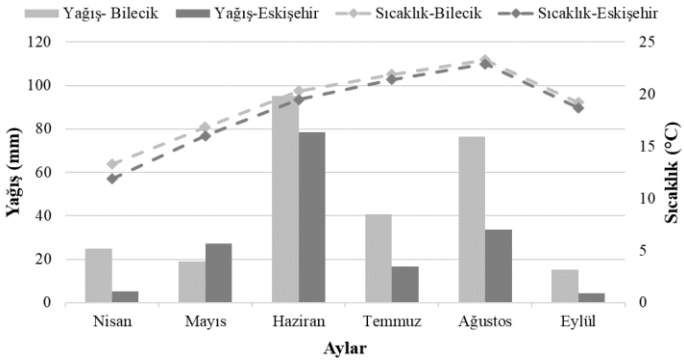
2.2. Yöntem

Araştırma, 2022 yılında Bilecik ve Eskişehir koşullarında bölünmüş parseller deneme desenine göre ana parsellere çeşitler, alt parsellere gübre dozları gelecek şekilde üç

tekrarlamalı olarak iki lokasyonda yürütülmüştür. Denemelerde dekara 0 (Kontrol), 50, 100, 150 ve 200 ml olacak şekilde 5 farklı mikrobiyal gübre dozu uygulanmıştır. Ekim işlemi parsel boyu 6 metre, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 16 cm, 6 sıra ve ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde yapılmıştır (Filiz ve Topal, 2021). Her iki deneme yerinde de dekara 20 kg saf azot ve 10 kg P_2O_5 uygulanmıştır. Fosforlu gübrenin tamamı azotlu gübrenin ise üçte biri ekimle birlikte Di-amonyum Fosfat (DAP) gübresi olarak, geriye kalan kısımda ikiye bölünerek yarısı bitkiler 4-6 yapraklı olduğu dönemde, diğer yarısı ise 8-10 yapraklı olduğu dönemde üre gübresi olarak verilmiştir (Çetin ve Soylu, 2021). Mikrobiyal gübre uygulaması bitkilerin boyu 25 cm'ye ulaştığında ve ilk uygulamadan 20-25 gün sonra olacak şekilde iki parçaya bölünerek yapraktan sırt pülverizatörü ile yapılmıştır. Sulama işlemi ilk çapaya kadar yağmurlama şeklinde daha sonra ise damlama sulama ile yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesi ve çapalama işlemi el ile yapılmıştır. Hasat, her parselde kenarlardan birer sıra, parsel başından ve sonundan 50 cm'lik kısım kenar tesiri olarak atıldıktan sonra elle yapılmıştır. Ölçüm ve analizler her parselden alınan 10 bitki/koçan üzerinde yapılmıştır. Ölçümler yapıldıktan sonra taneler etüvde % 14 neme düşünceye kadar kurutulmuş ve tane verimi bu değer üzerinden hesaplanmıştır. Çalışmada, bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, koçan çapı ve tane verimi belirlenmiştir (Doğanlar, 2018).

2.3. Araştırma yerinin iklim ve toprak özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü Nisan-Eylül ayları arasındaki toplam yağış, ortalama sıcaklık ve nispi nem değerleri sırasıyla Bilecik ilinde 271.5 mm, 19.1 ºC ve % 62.2 olarak, Eskişehir ilinde ise 165.4 mm, 18.4 ºC ve % 63.8 olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarına ait iklim verileri

Deneme alanı topraklarında yapılan analiz sonucunda Bilecik lokasyonunda killi tınlı, orta derece kireçli, hafif alkali, hafif tuzlu, fosfor ve potasyum içeriği bakımından yüksek olduğu ayrıca organik madde içeriğinin orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Eskişehir lokasyonunda ise ağır killi, kireçli, tuzsuz, hafif alkali, fosfor içeriğinin çok yüksek, potasyum ve organik madde içeriğinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir.

2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Denemelerden elde edilen veriler Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre MSTAT-C istatistik paket programı kullanılarak lokasyonlar ayrı ayrı analiz edilmiştir. Denemeye konu olan işlemler arasındaki farklılıklar DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

İki lokasyonda beş farklı mikrobiyal gübre dozunun mısır çeşitlerinde verim ve bazı verim unsurlarına etkisi araştırılmış ve özelliklere ait değerler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

3.1. Bitki boyu

Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarında bitki boyu çeşitler arasında istatistiki olarak % 5 önem seviyesinde, mikrobiyal gübre dozları

arasında %1 önem seviyesinde farklılık göstermiştir. Bilecik lokasyonunda çeşit × mikrobiyal gübre dozu interaksiyonun bitki boyuna etkisi önemli (% 1) bulunurken Eskişehir lokasyonunda önemsiz bulunmuştur. Bitki boyu Bilecik lokasyonunda 269.33 cm ile DCK5685 çeşidinde P0957 çeşidinden (258.24 cm) daha yüksek bulunurken, Eskişehir lokasyonunda çeşitlerin bitki boyu ortalamaları 271.31 (P0957) ile 266.65 cm (DCK5685) arasında değişmiştir (Tablo 1 ve 2). Coşkun ve ark. (2014) tarafından bitki boyu bakımından çeşitler arasında önemli fakların olduğunu ve bitki boyu üzerine genetik faktörlerin etkisinin çok önemli olduğunu bildirilmiştir. Benzer şekilde İdikut ve ark. (2020) bitki boyunun, çevresel faktörlere ve genetik özelliklere bağlı olarak değişen bir özellik olduğunu bildirmiştir.

Tablo 1. Bilecik koşullarında farklı mikrobiyal gübre dozu uygulanan mısır çeşitlerinin incelenen özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları [(1)]

Özellikler	Çeşitler	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	Ortalama
Bitki Boyu (cm)	P0937	246.13d	247.20cd	269.80b	271.07b	257.00c	258.24 B
	DKC5685	270.07b	278.07ab	282.93a	274.60ab	241.00d	269.33 A
	Ortalama	258.10 B	262.63 B	276.37 A	272.83 A	249.00 C	263.79
	Önemlilik	Çeşit (Ç)*	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G**			
İlk Koçan Yüksekliği (cm)	P0937	78.07b	81.00ab	89.87a	87.40ab	77.53b	82.77
	DKC5685	86.00ab	88.60a	88.87a	81.07ab	66.27c	82.16
	Ortalama	82.03 B	84.80 AB	89.37 A	84.23 AB	71.90 C	82.47
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G*			
Koçan Uzunluğu (cm)	P0937	20.23	20.93	21.17	21.00	19.96	20.66 A
	DKC5685	18.60	19.63	19.57	19.50	18.73	19.20 B
	Ortalama	19.42 B	20.28 A	20.37 A	20.25A	19.35 B	19.93
	Önemlilik	Çeşit (Ç)*	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G^{öd}			
Koçan Çapı (mm)	P0937	50.83	50.33	51.26	51.20	50.26	50.98
	DKC5685	51.63	51.56	52.06	51.60	52.23	51.82
	Ortalama	51.23	51.45	51.66	51.40	51.25	51.60
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)^{öd}	Ç × G^{öd}			
Tane Verimi (kg da^{-1})	P0937	1547.33	1523.66	1676.00	1707.33	1557.66	1602.40
	DKC5685	1598.00	1609.34	1675.33	1678.33	1556.66	1623.53
	Ortalama	1572.66 B	1566.50 B	1675.66 A	1692.83 A	1557.16 B	1612.96
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)*	Ç × G^{öd}			

(1) Her bir grup içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. *: %5 seviyesinde, **: %1 seviyesinde önemli, öd: önemli değil.

Tablo 2. Eskişehir koşullarında farklı mikrobiyal gübre dozu uygulanan mısır çeşitlerinin incelenen özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları [(1)]

Özellikler	Çeşitler	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	Ortalama
Bitki Boyu (cm)	P0937	260.19	268.19	277.89	281.29	268.93	271.31 A
	DKC5685	258.83	265.73	282.06	274.33	252.29	266.65 B
	Ortalama	259.51 B	266.96 B	279.98 A	277.81 A	260.61 B	268.98
	Önemlilik	Çeşit (Ç)*	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G^{öd}			
İlk Koçan Yüksekliği (cm)	P0937	83.20bc	82.47bc	92.47a	87.90ab	80.83c	85.37
	DKC5685	87.93ab	87.90ab	91.33a	80.20c	71.03d	83.68
	Ortalama	85.57 B	85.18 B	91.90 A	84.05 B	75.93 C	84.53
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G*			
Koçan Uzunluğu (cm)	P0937	20.80	21.60	21.03	21.33	21.27	21.21
	DKC5685	20.03	21.43	21.00	21.17	20.77	20.88
	Ortalama	20.42	21.52	21.02	21.25	21.02	21.02
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)^{öd}	Ç × G^{öd}			
Koçan Çapı (mm)	P0937	50.86	51.50	52.70	52.73	51.10	51.78
	DKC5685	50.96	51.50	52.00	51.23	51.03	51.34
	Ortalama	50.92 C	51.50 BC	52.35 A	51.98 AB	51.06 C	50.55
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G^{öd}			
Tane Verimi (kg da^{-1})	P0937	1527.33	1610.00	1679.33	1690.66	1586.33	1618.73
	DKC5685	1500.33	1547.33	1672.00	1681.33	1551.33	1590.46
	Ortalama	1513.83 B	1578.66 B	1675.66 A	1686.00 A	1568.83 B	1604.60
	Önemlilik	Çeşit (Ç)^{öd}	Mikrobiyal gübre (G)**	Ç × G^{öd}			

(1) Her bir grup içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. *: %5 seviyesinde, **: %1 seviyesinde önemli, öd: önemli değil.

Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarında en yüksek bitki boyu G_3 (100 ml da^{-1}) ve G_4 (150 ml da^{-1}) dozlarından, en düşük bitki boyu ise Bilecik lokasyonunda G_5, Eskişehir lokasyonunda G_1 dozunda elde edilmiştir. Bitki boyu Bilecik lokasyonunda G_1, G_2, G_3, G_4 ve G_5 dozlarında sırasıyla 258.10, 262.63, 276.37, 272.83 ve 249.00 cm, Eskişehir lokasyonunda ise sırasıyla 259.51, 266.96, 279.98, 277.81 ve 260.61 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 1 ve 2). Yapılan çalışmalarda mısırda biyogübre uygulamalarının bitki gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir (Çakmakçı, 2005; Marngar ve ark., 2017). Bu durumun biyolojik gübrenin bitkinin topraktan su ve besin maddesi alınımını arttırmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

3.2. İlk koçan yüksekliği

Her iki lokasyonda da farklı mikrobiyal gübre dozları uygulanarak yetiştirilen mısır çeşitleri arasında ilk koçan yüksekliği bakımından farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Ortalama ilk koçan yüksekliği P0937 ve DKC5695 çeşitlerinde Bilecik koşullarında sırasıyla 82.77 ve 82.16 cm olurken, Eskişehir koşullarında sırasıyla 85.37 ve 83.68 cm olmuştur.

İlk koçan yüksekliğine gübre dozlarının etkisi her iki lokasyonda da istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Bilecik lokasyonunda ilk koçan yüksekliği bakımından en düşük değer 71.90 cm ile G_5 gübre dozu, en yüksek değer ise 89.37 cm ile G_3 gübre dozu uygulamasında elde edilmiştir. Benzer şekilde Eskişehir lokasyonunda ilk koçan yüksekliği en düşük değer 75.93 cm ile G_5 dozunda, en yüksek değer ise 91.90 cm ile G_3 dozu uygulamasında elde edilmiştir.

Bilecik ve Eskişehir koşullarında çeşitlerin mikrobiyal gübre dozlarına karşı vermiş olduğu tepkilerin farklı olmasından dolayı çeşit x gübre dozu interaksiyonları da önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Her iki lokasyonda da ilk koçan yüksekliği en yüksek P0937 çeşidinin G_3 uygulamasında, en düşük DKC5685 çeşidinin G_5 uygulamasında elde edilmiştir. İlk koçan yüksekliği en yüksek Bilecik'te 89.87 cm ile P0937 çeşidine G_3 uygulama dozunda, Eskişehir'de ise 92.47 cm ile P0937 çeşidine G_3 uygulama dozunda ulaşılmıştır. Makineli hasada uygunluk ve yatma bakımından çok önemli olan ilk koçan yüksekliği mısırda önemli bir ıslah kriteridir. Bitki üzerinde koçanın çok yüksekte oluşması uzun boylu ve zayıf sapa sahip çeşitlerde yatmayı arttırırken, koçanın yere yakın oluşması hasadı zorlaştırmakta ve koçan sağlığını olumsuz etkilemektedir (Öztürk ve Büyükgöz, 2021). İlk koçan yüksekliği büyük oranda genetik faktörlerin etkisi altında olmakla birlikte çevre faktörleri de bu özelliği büyük oranda etkilemektedir (Kuşvuran ve Nazlı, 2014). Kapar ve Öz (2006) yaptıkları çalışmada çeşitlerin ilk koçan yüksekliklerinin farklı lokasyonlarda birbirine yakın değerler gösterdiklerini ve çeşitlerin ilk koçan yüksekliğinin 95 ile 126 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Biyogübre uygulamasının ilk koçan yüksekliğini arttırdığı bildirilmiştir (Yardımcı, 2019). Kan (2011) mısırda organik gübre uygulaması bakımından ilk koçan yükseklikleri arasında önemli farklar olduğunu ve ilk koçan yüksekliğinin 87.8 ile 103.8 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Doğan ve ark. (2020) ise ilk koçan yüksekliğinin çeşitler ve gübre dozlarına göre farklılık gösterdiğini ve ilk koçan yüksekliğinin 75.1 ile 95.6 cm olduğunu vurgulamışlardır.

3.3. Koçan uzunluğu

Tablo 1 ve Tablo 2'de görüldüğü üzere Bilecik lokasyonunda koçan uzunluğu çeşitlere ($p<0.05$) ve mikrobiyal gübre dozlarına ($p<0.01$) göre önemli farklılık gösterirken, Eskişehir lokasyonunda koçan uzunluğu çeşitlere ve gübre dozlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir.

Bilecik lokasyonunda koçan uzunluğu ortalama değerleri 20.66 cm ile P0937 çeşidinde DKC5685 çeşidinden (19.20 cm) daha uzun olmuştur. Ayrıca en uzun koçan uzunluğu 20.37 cm ile G_3 gübre dozunda elde edilmiş, G_2, G_3 ve G_4 dozları istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. Eskişehir lokasyonunda gübre dozları bakımından en uzun koçan uzunluğu 21.52 cm ile G_2 gübre

dozu uygulamasından elde edilmekle birlikte dozların koçan uzunluğuna etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Koçan uzunluğu mısırda verimi doğrudan etkileyen özelliklerin başında gelmektedir (Li ve ark., 2020). Şahin ve Kara (2021) koçan uzunluğu bakımından genotipler arasında önemli farkların olduğu belirlenmiştir Farklı mısır çeşitlerinde koçan uzunluğunu Öktem ve Toprak (2013) 19.6 ile 22.8 cm arasında, Şahin ve Kara (2021) 11.5 ile 18.2 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Meeana ve ark. (2013) farklı biyogübreler ve karışımlarının mısıra etkisini inceledikleri çalışmada, koçan uzunluğu üzerine uygulanan bütün biyogübrelerin ve karışımların kontrole göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu ve en yüksek koçan uzunluğunu *azotobacter* içeren karışımlardan elde ettiklerini bildirmişlerdir. Sughra ve ark. (2010) yapılan bir çalışmada mısıra uygulanan *azotobacter* uygulamasının koçan uzunluğunu arttırdığını bildirmişlerdir.

3.4. Koçan çapı

Farklı mikrobiyal gübre dozları uygulamasının mısır çeşitlerinde koçan çapına ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda her iki lokasyonda da çeşitler arasında istatiksel olarak bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte Bilecik lokasyonunda DKC5685 (51.82 mm) çeşidinde P0937 (50.98 mm) çeşidinden daha yüksek, Eskişehir lokasyonunda ise P0937 (51.78 mm) çeşidinde DKC5685 (51.34 mm) çeşidinden daha yüksek değer elde edilmiştir (Tablo 1 ve 2). Bilecik lokasyonunda gübre dozlarının koçan çapına etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuş ve koçan çapı 51.23 (G_1) ile 51.66 mm (G_3) arasında bulunmuştur. Eskişehir lokasyonunda ise uygulanan gübre dozlarına göre koçan çapında önemli ($p<0.01$) farklar belirlenmiş olup 52.35 mm ile G_3 uygulamasında en yüksek 50.92 mm ile G_1 uygulamasında en düşük koçan çapı elde edilmiştir (Tablo 1 ve 2).

Ayrancı ve Sade (2004) ile Kuşvuran ve Nazlı (2014)'da koçan çapının çeşitlere göre değiştiği bildirmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda mısırda koçan çapının gübre dozları ve ekim sıklıklarına göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Saruhan ve Şileli, 2005). Şahin ve Kara (2021) koçan çapının yıllara ve çeşitlere göre değiştiğini belirlemiştir. Gül ve ark. (1998) mısırda koçan çapı ile tane verimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu ve bu özelliğin 39.1-46.7 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Llamelo ve ark. (2016) ile Yardımcı (2019) biyogübre uygulamasının koçan çapını olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir.

3.5. Tane verimi

Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarında elde edilen veriler üzerinden yapılan varyans analizi sonucunda tane verimi bakımından çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu, mikrobiyal gübre dozları arasında ise Bilecik lokasyonunda %5, Eskişehir lokasyonunda % 1 seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Tane verimi Bilecik lokasyonunda ortalama değerler bakımından DKC5685 çeşidinde (1623.53 kg da^{-1}) P0937 çeşidinden (1602.40 kg da^{-1}) daha yüksek, Eskişehir lokasyonunda ise P0937 çeşidinde (1618.73 kg da^{-1}) DKC5685 çeşidinden (1590.46 kg da^{-1}) daha yüksek olmuştur. Bilecik lokasyonunda G_1, G_2, G_3, G_4 ve G_5 mikrobiyal gübre dozlarında tane verimi sırasıyla 1572.66, 1566.50, 1675.66, 1692.83 ve 1557.16 kg da^{-1}olmuş ve en yüksek G_3 ile G_4 uygulama dozlarında elde edilmiş olup bu uygulama dozları istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Eskişehir lokasyonunda ise tane verimi en düşük 1513.81 kg da^{-1} ile G_1 (kontrol) dozunda en yüksek 1686.00 kg da^{-1} ile G_4 dozunda elde edilmiştir. Eskişehir lokasyonunda da en yüksek tane verimi veren G_4 uygulama dozu ile G_3 uygulama dozunun istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir.

Farklı mısır çeşitleri ile farklı yerlerde yapılan çalışmalarda tane veriminin 552.13-429.67 kg da^{-1} (Kökten ve Akçura, 2017), 1209-1436 kg da^{-1} (Çetin ve Soylu, 2021) ve 1052.53-1449.91 kg da^{-1} (Taş, 2020) arasında değiştiği vurgulanmıştır. Martinez-Toledo ve ark. (1988) *Azotobacter* uygulamasının mısırda tane verimini arttırdığını

bildirmişlerdir. Shirkhani ve Nasrolahzadeh (2016) mısıra farklı gübre karışımları uygulayarak yaptıkları çalışmada, en yüksek tane verimini hem kimyasal hem de biyolojik gübrenin birlikte uygulandığı kombinasyondan elde edildiğini bildirmişlerdir. Yardımcı (2019) biyogübre uygulamalarının tane verimini kontrole kıyasla arttırdığını ve tane veriminin 714 ile 1209 kg da^{-1} arasında değiştiğini bildirmiştir. Aynı araştırıcı, biyogübreyle beraber azotlu gübre uygulamasının belirli bir doza kadar verimi olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Aghanejad ve ark. (2015) ve Taş (2020) tarafından yapılan daha önceki çalışmalarda tane veriminin çeşide, lokasyonlara, yıllara ve tarımsal uygulamalara göre değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca, verim bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, koçanda tane sayısı, koçanda sıra sayısı gibi birçok özellikten etkilenmektedir (Torun ve Köycü, 1996).

4. Sonuçlar

Bu araştırma, Bilecik ve Eskişehir koşullarında yetiştirilen iki mısır çeşidine (P0937 ve DKC5685) uygulanan beş farklı mikrobiyal gübre dozunun (0, 50, 100, 150 ve 200 ml da^{-1}) verim ve bazı verim unsurlarına etkisini belirlemek amacıyla yürütülen araştırma sonuçlarına göre; uygulanan mikrobiyal gübre dozunun Bilecik lokasyonunda bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu ve tane verimine, Eskişehir lokasyonunda ise bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan çapı ve tane verimine önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Her iki lokasyonda da tane verimi bakımından çeşitler arasında fark olmamış fakat gübre dozları önemli bulunmuştur. Hem Bilecik hem de Eskişehir koşullarında en yüksek tane verimi sırasıyla G_4 (200 ml da^{-1}) ve G_3 (150 ml da^{-1}) uygulama dozlarında elde edilmiş ve bu iki gübre dozunda elde edilen verimler arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Finansman

Bu çalışma, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından "2022-01.BŞEÜ.01-03" nolu proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu makale Fuatcan Dağ tarafından Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü bünyesinde hazırlanan Yüksek Lisans tezinin bir bölümüdür.

Kaynaklar

Aghanejad, M., Mahfoozi, S., Sharghi, Y., 2015. Effects of late season drought stress on some physiological traits. yield and yield components of wheat genotypes. *Biological Forum-An International Journal*, 7(1): 1426-1431.

Ahmad, M.F., Saxena, S.K., Sharma, R.R., Singh, S.K., 2004. Effect of azotobacter chroococcum on nutrient uptake in amrapali mango under high density planting. *Indian Journal of Horticulture*, 61(4): 348-349.

Alori, E.T., Babalola, O.O., 2018. Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa. *Frontiers in Microbiology*, 9: 2213.

Anonim., 2023. Türkiye İstatistik Kurumu (https://www.tuik.gov.tr/), (Erişim Tarihi: 10.10.2023).

Ayrancı, R., Sade, B., 2004. Konya ekolojik şartlarında yetiştirilebilecek atdişi melez mısır (*Zea mays* L. *indentata* Sturt.) çeşitlerinin belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2(1): 6-14.

Coşkun, Y., Coşkun, A., Koşar, İ., 2014. Bazı at dişi mısır çeşitlerinin Harran ovası ikinci ürün koşullarına adaptasyonu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4): 454-461.

Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişimini teşvik eden *Rizobakterilerin* tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* (1): 97-107.

Çetin, A., Soylu, S., 2021. Mısırda verim ve verim unsurları yönüyle genotip x çevre interaksiyonunun belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10(1): 40-56.

Doğan, S., Acıbuca, V., Doğan, Y., 2020. II. Ürün mısır çeşitlerinde organik ve inorganik gübre uygulamasının verim ve kaliteye etkisi ile ekonomik analizi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3): 592-604.

Doğanlar, C., 2018. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen bazı melez mısır çeşit adaylarının verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Duvick, D.N., 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy,* 86: 83-145.

Filiz, Y., Topal, N., 2021. Bazı mısır (*Zea mays* L. *indentata* Sturt.) çeşitlerinde hümik asit ve solucan gübresinin bazı verim ve kalite unsurlarına etkileri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 4(1): 11-19.

Gül, İ., Akıncı, C., Baytekin, H., 1998. Diyarbakır koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterler ile karakterler arasındaki ilişkilerin saptanması. *Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi,* 2(3): 31-40.

İdikut, L., Ekinci, M., Gençoğlan, C., 2020. Hibrid mısır çeşitlerinin koçan özellikleri ve tane kalite kriterleri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2): 142-153.

Kan, A., 2011. Konya koşullarında yetiştirilen sert mısırda (*Zea mays* L. var. *indurata* sturt.) organik ve inorganik gübrelerin verim ve bazı agronomik karakterlere etkisi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2: 1-5.

Kapar, H., Öz, A., 2006. Bazı mısır çeşitlerinin orta Karadeniz bölgesinde performanslarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2): 147-153.

Kuşvuran, A., Nazlı, R., 2014. Orta Kızılırmak havzası ekolojik koşullarında bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin tane mısır özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(3): 233-240.

Kökten, K., Akçura, M., 2017. Performances of hybrid dent maize cultivars in Bingöl conditions. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 21(1): 261-265.

Li, T., Qu, J., Tian, X., Lao, Y., Wei, N., Wang, Y., Hao, Y., Zhang, X., Xue, J., Xu, S., 2020. Identification of ear morphology genes in maize (*Zea mays* L.) using selective sweeps and association mapping. *Frontiers in Genetics*, 11: 747.

Llamelo, N., Bulalin, S.P., Pattung, A., Bangyad, S., 2016. Effect of different biofertilizers applied as supplemental foliar spray on the growth and yield of corn (*Zea mays* L.). *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 4(4): 119-125.

Marngar, E., Dawson, J., 2017. Effect of biofertilizers, levels of nitrogen and zinc on growth and yield of hybrid maize (*Zea Mays* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(9): 3614-3622.

Martinez-Toledo, M.V., Gonzalez-Lopez, J., De La Rubia, T., Moreno, J., Ramos-Cormenzana, A., 1988. Grain yield response of *zea mays* (hybrid AE 703) to *Azotobacter chroococcum* H23. *Biology and Fertility of Soils*, 6: 352-353.

Meena, M.D., Tiwari, D.D., Chaudhari, S.K., Biswas, D.R., Narjary, B., Meena, A.L., Meena, R.B., 2013. Effect of biofertilizer and nutrient levels on yield and nutrient uptake by maize (*Zea mays* L.). *Annals of Agri-Bio Research*, 18(2): 176-181.

Meng, Q.F., Hou, P., Wu, L., Chen, X.P., Cui, Z.L., Zhang, F.S., 2013. Understanding production potentials and yield gaps ın ıntensive maize production in China. *Field Crops Research*, 143: 91-97.

Öktem, A., Toprak, A., 2013. Çukurova koşullarında bazı atdişi mısır genotiplerinin verim ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (4): 15-24.

Öztürk, A., Büyükgöz, A., 2021. Trabzon iline ait bazı yerel mısır popülasyonlarının agronomik performansları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1): 67-80.

Saruhan, V., Şireli, H.D., 2005. Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde farklı azot dozları ve bitki sıklığının koçan, sap ve yaprak verimlerine etkisi üzerine bir araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 45-53.

Shirkhani, A., Nasrolahzadeh, S., 2016. Vermicompost and *Azotobacter* as an ecological pathway to decrease chemical fertilizers in the Maize, *Zea Mays*. *Biosci Biotechnol Research Communications*, 9(3): 382-390.

Sughra, M.G., Simair, A.A., Dahot, M.U., Khaskheli, A.J., 2010. Growth and yield response of *Zea mays* to different treatments of biofertilizers. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 7(1-2): 109-115.

Şahin, M., Kara, B., 2021. Farklı tane renkli cin mısır popülasyonlarının verim ve koçan özellikleri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 3(1): 1-4.

Taş, T., 2020. Bazı Atdişi hibrit mısır (*Zea mays indentata* Sturt) çeşitlerinin tane özellikleri ile tane verimi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 222-233.

Torun, M., Koycu, C., 1996. A study on nitrogen requirement of some corn cultivars grown at çarşamba plain. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11: 1-15.

Ünlü, H., 2008. Organik domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi, mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü kullanımının verim, kalite ve bitki besin maddeleri alımına etkisi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Yardımcı, Ö., 2019. Azot fikse eden asembiyotik bakterilerin mısır tarımında, toprakta ve bitkide besin maddeleri içeriklerine ve bazı agronomik özellikler üzerine etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Atıf Şekli	Dağ, F., Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., 2024. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Mısıra Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Etkisi: I. Verim ve Verim Unsurları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1):72-80. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813331.
To Cite	Dağ, F., Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., 2024. The Effect of Microbial Fertilizer Application on Maize Grown in Different Locations: I. Yield and Yield Components. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1):72-80. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813331.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):81-90, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):81-90, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813450

Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Mısıra Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Etkisi: II. Kalite Özellikleri

Fuatcan DAĞ[1], Zeki MUT[2], Özge Doğanay ERBAŞ KÖSE[2*], Yusuf Murat KARDEŞ[2]
[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bilecik
[2]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): ozgedoganay.erbas@bilecik.edu.tr

Özet
İnsan gıdası, hayvan yemi ve sanayinin çeşitli alanlarında kullanılan mısır çok farklı çevrelerde yetiştirilebilen önemli bir üründür. Bu çalışma, Bilecik ve Eskişehir koşullarında tescilli iki mısır çeşidine uygulanan *Azotobacter* spp. içeren mikrobiyal gübre dozlarının [0 (Kontrol), 50, 100, 150 ve 200 ml/da] mısır tanesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemeler bölünmüş parseller deneme deseninde; ana parsellere çeşitler, alt parsellere mikrobiyal gübre dozları gelecek şekilde üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, kül oranı, yağ oranı, protein oranı, nişasta oranı, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) değerleri belirlenmiştir. Bilecik koşullarında bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, yağ oranı ve ADF özellikleri, Eskişehir koşullarında ise bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve protein oranı özelliklerinde çeşitlere göre istatistiki olarak önemli fark görülmüştür. Çalışmada bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve ADF özelliklerine mikrobiyal gübre dozlarının etkisi her iki lokasyonda da önemli bulunmuştur. Uygulanan dozlara göre Bilecik koşullarında bin tane ağırlığı 494.76 ile 510.90 g, hektolitre ağırlığı 77.03 ile 79.03 kg, kül oranı % 1.53-1.56, yağ oranı % 5.25 ile 5.52, protein oranı % 10.16 ile 10.60, nişasta oranı % 67.35 ile 68.33, ADF değeri % 4.27 ile 4.62 ve NDF değeri % 14.45 ile 14.73 arasında değişmiştir. Eskişehir koşullarında ise bin tane ağırlığı 474.26 ile 502.81 g, hektolitre ağırlığı 77.25 ile 78.02 kg, kül oranı % 1.48-1.53, yağ oranı % 4.52 ile 4.76, protein oranı % 10.07 ile 10.35, nişasta oranı % 69.25 ile 69.83, ADF değeri % 4.00 ile 4.09 ve NDF değeri % 13.69 ile 13.90 arasında değişmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :28.10.2023
Kabul Tarihi :01.12.2023

Anahtar Kelimeler
Mısır
mikrobiyal gübre
kalite
yağ

The Effect of Microbial Fertilizer Application on Maize Grown in Different Locations: II. Quality Traits

Abstract
Maize, which is used for human food, animal feed and in various fields of industry, is an important crop that can be grown in many different environments. This study was carried out to determine the effect of microbial fertilizer doses [0 (Control), 50, 100, 150 and 200 ml/da] applied to two registered maize grain cultivars on some quality traits under Bilecik and Eskişehir conditions. The experiments were established in a split-plot experimental design with three replications, with cultivars in the main plots and microbial fertilizer doses in the sub-plots. In the study, thousand grain weight, hectoliter weight, ash content, fat content, protein content, starch content, acid detergent fiber (ADF), and neutral detergent fiber (NDF) values were determined. In Bilecik conditions, thousand grain weight, hectoliter weight, fat content and ADF traits showed statistically significant differences among the cultivars, while in Eskişehir conditions, the thousand grain weight, hectoliter weight and ADF traits showed statistically significant differences among the cultivars. In the study, the effect of microbial fertilizer doses on thousand grain weight, hectoliter weight and ADF value were found to be significant at both locations. According to the applied doses, in Bilecik locations, thousand grain weight, hectoliter weight, ash ratio, fat ratio, protein ratio, starch ratio, ADF value and NDF values were found between 494.76-510.90 g, 77.03-79.03 kg, 1.53-1.56%, 5.25-5.52%, 10.16-10.60%, 67.35-68.33%, 4.27-4.62% and 14.45-14.73%, respectively. Eskişehir locations, thousand grain weight, hectoliter weight, ash ratio, fat ratio, protein ratio, starch ratio, ADF value and NDF values were found between 474.26-502.81 g, 77.25-78.02 kg, 1.48-1.53%, 4.52-4.76%, 10.07-10.35%, 69.25-69.83%, 4.00-4.76% and 13.69-13.90 %, respectively.

Research Article

Article History
Received :28.10.2023
Accepted :01.12.2023

Keywords
Maize
microbial fertilizer
quality
fat

1. Giriş

Geniş adaptasyon yeteneğine sahip olan mısır (*Zea mays* L.), dünyada insan nüfusunun büyük bir kısmının temel gıda maddesidir. Dünyada tanesi ve otu çoğunlukla hayvanı yemi olarak kullanımının yanında yağ sanayi, kâğıt yapımı, kuruyemiş, tatlandırıcı sektörü ve biyo-enerji gibi birçok alanda da kullanılmaktadır (Fadlalla ve ark., 2016). Dünyada yetiştiriciliği yapılan bitkiler arasında mısır ekim alanı bakımından 205.8 milyon hektar ekim alanı ile ikinci, üretim bakımından 1.2 milyar ton üretimi ile ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2021). Türkiye'de ise mısır 900 bin hektar ekim alanı ile buğday ve arpadan sonra en fazla ekimi yapılan bitkidir (Anonim, 2022). Mısırın gelişmiş ülkelerde yaklaşık % 90'ı hayvan yemi, geri kalanı ise endüstriyel yan ürünler olarak kullanılırken, gelişmekte olan ülkelerde % 80-90'ının gıda olarak kullanıldığı bilinmektedir.

Mısır gıda ve yem olarak kullanıldığından içerdiği protein ve karbonhidrat miktarı çok önemlidir ve bu içerikler canlılarda yapısal ve destekleyici element olarak da görev yapmaktadırlar. Mısırdaki yağ, hayvan yemi için önemli bir enerji kaynağıdır ve yüksek derecede doymamış yağ içeriği nedeniyle insan tüketiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Mason ve D'croz-Mason, 2002; Özata, 2020). Özata (2020) mısır tanenin kimyasal kompozisyonunun genotiplere ve lokasyonlara göre değiştiğini bildirmiştir. Arın ve ark. (2019) tohumun kimyasal içeriğinin türler ve genotipler arasında farklılıklar gösterdiğini, genetik faktörlerin yanı sıra iklim faktörleri ve tarımsal uygulamaların kimyasal içerikte farklılıklara neden olabileceğini bildirmişlerdir. Gübreleme mısır yetiştiriciliğinde verimi arttırmak için uygulanan en önemli kültürel uygulamalardan birisidir. Azotun bitkiler için yaşamsal öneminin fazla olması, toprakta bitkiler için yarayışlı hale dönüşmesi gerekliliği ve kolay yıkanarak veya gaz haline geçerek kaybolması nedenleriyle üreticiler tarafından her yıl yüksek oranda azotlu gübre toprağa uygulanmaktadır. Bu nedenle daha yüksek verim ve kaliteyi elde etmeyi amaçlayan yoğun tarım uygulamaları, maliyetli ve çevre kirliliğine yol açan azotlu gübrelemenin yoğun kullanımını gerektirmektedir (Başer ve ark., 2012). Çevre dostu olan biyogübreler, sürdürülebilir tarım ve ekonomik üretim için gerekli bitki besin maddelerinin desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Mugilan ve ark., 2011). Biyogübreler, besin elementlerini biyolojik süreçler yoluyla kullanılamayan formdan kullanılabilir forma taşıyabilen mikroorganizmalar içeren girdilerdir (Goel ve ark., 1999). Tarımda toprak verimliliğinin mikroorganizmalar aracılığıyla arttırılması ve sürdürülmesinin, geleceğin tarımında önemli bir yeri olduğu açıktır. Bu açıdan biyogübre kullanımının verim, tarımsal özellikler ve kalite özeliklerine farklı bitki, toprak ve iklim koşullarında etkisinin belirlenmesi ve bu gübrelerin etkinliğinin ortaya konması büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırma, içeriğinde *Azotobacter chrococcum* ve *Azotobacter vinelandii* bakterilerini bulunduran biyogübrenin mısır tanesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada, DEKALB firmasına ait DKC5685 ile Pioneer firmasına ait P0937 mısır çeşitleri kullanılmıştır. Biyogübre kaynağı olarak ticari ismi "Vitormone Plus" olan ve *Azotobacte*r spp. içeren mikrobiyal yaprak gübresi kullanılmıştır.

2.2.Yöntem

Araştırma 2022 yılında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Alanında ve Eskişehir'de çiftçi arazisinde iki farklı lokasyonda bölünmüş parsellerde deneme desenine göre ana parsellere çeşitler, alt parsellere gübre dozları getirilerek üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür (Filiz ve Topal, 2021). Denemelerde 0 (Kontrol), 50, 100, 150 ve 200 ml/da olacak şekilde 5 gübre dozu uygulanmıştır. Ekim işlemi parsel boyu 6 metre, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 16 cm, 6 sıra

ve ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde yapılmıştır (Filiz ve Topal, 2021).

Her iki lokasyonda da dekara 20 kg saf N ve 10 kg P_2O_5 gübre verilmiştir. Ekimde 10 kg P_2O_5 gelecek şekilde Di-amonyum Fosfat (DAP) gübresi verilmiştir. Azotlu gübrenin geriye kalan kısmı da üre gübresi olarak iki parçaya bölünerek yarısı bitkiler 4-6 yapraklı olduğu dönemde diğer yarısı ise bitkiler 8-10 yapraklı olduğu dönemde verilmiştir (Çetin ve Soylu, 2021). Mikrobiyal gübre uygulaması iki parça halinde ilki bitkilerin boyu 25 cm'ye ulaştığında, ikincisi ise ilk uygulamadan 20-25 gün sonra olacak şekilde yapraktan sırt pülverizatörü ile yapılmıştır. Sulama işlemi ilk çapaya kadar yağmurlama ile daha sonra ise damla sulama ile bitkiler suya ihtiyaç duydukça toprak tarla kapasitesine gelecek şekilde yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesi ve çapalama işlemi el ile yapılmıştır. Hasat, her parselde kenarlardan birer sıra, parsel başından ve sonundan 50 cm'lik kısım kenar tesiri olarak atıldıktan sonra elle yapılmıştır. Her parseli temsilen alınan tane mısır örnekleri etüvde %12 neme düşünceye kadar kurutulmuş ve analizler bu örnekler üzerinde yapılmıştır. Kimyasal analizler için örnekler 0.5 mm elekten geçecek şekilde öğütülüp, analize kadar +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Denemelerin kurulduğu lokasyonlara ait konum, iklim ve toprak özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarına ait konum, iklim ve toprak özellikleri

		Bilecik	Eskişehir
Konum	Enlem	40° 6' (K)	39° 77' (K)
	Boylam	30° 0' (D)	30° 65' (D)
	Rakım	500 m	840 m
2022 yılına ait iklim verileri (Nisan-Eylül)	Ortalama sıcaklık (°C)	19.1	18.4
	Toplam yağış (mm)	271.5	165.4
	Ortalama nem (%)	62.2	63.8
Toprak özellikleri	Toprak Tekstürü (%)	40.00 (Killi-Tınlı)	123.00 (Ağır killi)
	Kireç ($CaCO_3$ %)	6.84 (Orta kireçli)	12.30 (Kireçli)
	Toplam Tuz (mhos cm^{-1})	0.99 (Hafif tuzlu)	0.68 (Tuzsuz)
	Ph	7.78 (Hafif alkali)	7.55 (Hafif alkali)
	Fosfor (ppm)	65.16 (Yüksek)	126.90 (Çok yüksek)
	Potasyum (ppm)	510.01 (Yüksek)	590.60 (Yüksek)
	Organik Madde (%)	2.26 (Orta)	3.41 (Yüksek)

2.3. İncelenen özellikler

Araştırmada iki farklı mısır çeşidinin bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, kül, protein, yağ, nişasta oranları ile asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) özellikleri incelenmiştir. Bin tane ağırlığı 4'er kez 100 adet tohum sayılarak ortalaması alınmış ve 10 ile çarpılarak belirlenmiştir. Hektolitre ağırlığı AACC 55-10.01 metoduna göre belirlenmiştir (AACC, 2020). Kül içeriği AACC 08-01.01, ham protein içeriği AACC 46-30.01, nişasta içeriği AACC 76-33.01 metotlarına göre yapılmıştır (AACC, 2020). Yağ içeriği Soxhlet yöntemine (Welch, 1977), ADF ve NDF içerikleri Van Soest ve ark. (1991)'nın yöntemine göre ANKOM 220 Fiber cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Denemelerden elde edilen veriler Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre MSTAT-C istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Denemeye konu olan işlemler arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Bilecik ve Eskişehir koşullarında mikrobiyal yaprak gübresi dozlarının farklı mısır çeşitlerinin bazı kalite özellikleri üzerine

etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada incelenen özelliklere ait değerler Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

3.1. Bin tane ağırlığı

Her iki lokasyonda da bin tane ağırlığı bakımından çeşitler ve gübre dozları arasında istatistiki olarak önemli farklar belirlenmiştir. Bilecik lokasyonunda çeşit × gübre dozu interaksiyonunun da istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bilecik koşullarında bin tane ağırlığı çeşitlere göre 554.97 (P0937) ile 450.96 g (DKC5685) arasında değişmiştir. Gübre dozlarına göre en yüksek bin tane ağırlığı 510.90 g ile G_3 gübre dozunda elde edilmiş ve G_4 dozu (510.90 g) ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Çeşit × gübre dozu interaksiyonuna bakıldığında; en yüksek bin tane ağırlığı 570.70 g ile P0937 çeşidin G_4 dozunda belirlenmiştir (Tablo 2). Eskişehir koşullarında çeşitlerin bin tane ağırlığı 533.27 (P0937) ile 437.74 g (DKC5685) arasında değişmiştir. Gübre dozu bakımından en yüksek bin tane ağırlığı 502.81 g ile G_3 gübre dozunda belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. Bilecik koşullarında farklı mikrobiyal gübre dozu uygulanan mısır çeşitlerinin incelenen özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Özellikler	Çeşitler (Ç)	Mikrobiyal Gübre Dozları (G)					Ortalama
		G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	
Bin Tane Ağırlığı (g)	P0937	553.17bc	545.10c	559.63b	570.70a	546.27c	554.97 A
	DKC5685	437.40e	464.66d	462.16d	447.30e	443.26e	450.96 B
	Ortalama	495.28 B	504.88 B	510.90 A	509.00 A	494.76 B	502.97
	Önemlilik	Çeşit**		Gübre**		Ç × G int.**	
Hektolitre Ağırlığı (kg)	P0937	78.90	79.67	80.97	80.20	80.27	80.00 A
	DKC5685	75.17	77.13	77.10	77.40	77.73	76.91 B
	Ortalama	77.03 B	78.40 AB	79.03 A	78.80 A	79.00 A	78.45
	Önemlilik	Çeşit **		Gübre *		Ç × G int.^{öd}	
Kül Oranı (%)	P0937	1.53	1.56	1.60	1.56	1.60	1.57
	DKC5685	1.53	1.50	1.53	1.50	1.53	1.52
	Ortalama	1.53	1.53	1.56	1.53	1.56	1.54
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
Yağ Oranı (%)	P0937	5.90	5.80	6.00	5.50	5.63	5.76 A
	DKC5685	5.13	5.23	5.03	5.03	4.96	5.08 B
	Ortalama	5.51	5.52	5.51	5.25	5.30	5.42
	Önemlilik	Çeşit **		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
Protein Oranı (%)	P0937	10.40	10.43	10.83	10.26	10.66	10.52
	DKC5685	10.20	10.16	10.36	10.06	9.96	10.15
	Ortalama	10.30	10.30	10.60	10.16	10.31	10.34
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
Nişasta Oranı (%)	P0937	68.10	68.05	66.50	67.97	67.33	67.58
	DKC5685	68.40	68.63	68.20	68.33	69.20	68.55
	Ortalama	68.26	68.33	67.35	68.15	68.27	68.07
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
ADF değeri (%)	P0937	4.52b	4.43b	4.87a	4.15c	4.76a	4.57 A
	DKC5685	4.12c	4.13c	4.36b	4.38b	4.10c	4.23 B
	Ortalama	4.32 BC	4.28 C	4.62 A	4.27 C	4.43 B	4.38
	Önemlilik	Çeşit**		Gübre**		Ç × G int.**	
NDF değeri (%)	P0937	14.37	14.84	14.87	14.84	14.84	14.74
	DKC5685	14.54	14.62	14.18	14.28	14.28	14.37
	Ortalama	14.45	14.73	14.52	14.56	14.56	14.57
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	

*: %5 seviyesinde önemli, **: %1 seviyesinde önemli, öd: önemli değil

Tablo 3. Eskişehir koşullarında farklı mikrobiyal gübre dozu uygulanan mısır çeşitlerinin incelenen özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Özellikler	Çeşitler (Ç)	Mikrobiyal Gübre Dozları (G)					Ortalama
		G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	
Bin Tane Ağırlığı (g)	P0937	515.00	522.10	551.56	542.00	535.70	533.27 A
	DKC5685	433.53	431.70	454.06	436.56	432.83	437.74B
	Ortalama	474.26 D	476.90 D	502.81 A	489.28 B	484.26 C	485.51
	Önemlilik	Çeşit**		Gübre**		Ç × G int.^{öd}	
Hektolitre Ağırlığı (kg)	P0937	78.73 b	78.00 c	79.17 ab	79.30 a	78.03 c	78.65 A
	DKC5685	76.00 e	76.70 d	76.70 d	76.73 d	76.47 de	76.52 B
	Ortalama	77.37 B	77.35 B	77.93 A	78.02 A	77.25 B	77.58
	Önemlilik	Çeşit*		Gübre**		Ç × G int.**	
Kül Oranı (%)	P0937	1.50	1.53	1.50	1.50	1.56	1.52
	DKC5685	1.46	1.53	1.50	1.50	1.50	1.50
	Ortalama	1.48	1.53	1.50	1.50	1.53	1.51
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
Yağ Oranı (%)	P0937	4.73	4.60	4.33	4.66	4.90	4.65
	DKC5685	4.66	4.90	4.70	4.73	4.63	4.72
	Ortalama	4.69	4.74	4.52	4.70	4.76	4.69
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
Protein Oranı (%)	P0937	9.73	9.73	9.87	9.67	10.00	9.80 B
	DKC5685	10.53	10.40	10.40	10.53	10.70	10.51 A
	Ortalama	10.13	10.07	10.13	10.10	10.35	10.16
	Önemlilik	Çeşit **		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
Nişasta Oranı (%)	P0937	69.50	69.67	69.80	69.87	69.00	69.57
	DKC5685	70.17	69.13	69.67	69.43	69.50	69.58
	Ortalama	69.83	69.40	69.70	69.65	69.25	69.58
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	
ADF değeri (%)	P0937	4.15ab	4.08b	3.98c	3.90c	4.23a	4.09
	DKC5685	3.91c	4.10b	4.12b	4.10b	3.93c	4.05
	Ortalama	4.03 B	4.09 A	4.05 AB	4.00 B	4.08 AB	4.05
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre**		Ç × G int.**	
NDF değeri (%)	P0937	13.92	13.98	13.53	13.44	13.98	13.87
	DKC5685	13.55	13.83	14.24	13.94	13.80	13.79
	Ortalama	13.73	13.90	13.89	13.69	13.89	13.82
	Önemlilik	Çeşit ^{öd}		Gübre ^{öd}		Ç × G int.^{öd}	

*: %5 seviyesinde önemli, **: %1 seviyesinde önemli, öd: önemli değil

Mısırın tane verimini belirleyen üç temel faktör birim alandaki koçan sayısı, koçandaki tane sayısı ve bin tane ağırlığıdır (Liangfa ve ark., 2017). Çeşitlerin bin tane ağırlığının bilinmesi dekara atılacak tohumluk miktarının ve ekim derinliğinin belirlenmesinde, dekardan alınacak verimin hesaplanmasında ve kullanım alanının belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Yapılan çalışmalarda bin tane ağırlığının lokasyonlara, çeşit ve tarımsal uygulamalara (İdikut ve ark., 2009), ön bitkiye ve yıllara (Şahin ve Kara, 2021) göre değiştiği bildirilmiştir. Çalışmamızda da bin tane ağırlığı çeşitlere ve biyogübre dozlarına göre değişmiştir (Tablo 3 ve 4). Bueno ve ark. (2020) bin tane ağırlığının 293.5 ile 336.6 g arasında değiştiği bildirmişlerdir.

3.2. Hektolitre ağırlığı

Hektolitre ağırlığı bakımından çeşitler ve gübre dozları arasında istatistiki olarak önemli farklar belirlenmiştir. Bilecik lokasyonunda çeşit × gübre dozu interaksiyonu önemsiz bulunmasına karşılık Eskişehir lokasyonunda çeşit × gübre dozu interaksiyonunun da istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bilecik ve Eskişehir lokasyonlarında farklı mikrobiyal gübre uygulamalarında ortalama hektolitre ağırlıkları P0937 çeşidi (sırasıyla 80.00 ve 78.65 kg) DKC5685 (sırasıyla 76.91 ve 76.52 kg) çeşidinden daha yüksek hektolitre ağırlığına sahip olmuştur. Bilecik lokasyonunda en yüksek hektolitre ağırlığı 79.00 kg ile G_5 gübre dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu istatistiki olarak aynı grupta

yer alan sırasıyla G_4, G_3 ve G_2 uygulama dozları izlemiştir. G_1 (kontrol) dozu 77.03 kg ile en düşük hektolitre ağırlığına sahip olmuştur. Eskişehir lokasyonunda en yüksek hektolitre ağırlığı G_4 (78.02 kg) ve G_3 (77.93 kg) gübre dozlarından elde edilmiş ve bu dozlardaki değerler istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır (Tablo 2 ve 3).

Hektolitre ağırlığı, mısır sınıflarını ve satış fiyatını belirleyen önemli ve yararlı bir niteliksel özelliktir (Paulsen ve ark., 2003). Yapılan çalışmalarda mısırda hektolitre ağırlığının çeşit, çevre koşulları ve tarımsal uygulamalara göre değiştiği bildirilmiştir (Mut ve ark., 2022). Çeşitlerin hektolitre ağırlığının 68 ile 84 kg (Kılınç ve ark., 2018) arasında değiştiği bildirilmiştir.

3.3. Kül oranı

Her iki lokasyonda da, kül oranı bakımından çeşit, gübre dozları ve çeşit×gübre dozları interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Kül oranı Bilecik ve Eskişehir koşullarında P0937 çeşidinde daha yüksek bulunmuştur. Mikrobiyal gübre dozlarına göre kül oranı Bilecik'te G_1, G_2, G_3, G_4 ve G_5 dozlarında sırasıyla % 1.53, 1.53, 1.56, 1.53 ve 1.56 olarak, Eskişehir'de G_1, G_2, G_3, G_4 ve G_5 dozlarında sırasıyla % 1.48, 1.53, 1.50, 1.50 ve 1.53 olarak belirlenmiştir (Tablo 2 ve 3). Hücre fonksiyonlarının etkinliği açısından hayati rolü olan kül içeriği, nükleoproteinlerin yapısı ve oksijenin taşınması gibi birçok hayati olayda görev alan mineralleri içermektedir. Ham kül, kuru maddenin yakılmasından sonra geriye kalan ve yanmayan toplam minerallerin ölçüsü olarak ifade edilmektedir (Geren ve ark., 2003). Bütün mısır türlerinde bitki olgunlaştıkça kül miktarı azalmaktadır (İnceer, 2011). Koca ve Canavar (2014) mısırda kül içeriğinin ekim zamanına göre değiştiğini fakat yıllar ve çeşitlerden etkilenmediğini bildirmiştir. Çeşitlerin kül oranının % 0.50 ile 2.85 (Kaplan ve Kökten, 2019) arasında değiştiği bildirilmiştir.

3.4. Yağ oranı

Bilecik lokasyonunda tane yağ oranına sadece çeşitlerin etkisi çok önemli ($P<0.01$) olurken, Eskişehir lokasyonunda çeşitlerin ve gübre dozlarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bilecik lokasyonunda yağ oranı % 5.76 ile P0937 çeşidinde DKC5685 çeşidinden (% 5.08) daha yüksek bulunmuştur. Mikrobiyal gübre dozları arasında istatistiki olarak fark olmamakla birlikte % 5.25 (G_4) ile % 5.52 (G_2) arasında değişmiştir. Eskişehir lokasyonunda yağ oranı % 4.65 ile P0937 çeşidinde DKC5685 çeşidinden (% 4.72) daha düşük bulunmuştur. Gübre dozu uygulamalarına göre yağ oranının % 4.52 (G_3) ile 4.76 (G_5) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 2 ve 3).

Mısır yağının, insan beslenmesi ve endüstriyel kullanımının dünyada önemli bir yere sahip olmasından dolayı mısırda yağ oranının artırılması önemli ıslah amaçlarından birisidir (Kahrıman ve ark., 2017). Ayrıca, mısırda yağ oranının yüksek olması özellikle hayvan yemi olarak kullanılan ürünün daha fazla enerji sağlaması ve yüksek yağlı mısırlarla beslenen çiftlik hayvanlarında daha hızlı canlı ağırlık artışları sağladığından istenmektedir. Kılınç ve ark. (2018) yağ oranının çeşitlere göre farklılık gösterdiğini ve % 3.33 ile 4.00 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Fadlalla ve ark. (2016) mısırda farklı biyogübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkilerini inceledikleri çalışmada, kontrole göre yağ oranının *Azotobacter* uygulamasında daha düşük olduğunu ve yağ oranının birinci yıl % 3.05 ile 3.90 ikinci yıl % 2.52 ile 4.25 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise yağ oranı bakımından mikrobiyal gübre dozları arasında farklılık belirlenmemiştir.

3.5. Protein oranı

Varyans analiz sonuçlarına göre protein oranı bakımından sadece Eskişehir lokasyonunda çeşitler arasında önemli farklar belirlenmiştir. Bilecik lokasyonunda ortalama protein oranı P0937 çeşidinde % 10.52, DKC5685 çeşidinde % 10.15 olarak bulunmuştur. Bilecik lokasyonunda uygulanan mikrobiyal gübre dozlarına göre istatistiki olarak fark olmamakla birlikte en yüksek protein oranı % 10.60 ile G_3 gübre dozunda elde edilmiştir (Tablo 2). Eskişehir lokasyonunda DKC5685 çeşidinin (% 10.51)

P0937 çeşidinden (% 9.80) daha yüksek protein değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Eskişehir lokasyonunda da mikrobiyal gübre dozlarına göre protein oranı % 10.07 (G_2) ile % 10.35 (G_5) arasında değişmiştir (Tablo 3).

Mısır tanesi enerji ve protein kaynağı bakımından zengin olduğundan dünyada çok önemli bir yere sahiptir. Mısırda protein oranının genetik ve çevresel faktörler (Mut ve ark., 2022) yanında yıl ve tarımsal uygulamalardan (Deliboran ve ark., 2018: Kolay ve ark., 2023) etkilendiği bildirilmiştir. Taş (2014) mısır çeşitlerinin protein içeriğinin çeşitlerden ve yıllardan etkilendiğini ve % 10.27 ile 13.77 arasında değiştiğini, Öztürk ve Büyükgöz (2021) ise çeşitlerden ve lokasyonlardan etkilendiğini ve % 11.05 ile 14.50 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda mısır çeşitlerinin protein içeriğini Hartings ve ark. (2008) % 8.3 ile 13.7, Kaplan ve Kökten (2019) % 6.80 ile 11.61, Alp ve Koca (2020) % 7.46 ile 8.81 olarak belirlemişlerdir.

3.6. Nişasta oranı

Lokasyonların ayrı ayrı varyans analiz sonuçlarına göre nişasta oranı bakımından çeşitler ve mikrobiyal gübre dozları arasında fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Nişasta oranı Bilecik lokasyonunda P0937 ve DKC5685 çeşitlerinde sırasıyla % 67.58 ve 68.55, Eskişehir lokasyonunda ise % 69.57 ve 69.58 bulunmuştur. Mikrobiyal gübre dozları dikkate alındığında nişasta oranı Bilecik lokasyonunda ortalama % 67.35 (G_3) ile 68.33 (G_2) arasında, Eskişehir lokasyonunda % 69.25 (G_5) ile 69.83 (G_1) arasında değişmiştir (Tablo 2 ve 3). Mısır tanesinin % 50'den fazlası nişastadan oluşmaktadır. Mısırın yüksek verimli olması ve her bölgede tarımının kolaylıkla yapılması yanında son yıllarda yağı ve nişastasının biyoenerji olarak kullanımından dolayı da mısır yetiştiriciliği giderek artmaktadır. Gökmen ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada mısırda nişasta içeriğinin çeşide ve lokasyonlara göre değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Kılınç ve ark. (2018) mısırda nişasta oranının % 64.28 ile 65.57 arasında değiştiğini bildirirken, Alp ve Koca (2020) % 58.89 ile 60.69 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.7. Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF)

Varyans analiz sonuçlarına göre, Bilecik koşullarında ADF değerine çeşit, mikrobiyal gübre dozları ve çeşit × gübre dozu interaksiyonuna etkisi önemli bulunuştur. Eskişehir lokasyonunda ise ADF değerine mikrobiyal gübre dozları ve çeşit × gübre dozu interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bilecik koşullarında ortalama ADF değerleri P0937 çeşidinde (% 4.57) DKC5685 çeşidinden (% 4.23) daha yüksek bulunmuştur. Bu lokasyonda ADF değerleri G_3 uygulama dozunda % 4.62 ile en yüksek olmuştur. Çeşit × gübre dozu interaksiyonuna göre en düşük değer % 4.10 ile DKC5685 çeşidinde G_5 uygulama dozunda, en yüksek değer ise % 4.87 ile P0937 çeşidinde G_3 uygulama dozunda elde edilmiştir. Eskişehir koşullarında ADF değeri bakımından P0937 (% 4.09) ve DKC5685 (% 4.05) çeşitleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bu lokasyonda ADF değeri en yüksek G_2 uygulama dozunda (% 4.09), en düşük ise % 4.00 ile G_4 uygulama dozunda elde edilmiştir. Ayrıca, çeşit × gübre dozu interaksiyonunda ADF değeri en yüksek % 4.23 ile P0937 çeşidine G_5 uygulama dozunda, en düşük ise % 3.90 ile P0937 çeşidine G_4 uygulama dozunda elde edilmiştir. Yüksek ADF içeren yemlerin sindirilebilirliği ve enerji değerinin düşük olduğu bildirilmiştir (Mut ve ark., 2017). Bunların hayvan beslemede kullanımı, ruminantlarda yemlerde yararlanmanın artırılması ve rumen sağlığının korunması için önemlidir (Keskin ve ark., 2018). Mısırda ADF değerini Radosavljeviç ve ark. (2012) % 3.89 ile 4.88 arasında, Kaplan ve Kökten (2019) % 3.62 ile 5.24 arasında, Mut ve ark. (2022) % 3.65 ile 5.22 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu araştırıcılar ADF değerinin yıllara ve çeşitlere göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

3.8. Nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF)

Varyans analiz sonuçlarına göre, Bilecik ve Eskişehir koşullarında NDF değeri bakımından çeşitler, gübre dozları ve çeşit × gübre dozları interaksiyonu arasında fark

olmamıştır. Bilecik ve Eskişehir koşullarında en yüksek ortalama NDF değeri sırasıyla % 14.74 ve % 14.27 ile P0937 çeşidinde bulunmuştur. Her iki lokasyonda da en yüksek G_2 gübre uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 2 ve 3). NDF, bitki hücre duvarı yapısındaki selüloz, hemiselüloz, lignin, kütin ve çözünmeyen protein miktarını ifade eder. NDF değeri hayvanların yem tüketimini doğrudan etkilediği için bu değer ne kadar düşükse hayvanın yem açısından yem tüketimi o kadar yüksektir (Van Soest ve ark., 1991). Bu değerler yem kalitesinin maksimize edilmesinde çok önemlidir. Mısırda NDF değerini Radosavljević ve ark. (2012) % 17.59 ile 29.84 arasında, Kaplan ve Kökten (2019) % 11.52 ile 19.74 arasında, Mut ve ark. (2022) % 13.96 ile 16.41 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

4. Sonuç

Bilecik ve Eskişehir koşullarında 5 farklı mikrobiyal gübre dozunun mısır tanesinin kalite özelliklerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada; çeşitler arasında Bilecik lokasyonunda bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, yağ oranı ve ADF değerleri, Eskişehir lokasyonunda ise bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve protein oranı değerleri istatistiki olarak önemli düzeyde farklı olmuştur. Her iki lokasyonda da bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve ADF değerleri üzerine mikrobiyal gübre dozlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken diğer özellikler üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Mikrobiyal gübre uygulamaları ve çeşitler her bölge hatta yöre için farklı sonuçlar verebilmektedir. Değişen koşullara göre bu mikrobiyal gübrelerle ilgili araştırmalar değişik iklim ve toprak koşullarında sürdürülmelidir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Finansman

Bu çalışma, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından “2022-01.BŞEÜ.01-03” nolu proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu makale Fuatcan Dağ tarafından Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü bünyesinde hazırlanan Yüksek Lisans tezinin bir bölümüdür.

Kaynaklar

AACC, 2020. International Approved Methods of Analysis. (https://www.cerealsgrains.org/resources/Methods/Pages/default.aspx), (Accessed On 21 October 2023).

Anonim, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. (https://www.tuik.gov.tr), (Erişim Tarihi: 10.10.2023).

Anonim, 2021. Food and Agriculture Organization. (https://www.fao.org), (Erişim Tarihi: 10.10.2023).

Alp, O., Koca, Y.O., 2020. Aydın bölgesinde yetiştiriciliği yapılan bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin tane ve hasıl verimlerinin belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (369): 30-45.

Arın, L., Eser, B., İlbi, H., 2019. Tohum Biyolojisi. Tohum Tohumculuk ve Teknolojileri. BİSAB-Arkadaş Basım, Ulus/Ankara.

Baser, K.S., Mirshekari, B., Farahvash, F., 2012. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. *World Applied Sciences Journal*, 16(9): 1239-1242

Bueno, D.S., Lima, S.F., Blanco, M., Coradi, P.C., 2020. Management of nitrogen fertilization on agronomic and nutritional characteristics in second crop corn. *Bioscience Journal*, 36(2): 439-448.

Çetin, A., Soylu, S., 2021. Mısırda verim ve verim unsurları yönüyle genotip x çevre interaksiyonunun belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10(1): 40-56.

Deliboran, A., Yılmaz, I., Aslan, H., Nacar, A.S., Tekgül, T.Y., Kara, H., Harmankaya, M., Gezgin, S., 2018. Selenyum uygulamalarının tane mısırda verim parametreleri ile tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine Etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1): 1-11.

Fadlalla, H.A., Abukhlaif, H.A., Mohamed, S.S., 2016. Effects of chemical and bio-fertilizers on yield, yield components and grain quality of maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 11(45): 4654-4660.

Filiz, Y., Topal, N., 2021. Bazı mısır (*Zea mays* L. *indentata* Sturt.) çeşitlerinde hümik asit ve solucan gübresinin bazı verim ve kalite unsurlarına etkileri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 4(1): 11-19.

Geren, H., Avcıoğlu, R., Behçet, K., Demiroğlu, G., Yılmaz, M., Cevheri, A.C., 2003. İkinci ürün silajlık olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(3): 57-64.

Goel, A.K., Laura, R.D., Pathak, D.V., Anuradha, G., Goel, A., 1999. Use of biofertilizers: potential, constraints and future strategies review. *International Journal of Tropical Agriculture*, 17: 1-18.

Gökmen, S., Sayalsan, A., Ülger, A.C., Sakin, M.A., Öz, A., Duman, A., 2009. Farklı bölgelerde ana ürün koşullarında yetiştirilen melez at dişi mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin verim ve yaş öğütme kalitesinin belirlenmesi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, Konge Bildiriler Kitabı, 19-22 Ekim, Hatay, s.262-266.

Hartings, H., Berardo, N., Mazzinelli, G.F., Valoti, P., Verderio, A., Motto, M., 2008. Assessment of genetic diversity and relationships among maize (*Zea mays* L.) Italian landraces by morphological traits and AFLP profiling. *Theoretical and Applied Genetics*, 117: 831-842.

İdikut, L., Tiryaki, I., Tosun, S., Celep, H., 2009. Nitrogen rate and previous crop effects on some agronomic traits of two corn (*Zea mays* L.) cultivars Maverik and Bora. *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4958-4963.

İnceer, N.E., 2011. Mısır bulgurunun bazı besinsel ve teknolojik özellikleri üzerine farklı olum devrelerinin ve bazı mısır varyetelerinin etkisi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kahrıman, F., Akgül, M., Ölmez, İ., Egesel, C.Ö., 2017. Seleksiyon altındaki yüksek yağlı bir mısır popülasyonunda bazı kalite ve agronomik özelliklerdeki değişim. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(3): 228-236.

Kaplan, M., Kökten, K., 2019. Variation in grain feed quality of different maize cultivars. *Current Trends in Natural Sciences*, 8(16): 200-204.

Keskin, B., Temel, S., Eren, B., 2017. Bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve bitkisel özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 347-351.

Kılınç, S., Karademir, Ç., Ekin, Z., 2018. Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6): 809-816.

Koca, Y.O., Canavar, Ö., 2014. The effect of sowing date on yield and yield components and seed quality of corn (*Zea mays* L.). *Scientific Papers, Series A. Agronomy*, 57: 227-231.

Kolay, B., Avşar, Ö., Bilge, U., Berekatoğlu, K., Kılınç, S., Oğurlu, F., Öztürkmen, A.R., 2023. Killi bir toprakta yetiştirilen ana ürün mısırda farklı dar sıra ve çift sıra ekim yöntemlerinin mısır tanesinin kalite özelliklerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 572-586.

Liangfa, W., Jinhua, Y., Jinkui, Z., Sujuan, Z., Ruiqian, L., 2017. Activity of corn silk at different days after silk emergence. *Agricultural Science & Technology, Changsha*, 18(12): 2212-2218.

Mason, S.C., D'croz-Mason, N.E., 2002. Agronomic practices influence maize grain quality. *Journal of Crop Production*, *5*(1-2): 75-91.

Mugilan, I., Gayathri, P., Elumalai, E.K., Elango, R., 2011. Studieson improve survivability and shelf life of carrier using liquid inoculation of Pseudomonas striata. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archive*, 2(4): 1271-1275

Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., Akay, H., 2017. Farklı yulaf (*Avena sativa* L.) çeşitlerinin kimyasal kalite özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri* Dergisi, 27(3): 85-95.

Mut, Z., Kardeş Y.M., Erbaş Köse, Ö.D., 2022. Determining the grain yield and nutritional composition of maize cultivars in different growing groups. *Turkish Journal of Field Crops*, 27(1): 158-166.

Özata, E., 2020. Cin Mısır Genotiplerinin biplot (GGE ve AMMI) analizi ile kimyasal kompozisyonlarının değerlendirilmesi. *El-Cezeri*, 7(3): 1417-1431.

Öztürk, A., Büyükgöz, A., 2021. Trabzon iline ait bazı yerel mısır popülasyonlarının agronomik performansları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *52*(1): 67-80.

Paulsen, M.R., Watson, S.A., Singh, M., 2003. Measurement and maintenance of corn quality. In: P.J. White, L.A. Johnson (Eds), *Corn: Chemistry and Technology*, 2nd Ed., American Association of Cereal Chemists: St. Paul, MN. pp. 159-219.

Radosavljević, M., Milašinović-Šeremešić, M., Terzić, D., Todorović, G., Pajić, Z., Filipović, M., Kalitovic, Z., Mladenović Drinić, S., 2012. Effects of hybrid on maize grain and plant carbohydrates. *Genetika*, 44(3): 649-659.

Şahin, M., Kara, B., 2021. Farklı tane renkli cin mısır popülasyonlarının verim ve koçan özellikleri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 3(1): 1-4.

Taş, B., 2014. Effect of the mycorrhiza application on the agronomical properties of sweet corn varieties. *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 3(2): 41-47.

Van Soest, P.V., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597.

Welch, R.W., 1977. A micro-method for the estimation of oil content and composition in seed crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(7): 635-638.

Atıf Şekli	Dağ, F., Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., Kardeş, Y.M., 2024. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Mısıra Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Etkisi: II. Kalite Özellikleri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1):81-90. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813450.
To Cite	Dağ, F., Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., Kardeş, Y.M., 2024. The Effect of Microbial Fertilizer Application on Maize Grown in Different Locations: II. Quality Traits. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1):81-90. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813450.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):91-106, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):91-106, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10814151

Kahramanmaraş İli Afşin Havzasına Uygun Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çeşitli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi

İbrahim KILINÇ[1], Ömer Süha USLU[2*]
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş
[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): suhauslu@ksu.edu.tr

Özet
Bu araştırma, önemli bir fasulye üretim havzası olan ve tipik karasal iklim özellikleri sergileyen Kahramanmaraş İli Afşin İlçesinde yetiştirilebilecek yüksek verimli fasulye genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerini belirlemek amacıyla 2018 yılında yaz üretim sezonunda yürütülmüştür. Araştırmada 70 farklı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotipi test edilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Araştırmada çıkış süresi, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, ana dal sayısı, bitkideki bakla sayısı, bakladaki tane sayısı, bitkideki tane sayısı ve tane verimi değerleri saptanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; fasulye genotipleri arasında incelenen tüm özellikler açısından istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, çıkış süresi 12.00-14.00 gün, bitki boyu 37.00-113.33 cm, ilk bakla yüksekliği 9.00-25.33 cm, ana dal sayısı 4.00-6.00 adet, bitkideki bakla sayısı 4.66-33.33 adet, bakladaki tane sayısı 4.33-6.33 adet, bitkideki tane sayısı 24.33-188.33 adet ve tane verimi 78-751 kg da^{-1} arasında değişim göstermiştir. En yüksek tane verimi Yakutiye genotipinden elde edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :28.10.2023
Kabul Tarihi :01.12.2023

Anahtar Kelimeler
Phaseolus vulgaris L.
fasulye
bitkisel özellikler
tane verimi

Determination of Some Agricultural Characteristics of Some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes Suitable for Afşin Basin of Kahramanmaraş Province

Abstract
This study was conducted in 2018 to determine the agricultural characteristics of high yield bean genotypes that can be grown in Afşin District of Kahramanmaraş Province, which is an important bean production basin and exhibits typical continental climate characteristics. A total of 70 different bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes were tested in the study. The experiment was organized according to the randomized complete block design with three replications. In the study, emergence time, plant height, first pod height, number of main branches per plant, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant and grain yield values were determined. According to the research results, statistically significant differences were found among bean genotypes in terms of all traits examined. According to the research results, the emergence time between 12.00-14.00 days, plant height between 37.00-113.33 cm, first pod height between 9.00-25.33 cm, number of main branches between 4.00-6.00, number of pods in the plant between 4.66-33.33, number of grains in the pod between 4.33-6.33, number of grains in the plant between 24.33-188.33 and grain yield between 78-751 kg da^{-1} varied. The highest grain yield was obtained in Yakutiye genotype.

Research Article

Article History
Received :28.10.2023
Accepted :01.12.2023

Keywords
Phaseolus vulgaris L.
bean
agricultural characteristics
seed yield

1.Giriş

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) dünyada bilinen iki önemli gen merkezine sahip bir bitkidir. Bu merkezlerden biri, Güney Amerika diğeri ise Orta Amerika bölgesidir. M.Ö. 7000 yıllarında, fasulyenin Meksika'da kültüre alındığı, buradan da İspanyollar tarafından 16. yüzyılda Avrupa'ya taşındığı bilinmektedir. Ülkemizde hemen hemen her bölgede yetiştiriciliği yapılan fasulye yapay ve doğal seleksiyonlarla, ülkemizin diğer bölgelerine yayılma göstererek, bu bölgelerde kendine has isimlerle yeni popülasyonlar meydana gelmiştir (Işık, 2012). Fasulye insan beslenmesinin yanında, tarım alanlarında toprağın zenginleştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Baklagiller familyasından olan fasulye, köklerinde bulunan ve nodül diye adlandırılan yumrucuklara sahiptir. Bu nodüller nodozite bakterileri (*Rhizobium phaseoli*) sayesinde havadaki serbest azotu kullanarak toprağın azotça zenginliğini artırmaktadır (Şehirali, 1988). Nodozite bakterileri ile bir dekar alandan bir dönemde fasulye bitkisi 3-5 kg saf azotu toprağa bağlamaktadır (Şehirali, 1971). Bu da fasulyeden sonra ekimi yapılacak bitkinin daha az gübreleme yapılarak yetişmesine imkân sağlayacaktır. Ekilebilir tarım alanlarının azaldığı günümüzde, toprak ve iklim özellikleri göz önüne alındığında ülkemizde hemen hemen her bölgede yetişme özelliğine sahip olan fasulye, tınlı-kumlu toprak yapısında iyi bir gelişme göstermektedir. Tarımsal özelliklere ait bilgilerin son yıllarda hızla gelişmekte olan moleküler yöntemlerle elde edilen bilgilerle birlikte kullanılması, genotiplerin tanımlanmasında ve bu doğrultuda ıslah materyali olarak kullanılmasında büyük önem arz etmektedir. 19.960 ha ekim alanı ve 4.206 ton üretim ile fasulye tarımında Türkiye genelinde 8. sırada yer alan Kahramanmaraş ilinde özellikle Afşin ve çevresinde geniş alanlarda fasulye tarımı yapılmaktadır (Anonim, 2023). Bu çalışma, Türkiye'de 2. sıradan 8. sıraya gerileyen Kahramanmaraş fasulye tarımının azalmasındaki sebeplerin ortadan kaldırılması, yoğun fasulye tarımı yapılan Afşin şartlarında, bölge koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli fasulye genotiplerinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma yeri ve yılı

Bu çalışma Kahramanmaraş İli, Afşin İlçesi Çobanbeyli Mahallesi Keçebey Mevkiinde 2018 yılında yaz üretim sezonunda yürütülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesinde, 38°21'18.53" kuzey enlem ve 36°53'58.12" doğu boylam dereceleri arasında yer alan deneme alanı % 1-2 eğime sahip olup deniz seviyesinden yüksekliği 1243 m'dir.

2.2. Bitki materyali

Araştırma materyali olarak 40 sırık ve 30 oturak olmak üzere 70 fasulye genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Bu genotiplerin tamamı Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Cengiz Yürürdurmaz tarafından USDA'dan (ABD Tarım Bakanlığı) 2016 yılında temin edilmiştir (Tablo 1).

2.3. Araştırma bölgesinin iklim ve toprak özellikleri

Afşin coğrafi alan olarak Doğu Anadolu bölgesinin yukarı Fırat bölümünün en batı kesiminde yer almaktadır. Afşin ve çevresi Akdeniz bölgesi, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin birbirine en çok yaklaştığı, dolayısıyla değişik iklim özelliklerine sahip bölgelerinin kesiştiği ve 1242 m yüksekliği olan bir alanda bulunmaktadır. Araştırmanın yapıldığı 2018 yılı ile uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim verileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de görüldüğü şekilde 2018 yetiştirme sezonunda deneme süresince ortalama sıcaklıklar 13.0-25.2 °C arasında değişmiştir. Bu sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamalarının üstündedir. Aynı dönemde uzun yıllar sıcaklık ortalaması ise 11.33-24.97 °C arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek yağış miktarı Mayıs ayında (109.0 mm) elde edilirken Temmuz ve Ağustos aylarında yağış düşmemiştir.

Tablo 1. Denemede kullanılan genotiplere ait özellikler

	Genotipler	Tipi		Genotipler	Tipi
1	Artvin barbunya	Sırık	**36**	Rize-1	Sırık
2	Çubuk Trabzon	Sırık	**37**	Rize-2	Sırık
3	IPKPHA429	Sırık	**38**	Çalı	Sırık
4	BVAL610697	Sırık	**39**	IPKPHA4803	Sırık
5	Rize-8	Sırık	**40**	Eskişehir taze	Sırık
6	Rize-5	Sırık	**41**	IPKPHA4785	Oturak
7	IPKPHA4378	Sırık	**42**	IPKPHA5021	Oturak
8	IPKPHA169761	Sırık	**43**	IPKPHA4739	Oturak
9	IPKPHA4716	Sırık	**44**	IPKPHA4396	Oturak
10	Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	**45**	Siyah fasulye	Oturak
11	Ayşekadın	Sırık	**46**	IPKPHA177045	Oturak
12	IPKPHA316	Sırık	**47**	IPKPHA494	Oturak
13	IPKPHA12654	Sırık	**48**	Trabzon barbun	Oturak
14	Basar çalı	Sırık	**49**	Yerli 40 günlük	Oturak
15	Rize-10	Sırık	**50**	IPKPHA5017	Oturak
16	IPKPHA4779	Sırık	**51**	Kanton	Oturak
17	IPKPHA4398	Sırık	**52**	Mecidiye	Oturak
18	Adana taze	Sırık	**53**	IPKPHA4721	Oturak
19	IPKPHA4815	Sırık	**54**	IPKPHA5011	Oturak
20	IPKPHA4992	Sırık	**55**	Mercan	Oturak
21	Manalı Trabzon	Sırık	**56**	Önceler 98	Oturak
22	IPKPHA12651	Sırık	**57**	IPKPHA4386	Oturak
23	IPKPHA131	Sırık	**58**	Barbunya	Oturak
24	Rize-6	Sırık	**59**	IPKPHA13761	Oturak
25	IPKPHA5002	Sırık	**60**	IPKPHA12763	Oturak
26	IPKPHA12675	Sırık	**61**	IPKPHA4445	Oturak
27	IPKPHA4384	Sırık	**62**	IPKPHA4972	Oturak
28	IPKPHA7167	Sırık	**63**	IPKPHA4402	Oturak
29	IPKPHA241	Sırık	**64**	IPKPHA4414	Oturak
30	Peru	Sırık	**65**	Yağlı fasulye	Oturak
31	IPKPHA7168	Sırık	**66**	IPKPHA4773	Oturak
32	IPKPHA132	Sırık	**67**	IPKPHA4981	Oturak
33	Aksaray ıhlara	Sırık	**68**	IPKPHA5001	Oturak
34	IPKPHA12671	Sırık	**69**	IPKPHA4414	Oturak
35	Yer	Sırık	**70**	Yakutiye	Oturak

Tablo 2. Araştırma dönemine ait bazı iklim verileri (Anonim, 2018a)

Aylar	Toplam Yağış (mm)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Nispi Nem (%)	
	2018	Uzun Yıllar	2018	Uzun Yıllar	2018	Uzun Yıllar
Nisan	12.2	48.73	13.0	11.33	45.2	53.17
Mayıs	109.0	47.24	15.8	15.03	61.2	57.66
Haziran	17.6	16.88	20.4	20.25	51.7	46.10
Temmuz	0.0	16.44	25.2	24.73	36.6	33.72
Ağustos	0.0	4.44	24.8	24.97	33.2	33.60
Eylül	14.6	13.35	20.8	20.36	36.2	38.62
Top./Ort.	153.4	147.08	11.33	19.44	44.03	43.81

Deneme alanında 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin Sivas Şarkışla Toprak Analiz Merkezinde yapılan analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'e göre, deneme alanının toprağı, killi tınlı (62.26), tuzsuz (% 3), orta kireçli (% 3.05), organik madde bakımından orta seviyede (% 2.08), potasyum oranı yeterlilik seviyesinin üzerinde (77.8 mg kg^{-1}) ve fosfor bakımından orta (8.46 mg kg^{-1}) seviyededir (Anonim, 2018b).

Tablo 3. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Anonim, 2018b)

Derinlik (cm)	Analizi Yapılan Parametreler						
	Saturasyon	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	K (mg kg^{-1})	P (mg kg^{-1})
0-30	62.26	7.58	0.03	3.05	2.08	77.8	8.46

2.4.Metot

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekim 50 cm sıra aralığında 2 m sıra uzunluğunda, her sıraya 10 tohum gelecek şekilde elle yapılmıştır. Tarla ekim öncesi sonbaharda derin sürüm yapılarak, Nisan ayına kadar bekletilmiştir. Ekimden önce besin maddesi ihtiyacı 7 kg da^{-1} saf azot ve 7 kg da^{-1} saf fosfora isabet edecek şekilde 20.20.0 kompoze taban gübresi uygulanarak tamamlanmıştır. Yetiştirme süresince tarlada sulama, çapalama ve gerekli diğer bakım işlemleri yapılmış olup, deneme alanına damla sulama sistemi kurularak 8 defa, her sulamada 7 saat esas alınarak sulama yapılmıştır. Hasat 8-15 Eylül 2018 tarihleri arasında elle yapılmıştır.

2.5.Yapılan gözlem ve ölçümler

Araştırmada Tarım ve Orman Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatında yer alan Yemeklik Tane Baklagiller bitkilerine ait aşağıdaki özellikler gözlenip ölçülmüştür (Anonim, 2001).

Çıkış süresi (gün); ekim tarihinden itibaren parseldeki bitkilerin % 50'sinin toprak yüzeyine çıktığı zamana kadar geçen süre gün olarak belirlenmiştir. Bitki boyu (cm); hasat tarihinde bir ölçme çubuğu ile bitki boyu toprak seviyesinden gövde ucuna kadar ölçülmüş ve cm cinsinden kaydedilmiştir.

İlk Bakla Yüksekliği (cm): Hasat tarihinde cetvel ile ilk baklanın görüldüğü yere kadar ölçülmüş ve cm cinsinden kaydedilmiştir.

Ana Dal Sayısı (adet): Her parselden seçilen on adet bitkideki dallar sayılarak ortalaması alınmış ve kaydedilmiştir.

Bitkideki Bakla Sayısı (adet): Hasat öncesinde bitkideki baklalar sayılarak ortalaması alınmış, bir bitkideki bakla sayısı adet olarak kaydedilmiştir.

Bakladaki Tane Sayısı (adet): Hasat döneminde bitkideki baklaların her birinde oluşan tohumlar sayılmış ve adet olarak belirtilmiştir.

Bitkideki Tane sayısı (adet): Hasat öncesinde bitkideki tohumlar sayılmış, bir bitkideki tane sayısı adet olarak kaydedilmiştir.

Tane Verimi (kg da^{-1}): Hasat parselinde bulunan tüm bitkilerin hasat harman sonucu elde edilen havada kuru tane ürünü tartılarak dekara tane verimi olarak hesaplanmıştır.

2.6.Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, SAS 9.4 (Anonim, 2012) istatistiki paket programı kullanılarak, tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre istatiksel olarak önemli bulunan özelliklere ilişkin ortalamalar arasındaki farklar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır (Steel ve Torrie, 1960).

3.Bulgular ve Tartışma

Araştırma sonuçlarına göre, fasulye genotiplerinde incelenen tüm özellikler açısından ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Araştırmada incelenen özelliklerin genotip f değerleri, varyasyon kaynağı değerleri ve LSD değerleri

Varyasyon Kaynağı	Genotip	VK (%)	LSD
Çıkış süresi	4.54**	3.06	0.74
Bitki boyu	17.58**	14.16	15.84
İlk bakla yüksekliği	15.56**	11.64	2.87
Ana dal sayısı	1.44**	14.20	1.09
Bitkideki bakla sayısı	4.86**	28.21	8.36
Bakladaki tane sayısı	1.64**	11.44	0.97
Bitkideki tane sayısı	4.63**	31.22	49.27
Tane verimi	5.15**	34.18	182.58

**:P≤0.01 düzeyinde önemli

3.1.Çıkış süresi

Fasulye genotiplerine ait çıkış süresi ortalama değerleri ve oluşan gruplar Tablo 5'te verilmiştir. Çıkış süresi bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tablo 5'e göre, genotiplere ait çıkış süresi ortalamaları 12.00-14.00 gün arasında değişim göstermiştir. En düşük çıkış süresi ortalaması IPKPHA5017 oturak tipi, IPKPHA4803 sırık tipi, IPKPHA4716 sırık tipi, IPKPHA5001 oturak tipi, IPKPHA4414 oturak tipi, IPKPHA5021 oturak tipi, IPKPHA4739 oturak tipi, IPKPHA4815 sırık tipi, Siyah fasulye oturak tipi, Trabzon barbun ve Mecidiye oturak tipli genotiplerinde 12.00 gün olarak gözlemlenirken en yüksek çıkış süresi ortalaması ise Ayşekadın ve Rize 6 sırık tipli genotiplerinde 14.00 gün olarak tespit edilmiştir. Çıkış süresini Özçelik ve Gülümser (1988) Samsun'da 13-18 gün, Karaduman (2011) Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi ve Çoruh Vadisinde 14-15 gün, Baran (2016) Kayseri'de 8.0-10.33 gün olarak saptamıştır. Karaduman (2011)'ın çalışması çalışmamızla benzerlik göstermiş, bulgularımız Özçelik ve Gülümser (1988) ve Baran (2016)'ın çalışmalarından yüksek çıkmıştır. Bulgular arasında farklılıkların sebebi olarak, araştırmanın yapıldığı yerin iklim özellikleri ve genotip farklılığı gösterilebilir.

3.2. Bitki boyu

Farklı fasulye genotiplerine ait bitki boyu değerlerine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 6'da verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi bitki boyu bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genotiplere ait bitki boyu ortalama değerleri 37.00-113.33 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek bitki boyu ortalaması Manalı Trabzon sırık fasulye genotipinde 113.33 cm, 103.33 cm ile IPKPHA12671 genotipli sırık fasulye ve 101.00 cm ile IPKPHA7168 genotipli sırık fasulye takip etmiş, en düşük bitki boyu ortalaması ise IPKPHA177045 oturak tipi genotipinde 37.00 cm olarak ölçülmüştür. Sırık fasulye tiplerinin bitki boyu ortalaması oturak fasulye tiplerinin bitki boyu ortalamasından yüksek olduğu saptanmıştır. Bitki boyunu Çaçan ve ark. (2018) Bingöl'de 31.74-46.9 cm, Saylam (2017) Kırşehir'de 38.46-49.03 cm, Baran (2018) Van Gevaş'ta 40.42-56.74 cm, Karabacak (2018) Elazığ Maden'de 33.2-62.4 cm, Ceyhan ve ark. (2009) Konya'da 44.1-84.8 cm, Önder ve ark. (2014) Konya'da 45-162 cm, Özbekmez (2015) Ordu'da 97.63-197.77 cm olarak bulmuşlardır. Bulgularımız Özbekmez (2015)'in çalışmasından düşük, Çaçan ve ark. (2018)'nın, Saylam (2017)'ın, Baran (2018)'ın, Karabacak (2018)'ın, Ceyhan ve ark. (2008)'nın çalışmalarından yüksek bulunmuş, Önder ve ark. (2014)'nın çalışmasıyla benzerlik göstermiştir. Bu farklılıkların araştırmanın yapıldığı yerin iklim özelliklerine, ekim normuna ve genotipik farklılıklara bağlı olduğu söylenebilir.

Tablo 5. Farklı fasulye genotiplerinin çıkış süresi (gün) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	12.33 cd*	Rize-1	Sırık	13.66 ab
Çubuk Trabzon	Sırık	12.66 cd	Rize-2	Sırık	12.66 cd
IPKPHA429	Sırık	12.33 cd	Çalı	Sırık	13.66 ab
BVAL610697	Sırık	12.33 cd	IPKPHA4803	Sırık	12.00 d
Rize-8	Sırık	12.66 cd	Eskişehir taze	Sırık	12.66 cd
Rize-5	Sırık	12.00 bc	IPKPHA4785	Oturak	12.33 cd
IPKPHA4378	Sırık	12.66 cd	IPKPHA5021	Oturak	12.00 d
IPKPHA169761	Sırık	12.66 cd	IPKPHA4739	Oturak	12.00 d
IPKPHA4716	Sırık	12.00 d	IPKPHA4396	Oturak	12.33 cd
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	13.66 ab	Siyah fasulye	Oturak	12.00 d
Ayşekadın	Sırık	14.00 a	IPKPHA177045	Oturak	12.33 cd
IPKPHA316	Sırık	13.66 ab	IPKPHA494	Oturak	12.66 cd
IPKPHA12654	Sırık	12.66 cd	Trabzon barbun	Oturak	12.00 d
Basara çalı	Sırık	13.66 ab	Yerli 40 günlük	Oturak	13.00 bc
Rize-10	Sırık	13.66 ab	IPKPHA5017	Oturak	12.00 d
IPKPHA4779	Sırık	13.00 bc	Kanton	Oturak	13.33 cd
IPKPHA4398	Sırık	12.66 cd	Mecidiye	Oturak	12.00 d
Adana taze	Sırık	13.66 ab	IPKPHA4721	Oturak	12.66 cd
IPKPHA4815	Sırık	12.00 d	IPKPHA5011	Oturak	13.00 bc
IPKPHA4992	Sırık	13.66 ab	Mercan	Oturak	12.33 cd
Manalı Trabzon	Sırık	12.66 cd	Önceler 98	Oturak	12.33 cd
IPKPHA12651	Sırık	12.66 cd	IPKPHA4386	Oturak	12.66 cd
IPKPHA131	Sırık	13.66 ab	Barbunya	Oturak	12.33 cd
Rize-6	Sırık	14.00 a	IPKPHA13761	Oturak	12.33 cd
IPKPHA5002	Sırık	13.00 bc	IPKPHA12763	Oturak	12.33 cd
IPKPHA12675	Sırık	12.33 cd	IPKPHA4445	Oturak	13.00 bc
IPKPHA4384	Sırık	13.66 ab	IPKPHA4972	Oturak	12.33 cd
IPKPHA7167	Sırık	12.66 cd	IPKPHA4402	Oturak	12.66 cd
IPKPHA241	Sırık	12.66 cd	Yağlı fasulye	Oturak	12.66 cd
Peru	Sırık	13.00 bc	IPKPHA4773	Oturak	12.33 cd
IPKPHA7168	Sırık	13.66 ab	IPKPHA4981	Oturak	12.66 cd
IPKPHA132	Sırık	12.66 cd	IPKPHA5001	Oturak	12.00 d
Aksaray ıhlara	Sırık	13.00 bc	IPKPHA4414	Oturak	12.00 d
IPKPHA12671	Sırık	12.66 cd	IPKPHA4736	Oturak	12.33 cd
Yer	Sırık	12.66 cd	Yakutiye	Oturak	13.00 bc
Genel Ortalama: 12.72 gün; Sırık Tipi Ortalama: 12.9 gün; Oturak Tipi Ortalama: 12.38 gün					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

Tablo 6. Farklı fasulye genotiplerinin bitki boyu (cm) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	79.00 g-ı*	Rize-1	Sırık	87.33 c-g
Çubuk Trabzon	Sırık	96.33 b-f	Rize-2	Sırık	97.00 b-e
IPKPHA429	Sırık	98.00 a-e	Çalı	Sırık	86.66 c-g
BVAL610697	Sırık	99.66 a-d	IPKPHA4803	Sırık	81.00 fı
Rize-8	Sırık	96.66 bf	Eskişehir taze	Sırık	92.33 bh
Rize-5	Sırık	92.33 b-h	IPKPHA4785	Oturak	41.33 kl
IPKPHA4378	Sırık	77.33 h-ı	IPKPHA5021	Oturak	50.33 kl
IPKPHA169761	Sırık	98.00 a-e	IPKPHA4739	Oturak	56.66 jk
IPKPHA4716	Sırık	89.33 b-g	IPKPHA4396	Oturak	48.66 kl
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	84.00 d-g	Siyah fasulye	Oturak	48.33 kl
Ayşekadın	Sırık	100.33 ac	IPKPHA177045	Oturak	37.00 l
IPKPHA316	Sırık	85.66 c-g	IPKPHA494	Oturak	38.00 l
IPKPHA12654	Sırık	87.00 c-g	Trabzon barbun	Oturak	48.66 kl
Basara çalı	Sırık	93.00 b-h	Yerli 40 günlük	Oturak	47.66 kl
Rize-10	Sırık	92.00 b-h	IPKPHA5017	Oturak	46.00 kl
IPKPHA4779	Sırık	88.66 bg	Kanton	Oturak	42.66 kl
IPKPHA4398	Sırık	83.33 eg	Mecidiye	Oturak	43.66 kl
Adana taze	Sırık	90.66 b-h	IPKPHA4721	Oturak	40.33 l
IPKPHA4815	Sırık	80.00 g-ı	IPKPHA5011	Oturak	41.33 kl
IPKPHA4992	Sırık	79.66 g-ı	Mercan	Oturak	40.33 l
Manalı Trabzon	Sırık	113.33 a	Önceler 98	Oturak	44.33 kl
IPKPHA12651	Sırık	83.33 e-g	IPKPHA4386	Oturak	38.66 l
IPKPHA131	Sırık	77.66 h-ı	Barbunya	Oturak	43.00 kl
Rize-6	Sırık	91.00 b-h	IPKPHA13761	Oturak	43.66 kl
IPKPHA5002	Sırık	89.66 b-g	IPKPHA12763	Oturak	40.66 l
IPKPHA12675	Sırık	89.00 b-g	IPKPHA4445	Oturak	41.00 kl
IPKPHA4384	Sırık	80.33 g-ı	IPKPHA4972	Oturak	45.33 kl
IPKPHA7167	Sırık	77.66 hı	IPKPHA4402	Oturak	44.33 kl
IPKPHA241	Sırık	67.33 ı-j	Yağlı fasulye	Oturak	41.66 kl
Peru	Sırık	82.33 eı	IPKPHA4773	Oturak	42.33 kl
IPKPHA7168	Sırık	101.00 ac	IPKPHA4981	Oturak	44.33 kl
IPKPHA132	Sırık	83.00 e-ı	IPKPHA5001	Oturak	47.33 kl
Aksaray ıhlara	Sırık	94.33 b-g	IPKPHA4414	Oturak	43.00 kl
IPKPHA12671	Sırık	103.33 ab	IPKPHA4736	Oturak	42.00 kl
Yer	Sırık	100.33 ac	Yakutiye	Oturak	42.33 kl
Genel Ortalama: 69.79 cm, Sırık Tipi Ortalama: 89.22 cm, Oturak Tipi Ortalama: 48.83 cm					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

3.3. İlk bakla yüksekliği

Farklı fasulye genotiplerine ait ilk bakla yüksekliğine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 7'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi ilk bakla yüksekliği bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genotiplere ait ilk bakla yüksekliği ortalama değerleri 9.00-25.33 cm arasında değişim göstermiştir (Tablo 7). En yüksek ilk bakla yüksekliği ortalaması Manalı Trabzon sırık tipli genotipinde 25.33 cm olarak ölçülürken, bunu 21.33 cm ile Adana taze sırık tipi çeşidi, 21.00 ile IPKPHA12671 sırık tipli genotip takip etmiş, en düşük ilk bakla yüksekliği ortalaması ise IPKPHA12763 oturak tipli genotipte 9.00 cm olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmalarda ilk bakla yüksekliğini, Karabacak (2018) Elazığ-Maden'de 12.9-27.05 cm, Saylam (2017) Kırşehir'de 13.20-17.23 cm, Baran (2016) Kayseri'de 8.48-12.83 cm, Önder ve ark. (2014) Konya'da 3.56-6.67 cm, Babagil ve ark (2011) Erzurum'da 13.3 cm, Düzdemir ve Akdağ (2001) Tokat'ta 9.9-23.9 cm, Pekşen (2005) Samsun'da 6.90-12.65 cm, Bozoğlu (1995) Samsun'da 10.31-15.81 cm olarak saptamıştır. Araştırmada elde edilen bulgular, Karabacak (2018)'ın Elazığ Maden'de elde ettiği bulgulardan düşük, Saylam (2017)'ın Kırşehir'de, Baran (2016)'ın Kayseri'de, Önder ve ark. (2014)'nın Konya'da, Babagil ve ark. (2011)'nın

Erzurum'da, Pekşen (2005)'in Samsun'da, Bozoğlu (1995)'nun Samsun'da elde ettiği bulgulardan yüksek, Düzdemir ve Akdağ (2001)'ın Tokat'ta elde ettiği bulgularla benzerlik göstermiştir. Elde edilen sonuçlar ile literatürdeki bulgular arasında farklılıkların nedeni değişik ekolojik şartlar ve farklı genotiplerin kullanılması olabilir.

Tablo 7. Farklı fasulye genotiplerinin ilk bakla yüksekliği (cm) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	12.33 k-m*	Rize-1	Sırık	18.66 b-j
Çubuk Trabzon	Sırık	17.66 e-j	Rize-2	Sırık	19.00 b-ı
IPKPHA429	Sırık	17.00 g-j	Çalı	Sırık	18.33 c-j
BVAL610697	Sırık	17.00 g-j	IPKPHA4803	Sırık	17.33 f-j
Rize-8	Sırık	19.66 b-g	Eskişehir taze	Sırık	16.00 j
Rize-5	Sırık	17.66 e-j	IPKPHA4785	Oturak	9.66 m-o
IPKPHA4378	Sırık	18.00 d-j	IPKPHA5021	Oturak	11.00 k-o
IPKPHA169761	Sırık	16.33 ıj	IPKPHA4739	Oturak	12.00 k-n
IPKPHA4716	Sırık	18.66 b-j	IPKPHA4396	Oturak	12.00 k-n
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	18.66 b-j	Siyah fasulye	Oturak	12.33 k-n
Ayşekadın	Sırık	20.33 b-e	IPKPHA177045	Oturak	9.66 m-o
IPKPHA316	Sırık	18.66 b-j	IPKPHA494	Oturak	10.00 l-o
IPKPHA12654	Sırık	18.00 d-j	Trabzon barbun	Oturak	12.00 k-n
Basara çalı	Sırık	18.33 c-j	Yerli 40 günlük	Oturak	11.00 k-o
Rize-10	Sırık	17.00 g-j	IPKPHA5017	Oturak	11,33 k-o
IPKPHA4779	Sırık	17.00 g-j	Kanton	Oturak	11.00 k-o
IPKPHA4398	Sırık	19.33 b-h	Mecidiye	Oturak	13.00 k
Adana taze	Sırık	21.33 b	IPKPHA4721	Oturak	11.00 k-o
IPKPHA4815	Sırık	16.66 h-j	IPKPHA5011	Oturak	9.66 m-o
IPKPHA4992	Sırık	18.00 d-j	Mercan	Oturak	9.66 m-o
Manalı Trabzon	Sırık	25.33 a	Önceler 98	Oturak	11.33 k-o
IPKPHA12651	Sırık	20.66 b-d	IPKPHA4386	Oturak	9.33 n-o
IPKPHA131	Sırık	19.66 b-g	Barbunya	Oturak	12.33 k-m
Rize-6	Sırık	18.33 c-j	IPKPHA13761	Oturak	12.66 k-l
IPKPHA5002	Sırık	19.00 b-ı	IPKPHA12763	Oturak	9.00 o
IPKPHA12675	Sırık	20.00 b-f	IPKPHA4445	Oturak	11.00 k-o
IPKPHA4384	Sırık	17.00 g-j	IPKPHA4972	Oturak	10.66 k-o
IPKPHA7167	Sırık	17.00 g-j	IPKPHA4402	Oturak	12.33 k-m
IPKPHA241	Sırık	16.33 ıj	Yağlı fasulye	Oturak	10.66 k-o
Peru	Sırık	18.00 d-j	IPKPHA4773	Oturak	11.00 k-o
IPKPHA7168	Sırık	20.33 b-e	IPKPHA4981	Oturak	11.66 k-o
IPKPHA132	Sırık	18.66 b-j	IPKPHA5001	Oturak	12.00 k-n
Aksaray ıhlara	Sırık	20.00 b-f	IPKPHA4414	Oturak	10.66 k-o
IPKPHA12671	Sırık	21.00 bc	IPKPHA4736	Oturak	11.33 k-o
Yer	Sırık	20.00 b-f	Yakutiye	Oturak	10.00 l-o
Genel Ortalama: 15.27 cm, Sırık Tipi Ortalama: 18.45 cm, Oturak Tipi Ortalama: 11.04 cm					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

3.4. Ana dal sayısı

Fasulye genotiplerine ait ana dal sayısı değerlerine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 8'de verilmiştir. Genotiplere ait değerler istatistiksel olarak çok önemli farklılık göstermiş ve ana dal sayısı ortalama değerleri 4.00-6.00 adet arasında değişim göstermiştir (Tablo 8). En yüksek ana dal sayısı ortalaması Önceler-98 genotipinde 6.00 adet olarak elde edilirken bunu 5.66 adet ile Yerli 40 günlük genotipi ve IPKPHA4981 genotipi takip etmiş, en düşük ana dal sayısı ortalaması ise IPKPHA4716, IPKPHA4803, IPKPHA241 genotipinde ve ayşekadın çalıyaçıkan, kanton genotipleri 4.00 adet olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar incelendiğinde Pekşen (2005)'in Samsun'da 1.27-1.92 adet, Babagil ve ark. (2011)'nın Erzurum'da 2.3-2.8 adet, Karaduman (2011)'ın Kuzey Anadolu Bölgesi Çoruh Vadisinde 2.5-6.8 adet, Baran (2018)'ın Van-

Gevaş'ta 6.42-7.14 adet, Karabacak (2018)'ın Elazığ-Maden'de 3.97-6.82 adet, Güçlü (2019)'nün Konya'da 1.16-4.16 adet değerlerini elde ettiği görülmektedir. Bulgularımız Pekşen (2005)'in Samsun'da, Babagil ve ark. (2011)'nın Erzurum'da, Güçlü (2019)'nün Konya'da elde ettiği bulgulardan yüksek, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta elde ettiği bulgulardan düşük, Karaduman (2011)'ın Kuzey Anadolu Bölgesi Çoruh Vadisinde, Karabacak (2018)'ın Elazığ-Maden'de elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermiştir. Bulgular arasında farklılıkların bölgesel iklim ve genotipik farklılıklardan kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 8. Farklı fasulye genotiplerinde ana dal sayısı (adet) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	4.33 cd*	Rize-1	Sırık	4.33 cd
Çubuk Trabzon	Sırık	5.00 a-d	Rize-2	Sırık	5.00 a-d
IPKPHA429	Sırık	5.00 a-d	Çalı	Sırık	5.33 a-c
BVAL610697	Sırık	4.33 cd	IPKPHA4803	Sırık	4.00 d
Rize-8	Sırık	4.66 b-d	Eskişehir taze	Sırık	5.66 ab
Rize-5	Sırık	5.33 a-c	IPKPHA4785	Oturak	4.66 b-d
IPKPHA4378	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA5021	Oturak	5.00 a-d
IPKPHA169761	Sırık	5.00 a-d	IPKPHA4739	Oturak	5.33 a-c
IPKPHA4716	Sırık	4.00 d	IPKPHA4396	Oturak	5.00 a-d
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	4.00 d	Siyah fasulye	Oturak	5.00 a-d
Ayşekadın	Sırık	4.33 cd	IPKPHA177045	Oturak	4.33 cd
IPKPHA316	Sırık	4.33 cd	IPKPHA494	Oturak	4.33 cd
IPKPHA12654	Sırık	4.66 b-d	Trabzon barbun	Oturak	4.66 b-d
Basara çalı	Sırık	4.33 cd	Yerli 40 günlük	Oturak	5.66 ab
Rize-10	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA5017	Oturak	5.33 a-c
IPKPHA4779	Sırık	4.33 cd	Kanton	Oturak	4.00 d
IPKPHA4398	Sırık	4.66 b-d	Mecidiye	Oturak	5.33 a-d
Adana taze	Sırık	4.33 cd	IPKPHA4721	Oturak	5.00 a-d
IPKPHA4815	Sırık	4.33 cd	IPKPHA5011	Oturak	5.00 a-d
IPKPHA4992	Sırık	4.33 cd	Mercan	Oturak	4.66 b-d
Manalı Trabzon	Sırık	5.66 ab	Önceler 98	Oturak	6.00 a
IPKPHA12651	Sırık	5.00 a-d	IPKPHA4386	Oturak	4.33 cd
IPKPHA131	Sırık	4.33 cd	Barbunya	Oturak	4.66 b-d
Rize-6	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA13761	Oturak	4.33 cd
IPKPHA5002	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA12763	Oturak	5.00 a-d
IPKPHA12675	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA4445	Oturak	5.00 a-d
IPKPHA4384	Sırık	4.33 cd	IPKPHA4972	Oturak	5.66 ab
IPKPHA7167	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA4402	Oturak	5.00 a-d
IPKPHA241	Sırık	4.00 d	Yağlı fasulye	Oturak	5.00 a-d
Peru	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA4773	Oturak	5.33 a-c
IPKPHA7168	Sırık	4.33 cd	IPKPHA4981	Oturak	5.66 ab
IPKPHA132	Sırık	4.33 cd	IPKPHA5001	Oturak	5.33 a-c
Aksaray ıhlara	Sırık	4.66 b-d	IPKPHA4414	Oturak	4.66 b-d
IPKPHA12671	Sırık	5.00 a-d	IPKPHA4736	Oturak	5.00 a-d
Yer	Sırık	4.66 b-d	Yakutiye	Oturak	5.00 a-d
Genel Ortalama: 4.76 adet, Sırık Tipi Ortalama: 4.6 adet, Oturak Tipi Ortalama: 4.97 adet					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

3.5. Bitkideki bakla sayısı

Farklı fasulye genotiplerine ait bitkide bakla sayısı değerlerine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 9'da verilmiştir. Tablo 9'da görüldüğü gibi ortalamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılık meydana gelmiş ve bitkide bakla sayısı ortalamaları 4.66 -33.33 adet arasında değişim göstermiştir. En yüksek bitkide bakla sayısı ortalaması IPKPHA5017 genotipinde 33.33 adet olarak elde edilirken bunu 32.33 adet ile IPKPHA4402 genotipi, 31.33 adet ile Yakutiye genotipi takip etmiş, en düşük bitkide bakla sayısı ortalaması ise Manalı Trabzon

genotipinde 4.66 adet olarak ölçülmüştür. Yapılan araştırmalar incelendiğinde bitkide bakla sayısını, Pekşen (2005)'in Samsun'da 7.21-13.65 adet, Karaduman (2011)'ın Kuzey Anadolu Bölgesi Çoruh Vadisinde 3.8-11.5 adet, Varankaya (2011)'nın Yozgat'ta 7.45-18.33 adet, Özbekmez (2015)'in Ordu'da 9.67-18.53 adet, Saylam (2017)'ın Kırşehir'de 11.80-35.89 adet, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta 6.31-7.84 adet, Karabacak (2018)'ın Elazığ-Maden'de 17.15-43.60 adet, Güçlü (2019)'nün Konya'da 2.28-60.94 adet arasında tespit ettiği görülmektedir. Araştırmada elde edilen değerler Karabacak (2018)'ın Elazığ-Maden'de, Güçlü (2019)'nün Konya'daki bulgularından düşük, Pekşen (2005)'in Samsun'da, Karaduman (2011)'ın Kuzey Anadolu Bölgesi Çoruh Vadisinde, Varankaya (2011)'nın Yozgat'ta, Özbekmez (2015)'in Ordu'da, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta elde ettiği bulgularda yüksek, Saylam (2017)'ın Kırşehir'de elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ile çalışmalardaki bulgular arasında farklılıklar, iklim, ekim zamanı ve toprak özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Tablo 9. Fasulye genotiplerinin bitkide bakla sayısı (adet) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	13.66 m-s*	Rize-1	Sırık	9.00 r-u
Çubuk Trabzon	Sırık	14.00 m-s	Rize-2	Sırık	16.00 j-r
IPKPHA429	Sırık	12.66 m-u	Çalı	Sırık	12.33 m-u
BVAL610697	Sırık	14.00 m-s	IPKPHA4803	Sırık	12.66 m-u
Rize-8	Sırık	16.66 ı-r	Eskişehir taze	Sırık	13.66 m-s
Rize-5	Sırık	11.66 o-u	IPKPHA4785	Oturak	18.33 g-p
IPKPHA4378	Sırık	18.33 g-p	IPKPHA5021	Oturak	25.00 a-ı
IPKPHA169761	Sırık	20.00 f-o	IPKPHA4739	Oturak	25.00 a-ı
IPKPHA4716	Sırık	16.00 j-r	IPKPHA4396	Oturak	25.00 a-ı
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	10.33 r-u	Siyah fasulye	Oturak	20.66 e-m
Ayşekadın	Sırık	11.66 o-u	IPKPHA177045	Oturak	14.66 k-r
IPKPHA316	Sırık	13.33 m-t	IPKPHA494	Oturak	16.66 ı-r
IPKPHA12654	Sırık	11.66 o-u	Trabzon barbun	Oturak	23.66 c-j
Basara çalı	Sırık	20.66 e-m	Yerli 40 günlük	Oturak	26.33 a-g
Rize-10	Sırık	17.00 ı-r	IPKPHA5017	Oturak	33.33 a
IPKPHA4779	Sırık	24.00 b-j	Kanton	Oturak	20.66 e-m
IPKPHA4398	Sırık	14.33 k-r	Mecidiye	Oturak	20.00 f-o
Adana taze	Sırık	17.00 ı-r	IPKPHA4721	Oturak	25.66 a-h
IPKPHA4815	Sırık	25.66 a-h	IPKPHA5011	Oturak	28.66 a-e
IPKPHA4992	Sırık	20.66 e-m	Mercan	Oturak	20.66 e-m
Manalı Trabzon	Sırık	4.66 u	Önceler 98	Oturak	29.33 a-d
IPKPHA12651	Sırık	5.66 s-u	IPKPHA4386	Oturak	20.00 f-o
IPKPHA131	Sırık	5.00 t-u	Barbunya	Oturak	21.33 d-l
Rize-6	Sırık	10.33 r-u	IPKPHA13761	Oturak	19.66 f-o
IPKPHA5002	Sırık	12.33 m-u	IPKPHA12763	Oturak	22.66 d-k
IPKPHA12675	Sırık	12.00 n-u	IPKPHA4445	Oturak	21.66 d-l
IPKPHA4384	Sırık	17.33 h-r	IPKPHA4972	Oturak	23.66 c-j
IPKPHA7167	Sırık	19.00 f-o	IPKPHA4402	Oturak	32.33 a-b
IPKPHA241	Sırık	9.33 r-u	Yağlı fasulye	Oturak	22.66 d-k
Peru	Sırık	14.00 m-s	IPKPHA4773	Oturak	20.33 e-n
IPKPHA7168	Sırık	14.33 k-r	IPKPHA4981	Oturak	29.33 a-d
IPKPHA132	Sırık	15.00 k-r	IPKPHA5001	Oturak	24.00 b-j
Aksaray ıhlara	Sırık	17.66 h-q	IPKPHA4414	Oturak	27.33 a-f
IPKPHA12671	Sırık	12.00 n-u	IPKPHA4736	Oturak	26.33 a-g
Yer	Sırık	13.66 m-s	Yakutiye	Oturak	31.33 a-c
Genel Ortalama: 18.36 adet, Sırık Tipi Ortalama: 14.23 adet, Oturak Tipi Ortalama: 23.87adet					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

3.6. Bakladaki tane sayısı

Fasulye genotiplerine ait bakladaki tane sayısı değerlerine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 10'da verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi bakladaki tane sayısı bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genotiplere ait bakladaki tane sayısı ortalama değerleri 4.33-6.33 adet arasında değişim göstermiştir (Tablo 10). En yüksek bakladaki tane sayısı ortalaması Yerli 40 günlük genotipi ve IPKPHA316 genotipinde 6.33 adet olarak elde edilirken bunu 6.00 adet ile IPKPHA4981, IPKPHA177045, IPKPHA5011 genotipi ve adana taze, siyah fasulye genotipi takip etmiş, en düşük bakladaki tane sayısı ortalaması ise IPKPHA4716, IPKPHA241 genotipinde 4.33 adet olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bakladaki tane sayısını Özçelik ve Gülümser (1988)'in Samsun'da 2.66-3.65 adet, Sözen (2006)'in Samsun'da 1-9 adet, Kuyucuoğlu (2016)'nın Konya'da 2.98-5.06 adet, Atıcı (2013)'nın Giresun-Şebinkarahisar'da 3.77-7.43 adet, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta 4.26-6.82 adet, Saylam (2017)'ın Kırşehir 3.54-5.37 adet, Güçlü (2019)'nün Konya'da 0.82-6.16 adet adet bulduğu görülmektedir. Bulgularımız Sözen (2006)'in Samsun'da elde ettiği bulgulardan düşük, Özçelik ve Gülümser (1988)'in Samsun'da, Kuyucuoğlu (2016)'nın Konya'da, Saylam (2017)'ın Kırşehir'de elde ettiği bulgulardan yüksek bulunmuş, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta, Atıcı (2013)'nın Giresun-Şebinkarahisar'da, Güçlü (2019)'nün Konya'da elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermiştir. Bu farklılıkların iklim, ekim normu ve tohumun genetik özelliklerine bağlı farklılıklar olduğu söylenebilir.

Tablo 10. Farklı fasulye genotiplerinin bakladaki tane sayısı (adet) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	5.00 c-e*	Rize-1	Sırık	5.00 c-e
Çubuk Trabzon	Sırık	5.00 c-e	Rize-2	Sırık	5.66 a-c
IPKPHA429	Sırık	4.66 de	Çalı	Sırık	5.00 c-e
BVAL610697	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA4803	Sırık	5.00 c-e
Rize-8	Sırık	5.33 b-d	Eskişehir taze	Sırık	5.00 c-e
Rize-5	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA4785	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA4378	Sırık	5.66 a-c	IPKPHA5021	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA169761	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA4739	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA4716	Sırık	4.33 e	IPKPHA4396	Oturak	5.00 c-e
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	5.00 c-e	Siyah fasulye	Oturak	6.00 ab
Ayşekadın	Sırık	5.00 c-e	IPKPHA177045	Oturak	6.00 ab
IPKPHA316	Sırık	6.33 a	IPKPHA494	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA12654	Sırık	5.33 b-d	Trabzon barbun	Oturak	5.66 a-c
Basara çalı	Sırık	4.66 de	Yerli 40 günlük	Oturak	6.33 a
Rize-10	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA5017	Oturak	5.66 a-c
IPKPHA4779	Sırık	5.33 b-d	Kanton	Oturak	5.66 a-c
IPKPHA4398	Sırık	5.33 b-d	Mecidiye	Oturak	5.00 c-e
Adana taze	Sırık	6.00 ab	IPKPHA4721	Oturak	5.66 a-c
IPKPHA4815	Sırık	5.00 c-e	IPKPHA5011	Oturak	6.00 ab
IPKPHA4992	Sırık	4.66 de	Mercan	Oturak	5.00 c-e
Manalı Trabzon	Sırık	5.66 a-c	Önceler 98	Oturak	5.00 c-e
IPKPHA12651	Sırık	4.66 de	IPKPHA4386	Oturak	4.66 de
IPKPHA131	Sırık	4.66 de	Barbunya	Oturak	5.66 a-c
Rize-6	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA13761	Oturak	5.66 a-c
IPKPHA5002	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA12763	Oturak	5.00 c-e
IPKPHA12675	Sırık	5.00 c-e	IPKPHA4445	Oturak	5.00 c-e
IPKPHA4384	Sırık	5.00 c-e	IPKPHA4972	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA7167	Sırık	5.00 c-e	IPKPHA4402	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA241	Sırık	4.33 e	Yağlı fasulye	Oturak	5.00 c-e
Peru	Sırık	5.33 b-d	IPKPHA4773	Oturak	4.66 de
IPKPHA7168	Sırık	4.66 de	IPKPHA4981	Oturak	6.00 ab
IPKPHA132	Sırık	4.66 de	IPKPHA5001	Oturak	5.66 a-c
Aksaray ıhlara	Sırık	5.66 a-c	IPKPHA4414	Oturak	5.33 b-d
IPKPHA12671	Sırık	5.00 c-e	IPKPHA4736	Oturak	5.66 a-c
Yer	Sırık	5.66 a-c	Yakutiye	Oturak	5.66 a-c
Genel Ortalama: 5.26 adet, Sırık Tipi Ortalama: 5.13 adet, Oturak Tipi Ortalama: 5.43 adet					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

3.7. Bitkideki tane sayısı

Fasulye genotiplerine ait bitkideki tane sayısı değerlerine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 11'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi bitkideki tane sayısı bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bitkideki tane sayısı ortalama değerleri 24.33-188.33 adet arasında değişim göstermiştir (Tablo 11). En yüksek bitkideki tane sayısı ortalaması IPKPHA5017 genotipinde 188.33 adet olarak elde edilirken bunu 178.00 adet ile Yakutiye genotipi, 175.33 ile IPKPHA4402 genotipi takip etmiş, en düşük bitkideki tane sayısı ortalaması ise IPKPHA131 genotipinde 24.33 adet olarak ölçülmüştür. Bitkide tane sayısı ile ilgili araştırmalar incelendiğinde, Düzdemir (1998)'in Tokat'ta 11.3-65.88 adet, Varankaya (2011)'nın Yozgat'ta 21.78-63.44 adet, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta 21.92-35.32 adet, Saylam (2017)'ın Kırşehir'de 40.70-116.9 adet, Baran (2016)'ın Kayseri'de 29.87-72.20 adet değerlerini bulduğu görülmüştür. Bulgularımız Düzdemir (1998)'in Tokat'ta, Varankaya (2011)'nın Yozgat'ta, Baran (2018)'ın Van-Gevaş'ta, Baran (2016)'ın Kayseri'de elde ettiği bulgulardan yüksek, Saylam (2017)'ın, Kırşehir'de elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermiştir. Bu farklılıkların araştırmaların farklı ekolojilerde yapılmış olmasına bağlı olduğu söylenebilir. Aynı zaman ekim normundaki farklılıklar da benzer sonuçların ortaya çıkmasına sebep olmuş olabilir.

Tablo 11. Fasulye genotiplerinin bitkideki tane sayısı (adet) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	68.33 j-q*	Rize-1	Sırık	45.00 n-q
Çubuk Trabzon	Sırık	70.00 j-q	Rize-2	Sırık	94.33 g-m
IPKPHA429	Sırık	61.33 l-q	Çalı	Sırık	61.67 l-q
BVAL610697	Sırık	75.67 ı-p	IPKPHA4803	Sırık	63.33 l-q
Rize-8	Sırık	90.00 h-n	Eskişehir taze	Sırık	75.00 ı-q
Rize-5	Sırık	63.00 l-q	IPKPHA4785	Oturak	99.67 e-m
IPKPHA4378	Sırık	103.00 e-l	IPKPHA5021	Oturak	130.00 b-h
IPKPHA169761	Sırık	106.67 e-l	IPKPHA4739	Oturak	133.33 b-h
IPKPHA4716	Sırık	70.33 j-q	IPKPHA4396	Oturak	122.00 d-ı
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	58.33 l-q	Siyah fasulye	Oturak	121.67 d-ı
Ayşekadın	Sırık	58.33 l-q	IPKPHA177045	Oturak	88.00 h-o
IPKPHA316	Sırık	90.67 h-n	IPKPHA494	Oturak	88.67 h-o
IPKPHA12654	Sırık	59.67 l-q	Trabzon barbun	Oturak	132.00 b-h
Basara çalı	Sırık	96.33 f-m	Yerli 40 günlük	Oturak	167.00 a-d
Rize-10	Sırık	89.33 h-n	IPKPHA5017	Oturak	188.33 a
IPKPHA4779	Sırık	129.00 b-h	Kanton	Oturak	117.33 e-j
IPKPHA4398	Sırık	75.33 ı-q	Mecidiye	Oturak	100.00 e-m
Adana taze	Sırık	102.00 e-m	IPKPHA4721	Oturak	142.33 a-g
IPKPHA4815	Sırık	128.33 c-h	IPKPHA5011	Oturak	172.00 a-c
IPKPHA4992	Sırık	97.67 f-m	Mercan	Oturak	103.33 e-k
Manalı Trabzon	Sırık	27.67 p-q	Önceler 98	Oturak	113.33 e-k
IPKPHA12651	Sırık	26.33 q-r	IPKPHA4386	Oturak	93.33 g-n
IPKPHA131	Sırık	24.33 r	Barbunya	Oturak	120.00 d-ı
Rize-6	Sırık	53.33 m-q	IPKPHA13761	Oturak	113.33 e-k
IPKPHA5002	Sırık	68.33 j-q	IPKPHA12763	Oturak	113.33 e-k
IPKPHA12675	Sırık	60.00 l-q	IPKPHA4445	Oturak	133.67 b-h
IPKPHA4384	Sırık	86.67 h-o	IPKPHA4972	Oturak	128.67 c-h
IPKPHA7167	Sırık	95.00 f-m	IPKPHA4402	Oturak	175.33 a-c
IPKPHA241	Sırık	40.00 o-q	Yağlı fasulye	Oturak	113.33 e-k
Peru	Sırık	75.33 ı-q	IPKPHA4773	Oturak	92.67 h-n
IPKPHA7168	Sırık	66.33 k-q	IPKPHA4981	Oturak	172.00 a-c
IPKPHA132	Sırık	69.33 j-q	IPKPHA5001	Oturak	133.67 b-h
Aksaray ıhlara	Sırık	100.33 e-m	IPKPHA4414	Oturak	143.67 a-f
IPKPHA12671	Sırık	59.00 l-q	IPKPHA4736	Oturak	147.67 l-q
Yer	Sırık	78.33 ı-o	Yakutiye	Oturak	178.00 ab
Genel Ortalama: 97.72 adet, Sırık Tipi Ortalama: 74.07 adet, Oturak Tipi Ortalama: 129.25 adet					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

3.8. Tane verimi

Fasulye genotiplerine ait tane verimi değerlerine ilişkin ortalamalar ve oluşan gruplar Tablo 12'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi tane verimi bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genotiplere ait tane verimi ortalama değerleri 78-751 kg da^{-1} arasında değişim göstermiştir (Tablo 12). En yüksek tane verimi ortalaması Yakutiye genotipinde 751 kg da^{-1} olarak elde edilirken bunu 735 kg da^{-1} ile Yerli 40 günlük genotipi, 689 kg da^{-1} ile IPKPHA4981 genotipi takip etmiş, en düşük tane verimi ortalaması ise IPKPHA131 genotipinde 78 kg da^{-1} olarak ölçülmüştür. Tane verimini Özçelik ve Gülümser (1988) tarafından Samsun'da 115-226 kg da^{-1}, Çiftçi ve Yılmaz (1992) tarafından Van'da 124-198 kg da^{-1}, Bozoğlu (1995) tarafından Samsun'da 162.7-237.7 kg da^{-1}, Saylam (2017) tarafından Kırşehir'de 69.73-127.46 kg da^{-1}, Baran (2018) tarafından Van'da 150.42-400.74 kg da^{-1}, Karabacak (2018) tarafından Elazığ'da 141.43-333.10 kg da^{-1} arasında olduğu saptamıştır.

Tablo 12. Farklı fasulye genotiplerinde tane verimi (kg da^{-1}) ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tipi	Ortalama	Genotipler	Tipi	Ortalama
Artvin barbunya	Sırık	286 d-j*	Rize-1	Sırık	204 e-j
Çubuk Trabzon	Sırık	270 d-j	Rize-2	Sırık	342 c-j
IPKPHA429	Sırık	268 d-j	Çalı	Sırık	223 e-j
BVAL610697	Sırık	383 a-j	IPKPHA4803	Sırık	238 e-j
Rize-8	Sırık	340 c-j	Eskişehir taze	Sırık	241 e-j
Rize-5	Sırık	170 f-j	IPKPHA4785	Oturak	340 c-j
IPKPHA4378	Sırık	297 c-j	IPKPHA5021	Oturak	256 d-j
IPKPHA169761	Sırık	258 d-j	IPKPHA4739	Oturak	251 e-j
IPKPHA4716	Sırık	118 g-j	IPKPHA4396	Oturak	443 a-j
Ayşekadın Çalıyaçıkan	Sırık	138 g-j	Siyah fasulye	Oturak	375 a-j
Ayşekadın	Sırık	209 e-j	IPKPHA177045	Oturak	409 a-j
IPKPHA316	Sırık	195 e-j	IPKPHA494	Oturak	260 d-j
IPKPHA12654	Sırık	269 d-j	Trabzon barbun	Oturak	446 a-j
Basara çalı	Sırık	238 e-j	Yerli 40 günlük	Oturak	735 ab
Rize-10	Sırık	334 c-j	IPKPHA5017	Oturak	647 a-d
IPKPHA4779	Sırık	333 c-j	Kanton	Oturak	472 a-h
IPKPHA4398	Sırık	206 e-j	Mecidiye	Oturak	491 a-g
Adana taze	Sırık	312 c-j	IPKPHA4721	Oturak	471 a-h
IPKPHA4815	Sırık	368 a-j	IPKPHA5011	Oturak	536 a-f
IPKPHA4992	Sırık	222 e-j	Mercan	Oturak	428 a-j
Manalı Trabzon	Sırık	93 h-j	Önceler 98	Oturak	329 d-j
IPKPHA12651	Sırık	119 g-j	IPKPHA4386	Oturak	400 a-j
IPKPHA131	Sırık	78 j	Barbunya	Oturak	384 a-j
Rize-6	Sırık	192 e-j	IPKPHA13761	Oturak	343 b-j
IPKPHA5002	Sırık	204 e-j	IPKPHA12763	Oturak	368 b-j
IPKPHA12675	Sırık	191 e-j	IPKPHA4445	Oturak	497 a-g
IPKPHA4384	Sırık	175 f-j	IPKPHA4972	Oturak	472 a-h
IPKPHA7167	Sırık	484 a-h	IPKPHA4402	Oturak	346 b-j
IPKPHA241	Sırık	89 ı-j	Yağlı fasulye	Oturak	409 a-j
Peru	Sırık	308 c-j	IPKPHA4773	Oturak	301 c-j
IPKPHA7168	Sırık	267 d-j	IPKPHA4981	Oturak	689 a-c
IPKPHA132	Sırık	186 e-j	IPKPHA5001	Oturak	475 a-ı
Aksaray ıhlara	Sırık	371 a-j	IPKPHA4414	Oturak	491 a-g
IPKPHA12671	Sırık	234 e-j	IPKPHA4736	Oturak	570 a-e
Yer	Sırık	355 b-j	Yakutiye	Oturak	751 a
Genel Ortalama: 331.32 kg da^{-1}, Sırık Tipi Ortalama: 245.2 kg da^{-1}, Oturak Tipi Ortalama: 446.16 kg da^{-1}					

*) Benzer harf ile gösterilen genotip ortalamaları Tukey testine göre P ≤0.01 hata sınırları içerisinde birbirinden farksızdır.

4.Sonuçlar

Bu araştırmada Kahramanmaraş'ta yoğun fasulye tarımı yapılan Afşin şartlarında, bölge koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli fasulye genotiplerinin belirlenmesi ve ıslah çalışmalarında kullanılması hedeflenmiştir. Araştırmada, genotipten kaynaklanan farklılıkların verim ve kaliteye yansımasının yanı sıra, üretimin yapıldığı iklim koşullarının,

genotiplerin olgunlaşma ve yüksek verimlerine katkıda bulunduğu saptanmıştır. Kahramanmaraş Afşin ve benzeri ekolojik koşullara uygun fasulye genotiplerini belirlemek amacıyla yapılan bu tek yıllık çalışma sonuçlarına göre, özellikle çok önemli bir kriter olan tane verimi bakımından ilk sıralarda yer alan Yakutiye, IPKPHA4981 ve IPKPHA5017 genotipleri ıslah çalışmalarında değerlendirilebilir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje Numarası: 2018/3-13 YLS).

Açıklama

Bu araştırma makalesi birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından özetlenmiştir.

Kaynaklar

Anonim, 2001. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı "Yemeklik Tane Baklagiller". T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara. https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/Yemeklik%20Tane%20Baklagiller/yemeklik%20tane%20baklagiller.pdf. (Erişim Tarihi:15.01.2018).

Anonim, 2012. SAS. SAS Institute. SAS 9.4 user's guide. SAS Inst., Cary, NC.

Anonim, 2018a. Kahramanmaraş Meteoroloji İl Müdürlüğü Verileri. Kahramanmaraş (Erişim Tarihi: 10.10.2023).

Anonim, 2018b. Analiz Laboratuvarı Sonuçları Sivas/Şarkışla (Erişim Tarihi: 11.10.2023).

Anonim, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim Verileri. (https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2022%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Kuru%20Fasulye%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202022-359%20TEPGE.pdf.), (Erişim Tarihi: 27.09.2023).

Atıcı, Ö.F., 2013. Giresun ilinde toplanan yerel fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı bitkisel özellikleri ile verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Babagil, G.E., Tozlu, E., Dizikısa, T., 2011. Erzincan ve Hınıs ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 42(1): 11-17.

Baran, A., 2016. Kayseri ekolojik koşullarında kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Baran, İ., 2018. Bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin ve ahlat yerel popülasyonunun Van-Gevaş ekolojik koşullarında, verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Bozoğlu, H., 1995. Kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı tarımsal özelliklerinin genotip x çevre interaksiyonu ve kalıtım derecelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Basılmamış Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Ceyhan, E., Önder, M., Kahraman, A., 2009. Fasulye genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(49): 67-73.

Çaçan, E., Kökten, E., Kaplan, M., ve Yılmaz, H.Ş., 2018. Bazı adi fiğ hat ve çeşitlerinin (*Vicia sativa* L.) ot verimi ve ot kalitesi açısından değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(1): 47-61.

Çiftçi, V., Yılmaz, N., 1992. Van ekolojik koşullarında verimli fasulye çeşitlerinin belirlenmesi ve verim komponentlerinin tane verimine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2): 135-146.

Düzdemir, O., 1998. Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde verim ve diğer bazı özellikler üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

Düzdemir, O., Akdağ, C., 2001. Türkiye kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gen kaynaklarının karakterizasyonu: 2. verim ve diğer bazı özellikleri. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 101-105.

Güçlü, M., 2019. Orta ve Kuzey Amerika kökenli fasulye hatlarının önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Işık, R., 2012. Bazı taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Karabacak, T., 2018 Kuru kasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin agro-morfolojik özelliklerinin elâzığ koşullarında araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Karaduman, B., 2011. Kuzey doğu anadolu bölgesinden toplanan fasulye genotiplerinin fenolojik özellikleri ve verim unsurlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Kuyucuoğlu, S., 2016. Farklı ekim zamanlarının bazı şeker tipi fasulye genotiplerinde agronomik özellikler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Önder, M., Kahraman, A., Ceyhan, E., 2014, Response of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to water shortage. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1: 623-628.

Özbekmez, Y., 2015. Ordu ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye çeşit ve genotiplerinin verim, verim öğeleri ile tohum ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Özçelik, H., Gülümser, A., 1988. Bazı bodur fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde verim ve bazı verim ögeleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1): 99-108.

Pekşen, E., Gülümser, A., 2005. Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde verim ve verim unsurları arasındaki ilişkiler ve path analizi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3): 82-87.

Saylam, A.Ç., 2017. Kırşehir ekolojik koşullarında bazı bodur formundaki kuru fasulye genotiplerinin verim ve kalite unsurlarını belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.

Sözen, Ö., 2006. Artvin ili yerel fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonlarının toplanması, tanımlanması ve morfolojik varyabilitesinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Şehirali, S., 1971. Türkiye'de yetiştirilen bodur fasulye çeşitlerinin tarla ziraatı yönünden önemli bazı morfolojik ve biyolojik vasıfları üzerinde araştırmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:474, Ankara.

Şehirali, S., 1988, Yemeklik Dane Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Steel, R.G.D., Torrie J.H., 1960. Principles and procedures of statistics; McGraw-Hill: New York, NY: USA.

Varankaya, S., 2011 Yozgat ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Atıf Şekli	Kılınç, İ., Uslu, Ö.S., 2024. Kahramanmaraş İli Afşin Havzasına Uygun Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çeşitli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 91-106. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10814151.
To Cite	Kılınç, İ., Uslu, Ö.S., 2024. Determination of Some Agricultural Characteristics of Some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes Suitable for Afşin Basin of Kahramanmaraş Province. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 91-106. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10814151.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):107-115, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):107-115, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10815404

Performances of Some Sorghum Genotypes Under Eskişehir Ecological Conditions

Şule ERKOVAN[1*], Hanife AFACAN[2]
[1]Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Eskişehir
[*]Corresponding author: serkovan@ogu.edu.tr

Abstract
The research was conducted in the 2023 growing season as a second crop after the wheat harvest, with the aim of determining the yield characteristics of some sorghum genotypes that can be grown under the ecological conditions of Eskişehir. The experiment was established according to the randomized complete block design with three replications. The study examined the number of days to 50% flowering, plant height, number of tillers per plant, stem diameter, leaf ratio, stem ratio in the plant, dry matter ratio, and green forage yield. Significant differences were found among the lines and varieties for all the studied traits. According to the research results, the days to 50% flowering of different varieties and lines ranged from 72.0 to 87.7 days, plant heights from 122.7 to 315.0 cm, the average number of tillers per genotype was 2.6, stem diameter ranged from 7.9 to 18.3 mm, leaf ratios from 10.9% to 22.9%, stem ratio from 77.1% to 89.6%, dry matter ratios from 15.6% to 30.9%, and green forage yields from 2152.0 to 5614.1 kg da^{-1}. It is recommended to cultivate the Greengo and Erdurmuş varieties and the line number 12 in Eskişehir and similar ecological conditions in terms of green forage yield. However, more studies should be conducted, as single-year results do not always yield correct outcomes in agricultural production.

Research Article

Article History
Received :10.11.2023
Accepted :25.12.2023

Keywords
Adaptation
sorghum
genotype
yield

1. Introduction

The rapidly increasing global population and diminishing agricultural lands make global food production challenging. Increasing the yield of crops per unit area is an important solution to overcome these challenges (Acar et al., 2000). The importance of plant species and varieties with high adaptation capabilities is increasing every day in the agricultural sector.

The livestock sector in Turkey faces challenges due to the lack of quality roughage, which hinders the balanced nutrition of animals, reducing productivity and negatively impacting the national economy (Ayan et al., 2006). The annual quality feed demand for the existing animal cannot be met with the current feed resources, leading to insufficient nutrition and productivity losses for the animals (Anonymous, 2022). The challenges in animal nutrition are particularly evident in arid and semi-arid regions where limited vegetation and water sources make it difficult to meet roughage needs (Akbudak et al., 2004). Research to increase the production of fodder plants is strategically important to bridge the gap in roughage. The scarcity of water in arid and semi-arid regions exacerbates this problem. Therefore, cultivating plants with drought and heat resistance in these regions will not only solve the problem but also ensure efficient and sustainable use of resources. Sorghum and its hybrids play a critical role in agriculture due to their adaptability, regrowth abilities, and high nutritional values (Acar et al., 2001). Its greater tolerance to drought conditions compared to corn, ability to grow in saline soils, and resistance to diseases and pests (Almodares and Hadi, 2009) make it significant. Moreover, sorghum-sudangrass hybrids stand out for their lower sensitivity to water stress compared to corn, their ability to be harvested multiple times in different periods, various usage options (green fodder, dry fodder, or silage), and their yield potential (Acar et al., 2001).

Changing climate and ecological conditions have become significant factors affecting the agricultural sector. The need for drought-resistant plant species that efficiently use water is increasing every day for sustainable agriculture in the Central Anatolia region, where water is scarce. Cultivating sorghum varieties with high yield and quality traits that are resistant to adverse environmental factors will make this plant an alternative resource, contributing significantly to the regional and national economy. This study was conducted to determine the performance characteristics of some sorghum genotypes under Eskişehir ecological conditions.

2. Materials and Methods

In the experimental fields of Eskişehir Osmangazi University Faculty of Agriculture, the study was conducted as a second crop after the wheat harvest during June-August 2023, using 22 sorghum lines and varieties (8, 12, 32-1, 104, 301, 302, 304, B305, G310, K311, Aldarı, Beydarı, Öğretmenoğlu, Uzun, Erdurmuş, Gözde-80, Greengo, Haybuster, E:Sumoc, Rox, Leoti, Nes). The 22 sorghum genotypes used were obtained from the West Mediterranean Agricultural Research Institute and Uludağ University. The soil of the experimental area is clay-loam, slightly calcareous (14.61%), slightly alkaline (7.68%), salt-free (0.07%), deficient in organic matter (1.62%), rich in potassium (168.80 kg da^{-1}), and has an adequate phosphorus content (6.16 kg da^{-1}). The climatic characteristics of the ecology where the research was conducted are given in Table 1. Eskişehir, where the continental climate prevails, has an average total annual precipitation of 291.7 mm, with the highest monthly rainfall occurring in June (62.0 mm). The average temperature reaches its highest at 21.5°C in July and 21.4°C in August, and the lowest at -0.2°C in January. The relative humidity in 2023 (66.4%) was higher than the long-term average relative humidity (61.7%) (Table 1).

Table 1. Some climate data of the area where the experiment was conducted between long term average (LTA) 1928-2024 and 2023

	Precipitation		Temperature		Relative Humidity	
	2023	LTA	2023	LTA	2023	LTA
January	16.5	40.0	3.5	-0.2	77.8	75.2
February	15.0	32.8	2.5	1.4	70.3	71.0
March	115.7	35.3	7.4	5.0	76.1	65.0
April	41.1	38.4	10.7	10.2	64.8	62.4
May	59.6	44.9	14.5	15.0	71.9	59.9
June	62.0	33.6	19.4	18.9	67.3	55.0
July	0.6	13.2	23.6	21.5	50.6	51.8
Agust	0.1	8.7	25.9	21.4	49.9	52.9
September	21.2	15.9	19.9	17.4	59.2	58.4
October	24.8	28.9	15.3	12.9	76.4	65.2
Total/Av.	356.6	291.7	14.3	12.4	66.4	61.7

The experiment was established according to the randomized complete block design with three replications. Each plot was 5 meters long and consisted of 5 rows. The planting area was prepared for sowing after the wheat harvest by harrowing and tilling, and sowing was done by hand on 15 June 2023 at a rate of 2.5 kg da^{-1} in rows spaced 0.6 m (Açıkgöz, 1995). In the experimental area, 2 kg da^{-1} of nitrogen and 5 kg da^{-1} of phosphorus were applied as basal fertilizer in the form of diammonium phosphate. Weed control in the study was done by hand when the sorghum plants were approximately 10-15 cm tall. After weed control, 15 kg da^{-1} of nitrogen fertilizer (Ammonium sulfate) was applied. Plants were irrigated with sprinklers until the soil reached field capacity whenever needed. Harvesting was done by hand with a sickle on 29.08.2023 when the plants reached 50% flowering, after removing one row from the edge of the plot and 50 cm from the edge effect (head and end rows). After harvesting, the fresh weights were weighed and recorded. From each plot, 10 plants were randomly selected and taken to the laboratory for necessary observations and measurements (plant height, number of tillers, stem thickness, leaf ratio, stem ratio). Samples weighing 500 g taken from the fresh weighed samples were dried in an oven at 105°C until they reached a constant weight, then weighed and proportioned to determine the dry matter ratio. The data obtained from the research were subjected to variance analysis using the StatView package program (SAS Institute, 2011), and the means were compared with Scheffe's multiple comparison test.

3. Results and Discussion

3.1. Days to 50% flowering

The results for the days to 50% flowering and averages of sorghum genotypes grown under Eskişehir conditions are presented in Table 2. The average days to 50% flowering ranged from 72.0 to 87.7 days, with an average of 78.6 days. Significant differences were observed among genotypes ($p<0.001$). The 302 line was the latest to flower (87.7 days), while the B305, 304, and G310 lines were the earliest, flowering at 72.0 days.

The duration of flowering and the extension of vegetation and maturation allow for more efficient use of resources, resulting in higher yields. This leads to an increase in dry matter production and yield (Öktem et al., 2021). Since the genotypes used in the study have different purposes and genotypic characteristics, it is expected that their days to flowering will vary. Bhale and Borikar (1982), Dogget (1988), and Çeçen et al. (2005) have reported differences in the days to flowering among sorghum genotypes with different characteristics in their studies.

3.2. Plant height

Significant differences were found in plant height among the genotypes ($p \leq 0.01$). The plant heights of sorghum lines and varieties

ranged from 122.7 to 315.0 cm, with an average plant height of 209.5 cm (Table 2). The tallest plant height was measured at 315.0 cm in the K311 line, while the shortest plant heights suitable for grain production were measured in the Aldarı (122.7cm) and Öğretmenoğlu (127.0 cm) varieties (Table 2).

Table 2. Average 50% number of flowering days, plant height, number of tiller per plant and stem thickness values and statistical analysis of sorghum genotypes

Sorghum varieties/lines	50% Number of days to flowering (days)	Plant height (cm)	Number of tillers (per plant)	Stem thickness (mm)
104	78.67 abc	258.00 A-C	2.67 a-d	7.93 D
12	74.00 bc	201.00 A-E	3.00 a-d	18.23 A
301	79.67 abc	282.67 AB	1.33 d	12.87 A-D
302	87.67 a	269.00 A-C	1.67 cd	16.97 A
304	72.00 c	265.00 A-C	1.67 cd	14.03 A-D
32-1	78.33 abc	255. 00 A-C	2.00 b-d	13.67 A-D
8	81.00 abc	208.67 A-E	2.00 b-d	11.33 A-D
Aldarı	78.67 abc	122.67 E	2.67 a-d	15.00 A-C
B305	72.00 c	252.33 A-D	3.67 abc	9.33 B-D
Beydarı	76.33 bc	139.00 DE	2.33 a-d	17.80 A
E: Sumoc	83.00 ab	185.00 B-E	3.33 a-d	16.27 A
Erdurmuş	80.67 abc	220.00 A-E	2.67 a-d	17.60 A
G310	72.00 c	269.33 A-C	2.33 a-d	15.50 AB
Gözde 80	80.67 abc	222.67 A-E	3.33 a-d	8.70 CD
Greengo	78.67 abc	179.33 B-E	4.00 ab	17.00 A
Haybuster	74.00 bc	213.67 A-E	4.00 ab	11.83 A-D
K311	83.00 ab	315.00 A	1.67 cd	14.50 A-C
Leoti	80.67 abc	204.33 A-E	2.33 a-d	17.63 A
Nes	76.33 bc	157.67 C-E	2.00 b-d	16.50 A
Öğretmenoğlu	79.67 abc	127.00 E	3.00 a-d	16.20 A
Rox	83.00 ab	169.00 B-E	4.33 a	18.00 A
Uzun	78.33 abc	137.00 DE	2.00 b-d	16.00 A
Overall Average	**78.56**	**209.45**	**2.64**	**14.68**
Variance of analysis	**1.840***	**6.052****	**2.123***	**5.798****

Plant height is a morphological property that emerges under the influence of genetic structure and ecological factors. Differences among genotypes grown under the same environmental conditions, with the same care and other procedures, are due to the genetic structure of the plant (Tanrıkulu et al., 2020). The difference among the genotypes used in the study is inevitable due to their characteristics. Since the genotypes used are suitable for grain, syrup, and fodder production, their plant heights are expected to differ. The plant heights of the selected genotypes are similar to those obtained in studies conducted in different geographies around the world (Bhale and Borikar, 1982; Karataş, 2011; Afzal et al., 2012).

3.3. Number of tillers

The average number of tillers per plant was determined to be 2.6. The highest number of tillers was observed in the Rox silage sorghum variety (4.3 tillers/plant), followed by Haybuster and Greengo varieties (4.0 tillers/plant). The lowest number of tillers was observed in line 301 (1.33 tillers/plant) (Table 2). The number of tillers showed differences at the 5% level.

The number of tillers is an important property affecting the forage yield and quality of cereal forage plants. Tillering is influenced by cultivation (planting density, planting time, planting depth), climate, and soil properties, as well as the genotypic characteristics of the variety (Açıkgöz, 1995). Gençkan (1983)

reported that the sorghum plant has a high tillering ability. The study also showed that sorghum genotypes suitable for different purposes exhibited differences in the number of tillers per plant, which is attributed to genetic differences among the genotypes.

3.4. Stem diameter

The stem diameter of the genotypes varied from 7.9 to 18.2 mm, with the highest stem diameter measured at 18.23 mm in line 12, and the lowest at 7.9 mm in line 104 (Table 2). The stem diameters of sorghum lines and varieties were found to be statistically significant at the 1% level.

The amount and stem diameter of the main stem in the sorghum plant are important factors in both plant cultivation and animal feeding. The diameter of the main stem can vary depending on the plant type and growing conditions (Öktem et al., 2021). While a diameter main stem in the plant may increase yield, if the sorghum varieties are not used for silage, it is desired that the stem be thin for the fodder to dry and be preferred by animals. Indeed, the study also showed that sorghum genotypes suitable for different purposes exhibited differences in stem diameter. This difference is due to genetic differences among genotypes and different usage purposes. Similar results have been found in studies conducted, showing differences in stem diameter among sorghum genotypes (Özmen, 2017; Çoban and Acar, 2018; Başaran, 2011).

3.5. Leaf ratio

The highest leaf ratio among the evaluated sorghum genotypes was 22.9% in sweet sorghum (Uzun), the lowest was 10.9% in line 8, and the average leaf ratio was recorded as 15.8% (Table 3). Statistically significant differences were found among genotypes at the 1% level.

Table 3. Average leaf ratio, stem ratio, dry matter ratio, fresh yield values and statistical analyses of sorghum genotypes

Sorghum varieties/lines	Leaf ratio (%)	Stem ratio (%)	Dry matter ratio (%)	Green forage yield (kg da^{-1})
104	13.98 B-D	86.02 A-C	21.94 C-G	3760.80 B-E
12	12.28 C-D	82.72 AB	19.40 D-K	4205.57 B
301	17.23 A-D	82.77 A-D	22.72 C-F	2297.43 G-K
302	16.21 B-D	83.79 A-C	17.76 F-K	3469.40 B-G
304	15.57 B-D	84.43 A-C	27.96 AB	2922.93 C-K
32-1	14.48 B-D	85.52 A-C	26.64 A-C	3607.77 B-E
8	10.94 D	89.06 A	24.40 B-D	3881.10 B-D
Aldarı	14.41 B-D	85.59 A-C	23.27 B-E	2386.27 F-K
B305	12.94 B-D	87.06 A-C	29.33 A	3253.57 B-K
Beydarı	16.85 B-D	83.15 A-C	20.75 D-H	2580.60 E-K
E: Sumoc	15.35 B-D	84.65 A-C	17.36 G-K	3393.93 B-H
Erdurmuş	16.43 B-D	83.57 A-C	16.69 G-K	5614.07 A
G310	16.01 B-D	83.99 A-C	23.48 B-E	2152.07 K
Gözde 80	16.18 B-D	83.82 A-C	30.85 A	4033.33 BC
Greengo	18.45 A-C	81.55 B-D	18.78 E-K	5190.53 A
Haybuster	14.60 B-D	85.40 A-C	20.48 D-K	3373.30 B-H
K311	18.45 A-C	81.55 B-D	30.53 A	3517.03 B-F
Leoti	13.29 B-D	86.71 A-C	17.53 F-K	4060.37 BC
Nes	18.83 AB	81.17 CD	16.17 H-K	2864.40 C-K
Öğretmenoğlu	17.78 A-C	82.22 B-D	15.36 K	2270.77 HK
Rox	16.25 B-D	83.75 A-C	18.76 E-K	3259.57 B-K
Uzun	22.89 A	77.11 D	18.86 E-K	2737.53 D-K
Overall Average	**15.88**	**83.89**	**21.77**	**3401.47**
Variance of analysis	**4.612****	**4.612****	**20.748****	**14,907****

The leaf ratio is influential in the quality of fodder plants grown for fodder. A higher leaf ratio increases fodder quality and palatability, encouraging animals to consume the fodder more eagerly (Budak and Budak, 2014). A high leaf ratio in the sorghum plant increases photosynthesis capacity and nutritional value. Therefore, more nutritious and productive material is obtained from plants with a high leaf ratio, and yield increases with increased photosynthesis rate (Budak and Budak, 2014). Significant differences in leaf ratio among genotypes are observed. Differences among genotypes grown in the same environment are the result of genetic differences and different production purposes of the genotypes (Tanrıkulu et al., 2020). Similar results have been obtained in studies (Mülayim et al., 2009; Salman and Budak, 2015; Çoban and Acar, 2018).

3.6. Stem ratio

The average stem ratio of sorghum genotypes was determined to be 83.9%. The highest stem ratio was 89.06% in line 8, and the lowest was 77.1% in the sweet sorghum variety Uzun (Table 3). Significant differences were found in the stem ratios among sorghum genotypes ($p<0.001$). A low stem ratio in the sorghum plant indicates higher fodder quality (Budak and Budak, 2014). As the plant height increases, the leaf ratio decreases, while the stem ratio increases (Küçüksemerci and Baytekin, 2017). Indeed, significant differences were found among genotypes in the study. Similar results have been obtained in studies conducted in different ecologies in our country (Salman and Budak, 2001; Mülayim et al., 2009).

3.7. Dry matter ratio

Significant differences were observed in the dry matter ratio among genotypes ($p\leq0.001$), ranging from 15.4% to 30.9% (Table 3). The lowest dry matter ratio was observed in the Öğretmenoğlu variety (15.4%), suitable for grain production, and the highest in the Gözde-80 variety (30.9%). The average dry matter ratio was determined to be 21.8% (Table 3). Lines suitable for silage, such as B305 (29.33%), 304 (27.96%), 32-1 (26.6%), 8 (24.4%), and G310 (23.5%), were notable for their dry matter ratios.

The variation in dry matter production among plant genotypes is due to a variety of factors (Castanho et al., 2015). A longer generative period leads to prolonged maturation, which positively affects yield. Genotypes with longer vegetation periods benefit from climate, soil, and sunlight for longer periods, resulting in higher dry matter production and yield (Öktem et al., 2021). The characteristics of genotypes, genetic differences, and different usage purposes affect the dry matter ratio. The study expected that genotypes with different usage and genetic characteristics would have different dry matter ratios. Some studies have reported that differences in dry matter yield or ratio among sorghum genotypes are expected (Atış et al., 2012; Atalay, 2019; Bilen and Türk, 2021).

3.8. Green forage yield

Significant differences were found in the green forage yields of sorghum lines and varieties ($p<0.001$). In Eskişehir conditions, the highest green forage yield was observed in the Erdurmuş variety (5614.1 kg da^{-1}), and the lowest in the G310 line (2152.0 kg da^{-1}) (Table 3). The Erdurmuş variety stands out in terms of green forage yield. Factors such as plant species and variety, the number of plants per square meter, maturation period of the plants, harvest time, and cultivation methods influence the green forage yield (Öktem et al., 2021). Significant differences in green forage yield among genotypes are observed. The difference among genotypes grown in the same environment is due to genetic differences and the different purposes for which the genotypes are produced (Tanrıkulu et al., 2020). Studies conducted in our country have reported that sorghum genotypes show different performances in varying ecologies in terms of yield (Hosaflıoğlu, 1998; Acar et al., 2000; Çelik and Türk, 2021).

4. Conclusions

According to the research results; the days to 50% flowering in sorghum genotypes ranged from 72.0 to 87.7 days, plant heights

from 122.7 to 315.0 cm, the number of tillers 2.6 (per plant), stem diameter from 7.9 to 18.3 mm. The leaf ratios of genotypes ranged from 10.9% to 22.9%, stem ratio from 77.1% to 89.6%, dry matter ratios from 15.6% to 30.9%, and green forage yields from 2152.0 to 5614.1 kg da^{-1}. When the results of the one-year study are examined, it is determined that sorghum has high adaptation capabilities in Eskişehir province and similar ecological conditions, can be easily cultivated in similar ecologies, and can yield high yields. Cultivating these genotypes in Eskişehir ecological conditions will provide the silage material needed in dry conditions. However, the varieties and lines to be used must have usage characteristics that will not harm animals according to their purpose. Since single-year results are not preferred in field trials, it is recommended to increase the number of sorghum genotypes cultivated and conduct trials for a few more years to provide healthier results for recommendations.

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 was produced from the master's thesis.

References

Anonymous, 2022. (https://data.tuik.gov.tr/Kategori), (Erişim tarihi: 25.10.2023)

Acar, R., Akbudak, M.A., Sade, B., 2000. Konya ekolojik şartlarında silajlık Sorgum-Sudan otu melezlerinin verimleri ile verimi etkileyen bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(29): 88- 95.

Acar, R., Akbudak, M.A., Sade, B., 2001. Sorgum x sudan otu melezi (silaj amaçlı). *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, 9:18-23.

Açıkgöz, E., 1995. Yem Bitkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Bursa.

Afzal, M., Ahmad, A., Ahmad, A.H., 2012. Effect of nitrogen on growth and yield of sorghum forage (*Sorghum bicolor* (L.) Moench Cv.) under three cuttings system. *Cercetări Agronomice in Moldova*, 4(152): 57-64.

Akbudak, M.A., Sade, B., Acar, R., 2004. Farklı biçim dönemlerinin ve azot uygulamalarının sorgum (*Sorghum bicolor* L.) x Sudan Otu (*Sorghum sudananse* L.) melezinde verim ve bazı özellikler üzerine etkileri. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1: 1-10.

Almodares, A., Hadi, M.R., 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9): 772-780.

Atalay, M., 2019. Farklı azot uygulamalarının sorgum x sudanotu (*Sorghum Bicolor* (L.) Monech x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) melez çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Atış, I., Konuşkan, O., Duru, M., Gözübenli, H., Yılmaz, S., 2012. Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14: 879-886.

Ayan, İ., Acar, Z., Başaran, U., Aşcı, Ö.Ö., Mut, H., 2006. Samsun ekolojik koşullarında bazı burçak (*Vicia ervilia* l.) hatlarının ot ve tohum verimlerinin belirlenmesi. *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 318-322.

Başaran, R., 2011. Bartın'da sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) çeşitlerinin ikinci ürün silajlık olarak yetiştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bhale, N.L., Borikar, S.T., 1982. Male-Sterile single crosses for hybrid seed production in grain sorghum. *Seed Science and Technology*, 10: 373-378.

Bilen, Y., Türk, M., 2021. Banaz şartlarında ikinci ürün sorgum-sudanotu melezlerinin yetiştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1): 46-51.

Budak, F., Budak, F., 2014. Yem bitkilerinde kalite ve yem bitkileri kalitesini etkileyen faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi,* 7(1): 1-6.

Castanho, C.T., Oliveria, A.A., Prado, P.I.K.L., 2015. Does extreme environmental severity promote plant facilitation? An experimental field test in a subtropical coastal dune. *Oecologia*, 178: 855-866 s.

Çeçen, S., Öten, M., Erdurmuş, C., 2005. Batı Akdeniz sahil kuşağında sorgum (*Sorghum bicolor* L.), sudanotu (*Sorghum sudanense* Staph.) ve mısırın (*Zea mays* L.) ikinci ürün olarak değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(3): 337-341.

Çelik, B.V., Türk, M., 2021. The determination of forage yield of quality of some sorghum and sorghum sudangrass cultivars in ecological conditions of uşak province. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2(1): 1-7.

Çoban, N.Ü., Acar, R., 2018. Farklı tohum yataklarına ekilen sorgum sudan otu çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 7(2): 32-38.

Dogget, H., 1988. Sorghum. International Development Research, Canada.

Gençkan, M.S., 1983. Yembitkileri Tarımı, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova/İzmir.

Hosaflıoğlu, İ., 1998. Sorgum, sorgum x sudanotu melezi çeşitlerinin silaj amacıyla ikinci ürün olarak yetiştirilme olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Karataş, Z., 2011. Çukurova koşullarında II. ürün olarak bazı sorgum x sudanotu melezi çeşitlerinin biçim zamanının hasıl verim ve kalite unsurlarına etkileri üzerine bir araştırma. Yüksek lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Küçüksemerci, O., Baytekin, H., 2017. Çanakkale koşullarında yetiştirilen şeker sorgumda ekim sıklığının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1): 95–100.

Mülayim, M., Özköse, A., Işık, Ş., 2009. Konya koşullarında sorgum x sudanotu melezi çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal özelliklerin belirlenmesi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi Bildirileri*, 2: 627-630.

Öktem, A., Öktem, A.G., Demir, D., 2021. Geç olum süresine sahip bazı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor var. saccaharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin biyokütle verimi ve yem kalitesinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2): 315 – 325.

Özmen, S., 2017. Bingöl koşullarında farklı sorgum türlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.

Salman, A., Budak, B., 2015. Farklı sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum Bicolor* x *Sorghum Sudanense* Stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2): 93- 100.

Sas Institute Inc. 2011. Base SAS9.3 Procedures Guides (computer program), 536p.

Tanrıkulu, A., Dokuyucu, T., Avcı, İ., 2020. Yazlık ve kışlık ekilen yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin yeşil ot verimi ve silaj özellikleri bakımından değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 53-64.

To Cite	Erkovan, Ş., Afacan, H., 2024. Performances of Some Sorghum Genotypes Under Eskişehir Ecological Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 107-115. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10815404.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):116-126, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):116-126, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10815486

Thyme Sediments for Energy Storage Systems and Its Benefit Evaluations for Agricultural Economics

Ayça Nur ŞAHİN DEMİREL[1*], Serkan DEMİREL[2]
[1]Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Iğdır
[2]Iğdır University, Department of Electricity and Energy, Iğdır
[*]Corresponding author: aycanur.sahin@igdir.edu.tr

Abstract
In this study, the use of thyme residue as an electrode in energy storage systems was analyzed. The electrochemical analysis started by analyzing the CV in the ±0.5V range. However, due to low current values and misleading data, the measurement range was extended to ±1V and ±2V. Current plateaus of varying widths were observed in the ±0.5V and ±1V ranges at all scan rates. However, as the scan rates increased, redox peaks started to appear at the thyme sediment electrodes. At a scan rate of 200 mV/s, two different redox events were detected at 0.35 V and 1.4 V. Charge-discharge and power performance analyses were performed on capacitors made with thyme sediment electrodes. The results show that thyme sediment, an organic material, can store energy in capacitors and supercapacitors can be formed with a capacitance of about 101 F g^{-1}. As a result of the determination that thyme residue can be used as an alternative electrode material, evaluation analyzes were also made in terms of agricultural economy and it was concluded that this discovery could lead to significant economic developments for both the energy sector and agriculture.

Research Article

Article History
Received :15.11.2023
Accepted :28.12.2023

Keywords
Thyme
sediments
electrode
energy storage
capacitor

1. Introduction

In recent years, many disasters experienced around the world (Covid-19, earthquakes, climate changes, drought, etc.) have made people more conscious and encourage them to take precautions for a healthy life and a proper environmental structure (Doğan et al., 2022; Coşge Şenkal, 2020; Raihan, 2023; Tandrayen-Ragoobur, 2023). Especially in terms of the environment, minimizing waste production or reusing waste to a level that can be used in different areas or in different forms is of great importance for the future.

Many plants (such as lavender, thyme, daisy, rosemary etc.) around the world can be used for health, cosmetics and food (Tamboli, 2021; Sarihan & Tonçer, 2021; Shahrajabian & Sun, 2023). Of course, for such uses, plants must first be subjected to certain processes. For example, essential oils are produced from a plant used in cosmetics by the boiling method, which is the simplest process (Schmidt, 2020). While the essential oils produced are mostly used in cosmetics, they can also be used in health, cleaning and food applications (Schmidt, 2020; Shahrajabian & Sun, 2023; Tamboli, 2021). However, the evaluation of the residual sediment released after essential oil production is important in terms of environmental pollution. Because the plant sediment remaining after essential oil production, which is obtained with an average yield of 3%, is thrown away as garbage if it is not used for any other purpose (Demirel et al., 2023). This situation should be considered as an opportunity to improve environmental sustainability.

In contemporary practices, many plants and agricultural products are processed for various purposes, utilizing their distinct properties. Yet, the examination of the residual sediment from these processes holds promise for advancing environmental sustainability across diverse scientific domains. This study explores the feasibility of harnessing energy from the sediment of a plant commonly employed in health, cosmetics, and food sectors. Furthermore, it scrutinizes the findings through the lenses of agricultural economics, thereby bridging the realms of energy storage and agriculture.

Batteries and capacitors, both essential components of energy storage systems, share structural similarities. However, their distinguishing feature lies in their energy storage capacity. Batteries excel in storing substantial amounts of energy, albeit releasing it gradually for sustained use. In contrast, capacitors offer rapid deployment of the stored energy, albeit in relatively smaller quantities compared to batteries. Despite their nuanced differences, both systems comprise positive and negative pole materials, interspersed with an electrolyte layer that prevents electrical short circuits while facilitating energy storage (Olabi et al., 2021).

Many energy storage systems used today generally contain substances that are harmful to the environment and human health with their toxic structures (Co, Mn, S, K, P etc.) (Feng & Zhang, 2022; Zhang et al., 2022; Hou et al., 2023). This means using structures that may cause environmental harm instead of using fossil energy resources that have environmental damage. For this reason, it is important to choose the materials to be used in such energy storage systems from materials that will not harm the environment and humans. Although energy storage systems containing toxic substances have high-capacity performances, many scientific researches to be conducted today and in the future will result in environmentally friendly and healthy alternative products that can be used in these systems.

Within the scope of efforts to produce alternative products for use in energy storage systems, the idea of using the sediment of an agricultural product used in different fields has emerged (Demirel et al., 2023). Within the scope of this idea, the usability of Thyme sediments (TS), whose essential oil has been extracted, which has never been tried before, in energy storage systems was investigated. Thyme, a medicinal and aromatic product, is widely used in food, health, perfumery, etc. According to 2020 world thyme import and export figures, China is the leader in world

exports with a share of 29.3%, while India has a share of 16.64%, the Netherlands 8.63%, and Germany 4.08%. At the end of 2020, while China exported 3.22 billion dollars of thyme for thyme, the United States of America, which is the leader in terms of imports, imported 3.19 billion dollars of thyme ('2023 Thyme global market overview today').

Türkiye has a rich natural thyme production, especially in the Mediterranean regions. Thyme, traditionally collected from regions with wild plant resources, has increased in production in recent years with the spread of controlled agricultural practices (Şeker and Özçelik, 2017; Ege and Kalaycıoğlu, 2019). These practices are concentrated in the Mediterranean and Aegean regions, including Antalya, Isparta, Muğla and Aydın. Thyme production in Turkey fluctuates annually and is estimated to range between 10,000 and 15,000 tons. In addition, the prominence of oil distillation facilities in Antalya and Isparta puts Turkey at the forefront of the world in thyme oil production. Oregano oil production is emerging as a significant component of Turkey's agricultural income and offers an alternative for farmers seeking an additional income stream.

Thyme is a plant that grows easily, does not discriminate between soil types and does not require much water to grow. It can be easily grown not only as professional agriculture but also as a potted plant at home. Thyme's agricultural production does not require much effort and financial investment, and the essential oil it contains can be easily extracted, which has been an important factor in choosing to use it in energy storage systems. Within the scope of this study, thyme sediment, whose essential oil was previously extracted, was dried and powdered to create an electrode form for energy storage systems. A simple capacitor application was made with electrodes produced from thyme sediment and it was discovered that it is an alternative electrode material for supercapacitors, which are today's most up-to-date energy storage systems. It has also been determined that the capacitors formed with thyme essential oil have rechargeable properties. Following this discovery, in the next stage of the study, the use of thyme sediment in energy storage systems was evaluated in terms of agricultural economy. As a result of the evaluations, it was determined that discovering a different alternative area for thyme could increase agricultural thyme production and increase the current import and export figures in the world to even higher levels. In conclusion, this study aims to investigate the viability of utilizing thyme sediment as an alternative electrode material in energy storage systems and to assess its potential impact on agricultural economics. By exploring the feasibility of repurposing thyme residue for energy storage applications, this research seeks to contribute to both the advancement of sustainable energy technologies and the enhancement of agricultural productivity and economic growth.

2. Materials and Method

2.1. Materials

Thyme sediment obtained after the extraction of essential oil served as the primary raw material for electrode production. Carbon black (CB) was employed as a conductive material, enhancing the electrochemical properties of the electrodes. Carboxymethyl cellulose, acting as a binder, facilitated the uniform mixing of thyme sediment and carbon black, ensuring cohesive electrode formation. Platinum foils, cut into precise 1 cm^2 sizes, were utilized as substrates onto which the electrode materials were coated. A cellulosic paper membrane was employed as a separator between thyme sediment electrodes in the formation of symmetrical capacitors. 6 mol $KOH_{(aq)}$ solution, chosen for its conductivity and stability, served as the electrolyte for the energy storage experiments. The Gamry 1010-E model Potentiostat provided precise control and measurement capabilities for the analysis of energy storage properties.

2.2. Method

The electrode production process commenced with the weighing of thyme sediment, followed by its drying in an oven at

a constant temperature of 65°C for a duration of 4 days. Subsequently, the dried thyme sediment was ground into a fine powder using a grinder, ensuring uniformity in particle size (Figure 1-a). The powdered thyme sediment was then mixed with pure water to form a mud-like consistency. In the sludge creation process, a mixture was prepared with predetermined ratios of thyme sediment, carbon black, and carboxymethyl cellulose. This mixture was then evenly coated onto platinum foils, serving as the foundation for electrode assembly.

For the energy storage experiments, symmetrical capacitors were constructed by placing electrodes in a cell, with a cellulosic paper membrane acting as a separator to prevent electrical contact between the two electrodes (Figure 1-b). Electrolyte preparation involved the use of 6 mol $KOH_{(aq)}$ solution, ensuring optimal ion conductivity within the capacitor. Cyclic voltammetry (CV) measurements were conducted using the Gamry 1010-E model Potentiostat to assess the energy storage characteristics of the capacitors. Charge-discharge measurements were performed over 400 cycles to evaluate the capacitors' performance under varying conditions. CV measurements were made at constant scan rates of 200, 400, 800 mV/s and 1200 mV/s in the ranges of ±0.5, 1 and 2V.

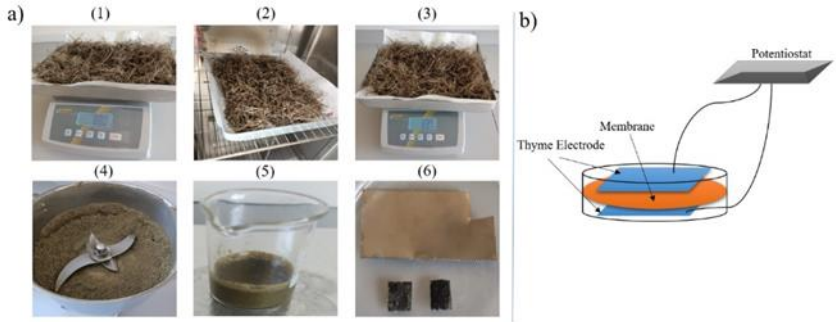


Figure 1. a) Distillation method schematics, b) simple capacitor cell application schematics.

Capacitance was calculated from CV measurements using the formula (1) referenced in previous literature, and the energy stored by the capacitors was determined using established equations (Demirel et al., 2023). This comprehensive methodology facilitated the systematic investigation of thyme sediment as a potential electrode material for energy storage applications.

$$W = \frac{1}{2} C V^2 \qquad (1)$$

where, W is the energy stored (joules, J); C is the calculated capacitance (farad, F); V is the potential difference (voltage, V). After calculating the amount of energy stored by the capacitor, the electrical power that this capacitor can produce is calculated with the formula (2).

$$P = \frac{dW}{dt} \qquad (2)$$

where; P is the potential power (watts, W), dt is the dissipation time (s).

3. Results and Discussion

3.1. The energy storage performance analysis

Electrochemical analysis studies on thyme sediment started with CV analysis. For energy storage system analyses, firstly, the ±0.5V range, which is the lowest possible voltage range suitable for technological and industrial applications, was selected. However, since the current values obtained in this voltage range were at very low levels and some data showed misleading values called "noise-data", it was decided to increase the measurement range. After this decision, measurements were made

within the range of ±1V and ±2V, again taking industrial applications into consideration. Figure 1 shows the current characteristic in the range of ±0.5V, ±1V and ±2V. Wide current plateaus were observed at all scan speeds in the ±0.5V, ±1V ranges. This indicates that energy storage systems that can be produced with thyme sediment electrode can store electrical energy. However, at increasing scan rates such as after 1V, some redox peaks began to be observed in the thyme sediment electrodes. Two different redox formations, seen in Figure 2-a and occurring at 0.35 V and 1.4 V levels at a scanning speed of 200 mV/s, stand out. As seen in Figure 2-b, c and d, there was an average shift of 0.1 V in these redox peaks due to increasing scanning speed. It is known that redox reactions that develop between 0-0.5 V under normal conditions are caused by the bonding of OH^- ions of the $KOH_{(aq)}$ electrolyte with the electrode (Habekost, 2016). Since the study on thyme sediment is new and there is not yet complete information about its physical and chemical structure characterizations, it is thought that the second redox occurring at 1.4 V levels is caused by OH- forming a different bond in a different region. New studies on this will be carried out in detail.

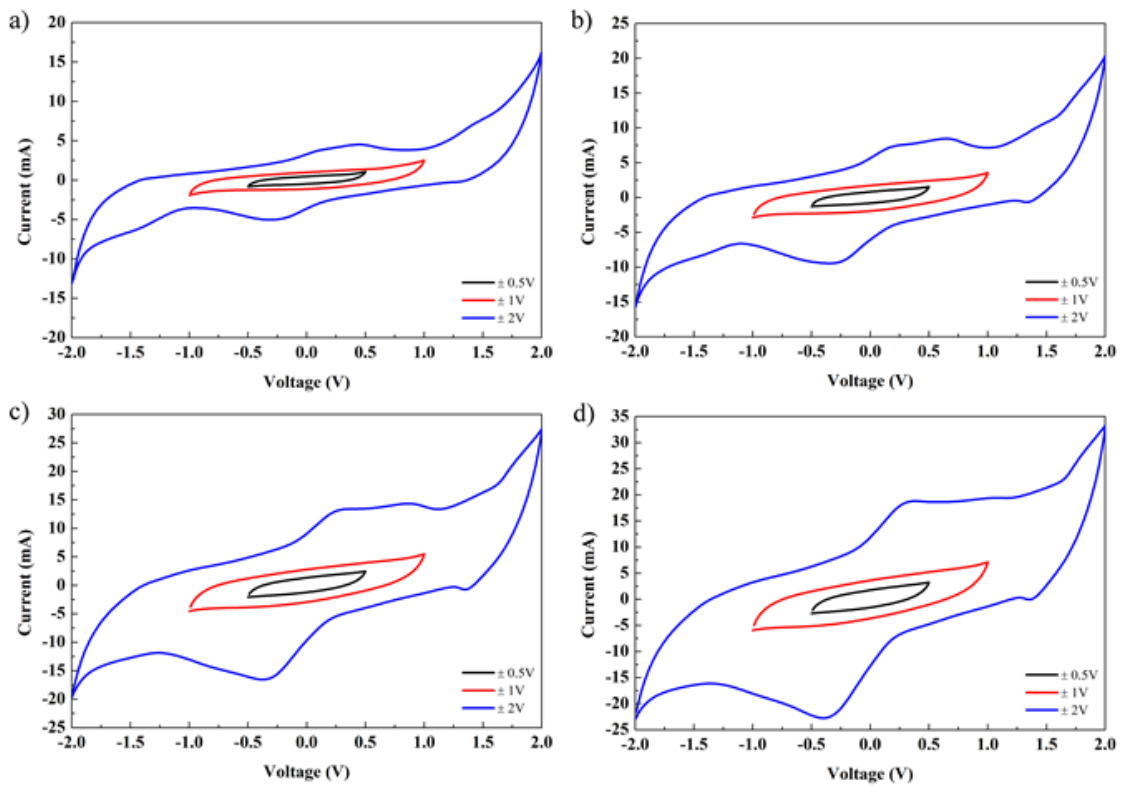


Figure 2. Current-Voltage characteristics of thyme sediment electrodes in different voltage ranges a)200 mV/s, b) 400 mV/s, c) 800 mV/s and d) 1200 mV/s

In the CV analyzes seen at different scanning speeds in Figure 2, it was also investigated whether the current characteristics to be obtained in the next cycle had continuity. In other words, can each voltage scanning rate be obtained again at similar values and in similar ways? To analyze this situation, scans were made 3 times at each scanning speed and the same current characteristics were obtained in repeated CV measurements. To avoid data confusion, only one of each of these three-loop data is shown in Figure 2.

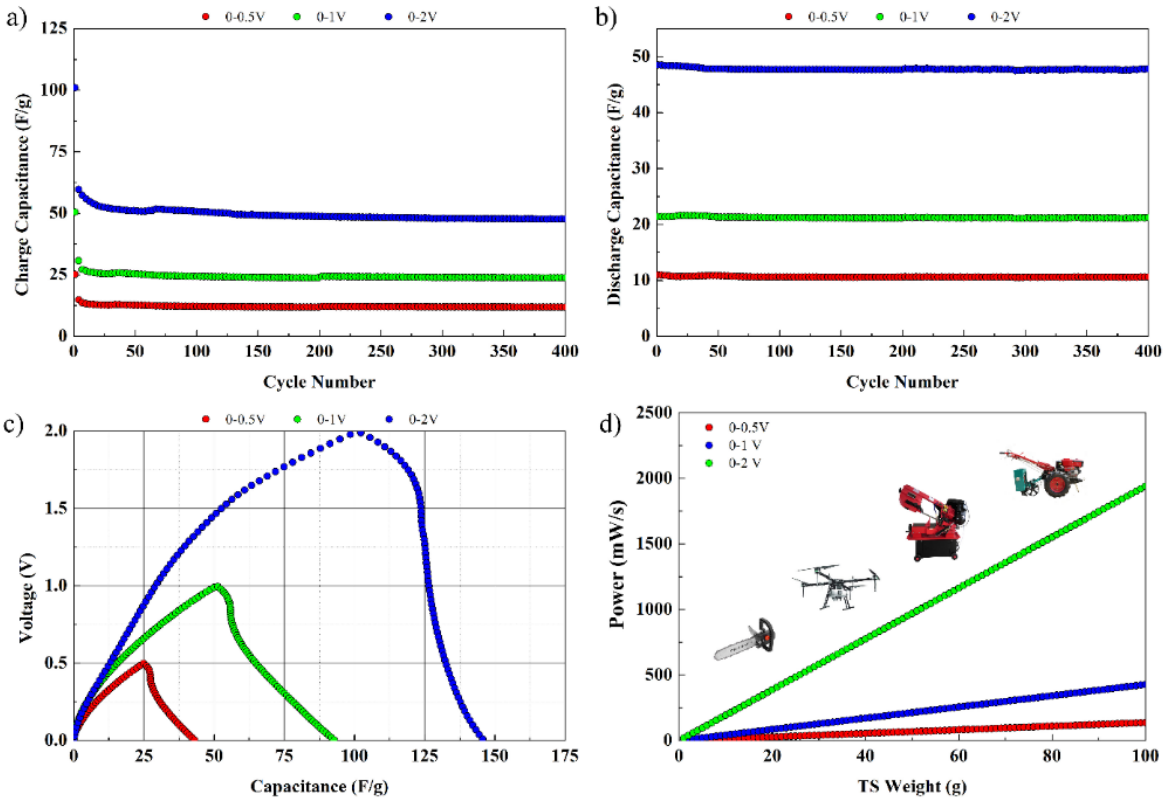


Figure 3. Charge-discharge performances of the capacitor formed with thyme sediment electrodes. a) 400-cycle charging performance, b) 400-cycle discharge performance, c) Initial charge-discharge capacity analysis and d) power performance analysis.

Figure 3 shows the charge-discharge and power performance analyzes of capacitors produced with thyme sediment electrode. When Figure 3-a and b were examined, it was determined that the highest capacitance values were reached for both charging and discharging in the 0-2V range. Under normal conditions, when capacitors have capacitance above Farad levels, they are called "Supercapacitors" (Demirel, 2020). In addition, it is known that supercapacitors are used in the power systems of high-performance electric vehicles in today's technology. In this context, when the first charge-discharge capacity values are analyzed, 101.04 F g^{-1} charge and 48.52 F g^{-1} discharge capacitance for the 0-2V range; 50.54 F g^{-1} charge, 21.41 F g^{-1} discharge capacitance for 0-1V range; For the 0-0.5 V range, 25.25 F g^{-1} charge and 11.02 F g^{-1} discharge capacitance values were obtained.

Figure 3-d and b show the charge and discharge capacitance characteristics of the capacitor formed with thyme sediment in 400 charge-discharge cycles. In general, while there was a slight decrease in capacitance values in the first 10 charge-discharge cycles, the electrodes exhibited stable energy storage characteristics in the continuing charge-discharge cycles. This stable behavior indicates that characteristic capacitors that exhibit particularly long charge-discharge life are produced. This shows that capacitors produced with thyme sediment can be operated stably for long cycles and that it is an electrode material that can be used for industrial and technological applications.

Table 1. Capacitance performance comparison of thyme sediment electrodes

Electrode	Capacitance ($F\ g^{-1}$)*	Reference
Activated Carbon	39.8	(Yong et al., 2018)
Activated Carbon	32.1	(Hillier et al., 2020)
Activated Carbon	90	
Graphene	81.7	(Liu et al., 2012)
Graphene	40	(Yuning Meng et al., 2013)
CNT	22	(Pushparaj et al., 2007)
MnO_2	141.8	(Lu et al., 2013)
MnO_2	29.8	(He et al., 2013)
Polyprrole	114	(Zhao et al. 2015)
Thyme Sediment (0-0.5V)	101.04	
Thyme Sediment (0-1V)	50.54	This Study
Thyme Sediment (0-2V)	25.25	

In Table-1, the capacitive performance comparison of thyme sediment with the most commonly used electrode types in the literature is given. As a result of the comparison in Table-1, it was determined that the capacitive performance of thyme sediment electrodes was at good levels and even had higher capacitance values than many toxic and environmentally harmful electrodes. In addition, literature studies show that capacitive performance can be increased by changing the electrolyte types used in capacitors (LiOH, H_2SO_4, NaCl etc.). As a result of the potential energy and power calculations that the capacitors produced with thyme sediment electrodes can have; It can deliver ~19 mW/s of power per gram in the 0-2 V range, ~3.8 mW/s in the 0-1 V range and 0.12 mW/s in the 0.-0.5V range. Although these levels seem low, the amount of power to be produced can be increased by changing the sizes of the capacitors to be created and connecting them in series. Figure 3-d shows how this situation changes, especially when using 100 grams TS.

3.2. Agricultural economics benefit

Thyme is generally used in many areas such as health, cosmetics and food. Obtaining Thyme extracts is of great importance, especially for its use in areas such as health and cosmetics. For example, in the extraction of thyme essential oil, dried thyme is boiled in water and the essential oil is evaporated with boiled water and condensed and liquefied in the next room. As the last process, essential oil is obtained by using the density difference. So, what to do after these procedures? How much oil can be obtained from a Thyme flower? A large amount of Thyme plant is used for the essential oil obtained at an average level of 3%. At the end of this process, a large amount of Thyme sediment remains. At this point, it is of great importance to evaluate thyme sediment as an alternative product. We wonder how the use of thyme sediment in energy systems, which is one of today's current issues, can be beneficial for agricultural producers? As a result of literature research, 2-tons dried thyme can be obtained per hectare. When we analyze this situation at the oil extraction level, 60 kg of thyme essential oil per hectare can be produced with a maximum essential oil yield of 3%. Within the scope of our study, an average of 1 gram of Thyme sediment was used as electrode active material for each capacitor produced. When evaluated commercially, it is noticeable how light today's battery systems are. For example, a phone battery; Considering that the current weight of a mobile phone is 200 grams, the battery accounts for an average of 50 grams of this weight. This 50-gram weight includes the battery case and other plastic equipment. In other words, the rate of active substance that stores energy is generally around 20 grams. These figures, which are very low and ideal for industrial production, when analyzed in terms of agricultural economy, show that agricultural producers' investment in thyme production can provide economic benefits in the long term. Because while benefiting from the contents of the thyme plant, also benefiting from its sediment stands out as one of the factors that can increase the value of thyme.

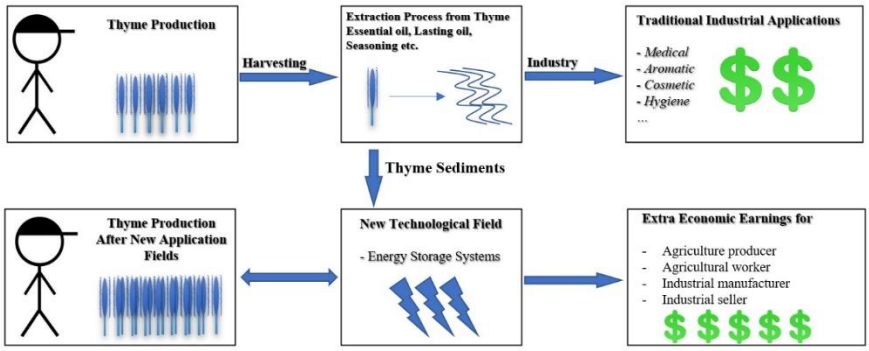


Figure 4. Creating an alternative and economic growth with the use of thyme sediment

Figure 4 is actually a picture of the basic logic we tried to explain above. The alternative created by a new field can make great contributions to both agricultural producers, agricultural workers, industrial workers and employers. Moreover, with the use of sediment, there will be a chance to leave a more beautiful world to future generations by making today's toxic energy storage systems more environmentally friendly.

The utilization of thyme sediment as an alternative electrode material not only presents a novel avenue for energy storage systems but also holds significant implications for agricultural economics. By repurposing thyme sediment, agricultural producers stand to benefit from additional revenue streams derived from the by-products of thyme extraction processes. This presents an opportunity for diversification of income sources within the agricultural sector, thereby enhancing resilience against market fluctuations and contributing to overall economic sustainability. Furthermore, the integration of thyme sediment into energy storage systems has the potential to enhance the value proposition of thyme cultivation for agricultural producers. As highlighted in our study, the lightweight nature of thyme-based energy storage solutions presents a favorable scenario for industrial production, aligning with contemporary trends towards more sustainable and efficient technologies.

Moreover, by incorporating thyme sediment into energy storage systems, agricultural producers can actively contribute to environmental conservation efforts. The reduction in reliance on traditional, potentially toxic energy storage materials in favor of eco-friendly alternatives not only mitigates environmental impact but also fosters a more sustainable agricultural ecosystem for future generations. In summary, the utilization of thyme sediment as an alternative electrode material represents a multifaceted opportunity for agricultural economics, encompassing additional revenue generation, enhanced market competitiveness, and environmental stewardship.

4. Conclusions

Thyme, which is used in many different areas, was used as an electrode in energy storage systems for the first time, using the sediment that emerged after the extraction of essential oil in the literature. For this purpose, thyme sediment coated on platinum foils and a cellulosic membrane and capacitor formula are available. Electrochemical CV measurements were made for irrigation analyzes based on energy storage performance. The results obtained show that thyme sediment, an organic product, can store energy at 2V in its capacitors and a supercapacitor can be created with a capacitance of ~101 F g^{-1}. The electrochemical electrode feature discovered for thyme sediment may create an alternative sales area for management authorization. Having thyme sediment as an alternative electrode material for capacitors will enable significant economic developments for both the energy sector and agriculture. In light of the results of this study, we recommend that policymakers consider

incentivizing investments in the utilization of thyme sediments for energy storage applications. Given the organic nature of thyme sediment and its demonstrated capability to store energy effectively, there exists a significant opportunity to capitalize on this renewable resource for sustainable energy solutions. Policymakers could explore the implementation of support mechanisms such as research grants, tax incentives, and regulatory frameworks to encourage investment and innovation in this emerging field. Furthermore, fostering collaboration between research institutions, industry stakeholders, and government agencies can facilitate the development and commercialization of thyme-based energy storage technologies. By leveraging the potential of thyme sediments as an alternative electrode material, policymakers can contribute to both the growth of the energy sector and the promotion of sustainable agricultural practices, thereby fostering economic development and environmental sustainability.

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

The datasets generated and/or analyzed during the current study are not publicly available for data protection reasons but are available from the corresponding author upon reasonable request.

References

2023 Thyme global market overview today. Retrieved 7 November 2023, from https://www.tridge.com/intelligences/thyme1/

Coşge Şenkal, B., 2020. The role of secondary metabolites obtained from medicinal and aromatic plants in our lives. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4): 1071–1079.

Demirel, A.N.Ş., Bagi, F., Yildirim, B., Demirel, S., 2023. A new technological application field for lavender and economic profit analysis for agricultural producers. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(3): 2185–2194.

Demirel, S., 2020. Bloedite-type $N_{a2}X(SO_4)_2$ (X = Ni, Mg) as novel alternative aqueous electrolyte materials for supercapacitors. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(22): 19809–19818.

Doğan, D.B., Kirar, N., Bilal, O., Daş, A., Avci, M., Bozkaya, F., Tufan, T., 2022. The effect of sumac supplementation on egg yield and egg quality in layer quails. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(4): 657–666.

Ege, G., Kalaycıoğlu, H., 2019. Türkiye'de kekik (Thymus spp.) yetiştiriciliği ve üretim teknikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(2): 212-220.

Feng, S., Fu, Z.H., Chen, X., Zhang, Q., 2022. A review on theoretical models for lithium–sulfur battery cathodes. *InfoMat*, 4(3): e12304.

Habekost, A., 2016. Experimental investigations of alkaline silver-zinc and copper-zinc batteries. *World Journal of Chemical Education*, 4(1): 4–12.

He, Y., Chen, W., Li, X., Zhang, Z., Fu, J., Zhao, C., Xie, E., 2013. Freestanding three-dimensional graphene/MnO_2 composite networks as ultralight and flexible supercapacitor electrodes. *ACS Nano*, 7(1): 174–182.

Hillier, N., Yong, S., Beeby, S., 2020. ScienceDirect The good, the bad and the porous: A review of carbonaceous materials for flexible supercapacitor applications.

Hou, X., Liu, X., Wang, H., Zhang, X., Zhou, J., Wang, M., 2023. Specific countermeasures to intrinsic capacity decline issues and future direction of $LiMn_2O_4$ cathode. *Energy Storage Materials*, 57: 577–606.

Jost, K., Perez, C.R., McDonough, J.K., Presser, V., Heon, M., Dion, G., Gogotsi, Y., 2011. Carbon coated textiles for flexible energy storage. *Energy & Environmental Science*, 4(12): 5060–5067.

Liu, W.W., Yan, X. Bin, Lang, J.W., Peng, C., Xue, Q.J., 2012. Flexible and conductive nanocomposite electrode based on graphene sheets and cotton cloth for supercapacitor. *Journal of Materials Chemistry*, 22(33): 17245–17253.

Lu, X., Yu, M., Wang, G., Zhai, T., Xie, S., Ling, Y., Li, Y., 2013. H-TiO_2@MnO_2//H-TiO_2@C Core–Shell Nanowires for High Performance and Flexible Asymmetric Supercapacitors. *Advanced Materials*, 25(2): 267–272.

Ma, W., Chen, S., Yang, S., Chen, W., Weng, W., Zhu, M., 2016. Bottom-Up fabrication of activated carbon fiber for all-solid-state supercapacitor with excellent electrochemical performance. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 8(23): 14622–14627.

Olabi, A.G., Onumaegbu, C., Wilberforce, T., Ramadan, M., Abdelkareem, M.A., Al – Alami, A.H., 2021. Critical review of energy storage systems. *Energy*, 214: 118987.

Pushparaj, V.L., Shaijumon, M.M., Kumar, A., Murugesan, S., Ci, L., Vajtai, R., Ajayan, P. M., 2007. Flexible energy storage devices based on nanocomposite paper. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(34): 13574–13577.

Raihan, A., 2023. A review of the global climate change impacts, adaptation strategies, and mitigation options in the socio-economic and environmental sectors. *Journal of Environmental Science and Economics*, 2(3): 36–58.

Sarihan, B., Tonçer, Ö., 2021. The impact of drying methods on product quality of *Rosmarinus officinalis* L. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 411–417.

Schmidt, E., 2020. Production of Essential Oils. *Handbook of Essential Oils*, 125–160.

Shahrajabian, M.H., Sun, W., 2023. Seed Biology and Pharmacological Benefits of Fennel, Lavender, Thyme and Echinacea Species.

Şeker, M.A., Özçelik, M., 2017. Determination of essential oil yields and quality characteristics of thyme (*Thymus vulgaris* L.) grown in different regions of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(4): 446-451.

Tamboli, F.A., 2021. Medicinal plants used in cosmetics for skin and hair care. *Article in International Journal of Pharmaceutical Chemistry and Analysis*, 8(2): 36–40.

Tandrayen-Ragoobur, V., 2023. Going beyond the Covid-19 pandemic: climate change remains the biggest threat for small island developing states. *Developments in Corporate Governance and Responsibility*, 20: 71–94.

Yong, S., Owen, J., Beeby, S., 2018. Solid-State Supercapacitor Fabricated in a Single Woven Textile Layer for E-Textiles Applications. *Advanced Engineering Materials*, 20(5).

Yuning Meng, C., Zhao, Y., Hu, C., Cheng, H., Hu, Y., Zhang, Z., Shi, G., 2013. All-graphene core-sheath microfibers for all-solid-state, stretchable fibriform supercapacitors and wearable electronic textiles. *Advanced Materials*, 25(16): 2326–2331.

Zhang, J.C., Liu, Z.D., Zeng, C.H., Luo, J.W., Deng, Y. Da, Cui, X.Y., Chen, Y.N., 2022. High-voltage LiCoO2 cathodes for high-energy-density lithium-ion battery. *Rare Metals*, 41(12): 3946–3956.

Zhao, C., Chai, B., Chen, X., 2015. An improved convergence rate of A-P reconstruction algorithm and application in signal processing. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, *287*: 12–19.

To Cite	Şahin Demirel, A.N., Demirel, S., 2024. Thyme Sediments for Energy Storage Systems and Its Benefit Evaluations for Agricultural Economics. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1):116-126. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10815486.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):127-133, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):127-133, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10815493

Melatonin Receptor 1A (MTNR1A) Gene Polymorphism in Cross-Bred Hamdani Sheep: A Preliminary Study

Ali Osman TURGUT[1*], Davut KOCA[2]
[1]Siirt University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Science, Siirt
[2]Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology, Van
[*]Corresponding author: aosman.turgut@siirt.edu.tr

Abstract
Melatonin plays a key role in regulating several vital physiological processes, including the maturation and functioning of the reproductive system, pubertal development, seasonal reproduction, and adaptation. The activation of the melatonin hormone is facilitated by melatonin receptors. This study aimed to investigate melatonin receptor 1A (MTNR1A) gene polymorphism in cross-bred Hamdani sheep. A total of 102 cross-bred Hamdani ewes were used as animal material. DNA was extracted from whole blood. The 824 bp PCR products from the exon II region of the MTNR1A gene underwent analysis for restriction fragment length polymorphism (RFLP) using the *RsaI* restriction enzyme. In the study, RR, Rr, and rr genotypes were detected for MTNR1A gene in cross-bred Hamdani sheep. Genotype frequencies for RR, Rr, rr were 0.69, 0.27, and 0.04, respectively. Allele frequencies were detected as 0.82 and 0.18 for R and r alleles, respectively. In conclusion, more comprehensive research investigating association between MTNR1A genotypes and reproductive traits should be carried out in cross-bred Hamdani sheep.

Research Article

Article History
Received :18.11.2023
Accepted :28.12.2023

Keywords
Cross-bred Hamdani sheep
MTNR1A
polymorphism
PCR-RFLP
reproduction

1. Introduction

The sheep industry is of vital importance for Türkiye as it has contributed to animal production for centuries. According to novel data, Turkey is one of the top countries in the case of the number of sheep worldwide (TUIK, 2023). However, this is not reflected in the production data as expected. The main reasons for this are the insufficient recording systems, traditional breeding strategies, high feeding cost, and low production ability of animals (Tamer and Sarıözkan, 2017; Karadaş, 2018; Barığ and Çelikyürek, 2023).

Sheep breeds raised in Türkiye are mainly native breeds that are well adapted to their region. Although these breeds have good adaptation ability, their reproduction depends on photoperiod (Fındık, 2017). Therefore, reproductive activities are seasonal in most native sheep breeds of Türkiye (Doğan and Kutlu, 2022). These limit the number of offspring and eventually sustainability of animal products such as milk and meat (Doğan and Kutlu, 2022). However, consumers demand access to animal products throughout the year (Kan et al., 2010). Therefore, seasonality in sheep is one of the major limitations for consumers' demands.

In sheep, seasonal reproduction is activated by Melatonin (MT) secretion in autumn when the daylight gets shorter. Melatonin secretion from the pineal gland triggers gonadotropin-releasing hormone (GnRH). Eventually, GnRH regulates the secretion of follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH). MT uses its receptor, melatonin receptor 1A (MTNR1A), to regulate reproductive activities in reproductive organs (Chemineau et al., 2010). Current researches reveal that seasonality in sheep has genetic origins. Accumulative findings from these researches indicate that genetic variations may affect seasonality and also reproductive traits in sheep. (Cosso et al., 2021; Antonopoulou et al., 2023). At this point, the MTNR1A gene is one of the best-characterized genes. The findings across previous studies consistently pointed to an association between the MTNR1A gene and its role in regulating seasonal influences on ewes' reproduction in sheep (Martínez-Royo et al., 2012; Luridiana et al., 2020; Starič et al., 2020; Cosso et al., 2021; Antonopoulou et al., 2023). Therefore, the MTNR1A gene is an important candidate to improve reproductive traits by decreasing seasonality in native sheep breeds of Türkiye.

Cross-bred Hamdani sheep are raised in Siirt province and its surroundings and constitute the majority of sheep raised in Siirt in Türkiye (Bakır and Mikail, 2019; Turgut et al., 2023). In this study, it was aimed to investigate MTNR1A gene polymorphism in cross-bred Hamdani sheep.

2. Materials and Methods

2.1. Animals and sample collection

In this study, 102 cross-bred Hamdani ewes were used as animal material. Blood samples were collected from 14 flock located in Siirt, Kurtalan, Tillo, Eruh, Şirvan, Pervari. Blood samples were collected from the jugular vein into 9 mL K_3EDTA tubes (BD Vacutainer®, Becton Dickinson, Turkey) and stored at -20°C until analysis.

2.2 DNA extraction

DNA was extracted from blood using a genomic DNA isolation kit (Hibrigen, Hydra Biotechnology, Türkiye) following the manufacturer's instructions. DNA quantity and purity were assessed via spectrophotometry (Allsheng, Hangzhou, China), and integrity was evaluated via %1 agarose gel electrophoresis.

2.3. Polymerase chain reaction (PCR)-restriction fragment length polymorphism (RFLP)

PCR reactions were conducted in 25 µL volumes, including genomic DNA (50-100 ng), PCR 2XTaq Master Mix (12.5 µL) (Hibrigen, Hydra Biotechnology, Türkiye), primers (4 pmol each), and water up to 25 µL. PCR conditions included initial denaturation (95°C for 5 min), followed by cycles of denaturation (94°C for 30 sec), annealing (64°C for 45 sec), extension (72°C for 45 sec), and final extension (72°C for 7 min) Kyratec SC300G thermal cycler (Kyratec, Queensland,

Australia). PCR products of exon II region of MTNR1A gene were visualized on a 2% agarose gel stained with SYBR Safe under UV light. Primer pair used for PCR amplification was given in Table 1.

Table 1. Primers and PCR product size

Gene	Region	Primers (5'→3')	Product size (bp)	Reference
MTNR1A	Exon II	F: TGTGTTTGTGGTGAGCCTGG R: ATGGAGAGGGTTTGCGTTTA	824	Messer et al., (1997)

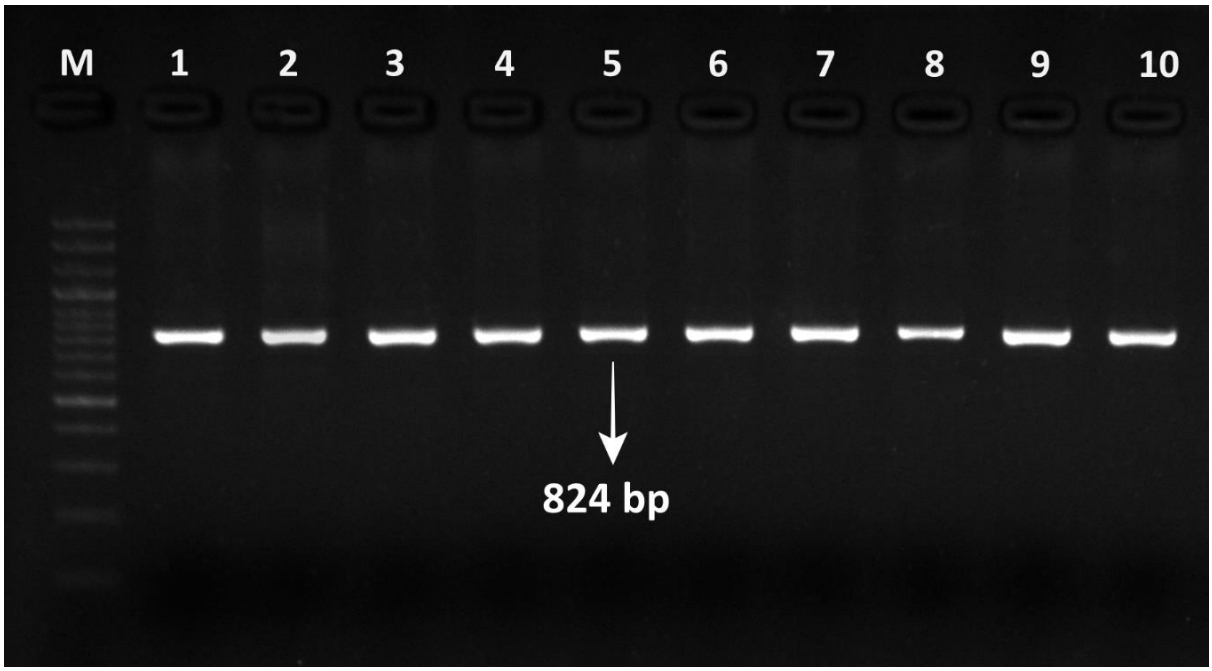


Figure 1. Lines 1-10 show 824 bp PCR products of exon II region of MTNR1A gene. M: 100 bp DNA ladder

MTNR1A genotypes were identified using the restriction fragment length polymorphism (RFLP) method. RFLP reactions were performed in 25 µL; PCR products (10 µL), *RsaI* restriction enzyme (10 units) (NEB, UK), 10X rCutSmart buffer (2.5 µL) (NEB, UK), and water up to 25 µL. Fragment analysis was carried out on a 4% agarose gel stained with SYBR Safe under UV light using a gel imaging system (Gene-Box, ER Biotech, Türkiye).

2.4. Statistical analysis

Statistical analyses were conducted using Minitab® 16 software. Allele and genotype frequencies of MTNR1A gene were calculated by direct counting method. Hardy-Weinberg equilibrium for MTNR1A genotypes and alleles was evaluated using the Chi-square test.

3. Results

Result for PCR reaction is shown in Figure 1. Following RFLP reaction, genotype discrimination was performed based on fragment size on the agarose gel.

In the study, RR, Rr, and rr genotypes were identified in exon II region of MTNR1A gene (Figure 2). Observed genotype frequencies for RR, Rr, and rr were 0.69, 0.27, and 0.04, respectively. Regarding genotypes, R and r allele frequencies were 0.82 and 0.18, respectively. Allele distribution of MTNR1A gene was in HWE ($p>0.05$) (Table 2).

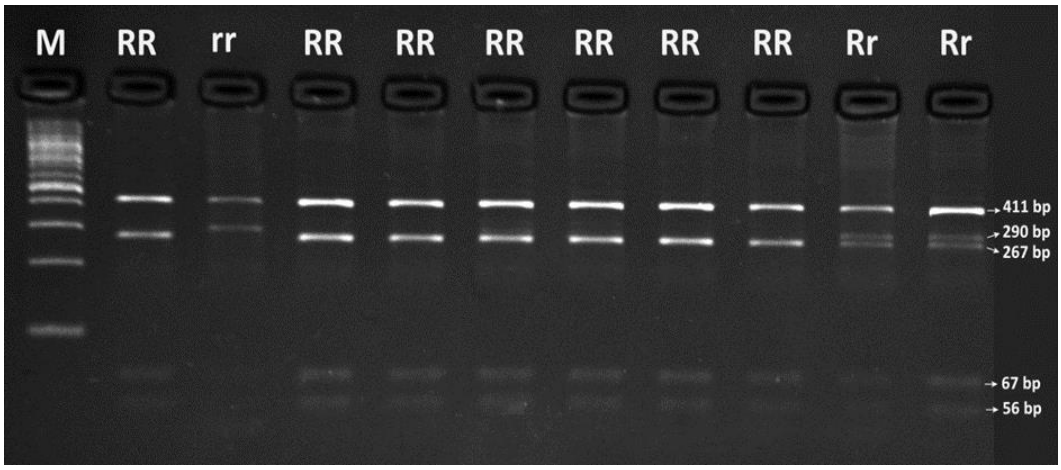


Figure 2. PCR-RFLP restriction pattern of exon II region of MTNR1A gene for *RsaI* enzyme. Three genotypes: RR (411 bp, 267 bp, 67 bp, and 56 bp), Rr (411 bp, 290 bp, 267 bp, 67 bp, and 56 bp), and rr (411 bp, 290 bp, 67 bp, and 56 bp) were detected. The smallest fragments (23 bp) of RR and Rr genotypes are not visible on the agarose gel. M: 100 bp DNA ladder

Table 2. Allele and genotype frequencies exon II region of MTNR1A gene

		Allele Frequency		Genotypes (Observed)					
MTNR1A	n	R allele	r allele	RR	Rr	rr	Ho	He	p-value
	102	0.82	0.18	70	28	4	0.274	0.290	$>0.05^{NS}$

NS: Non-significant, Ho: Observed heterozygosity, He: Expected heterozygosity

4. Discussion

In this study, it was detected polymorphism in exon II of MTNR1A gene in Cross-bred Hamdani sheep. In the study, we have detected RR, Rr and rr genotypes. Allele frequencies for R and r alleles were 0.82 and 0.18, respectively. Allele frequencies for MTNR1A gene were in HWE equilibrium. In Kurdi sheep, Varanlou et al. (2017) detected R and r allele frequency 0.49 and 0.51, respectively. In another study, Saxena et al., (2015) detected polymorphism at the same point in MTNR1A gene in different Indian sheep breeds. They reported R and r allele frequency as 0.93 and 0.07 in Malpura breed; 0.72 and 0.18 in Patanwadi breed; 0.46 and 0.54 in Sandyno breed and 0.56 and 0.44 in Nilgiri breed. However, Vibha et al., (2018) reported that MTNR1A gene exhibits a monomorphic restriction pattern for *RsaI* in Suwarna and Mandya sheep breeds. On the other hand, Luridiana et al., (2016) also reported that 824 bp amplicons of exon II region of MTNR1A gene show polymorphic patterns for *RsaI*. Arjoune et al., (2023) found to be polymorphic MTNR1A gene in two different Mediterranean sheep breeds. They reported R and r allele frequency as 0.37 and 0.63 in Barbarine sheep, and 0.67 and 0.33 in Queue Fine de l'Ouest sheep. Similarly, Fathy et al., (2018) detected polymorphism in MTNR1A gene in different sheep breeds raised in Egypt. The findings of this study were consistent with previous studies in different breeds.

This polymorphism was also investigated in Native Turkish sheep breeds. Avanus and Altınel (2016) detected polymorphism in MTNR1A gene for this SNP in Kıvırcık ewes. They reported R and r allele frequencies as 0.68 and 0.32, respectively. In another study Elmacı et al., (2013) detected R and r allele frequency as 0.73 and 0.27 in Turkish Awassi, 0.60 and 0.40 in Dağlıç, 0.64 and 0.36 in Akkaraman, and 0.41 and 0.58 in Sakız sheep breeds. However, Şeker et al., (2011) reported as monomorphic for this SNP in Turkish Awassi, Akkaraman and Sakız sheep breeds. Our findings show that R allele frequency is higher than in r allele frequency consistent with previous studies conducted in native sheep breeds of Türkiye.

Comprehensive studies revealed that there were many polymorhism in MTNR1A gene. Cosso et al., (2021) reported new polymorphisms in promoter, exon I, intron I, exon II, and 3'UTR regions of MTNR1A gene in Awassi sheep. Similarly, Mura et al., (2022) and Arjoune et al., (2023) reported new polymorphisms in MTNR1A gene in sheep. Furthermore, these studies also indicate that MTNR1A gene polymorphisms are related to fertility rate, days from ram introduction to lambing (DRIL) (Mura et al., 2022), litter size, lambing rate, days to lambing (Cosso et al., 2021; Pulinas et al., 2022; Arjoune et al., 2023). According to our acknowledgement, this is the first report showing MTNR1A gene polymorphism in cross-bred Hamdani sheep. A preliminary study implies that fertility may be affected due to individual differences between ewes in cross-bred Hamdani ewes (Turgut and Koca, 2024). Considering the results of previous studies in different sheep breeds, our findings in this study may be valuable in detection of genetic markers for selection programs in cross-bred Hamdani sheep.

5. Conclusions

In conclusion, we detected polymorphism in exon II region of MTNR1A gene in cross-bred Hamdani sheep in this study. Due to the effect of MTNR1A gene polymorphisms on reproductive parameters in sheep, further research investigating association between MTNR1A genotypes and reproductive traits should be carried out in cross-bred Hamdani sheep.

Declaration of Author Contributions

Idea / Concept: Ali Osman TURGUT, Davut KOCA, Data Collecting and / or Processing: Ali Osman TURGUT, Davut KOCA, Analysis and / or Interpretation: Ali Osman TURGUT, Writing the Article: Ali Osman TURGUT, Davut KOCA

Declaration of Conflicts of Interest

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

Ethical Committee Approval

This study was conducted with the permission of Siirt University Animal Experiments Local Ethics Committee with the number 2023/07/51.

Acknowledgement

The authors thank Assoc. Prof. Dr. Burçak ASLAN ÇELİK and Assoc. Prof. Dr. Özgül GÜLAYDIN for technical support in this study.

References

Antonopoulou, D., Giantsis, I.A., Symeon, G. K., Avdi, M., 2023. Association of MTNR1A and GDF9 gene allelles with the reproductive performance, response to oestrus induction treatments and prolificacy, in improved and non-improved local indigenous sheep breeds. *Reproduction in Domestic Animals*, 58(11): 1532-1541.

Arjoune, A., Alsaleh, A.B., Messaoudi, S.A., Chelbi, H., Jelassi, R., Assidi, M., Najar, T., Haddad, B., Sirard, M.A., 2023. Analysis of MTNR1A genetic polymorphisms and their association with the reproductive performance parameters in two Mediterranean sheep breeds. *Animals*, 13(3): 448,1-13.

Avanus, K., Altinel, A., 2016. Identification of genetic variation of melatonin receptor 1a (mtnr1a) gene in kıvırcık breed ewes by mnli and rsai restriction enzymes. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(4): 571-576.

Bakır, G., Mikail, N., 2019. Siirt ilindeki küçükbaş hayvancılık işletmelerinin yapısal durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1): 66-74.

Barığ, M., Çelikyürek, H., 2023. Van ili koyunculuk işletmelerinde kullanılan teknolojilerin tespiti. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(4):576-589.

Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiery, J. C., Malpaux, B., 2010. Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene*, 45(Suppl 3): 42–49.

Cosso, G., Nehme, M., Luridiana, S., 2021. Detection of polymorphisms in the mtnr1a gene and their association with reproductive performance in awassi ewes. *Animals*. 11(2): 1-11.

Doğan, H., Kutlu, M., 2022. Üreme Sezonu Dışında Kısa Süreli Progestagen ve PMSG ile senkronize edilen koyunlarda immunmodülatör kullanımının vaginal akıntı skoru ve konsepsiyon oranı üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 36(3): 196-199.

Elmacı, C., Sahin, S., Oner, Y., 2013. Distribution of different alleles of aromatase cytochrome P450 (CYP19) and melatonin receptor 1A (MTRN1A) genes among native Turkish sheep breeds. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(6): 929-933.

Fathy, H.A., Gouda, E.M., Gafer, J.A., Galal, M.K., Nowier, A.M., 2018. Genetic polymorphism in melatonin receptor 1A and arylalkylamine N-acetyltransferase and its impact on seasonal reproduction in Egyptian sheep breeds. *Archives Animal Breeding*, 61(4): 505-516.

Fındık, M., 2017. Küçük ruminantlarda reprodüktif sürü yönetimi. *Türkiye Klinikleri Journal Veterinary Science Obstetion Gynecol-Special Topics*, 3: 96-98.

Kan, M., Gülçubuk, B., Kan, A., Küçükçongar, M., 2010. Coğrafi işaret olarak karaman divle tulum peyniri. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2010(2): 15-23.

Karadaş, K., 2018. Koyunculuk işletmelerinin sosyo-ekonomik durumu Hakkâri ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1): 29-35.

Luridiana, S., Cosso, G., Pulinas, L., Di Stefano, M.V., Curone, G., Carcangiu, V., Mura, M.C., 2020. New polymorphisms at MTNR1A gene and their association with reproductive resumption in sarda breed sheep. *Theriogenology*, 158: 438-444.

Luridiana, S., Mura, M.C., Daga, C., Cosso, G., Bodano, S., Farci, F., Zidda, F., Carcangiu, V., 2016. Influences of melatonin treatment, melatonin receptor 1A (MTNR1A) and kisspeptin (KiSS-1) gene polymorphisms on first conception in Sarda ewe lambs. *Reproduction, Fertility and Development*, 28(6): 750-756.

Martínez-Royo, A., Lahoz, B., Alabart, J.L., Folch, J., Calvo, J.H., 2012. Characterisation of the melatonin receptor 1A (MTNR1A) gene in the Rasa Aragonesa sheep breed: association with reproductive seasonality. *Animal Reproduction Science*, 133(3-4): 169-175.

Messer, L.A., Wang, L., Tuggle, C.K., Yerle, M., Chardon, P., Pomp, D., Womack, J.E., Barendse, W., Crawford, A.M., Notter, D.R., Rothschild, M.F., 1997. Mapping of the melatonin receptor la (MTNR1A) gene in pigs, sheep, and cattle. *Mammalian Genome*, 8: 368-370.

Mura, M.C., Cosso, G., Pulinas, L., Carcangiu, V., Luridiana, S., 2022. Reproductive resumption in winter and spring related to MTNR1A gene polymorphisms in sarda sheep. *Animals*, 12(21): 2947.

Pulinas, L., Starič, J., Cosso, G., Curone, G., Mura, M.C., Carcangiu, V., Luridiana, S., 2022. MTNR1A gene polymorphisms and reproductive recovery after seasonal anoestrus in different Mediterranean sheep breeds. *Animal Reproduction Science*, 236: 106905.

Saxena, V.K., B.K., Meena, A.S., Naqvi, S.M.K., 2015. Characterization of MTNR1A gene in terms of genetic variability in a panel of subtemperate and subtropical Indian sheep breeds. *Journal of Genetics*, 94: 715-721.

Şeker, I., Ozmen, O., Ertugrul, O., 2011. Polymorphism in melatonin receptor 1A (MTRN1A) gene in Chios, White Karaman and Awassi sheep breeds. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5): 865-868.

Starič, J., Farci, F., Luridiana, S., Mura, M. C., Pulinas, L., Cosso, G., Carcangiu, V., 2020. Reproductive performance in three Slovenian sheep breeds with different alleles for the MTNR1A gene. *Animal Reproduction Science*, 216: 106352.

Tamer, B., Sariözkan, S., 2017. Yozgat merkez ilçede koyunculuk yapan işletmelerin sosyo-ekonomik yapısı ve üretim maliyetleri. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(1): 39-47.

TUIK, 2023. Hayvansal Üretim İstatistikleri. (https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-2023-49681), (Erişim Tarihi: 08.06.2023)

Turgut, A.O., Gülendağ, E., Koca, D., Üner, S., 2023. Milk composition traits of hamdani crossbreed sheep raised under extensive management. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 271-279.

Turgut, A.O., Koca, D., 2024. Serum anti-müllerian hormone levels during estrus and diestrus phases of the estrous cycle and its possible effect on fertility in cross-bred hamdani sheep. *Pakistan Veterinary Journal*.

Varanlou, D., Hassani, S., Ahani Azari, M., Samadi, F., Zakizadeh, S., Khan Ahmadi, A.R., 2017. Association between MTNR1A and CYP19 genes polymorphisms and economic traits in kurdi sheep. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7(1): 69-74.

Vibha, C.R., Ramakrishnappa, N., Naveen, G.S., Jayashree, R., Ravindranathe, B.M., 2018. MTNR-1A gene polymorphism in two tropical sheep breeds of South India. *Indian Journal of Veterinary Sciences & Biotechnology*, 14(2): 44-48.

To Cite	Turgut, A.O., Koca, D., 2024. Melatonin Receptor 1A (MTNR1A) Gene Polymorphism in Cross-Bred Hamdani Sheep: A Preliminary Study. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 127-133. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10815493.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):134-149, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):134-149, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10819328

Biochar and Rhizobium Applications: A Promising Synergy for Improved Soybean Growth and Rhizosphere Microbial Activities

Ali SARIOĞLU[1*], Ahmet ALMACA[1], Kemal DOĞAN[2], Emrah RAMAZANOĞLU[1]
[1]Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Şanlıurfa
[2]Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Hatay
[*]Corresponding author: asarioglu@harran.edu.tr

Abstract
This study aimed to examine the effects of biochar application and rhizobium inoculation on soybean growth and specific rhizosphere soil microbial activities. Biochar, extensively tested over the past two decades, enhances soil physical, chemical, and biological properties, thereby positively contributing to agricultural yield. Leguminous plants like soybeans exhibit improved growth by reducing the use of mineral fertilizers through rhizobial inoculation. It is an important finding that the applications provided an approximately 100% increase in plant fresh weight. In this study, the utilized biochar served as an alternative organic material, not only regulating soil properties but also enhancing *rhizobial* activity. Conducted as a greenhouse experiment with the soils of Şanlıurfa, this research involved dual factor experiments with *rhizobium* applications and two doses of biochar (1%-1.5%) applications. According to the overall average results of the study, it was determined that *rhizobium* and biochar applications increased plant growth and nodule formation. While nodules did not form in samples without bacterial inoculation, this number increased to 13-19 with vaccination and applications.The determined values of CO_2 produce, DHA enzyme activity, and MBC content in the soil of the plant root zone increased with *rhizobium* inoculations and biochar applications. It was seen by correlation analysis that bacterial inoculation increased MBC contents in the soil, increased CO_2 content, and increased CO_2 increased total N, and was found to be significant.

Research Article

Article History
Received :19.11.2023
Accepted :28.12.2023

Keywords
Biochar
rhizobium
soybean
soil microbial activity

1. Introductıon

The need to feed a growing population inspired intensive agriculture practices and was motivated by commercial concerns over time. This has led to the attenuation of soil organic matter and microbial activities, hence falling below levels of soil fertility. In fact, studies point that enrichment in soil organic matter and restoration of the quality elements are promoted for sustainability; hence, even the recommendation tends to lie not only on mineral applications but on many incorporated microorganisms and organic material as well (Sarıoğlu et al., 2017). This research proves to be useful in zero waste projects and ecological studies since it gauges the extent of the contribution of biochar to rhizobial activity.

Pyrolysis is one of the thermochemical processes through which one leaves his plants to decay in very poor oxygen conditions and at very high temperatures (Zaman et al., 2017). During pyrolysis, energy sources like oil, coal, and natural gas form. Charcoal is also another form of energy (Akgül, 2017). Many researchers have identified the application of biochar obtained at pyrolysis temperatures between 300 and 1000 °C, resulting from pyrolysis on many organic materials under absence or at a very low percentage of oxygen, leading greatly to the improvement of physical, chemical, and biological properties of those soils (Utomo et al., 2016; Komkiene and Baltrenaite, 2016; Alaboz and Işıldar, 2018).

The use of biochar in agricultural uses has particularly increased in recent years, trying to mitigate some of the vicious effects of climatic alterations and to promote soil fertility sustainability by ecological restoration in agriculture (Wang et al., 2016).

On the other hand, biochar exhibits very high surface areas (about 500 m^2 g^{-1}) and is porous, hence the high cation exchange capacity and high-water retention ability (Lorenz and Lal, 2014). Additionally, biochar has a high oxygen content, which leads to high surface acid-base functional activities. Biochar helps in the provision of nutrients to the soil, making it possible for plants to take up certain elements easily from the soil, including phosphorus and nitrogen (Glaser et al., 2015).

A study was conducted to examine the influence of biochar from urban waste and sludge on soil properties from the developed soil material. According to the results, the content of microelements and heavy metals in the soil is affected by the biochar used (Fırat, 2023).

Although the exact full structure of biochar, produced from various organic material char, has not yet been fully elucidated, it was reported that it contains more concentric rings of fullerene type, or of short graphite structures, or semi-spherical structures than a single level long structure of graphite like normal coal (Ho et al., 2012). The application of high temperature to biomass enhances the breaking down of molecules to smaller, more aromatic forms. Biochar containing these forms may be persistent in the soils for a long duration compared to other organic materials. However, these activities in the soil have been attributed to biochar-soil application, but there is no clear understanding of their effect on the activities in the long run. Soils were taken from both areas: one area receiving a history of exposure to coal for over 150 years and normal agricultural fields. They were then incubated with time to know the changing microbial activities. The study showed that the agriculture practices and the characteristics of the different coals were significant in the activity of soil microbial. Thus, literature has it that any application of biochar without conducting joint soil and biochar property assessment may prove damaging to the soils.

Being a legume, proper inoculation of soybean with Rhizobium tends to provide better and high yields. The application of rhizobial inoculants in legumes also reduces the use of mineral fertilizers and chemicals, thus conserving the sustainability of agricultural soils (Naseer et al., 2019). Most of the rhizobial inoculums involve such organic material to bring out more bacterial activity, favoring root infection. The physicochemical properties of biochars are the best-suited for such rhizobial activities, so biochar can be

used as a substitute for another scarce organic material. Experimentation involved various types of biochars preparations and inocula, with different numbers of days of storage. The storage period was found to influence the activity of the rhizobia. For instance, literature shows that solid biochar inoculum application resulted in a positive influence on plant growth (Glodowska et al., 2017). The experiment thus seeks to study the combined influences of biochar application and inoculation with rhizobium for soybean growth to benefit advancements of sustainable practices in the agricultural sector.

2. Materials and methods

This research was conducted in the greenhouse of the Department of Soil Science and Plant Nutrition at Harran University, using soil-filled pots with a capacity of 5 liters (5 kg soil). Some soil characteristics before the experiment are provided in Table 1.

Table 1. Some properties of experimental soil and biochar

Soil Properties	Amount		Biochar Properties	Amount
Texture	Clay-loam		pH	7.42
pH	7.61		EC, dS cm^{-1}	1.08
EC, dS m^{-1}	1.17		Total C%	56.02
Lime, %	31.52		Total N%	1.53
Organic matter %	2.05			
CEC (me $100g^{-1}$ soil)	38.5			
Phosphorus (mg kg^{-1})	15.92			
Fe, mg kg^{-1}	1.8			
Cu, mg kg^{-1}	0.6			
Zn, mg kg^{-1}	0.52			
Mn, mg kg^{-1}	1.3			

The study consisted of 2 *Rhizobium* variants (Non-R, R), 3 biochar variants (Non-BC, BC1, BC2), and 3 replications. The treatments were established as follows: control (no application), non- *Rhizobium* inoculation (Non-R), *Rhizobium* -inoculated (R), 1% biochar (BC1), and 1.5% biochar (BC2). The application pattern is given in Table 2.

Table 2. Application design

Application Design	
1. Application: Control	2. Application: R
3. Application: BC_1	4. Application: BC_2
5. Application: R+BC_1	6. Application: R+BC_2
Control: Non-application- R: *Rhizobium* inoculation- BC_1:1% biochar- BC_2:1.5% biochar	

The research applications were carried out together with soybean planting. The soybean seeds used in the experiment were GAPSOY 16, a registered soybean seed specifically developed for the region by the Southeastern Anatolia Project Agricultural Research Institute. Some properties of biochar derived from cotton stalks are provided in Table 1. Lime analysis in the research soils was conducted using the Scheibler calcimeter (Nelson, 1982). Cation exchange capacity (CEC) was determined through a method based on sodium acetate and ammonium acetate solutions (Sumner and Miller, 1996). Texture analysis was performed according to Bouyoucos (1951). Available phosphorus was analyzed following Olsen et al. (1954), and organic matter analysis was carried out based on Nelson (1982). Total nitrogen in soil was determined by Kjeldahl method (Bremner and

Mulvaney, 1982). Elemental analyses for Fe, Cu, Mn, and Zn were determined according to Chapman and Pratt (1982).

The seeds have been planted in each pot with a quantity of 5. Before the planting, 120 kg of (Güçdemir, 2006) DAP fertilizer per hectare (at a rate of 4.8 mg kg^{-1}) was applied, and no further fertilization has been conducted. On the 7th day after germination, the seedlings were thinned to 3 plants per pot. After the 32nd day, when the plants reached the flowering stage, analyses were performed. When the plants reached the flowering stage, three leaves with similar physiological development were selected, and chlorophyll content was measured using a SPAD meter to gather information. After the plant was gently removed from the pot, and the surrounding soil was cleaned. After obtaining the required soil sample, the roots were washed clean in a bucket of water. Subsequently, the plants were harvested, and root and above-ground samples were brought to the laboratory separately. For the determination of plant fresh and dry weights, the plants' fresh weights were recorded first. Then, the samples were kept in an oven at 70°C until a constant weight was reached to determine their dry weights.

2.1. SPAD values

The chlorophyll measurements of soybean plants were conducted using a SPAD meter. SPAD meter is a field-portable device to take chlorophyll content in the plant leaves. It is used to gauge the health condition and photosynthesis activity of the plant. The device measures the reflected green light from the leaf surface by a probe placed on the leaf and converts these data into the content of chlorophyll. The measurement was made at noon of the day.

2.2. Thermal camera images

The images used are high-resolution infrared pictures taken using a T650 camera (FLIR). The spatial resolution of the camera is 640 × 480 pixels, and the thermal sensitivity is rated at 0.04°C at 30°C.

2.3. Plant fresh and dry weights

The plants in each pot were separated from the root collar after harvest. Thereafter, the plants which were separated were partitioned into its components: root and above-ground section components, and fresh biomass of these parts was recorded. Drying of the plants is then done in an oven dried at a temperature of 70°C, where it is constantly monitored until it attains an equilibrium state. After the equilibrium state had been achieved, accurate weight records of the dried plants were taken.

2.4. Dehydrogenase (DHA) enzyme activity

The method of Thalman (1967) was used for DHA analysis. To the tubes sized 25 x 250 mm, 10 g of soil sample was taken. Then, 10 mL of TTC (Triphenyltetrazoliumchloride) solution was added to the sample, and the mixture was well stirred. The stoppers were put in the tubes, and they were kept in the dark for 24 hours. After 24 hours, the tubes' solution was filtered with the help of the filter paper, and the mixture was read with a spectrophotometer at the wavelength of 546 nm.

2.5. Microbial biomass carbon (MBC) content

The analysis of MBC content in the soil was conducted according to Öhlinger (1993). A 50g soil sample was adjusted to field capacity. The samples were placed in a desiccator containing 50 mL of chloroform. The desiccator was evacuated using a vacuum pump. After waiting for 24 hours, the samples were removed. The extracted samples were mixed with a potassium sulfate solution in a 1:5 ratio and left to shake for 30 minutes. After the shaking process, the samples were filtered, and the determination of organic matter was performed.

2.6. Soil respiration (CO_2 produce)

The analysis of CO_2 produce was conducted according to the method by Isermayer (1952). A 100g soil sample was placed in an Isermayer jar containing 50mL of barium solution, and the jar was sealed airtight. After 24 hours, a control sample without soil was also prepared. Phenolphthalein was added to create a red color. The red color was titrated with HCl until it turned colorless. The amount of acid used

was noted, subtracted from the control, and calculated.

2.7. Catalase (CAT) enzyme ectivity

In the context of catalase enzyme activity, a mixture consisting of 10 mL of phosphate buffer with a pH of 7 and 5 mL of a 3% H_2O_2 substrate solution was introduced to a sample of 5 g soil. Subsequently, the amount of oxygen (O^2) released within a time span of 5 min, specifically at a temperature of 20 °C, was determined through the application of the methodology proposed by Beck in their 1971 publication.

2.8. Analysis of data using statistical tools

The data obtained for each variable was subjected to the SPSS 21 software package to work-out ANOVA. To assess if significant differences exist between treatment means, the Duncan's Multiple Range test at $p<0.05$ was employed. Additionally, Pearson correlation coefficients were calculated to determine the direction and strength of relationships between the parameters. The selected values were illustrated with graphs at the end of the experiment (Köklü et al., 2006).

3. Results

3.1. Leaf SPAD value

In the study, leaf chlorophyll content was measured using a SPAD meter to gain insights into the effects of the applications. When examining the SPAD results (Figure 1), it can be observed that the applications increased plant chlorophyll content compared to the non-BC and non-R group. Although the biochar application led to an increase in chlorophyll content based on the averages, these results were found to be in terms of statistics insignificant ($p>0.05$). The applications involving *Rhizobium* inoculation raised leaf chlorophyll content from 28.70 to 32.73, indicating a 14% increase. Interestingly, the combined application of *Rhizobium* inoculation and biochar did not significantly alter the SPAD values. Leaf chlorophyll content serves as an important indicator of plant health.

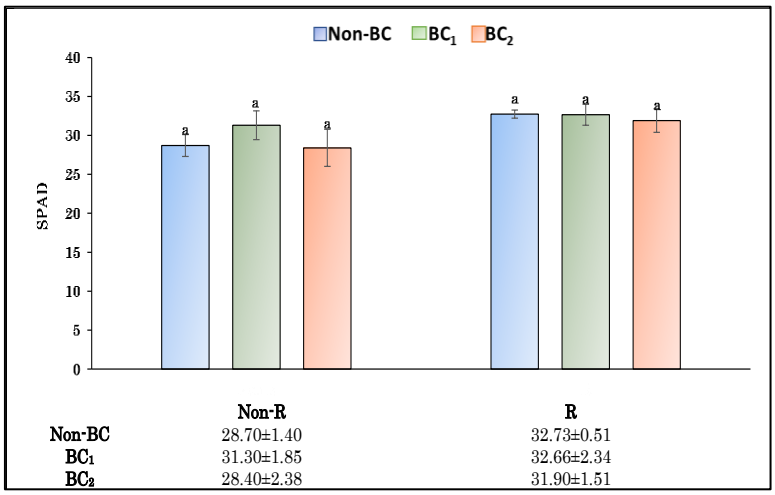


Figure 1. SPAD values of soybean with *Rhizobium* inoculation (R) and biochar (BC) application (Mean ± S.E.); Different letters on bars exhibit significant difference between means within each variable. Non-R: without *Rhizobium* inoculation; R: *Rhizobium* inoculated; Non-BC: biochar not applied; BC1: 1% biochar applied; BC2: 1.5% biochar applied

3.2. Thermal camera images

At the end of the study, thermal images were captured from plants using an FLIR T650 thermal camera (Figure 2). It was observed that the plant temperatures varied between an average of 18-20°C, and these variations were determined to be statistically non-significant.

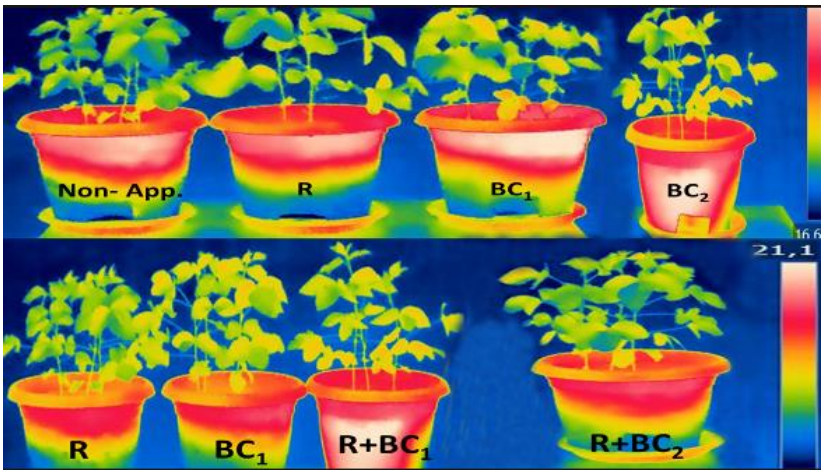


Figure 2. General thermal images of bacterial inoculation and biochar applications in soybean plants

3.3. Number of nodules

The results of nodulation, which is one of the significant indicators of nitrogen fixation, affected by the research applications are presented in Figure 3. According to the results, *Rhizobium* inoculation induced nodule formations, and in addition, biochar applications increased the number of nodules. Since nodulation did not occur in variants without *Rhizobium* inoculation, comparisons were made in *Rhizobium* and biochar variants. The BC1 application made in conjunction with *Rhizobium* inoculation increased the number of nodules by 45%, while the BC2 application resulted in a 107% increase, producing the highest nodulation. In the soil of Şanlıurfa, *Rhizobium* inoculation induced nodulation, and due to biochar applications, nodulation and consequently rhizobial nitrogen fixation were enhanced. These results obtained were found to be statistically significant ($p<0.05$).

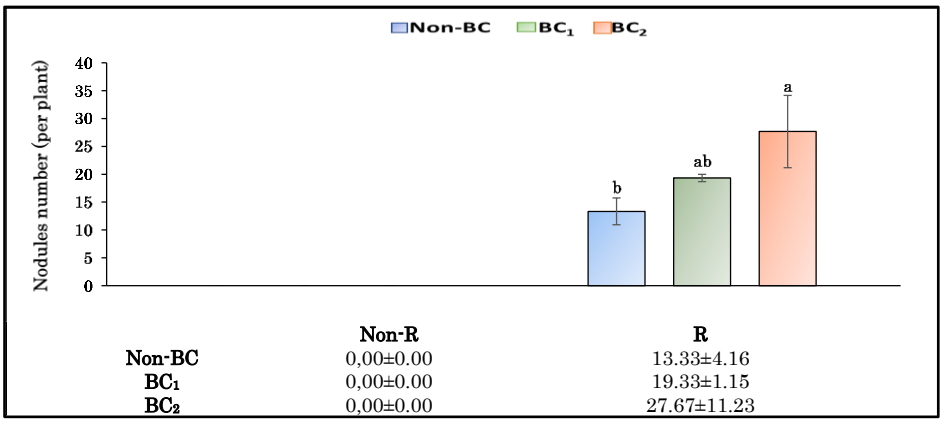


Figure 3. Number of nodules of soybean with *Rhizobium* inoculation (R) and biochar (BC) application (Mean ± S.E.); Different letters on bars exhibit significant difference between means within each variable. Non-R: without *Rhizobium* inoculation; R: *Rhizobium* inoculated; Non-BC: biochar not applied; BC1: 1% biochar applied; BC2: 1.5% biochar applied

3.4. Fresh and dry weight

Plant fresh weights are presented in Figure 4A-B. The treatments have significantly influenced the plant weights. As root and shoot fresh weights were considered, *Rhizobium* inoculation resulted in an average increase of 40%. Particularly, the BC1 application increased shoot fresh weight by 45% and root

fresh weight by 79%. The combination of BC and *Rhizobium* in shoot fresh weight was lower compared to the individual application. However, in root fresh weight, the BC1+R application was determined as the highest value with a 101% increase. Overall, the treatments increased both root and shoot fresh weights when compared to the untreated control. These obtained values were found to be statistically significant ($p<0.05$).

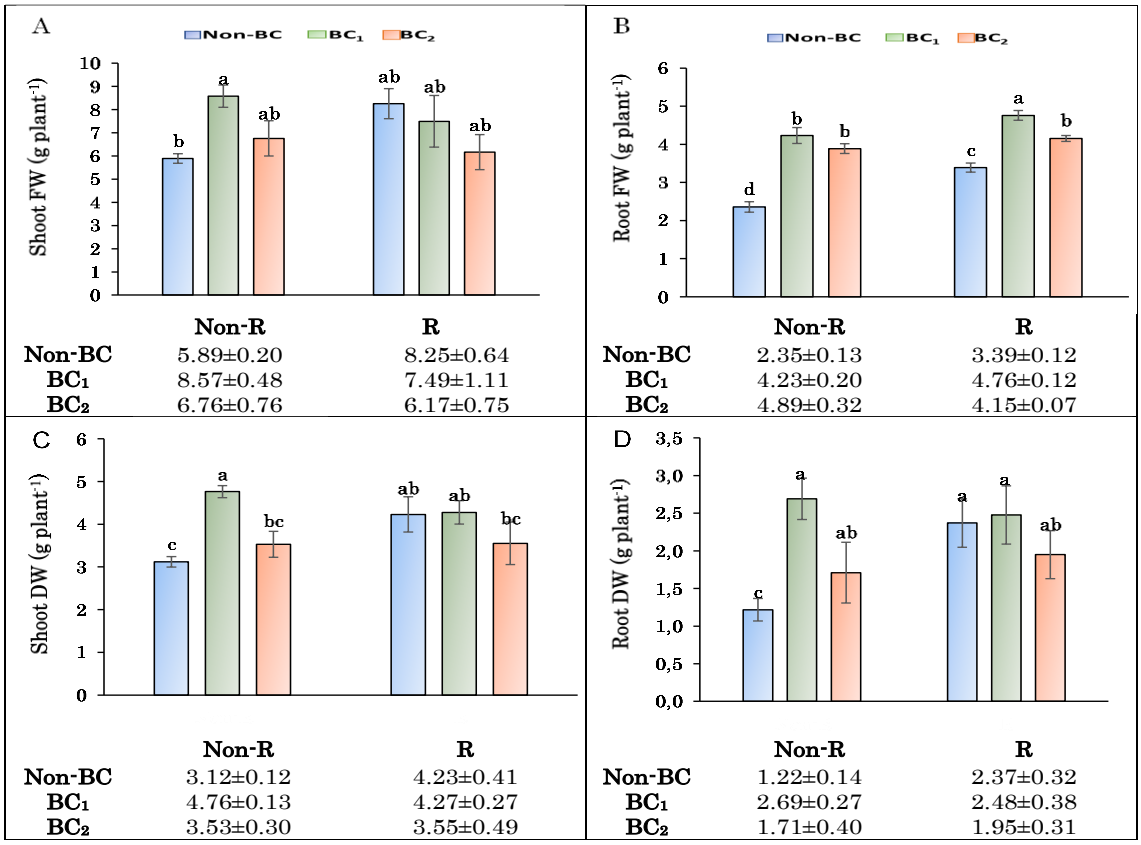


Figure 4. Shoot fresh (A), Root fresh(B), Shoot dry (C) and Root dry (D) weight of soybean with *Rhizobium* inoculation (R) and biochar (BC) application (Mean ± S.E.); Different letters on bars exhibit significant difference between means within each variable. Non-R: without *Rhizobium* inoculation; R: *Rhizobium* inoculated; Non-BC: biochar not applied; BC1: 1% biochar applied; BC2: 1.5% biochar applied

When plant root and shoot dry weights were examined (Figure 4C-D), in terms of shoot dry weight, the BC1 application without *Rhizobium* inoculation was found to be 52% higher compared to the untreated control, which was the best value observed. When *Rhizobium* inoculation was compared with the BC1 application, a 12% higher dry weight was determined. A similar situation is observed in root dry weight, indicating the significance of *Rhizobium* inoculation. The highest values found were, when compared to the untreated application, a 94% increase in the R application, a 121% increase in the BC1 application, and a 103% increase in the R+BC1 application, respectively. Overall, *Rhizobium* inoculation and BC applications led to an increase in root dry weights. The first dose of biochar applications resulted in higher root weight values compared to the second dose. These results obtained were found to be statistically significant ($p<0.05$).

3.5. Soil microbial activity

The effects of applications on dehydrogenase enzyme activity (DHA) are presented in Figure 5A. Similar effects to CO_2 results were observed for the applications.

Rhizobium inoculation increased DHA values. *Rhizobium* inoculation and BC applications supported this increase. The highest increase, with a rate of 68% compared to the non-treated group, was observed in the R+BC1 application. *Rhizobium* and biochar applications significantly increased DHA values in the root zone soil of soybean plants. These results were found to be statistically significant ($p<0.05$).

The effects of applications on soil respiration in the root zone of soybean plants, specifically the CO_2 production, are presented in Figure 5B. The lowest value was observed in pots without any application, while R, BC1, and BC2 applications increased CO_2 values by 105%, 62%, and 83%, respectively. BC applications alone increased CO_2 levels in the soil, and *Rhizobium* inoculation supported this increase. The highest value was recorded in the R+BC1 application. Furthermore, *Rhizobium* inoculation in the BC1 application led to a significant increase in CO_2 activity by 45% when compared to the BC1 application alone. These results were found to be statistically significant ($p<0.05$).

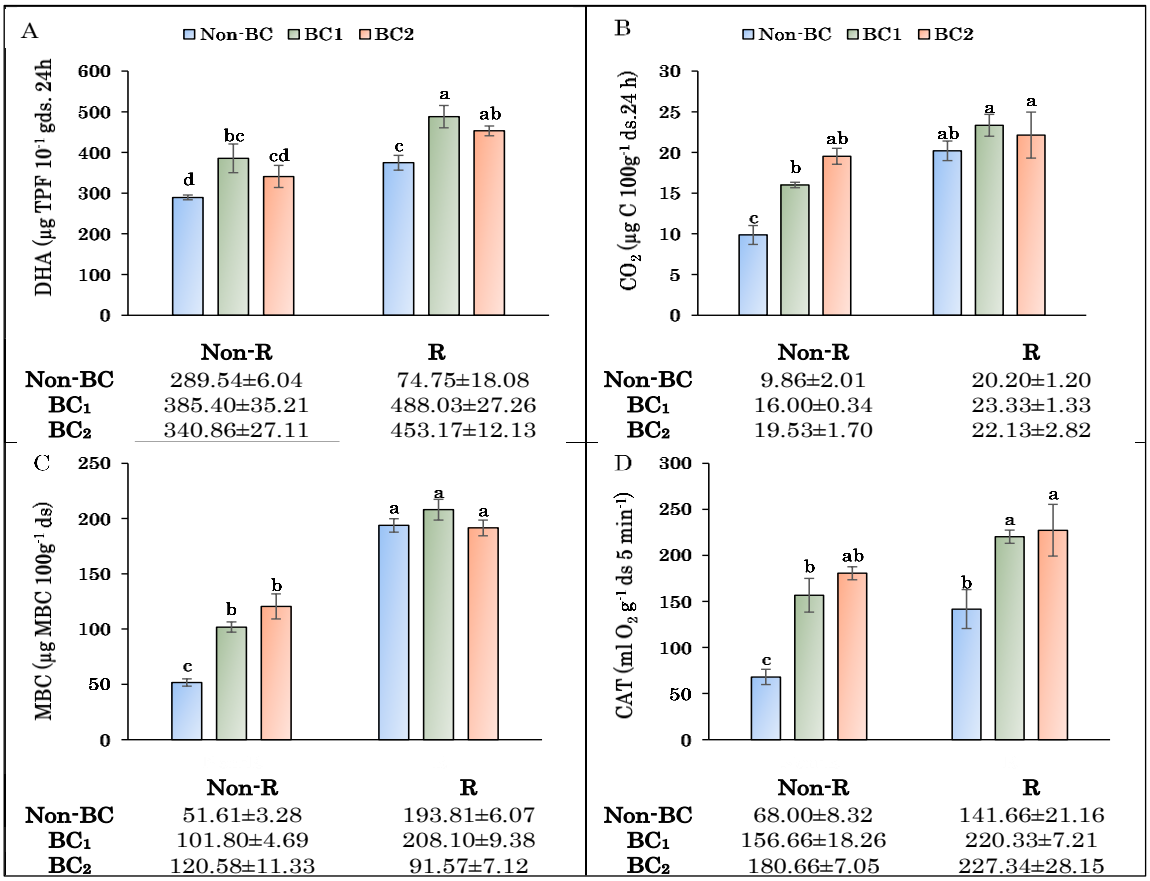


Figure 5. Dehydrogenase (DHA) enzyme activity (A), Soil respiration (CO_2) (B), Microbial biomass carbon (MBC) (C) and Catalase (CAT) enzyme activity (D) weight of soybean with Rhiz*obium* inoculation (R) and biochar (BC) application (Mean ± S.E.); Different letters on bars exhibit significant difference between means within each variable. Non-R: without *Rhizobium* inoculation; R: *Rhizobium* inoculated; Non-BC: biochar not applied; BC1: 1% biochar applied; BC2: 1.5% biochar applied

At the end of the study, the effects of applications on MBC content are presented in Figure 5C. *Rhizobium* inoculation increased the MBC content by 275% compared to the non-treated samples. BC applications supported this increase. The most significant increase, with a rate of 303%, was observed in the R+BC1 application. BC1 and BC2 applications also increased MBC values by 97% and 186%, respectively, compared to the

non-treated samples. These results were found to be statistically significant ($p<0.05$).

Additionally, at the end of the experiment, the catalase enzyme (CAT), an indicator of microbial activity in soils, was investigated and is presented in Figure 5D. Upon examining the results, it was found that *Rhizobium* inoculation and BC applications individually increased CAT values by an average of 140% compared to the non-treated samples. In the combined applications of *Rhizobium* inoculation and BC, the highest results were obtained. These results were found to be statistically significant ($p<0.05$).

At the end of the trial, the results of the total nitrogen analysis are presented in Figure 6. *Rhizobium* inoculation and biochar (BC) applications have significantly increased the total nitrogen content. Compared to the parameters without application, R, BC1, and BC2 applications have resulted in increases of 77%, 39%, and 64% respectively. The most significant increase occurred with the R+BC1 application, reaching 159%. These results are statistically significant ($p<0.05$).

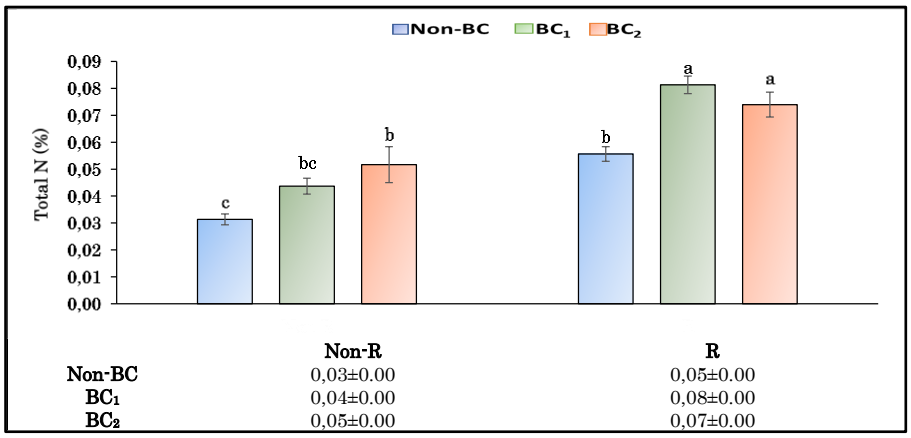


Figure 6. Total N of soils of soybean with *Rhizobium* inoculation (R) and biochar (BC) application (Mean ± S.E.); Different letters on bars exhibit significant difference between means within each variable. Non-R: without *Rhizobium* inoculation; R: *Rhizobium* inoculated; Non-BC: biochar not applied; BC1: 1% biochar applied; BC2: 1.5% biochar applied

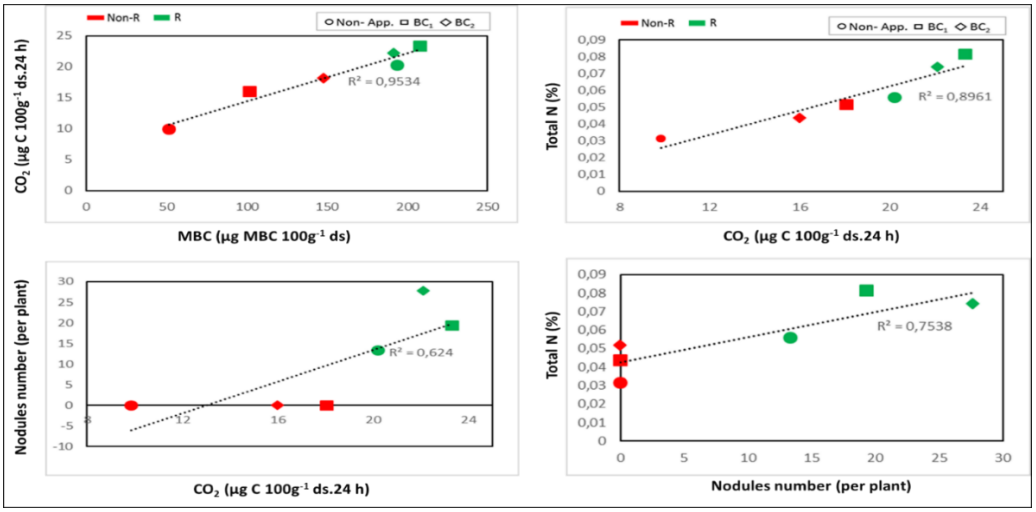


Figure 7. Correlation analysis relationship between the results obtained from the application. *Rhizobium* inoculation (R) and biochar application (BC)

At the end of the experiment, the measured parameters were subjected to correlation analysis to examine the relationships between them (Figure 7). The effectiveness of the R application is clearly visible in the obtained results. According to the results, there is a significant positive strong correlation between MBC and CO_2 ($r= 0.826$, $p<0.05$). There is also a significant positive strong correlation between CO_2 and Total N ($r= 0.818$, $p<0.05$). When nodulation efficiency was examined; there is a significant moderate-level relationship between CO_2 and the number of nodules ($r= 0.695$, $p<0.05$). The number of nodules had a strong significant positive correlation with Total N results ($r = 0.816$, $p < 0.05$). Results of the analysis indicated a positive relationship between MBC and CO_2, between CO_2 and Total N, and increased microbial activity due to a greater number of nodules with applications. On the other hand, there was a very strong positive correlation between the number of nodules and Total N results ($r=0.816$, $p<0.05$). From the above results, it can be summarized that the applications have a positive relationship between MBC and CO_2, CO_2 and Total N, and the number of nodules by increasing microbial activity.

4. Discussion

With these applications, great improvement was seen in plant growth and chlorophyll content. Leaf water content level is an important parameter to assure the healthy functioning of the photosynthetic activity and electron transport system (Wright et al., 2004). Both biochar and Rhizobium increase water usage efficiency of plants leading to more photosynthesis (Nadeem et al., 2017). Study evidence appears to support the fact that the application of biochar greatly augments the photosynthetic activity of plants based on their water use efficiencies (Akhtar et al., 2014; Baronti et al., 2014). Similar research results have found that Rhizobium together with biochar enhance the growth of soybeans (Tagoe et al., 2008). In fact, Rostami et al. (2008) observed in their study that the co-cultivation of corn with soybean, along with the application of biological fertilizer, increased the chlorophyll content. In another study conducted with soybean, it has been reported that chlorophyll content increased due to the application of Phosphobacteria, Rhizobium, and their combination treatments, which is in line with the present study (Selvakumar et al., 2012; Dixit, 2013).

In the study, thermal camera images were captured, and an investigation was conducted to determine if there were any differences among the applications. However, no significant differences were observed in the images. The use of thermal camera images is found in various studies. In a study by Tune (2016), the technique of thermal imaging was used to determine some physiological and morphological characteristics of cotton plants under different irrigation systems and nitrogen dosage conditions. In the results, except for the first measurement of factors such as blocks and irrigation water quantity, insignificant ($p>0.01$). It was emphasized that the use of thermal cameras did not have significant effects on nitrogen dosage. In another study, four different irrigation levels (S100, S75, S50, and S25) were applied to pepper plants, and physiological differences in the plants were attempted to be detected using thermal images. According to the findings, as the level of water stress in the plant increased, it was determined that the temperature also rose in the thermal images (Çamoğlu and Genç, 2013).

Bacterial inoculation, especially Rhizobium bacteria, is very important for nodule formation. Very importantly, in this study, the nodule formation was recorded in inoculated pots only. Some studies have indicated that inoculating the soybean plant with the nodule's specific bacterial strain contributes to effectiveness. Some studies done in the research, according to research that preceded the study, indicated that the formation had support from biochar application (Tilba et al., 2021). Recent research has confirmed that biochar can be applied as an alternative carrier material to peat for rhizobial inoculations. (Glodowska et al., 2017) Similarly, some studies (Ma et al., 2019) have shown that

biochar applications improved nodulation and plant growth.

From this study, significantly different plant biomass weights were observed. The applied biochar shows an increasing trend in the obtained results, while the application of bacteria shows decreases in the results.

As per Yılmaz and Kurt (2018), combined applications of biochar and vermicompost really developed soil microbial activity. In general, however, other organic matter that is applied with biochar has proved to be much more useful for the soil and the plants. It may be due to the high C/N ratio of biochar for the reason for this situation. The application of biochar is important in the perspective of providing an environment to soil microorganisms rather than the direct scope of nutrients and energy provisions. Perhaps one of the reasons for biochars to give fluctuating results in plant biomass weights, when applied with Rhizobiums, may be associated with the high C/N ratio and the fact that it creates good conditions for other organisms in the soil.

This could be due to various reasons, for example, unequal distribution of biochar in the soil throughout, quality or quantity of biochar, etc., which can best be understood and explained after doing in-depth research in this respect. The biochar has a large surface area with high water-holding capacity, furthering the positive influence for plant development and growth. The same applies in the case of the microorganisms inoculated through micro-inoculation. Although there are studies on the combined use of microorganisms and biochar, they are limited (Ahmad et al., 2020). This was also supported by many research results, which indicated that biochar applications indeed increased nutrient uptake and plant growth (Egamberdieva et al., 2016; Ma et al., 2019; Dai et al., 2020). Biochar increases the uptake of vital nutrients, including N, P, and K, which are also contributors to plant development (Amin and Mihoub, 2021). Ducey and others (2013) add that biochar serves to bring about the improvement in supportiveness of life by microbial present within the soil, serving to bring about the healthiness of the soil for the growth of plants.

Soil application of biochar significantly affected microbial activity (Haddad and Lemanowicz, 2021; Wu et al., 2022). This study observed that application to soils results in an increase in MBC content in them (Silva et al., 2020). On the other hand, the application of biochar presents different impacts on soil microbial activities based on the type of soil, biochar, and application doses (Jin, 2010). Studies had indicated that, when applied with other organic and inorganic fertilizers, including soil conditioners, biochars readjust soil aeration to enhance better crop productivity, improve plant nutrients available to enhance the retention of nutrients, regulation of the pH of soil, increase in the Cation Exchange Capacity (CEC) of soil, and increasing microbial activity (Silva et al., 2020; Singh et al., 2023). In short, the help of MBC values indicated an increasing trend in microbial activity. In short, the current study brought similar results to the findings of so many such researchers. This kind of application of biochar directly or indirectly improves the value of soil microbial activities and microbial biomass. Further biochar applications of the soil contributed toward the positive development for soil microbial activity. In addition, the physio-chemical properties of the soil include physical properties of the soil characterized by porosity, bulk density, and surface area. The chemical properties include pH and nutrient elements contents (Li et al., 2018; Palansooriya et al., 2019).

Improvement in these cases can be furthered through the use of Rhizobium inoculation and biochar application to increase soil fertility, quality, or both at appropriate locations (Egamberdieva et al., 2018). This will be very useful, benefiting by a great extent to increase the physical, chemical, and biological properties of soils through biochar, as per studies (Zheng et al., 2019; Singh et al., 2022). In the other study, it was revealed that the use of biochar resulted in the biological improvement of the activity in the soil. It was

determined that with biochar, Rhizobium applied individually or in combination with Rhizobium, a significant increase of nitrogen content in the soil occurred with all the indicators of biological activity. Biochar provides a large area for the storage of nitrogen due to its larger area (Li et al., 2018). High content of nitrogen by the fixing capacity of rhizobia, especially with legumes, makes the soil rich in available nitrogen (Kebede, 2021). This highly helps in improving the level of nitrogen in the soil.

5. Conclusions

For example, inoculation of Rhizobium bacteria in leguminous plants such as soybean proved to meet the nitrogen requirement of a plant and thus minimized mineral nitrogenous fertilizer application. However, the inoculation methods of Rhizobium may not work very well in each area for every kind of soil condition. Biochar produced in this study was used as a carrier material for organic matter and rhizobial inoculation. Rhizobium inoculation and biochar application, taken together, showed an improvement in plant biomass. No nodules were observed in soils where Rhizobium inoculation had not been carried out. Where the biochar applications were applied along with the inoculation of Rhizobium, the number of nodules increased. According to the results of the above-referred works, biochar was concluded as good soil conditioner, and it was a perfect carrier material for Rhizobium application.

Besides, the increased rhizosphere of the plant with Rhizobium inoculation and biochar application had improved parameters of CO_2 production, DHA activity, and MBC content. It showed that the mentioned practices have a positive effect on the biological nitrogen fixation soil microbial activity and growth of the plants.

The study asserted that biochar and Rhizobium have potential applications in sustainable agricultural strategies, whereby the methods improve soil fertility and support the growth of plants. More studies would need to be carried out to measure the impact of these applications under different climates and soil conditions, so that from its use, more concrete recommendations for augmenting agricultural productivity can be derived.

Declaration of Author Contributions

Dr. Ali SARIOĞLU have designed the study and collected the data. Dr. Ali SARIOĞLU executed the experiment. statistical analysis It was made by Emrah RAMAZANOĞLU. Dr. Ali SARIOĞLU wrote the article, and critically reviewed by Prof. Dr. Ahmet ALMACA and Prof. Dr. Kemal DOĞAN

Declaration of Conflicts of Interest

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

References

Ahmad, M., Wang, X., Hilger, T.H., Luqman, M., Nazli, F., Hussain, A., Mustafa, A., 2020. Evaluating biochar-microbe synergies for improved growth, yield of maize, and post-harvest soil characteristics in a semi-arid climate. *Agronomy*, 10(7): 1055.

Akgül, G., 2017. Biyokömür: üretimi ve kullanim alanları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4): 485-499.

Akhtar, S.S., Li, G., Andersen, M.N., Liu, F., 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. *Agricultural Water Management*, 138: 37-44.

Alaboz, P., Işıldar, A.A., 2018. Effects of apple and rose pulp-biochars on some physical properties of a sandy soil. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2): 67-72.

Amin, A.E.E.A.Z., Mihoub, A., 2021. Effect of sulfur-enriched biochar in combination with sulfur-oxidizing bacterium (*Thiobacillus* spp.) on release and distribution of phosphorus in high calcareous p-fixing soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(3): 2041-2047.

Amnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiology*, x1-15.

Baronti, S., Vaccari, F.P., Miglietta, F., Calzolari, C., Lugato, E., Orlandini, S., Genesio, L., 2014. Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). *European Journal of Agronomy*, 53: 38–44.

Beck, T.H., 1971. The determination of catalase activity in soils. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 130: 68-81.

Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.

Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total. In 'Methods of soil analysis. In: A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds), *Chemical and microbiological properties*', Soil Science Society of America: Madison, WI, USA. pp. 595–624.

Çamoğlu, G., Genç, L., 2013. Taze fasulyede su stresinin belirlenmesinde termal görüntülerin ve spektral verilerin kullanımı. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1): 15-27.

Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1982. Methods of analysis for soils, plants and water. Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods 2nd Edition. *Crop Science Society of America - Soil and Crop Science*. Wisconsin USA.

Dai, Y., Zheng, H., Jianga, Z., Xing, B., 2020. Combined effects of biochar properties and soil conditions on plant growth: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 713: 136635.

Dixit, S., 2013. Impact of bio-fertilization on morphological parameters of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *International Journal of Research in Plant Science*, 3(1): 10-13.

Ducey, T.F., Ippolito, J.A., Cantrell, K.B., Novak, J.M., Lentz, R.D., 2013. Addition of activated switchgrass biochar to an aridic subsoil increases microbial nitrogen cycling gene abundances. *Applied Soil Ecology*, 65: 65-72.

Egamberdieva, D., Hua, M., Reckling, M., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S.D., 2018. Potential effects of biochar-based microbial inoculants in agriculture. *Environmental Sustainability*, 1(1): 19-24.

Egamberdieva, D., Wirth, S., Behrendt, U., Abd_Allah, E.F., Berg, G., 2016. Biochar treatment resulted in a combined effect on soybean growth promotion and a shift in plant growth promoting rhizobacteria. *Frontiers in Microbiology*, 7: 209.

Eroğlu, İ, Çamoğlu, G, Demirel, K., 2020. Termografi tekniği ile biber bitkisinde su stresinin ve bazı fizyolojik özelliklerin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3): 486-497.

Firat, B., 2023. Arıtma çamurlarının hidrotermal karbonizasyonu ile elde edilen ürünlerin yararlı kullanım alternatiflerinin araştırılması. Doktora Tezi, Harran Üniversites Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Glaser, B., Wiedner, K., Seelig, S., Schmidt, H.P., Gerber, H., 2015. Biochar organic fertilizers from natural resources as substitute for mineral fertilizers. *Agronomy for Sustainable Development*, 35: 667-678.

Glodowska, M., Schwinghamer, T., Husk, B., Smith, D., 2017. Biochar based inoculants improve soybean growth and nodulation. *Agricultural Sciences*, 8: 1048-1064

Güçdemir, İ.H., 2006. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 5. baskı.

Haddad, S.A., Lemanowicz, J., 2021. Benefits of corn-cob biochar to the microbial and enzymatic activity of soybean plants grown in soils contaminated with heavy metals. *Energies*, 14(18): 5763.

Hardy, B., Sleutel, S., Dufey, J.E., Cornelis, J.T., 2019. The long-term effect of biochar on soil microbial abundance, activity and community structure is overwritten by land management. *Frontiers in Environmental Science*, 7(10).

Ho, K., Kim, J., Cho, T., Weon, J., 2012. Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine (Pinus rigida), *Bioresource Technology*, 118: 158–162.

Isermeyer, H., 1952. Eine einfache Methode zur bestimmung der bodenatmung und der karbonate im boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 56(1-3): 26-38.

Jin, H., 2010. Characterization of microbial life colonizing biochar and biochar-amended soils. PhD Dissertation, Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Kebede, E., 2021. Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5: 767998.

Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., Çokluk Bökeoğlu, Ö., 2006. Sosyal bilimler için istatistik. Pegem A Yayıncılık, Ankara.

Komkiene, J., Baltrenaite, E., 2016. Biochar as adsorbent for removal of heavy metal ıons [cadmium (II), copper (II), lead (II), zinc (II)] from aqueou phase. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13: 471-482.

Li, Y., Li, Y., Chang, S.X., Yang, Y., Fu, S., Jiang, P., Luo, Y., Yang, M., Chen, Z., Hu, S., 2018. Biochar reduces soil heterotrophic respiration in a subtropical plantation through increasing soil organic carbon recalcitrancy and decreasing carbon-degrading microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 122: 173–185.

Li, S., Barreto, V., Li, R., Chen, G., Hsieh, Y.P., 2018. Nitrogen retention of biochar derived from different feedstocks at variable pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 133: 136-146.

Lorenz, K., Lal, R., 2014. Biochar application to soil for climate change mitigation by soil organic carbon sequestration, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 177: 651–670.

Ma, H., Egamberdieva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S.D., 2019. Effect of biochar and irrigation on soybean-Rhizobium symbiotic performance and soil enzymatic activity in field rhizosphere. *Agronomy*, 9(10): 626.

Nadeem, S.M., Imran, M., Naveed, M., Khan, M.Y., Ahmad, M., Zahir, Z.A., Crowley, D.E., 2017. Synergistic use of biochar, compost and plant growth-promoting rhizobacteria for enhancing cucumber growth under water deficit conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15): 5139-5145.

Naseer, I., Ahmad, M., Nadeem, S.M., Ahmad, I., Zahir, Z.A., 2019. Rhizobial inoculants for sustainable agriculture: prospects and applications. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment*, 245-283.

Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In: A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds). *Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition*. Publisher Madison, Wisconsin USA, pp. 181-196.

Öhlinger, R., 1993. Bestimmung des biomasse-kohlenstoffs mittels fumigation-exstraktion. *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*, 2: 289-311.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, I.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. World Agricultural Production, Washington D.C.

Palansooriya, K.N., Wong, J.T.F., Hashimoto, Y., Huang, L., Rinklebe, J., Chang, S.X., Ok, Y.S., 2019. Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review. *Biochar*, 1: 3-22.

Paneque, M., José, M., Franco-Navarro, J.D., Colmenero-Flores, J.M., Knicker, H., 2016. Effect of biochar amendment on morphology, productivity and water relations of sunflower plants under non-irrigation conditions. *Catena*, 147: 280-287.

Rostami, M., Koocheki, A.R., Mahallati, M.N., Kâfi, M., 2008. Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn. (*Zea mays* L.). American-Eurasian *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 3(1): 79-85.

Sarıoğlu A., Doğan K., Kızıltuğ T., Coşkan A., 2017. Organo-Mineral fertilizer applications for sustainable agriculture. *Agronomy*, 161-166.

Selvakumar, G., Reetha, S., Thamizhiniyan, P., 2012. Response of biofertilizers on growth, yield attributes and associated protein profiling changes of blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper). *World Applied Science Journal*, 16(10): 1368-1374.

Shaffique, S., Khan, M.A., Imran, M., Kang, S.M., Park, Y.S., Wani, S.H., Lee, I.J., 2022. Research progress in the field of microbial mitigation of drought stress in plants. *Frontiers in Plant Science*, 13: 870626.

Silva, L.G., Andrade, C.A., Bettiol, B., 2020. Biochar amendment increases soil microbial biomass and plant growth and suppresses Fusarium wilt in tomato. *Tropical Plant Pathology*, 45: 73–83.

Singh, H., Northup, B.K., Rice, C.W., Prasad, P.V., 2022. Biochar applications influence soil physical and chemical properties, microbial diversity, and crop productivity: a meta-analysis. *Biochar*, 4(1): 8.

Singh, R.K., Dhar, S., Upadhyay, P.K., G.A., D.R., Singh, V.K., Kumar, R., Barthakur, S., 2023. Soybean crop intensification for sustainable above-ground-under-ground plant-soil interactions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1194867.

Sumner, M.E., Miller, W.P., 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, 5: 1201-1229.

Tagoe, S.O., Horiuchi, T., Matsui, T., 2008. Effects of carbonized and dried chicken manures on the growth, yield, and N content of soybean. *Plant and Soil*, 306: 211-220.

Thalmann, A., 1967. Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden: Unter bes. Berücks. d. Dehydrogenaseaktivität TTC-Reduktion, Doctoral Dissertation.

Tilba, V.A., Makhonin, V.L., Zelentsov, S.V., 2021. The effect of native strains of nodule bacteria on the development of symbiotic apparatus and on the productivity of new soybean cultivars. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* 650(1): 012042.

Tüne, C., 2016. Farklı sulama yönetim sistemi koşullarında pamuk bitkisinde su stresinin kızılötesi termal görüntüler kullanarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Utomo, W., Ganika, S., Wisnubroto, E., Islami, T., 2016. Friability and aggregate stability of loamy soil after 5 years of biochar application. *In EGU General Assembly Conference*.

Wang, Y., Wei, Y., Sun, J., 2016. Biochar application promotes growth parameters of soybean and reduces the growth difference. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(12): 1493-1502.

Wu, D., Zhang, W., Xiu, L., Sun, Y., Gu, W., Wang, Y., Chen, W., 2022. Soybean yield response of biochar-regulated soil properties and root growth strategy. *Agronomy*, 12(6): 1412.

Yılmaz, F.I., Kurt, S., 2018. Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2): 143-150.

Zaman, C.Z., Pal, K., Yehye, W.A., Sagadevan, S., Shah, S.T., Adebisi, G.A., Johan, R.B., 2017. Pyrolysis: a sustainable way to generate energy from waste. *Pyrolysis*, 1: 3-36.

Zheng, Y., Han, X., Li, Y., Yang, J., Li, N., An, N., 2019. Effects of biochar and straw application on the physicochemical and biological properties of paddy soils in Northeast China. *Scientific Reports*, 9(1): 16531

To Cite	Sarıoğlu, A., Almaca, A., Doğan, K., Ramazanoğlu, E., 2024. Biochar and Rhizobium Applications: A Promising Synergy for Improved Soybean Growth and Rhizosphere Microbial Activities. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 134-149. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10819328.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):150-159, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):150-159, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10819375

Leonardit ve Tavuk Gübresi Uygulanan Bir Tarlada Bazı Toprak Sıkışma Göstergelerinin Değişimi

Zekeriya KARA[1*], Alihan ÇOKKIZGIN[2], Cengiz YURURDURMAZ[3], Ümit GIRGEL[4]
Tuğrul YAKUPOĞLU[5]
[1]Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kahramanmaraş
[2]Gaziantep Üniversitesi, Nurdağı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Nurdağı, Gaziantep
[3]Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bölümü, Kahramanmaraş
[4]Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kahramanmaraş
[5]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Yozgat
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): zekeriyakara0261@gmail.com

Özet
Toprak sıkışması, tarımsal verimliliği sınırlayan en ciddi arazi bozulmalarından birisidir. Sıkışma üzerine toprağın nem ve organik madde içeriği, kil mineralojisi ve tekstür gibi toprak özellikleri ile tarla trafiği tarafından belirlenen dış faktörler etki eder. Bu çalışmada, leonardit ve tavuk tavuk gübresinin farklı dozları kullanılarak toprağın organik madde içeriği (OM), hacim ağırlığı (HA), penetrasyon direnci (PD) ve kesme direnci (KD) özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Çalışma tarla koşullarında ve tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüş ve yaklaşık 8 ay sürmüştür. Deneme sonunda her parselden örnekler alınmış ve gerekli analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, tavuk gübresi uygulanan parsellerin OM, HA, PD ve KD değerleri sırasıyla %1.94-2.55, 1.38-1.33 g/cm³, 1.45-1.00 MPa ve 50.22-42.88 kPa arasında değişmiştir. Leonardit uygulanan parsellerin OM, HA, PD ve KD değerleri ise sırasıyla %1.84-2.37, 1.39-1.35 g/cm³, 1.52-1.17 MPa ve 51.18-41.01 kPa aralıklarında değişim göstermiştir. Sonuç olarak hem leonardit hem de tavuk gübresi OM'yi kontrole göre artırırken HA, PD ve KD parametrelerini azaltmıştır. Toprak değişkenlerindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Organik düzenleyiciler arasında karşılaştırma yapıldığında, genel olarak tavuk gübresinin toprak değişkenleri üzerinde daha olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu durum, tavuk gübresinin organik madde içeriğinin leonardite göre daha yüksek olmasına bağlanmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :20.11.2023
Kabul Tarihi :28.12.2023

Anahtar Kelimeler
Hacim ağırlığı
kesme direnci
penetrasyon direnci
sürdürülebilir tarım
tavuk gübresi

Changes in Some Soil Compaction Indicators in A Field Treated with Leonardite and Chicken Manure

Abstract
Soil compaction is one of the most serious land degradation limiting agricultural productivity. Compaction is influenced by soil properties such as soil moisture, organic matter content, clay mineralogy and texture, and external factors determined by field traffic. In this study, the changes in soil organic matter content (SOM), bulk density (BD), penetration resistance (PR) and shear strength (SS) properties were investigated using different doses of leonardite and chicken manure. The study was conducted under field conditions and according to the randomized plots experimental design and lasted for about 8 months. At the end of the experiment, samples were taken from each plot and necessary analyses were performed. According to the results obtained, SOM, BD, PR and SS values of chicken manure treated plots varied between 1.94-2.55%, 1.38-1.33 g/cm³, 1.45-1.00 MPa and 50.22-42.88 kPa, respectively. SOM, BD, PR and SS values of leonardite treated plots varied between 1.84-2.37%, 1.39-1.35 g/cm³, 1.52-1.17 MPa and 51.18-41.01 kPa, respectively. As a result, both leonardite and chicken manure increased SOM and decreased BD, PR and SS parameters compared to the control. These changes in soil variables were statistically significant ($P \leq 0.05$). When a comparison was made between organic amendments, it was observed that in general chicken manure had a more positive effect on soil variables. This was attributed to the higher organic matter content of chicken manure compared to leonardite.

Research Article

Article History
Received :20.11.2023
Accepted :28.12.2023

Keywords
Bulk density
shear strength
penetration resistance
sustainable agriculture
chicken manure

1. Giriş

Toprak sıkışması, kök sistemini etkileyerek bitkilerin gelişimini engelleyen en önemli toprak sorunlarından bir tanesidir (Ishaq ve ark., 2001; Bai ve ark., 2018; Bünemann ve ark., 2018). Toprak sıkışması, toprağın gözenekliğini olumsuz etkileyerek, agregat stabilitesini, hidrolik iletkenliği ve besin element alınabilirliğini düşürmekte, tarımsal verimliliği olumsuz etkilemektedir. Bunun sonucunda toprağın yapısı değişmekte ve bu fiziksel bozulma hali tarımsal sürdürülebilirliği tehlikeye sokmaktadır (Mueller ve ark., 2010). Günümüzün modern tarım uygulamaları toprak sıkışmasını artırmıştır (Sun ve ark., 2016). Yoğun tarımsal uygulamalarda büyük ve ağır mekanik yüklerin kullanılması, ürün rotasyonunun azlığı ve sulama yöntemlerinin yanlış seçimi toprak sıkışmasına neden olmaktadır. Bu faktörlere ek olarak yüksek nem içeriğinde yapılan arazi sürümleri ve toprakların düşük organik madde içeriği eklendiğinde durumu daha da sıkıntılı hale getirmektedir (Martinez ve Zinck, 2004). Toprakta organik madde artışı, deformasyona karşı direnci artırarak ve/veya esnekliği artırarak toprak sıkışabilirliğini en aza indirir (Aydemir ve Kara, 2023). Topraklara organik kökenli materyallerin uygulanması, toprak sıkışmasına karşı duyarlılığı azaltmaktadır (Adeli ve ark., 2020).

Organik madde, verimli toprakların temelini oluşturur. Topraklarda yeterli miktarda organik maddenin bulunması, toprak yapısını stabilize eder ve toprağı bozulmalara karşı daha dayanıklı hale getirir (Thomas ve ark., 1996). Organik maddenin kendisi düşük hacim ağırlığına ve yüksek gözenekliliğe sahip olduğundan dolayı (Martin ve Stephens, 2001), bitki artıkları veya organik gübre yoluyla toprağa organik madde ilavesi toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirebilir (Çelik ve ark., 2004).

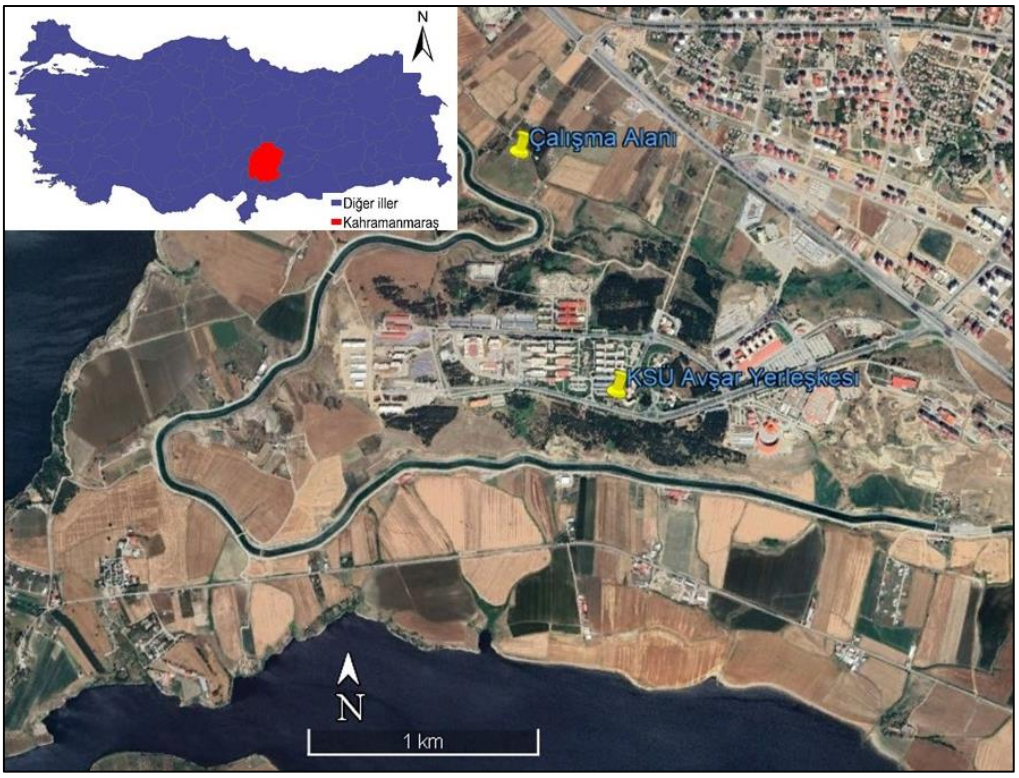
Tarım arazilerinde toprağın sıkışmasını, verimin düşüklüğünü, erozyonu ve çölleşmeyi önlemek için çeşitli organik gübrelerin ve organik düzenleyicilerin kullanılması önemlidir. Bu çalışmada, kumlu killi tın bünyeli bir toprağa organik düzenleyici olarak farklı organik kökenli materyaller farklı dozlarda uygulanarak, toprağın sıkışma göstergelerini değerlendirmede kullanılan hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve kesme direncinin uygulamalara bağlı değişimi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1.Çalışma alanı ve genel toprak özellikleri

Çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarla Bitkileri Araştırma Sahasında yürütülmüştür. Tarla denemesi 12 Ekim 2020'de başlamış ve 01 Temmuz 2021'de sona ermiştir. Denemede organik kökenli düzenleyici olarak tavuk gübresi ve leonardit kullanılmıştır. Bu materyaller kontrol dahil 5 farklı dozda (0, 100, 200, 400 ve 600 kg/da) ve üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre toprağa uygulanmıştır. Organik düzenleyiciler 10 m^2 büyüklüğündeki (5m x 2m) parsellerin yüzeyine homojen bir şekilde uygulanmış ve tırmıkla işlenerek 10 cm derinliğe karıştırılmıştır. Organik materyal uygulamasından yaklaşık 8 ay sonra toprakta penetrasyon direnci ve kesme direnci ölçümleri yapılmış, sonrasında hacim ağırlığı tespiti için bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Organik madde içeriğinin belirlenmesi için ayrıca bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Deneme süresince tarlada bitki yetiştirilmemiş ve herhangi bir kültürel işlem uygulanmamıştır.

Denemenin kurulduğu tarlanın lokasyon haritası Şekil 1'de verilmiştir (37. Zon, X: 306999, Y: 4162991).



Şekil 1. Deneme alanının lokasyon haritası ve Google Earth görüntüsü (Google Earth©2023)

2.2.Materyal özellikleri

Denemenin kurulduğu tarlanın genel toprak özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre denemenin toprak pH 'sı hafif alkalin (Sağlam, 2008), organik madde içeriği az (Güçdemir, 2006), toplam kireç içeriği bakımından orta kireçli (Eyüpoğlu, 1999), alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum ise yeterli sınıfında (FAO, 1990) yer almıştır (Tablo 1). Ayrıca deneme toprağının tekstür sınıfı kumlu killi tın olarak belirlenmiştir.

Denemede kullanılan leonardit ve tavuk gübresinin bazı kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Adı geçen tabloya göre, tavuk gübresinin organik madde içeriği % 62.4 iken leonarditin organik madde içeriği % 55'dir. Tavuk gübresi azot bakımından leonarditten yaklaşık beş kat daha zengindir. Leonardit tavuk gübresine göre kalsiyum bakımından zenginken ölçülen diğer makro ve mikro besin elementleri bakımından tavuk gübresinin içeriği daha zengindir (Tablo 2).

Tablo 1. Çalışmanın yürütüldüğü alanın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Değişkenler	Birim	Deneme Toprağı	Analiz Metodu
Kum	%	51	Bouyoucus, (1952)
Kil	%	27	Bouyoucus, (1952)
Silt	%	22	Bouyoucus, (1952)
TK	%	28.6	Klute, (1986)
SN	%	17.2	Klute, (1986)
pH		7.4	Thomas, (1996)
OM	%	1.8	Nelson ve Sommers, (1996)
Tuz	%	0.05	Thomas, (1996)
Kireç	%	8.37	Allison ve Moodie (1965)
P	ppm	11.4	Olsen ark., (1954)
K	ppm	220	Helmke ve Sparks (1996)

*OM: Organik madde, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, P: Fosfor, K: Potasyum

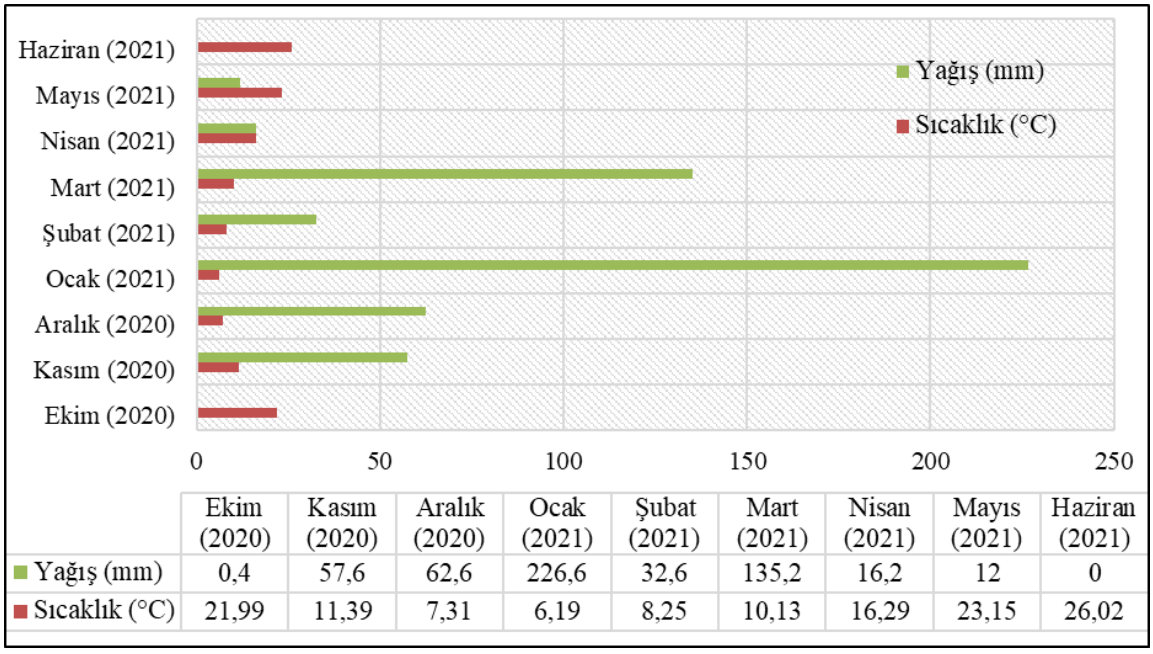
Tablo 2. Organik düzenleyicilerin bazı kimyasal özellikleri

Değişkenler	Tavuk Gübresi (Kara ve ark., 2024)	Leonardit (Kara ve Yakupoğlu, 2023)	Analiz Metodu
OM (%)	62.4	55.0	Kacar, (1994)
C (%)	36.19	31.9	Kacar, (1994)
N (%)	2.81	0.54	Bremner ve ark., (1982)
K (ppm)	12280	4170	Hossner, (1996)
P (ppm)	2669	1781	Hossner, (1996)
Ca (ppm)	5425	92100	Hossner, (1996)
Mg (ppm)	2173	2087	Hossner, (1996)
Cu (ppm)	19.18	0.9	Hossner, (1996)
Zn (ppm)	142.9	28.26	Hossner, (1996)
Mn (ppm)	198	25.88	Hossner, (1996)

*OM: Organik madde, C: Organik karbon, N: Azot, K: Potasyum, P: Fosfor, Ca: Kalsiyum, Ca: Kalsiyum, Mg: Magnezyum, Cu: Bakır, Zn: Çinko, Mn: Mangan

2.3.İklim özelliği

Kahramanmaraş merkez Akdeniz bölgesinin iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Denemenin kurulduğu Kahramanmaraş merkez için aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'ye baktığımızda deneme boyunca toplam 543.2 mm yağış toprakla buluşmuştur. Aylık toplam en fazla yağış ocak ayında (226,6 mm) görülür iken en düşük sıcaklık ocak ayın (6,19 °C) görülmüştür. Toprak ve organik düzenleyiciler inkübasyon halindeyken yağışın yağmadı tek haziran ayı olmuştur. Ayrıca en yüksek aylık ortalama sıcaklık ayıda haziran ayı olarak görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Denemenin kurulduğu bölgeye ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri

2.4.Analiz ve ölçümler

Toprakların organik madde içeriği (OM) yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1996). Toprakların hacim ağırlığı bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak çelik silindir yöntemine göre belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986). Penetrasyon direnci el penetrometresi ile (Herrick ve Jones, 2002) ve Kesme direnci ise kesme direnci valfi ile belirlenmiştir (Blanco-Canqui ve ark., 2006). JMP paket program yardımı ile verilerin istatistiksel analizi yapılmıştır. Uygulamalar üzerinden değişken

ortalamalarının birbirleri ile karşılaştırması Tukey testi ile yapılmıştır (JMP, 2007).

3.Bulgular ve Tartışma

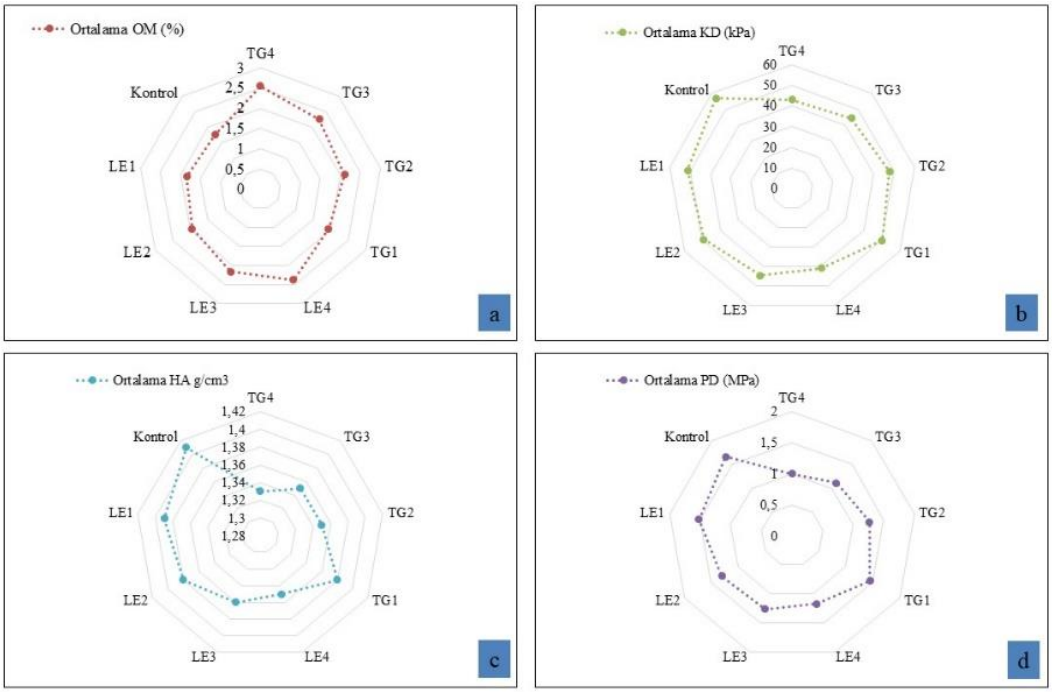
Uygulamalara bağlı olarak parsellerdeki organik madde (OM), kesme direnci (KD), penetrasyon direnci (PD) ve hacim ağırlığı (HA) değişkenlerinin değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Tablo 3 ve Şekil 3, bu değişkenlerin uygulamalara bağlı değişimini göstermektedir. Tablo 3'e göre göre en düşük OM içeriği kontrol parsellerinde (%1.75) tespit edilmiştir. Tavuk gübresinin uygulandığı parsellerde organik madde içeriği %1.94-2.55 arasında değişim gösterir iken leonardit uygulanan parsellerde ise organik madde içeriği %1.84-2.37 arasında değişmiştir. En yüksek OM (%2.55) dekara 600 kg tavuk gübresi uygulanan parsellerde tespit edilmiştir (Tablo 3; Şekil 3a). Organik düzenleyiciler ile ilgili yürütülen çalışmalarda, organik gübrelerin ve/veya atıkların toprak organik madde içeriğini artırdığını belirtmişlerdir (Abdelhamid ve ark., 2004; Casado-Vela ve ark., 2007; Hu ve ark., 2009; Jagadamma ve ark., 2019; Aydemir ve Kara, 2023). Tablo 3'e göre en yüksek KD kontrol parsellerinde (56.96 kPa) elde edilirken bu değişkenin en düşük değeri dekara 600 kg leonardit gübresi (LE4) uygulanan parsellerde sağlanmıştır. Organik atıkların konu olduğu bir çalışmada, organik atıkların toprakların kesme direncini önemli oranda azalttığı belirtilmiştir (Kara ve Aydemir, 2023). Şekil 3b'e baktığımızda KD değişkeninin uygulamalara bağlı değişimi net olarak görülmektedir.

Tablo 3 PD değişkeni için incelendiğinde en yüksek PD değerinin kontrol parselinde ölçüldüğü anlaşılmaktadır (1.66 MPa). Leonardit ve tavuk gübre uygulamalarına bağlı penetrasyon direnci kontrole göre düşme eğilimi göstermiştir (Şekil 3d). En düşük PD (1MPa) ise dekara 600 kg uygulanan tavuk gübresinden (TG4) elde edilmiştir (Şekil 3d; Tablo 3). Topraklarda penetrasyon direncinin yüksek olması bitkilerin gelişimini engelleyerek verimin düşmesine neden olabilmektedir. Özellikle PD >2 MPa olduğunda bitki kök büyümesini ve gelişimini ciddi şekilde kısıtladığı ileri sürülmüştür (Lima ve ark., 2012; Ferreira ve ark., 2017). Toprak sıkışması ile ilgili olarak yürütülen bir çalışmanın sonucunda, araştırmacılar, mısır tarlalarına her yıl uygulanan büyükbaş hayvan gübresinin toprak sıkışma riskini azalttığını bildirmişlerdir (Blanco-Canqui ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda toprak organik madde ile PD arasında ters bir ilişkiden bahsedilmiştir (Adeli ve ark., 2020; Kakabouki ve ark., 2021). Tablo 3'e göre en yüksek HA kontrol parseli (1.41 g/cm^3), en düşük HA ise dekara 600 kg tavuk gübresi (TG4) uygulanan parsel için (1.33 g/cm^3) belirlenmiştir. Ayrıca Şekil 3c'te kontrol noktasının HA değeri uygulamalara bağlı azalımı görsel olarak daha net görülmektedir. Topraklara uygulanan organik girdilerin toprak hacim ağırlığını azalttığı birçok çalışmada rapor edilmiştir (Villamil ve ark., 2006; Meliek ve ark., 2010; Blanco-Canqui ve ark., 2011; Chakraborty ve ark., 2019; Kara ve ark., 2022)

Tablo 3. Uygulamaların OM değerleri için karşılaştırılmasını gösteren Tukey testi sonuçları

OM		KD		PD		HA	
Uygulama	Ortalama (%)	Uygulama	Ortalama (kPa)	Uygulama	Ortalama (MPa)	Uygulama	Ortalama (g cm^{-3})
TG4	2,55^{a}	**Kontrol**	56,96^{a}	**Kontrol**	1,66^{a}	**Kontrol**	1,41^{a}
LE4	2,37^{b}	**LE1**	51,18^{b}	**LE1**	1,52^{b}	**LE1**	1,39^{ab}
TG3	2,26^{bc}	**TG1**	50,22^{b}	**TG1**	1,45^{b}	**LE2**	1,38^{abc}
LE3	2,16^{cd}	**LE2**	49,22^{bc}	**LE2**	1,30^{c}	**TG1**	1,38^{abc}
TG2	2,11^{d}	**TG2**	47,76^{c}	**TG2**	1,27^{c}	**LE3**	1,36^{bcd}
LE2	1,95^{e}	**LE3**	44,69^{d}	**LE3**	1,26^{cd}	**LE4**	1,35^{cd}
TG1	1,94^{e}	**TG3**	44,53^{d}	**LE4**	1,17^{de}	**TG2**	1,35^{cd}
LE1	1,84^{ef}	**TG4**	42,88^{de}	**TG3**	1,11^{e}	**TG3**	1,35^{cd}
Kontrol	1,75^{f}	**LE4**	41,01^{e}	**TG4**	1,00^{f}	**TG4**	1,33^{d}

**LE1: 100 kg da^{-1} leonardit, LE2: 200 kg da^{-1} leonardit, LE3: 400 kg da^{-1} leonardit, LE4: 600 kg da^{-1} leonardit, TG1: 100 kg da^{-1} tavuk gübresi, TG2: 200 kg da^{-1} tavuk gübresi, TG3: 400 kg da^{-1} tavuk gübresi, TG4: 600 kg da^{-1} tavuk gübresi



Şekil 3. Organik gübre uygulamalarının (TG4, TG3, TG2, TG1, LE4, LE3, LE2 ve LE1) kontrol noktasına göre toprak değişkenleri üzerinde gösterdiği değişim

4.Sonuçlar

Toprak düzenleyici olarak leonardit ve tavuk gübresi uygulamaları uygulama dozlarındaki artışa paralel olarak toprağın organik madde içeriğini artırmıştır. Organik maddenin bu artışı toprak sıkışma göstergeleri olan PD, HA ve KD'yi kontrol parseline göre azaltarak toprak yapısının iyileşmesini sağlamıştır. Toprak değişkenlerinden OM, PD ve HA en iyi sonuçları TG4 uygulamasında ve KD değişkeni ise TE4 uygulamasında vermiştir. Sonuç olarak her iki organik düzenleyici toprak özelliklerini iyileştirmiş ve bununla birlikte genel olarak tavuk gübresinin etkisi leonardite göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum tavuk gübresinin organik madde içeriğinin leonardite göre daha yüksek olmasına atfedilmiştir. Sonuç olarak toprakların fiziksel özelliklerinin iyileşmesinde organik gübrelerin önemini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, 13-15 Kasım 2023 tarihlerinde Yozgat'ta düzenlenen 10. Ulusal KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumunda sözlü olarak sunulmuş ve adı geçen sempozyumun özet bildiriler kitabında (ISBN: 978-625-94079-1-3) sadece Türkçe ve İngilizce özet olarak basılmıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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

Abdelhamid, M.T., Horiuchi, T., Oba, S., 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. *Biotechnology*, 93: 183-189.

Adeli, A., Brooks, J.P., Read, J.J., Feng, G., Miles, D., Shankle, M.W., Barksdale, N., Jenkins, J.N., 2020. Management strategies on an upland soil for improving soil properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(3): 413-429.

Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: Black, C.A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp.1379-1398.

Aydemir, M., Kara, Z., 2023. Yumuşak çekirdekli meyve yapraklarının toprakların bazı özelliklerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1): 45-52.

Bai, Z.G., Thomas, C., Ruiperez, G.M., Batjesa, N.H., Mäderb, P., Bünemannb, E.K., Goedec, R.D., Else, K.B., Goedec, R.D., Brussaardc, L., Minggang, X., Carla, S.S.F., Endla, R., Fang, H.Z., Rok, M., Glavanh, M., Zoltán, T., 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: a review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 265:1-7.

Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. Methods of soil analysis (2nd ed.), Madison, WI: ASA and SSSA.

Blanco-Canqui, H., Lal, R., Post, W.M., Izaurralle, R.C., Owens, L.B., 2006. Corn stover impacts on near-surface soil properties of no-till corn in Ohio. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 266-278.

Blanco-Canqui, H., Mikha, M., Presley, R., Claassen, M., 2011. Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 75: 1471-82.

Blanco-Canqui, H., Hergert, G.W., Nielsen, R.A., 2015. Cattle manure application reduces soil's susceptibility to compaction and increases water retention after 71 years. *Soil Science Society of America Journal*, 79: 212-223.

Bremner, J.M., 1965. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Black American Society of Agronomy, Inc.Pub. Argon Series, No.9 Madison. Wisconsin, U.S.A.

Bouyoucus, G.J., 1952. A Recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.

Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z.G., Goede, R., Mäder, P., Sukkel, W., Brussaard, L., 2018. *Soil Biology and Biochemistry*, 120: 105-125.

Casado-Vela, J., Sélles, S., Díaz-Crespo, M., Navarro-Pedreño, J., Mataix-Beneyto, J., Gómez, I., 2007. Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop (*Capsicum annuum* var. annuum) grow under tow exploitation regimes. *Waste Management*, 27: 1509-1518.

Celik, I., Ortas, I., Kilic, S., 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, 78: 59-67.

Chakraborty, D., Mondal, S., Das, A., Paul, A., Thomas, P., Aggarwal, P., Behera, U.K., Sharma, A.R., 2019. Tillage and crop rotation effects on mechanical properties and structural stability of a sandy loam soil in a semi-arid environment. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 67: 174-182.

Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 143, Erzurum.

Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 220, Teknik yayın No: T-67, Ankara.

FAO, 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa, Rome.

Ferreira, C.J.B., Zotarelli, L., Tormena, C.A., Rens, L.R., Rowland, D.L., 2017. Effects of water table management on least limiting water range and potato root growth. *Agricultural Water Management*, 186: 1-11.

Güçdemir, İ.H., 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (5. Baskı), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tagem, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitü Müdürlüğü Genel Yayın No: 231, Teknik Yayın No: T.69, Ankara.

Helmke, P.A., Sparks, D.L., 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, and Calcium. Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, SSSA., Madison,WI, P:551-574.

Herrick, J.E., Jones, T.L., 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1320-1324.

Hossner, L.R., 1996. Methods of Soil Analysis: Part 3, Chemical Methods. In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C. T. Johnston, M.E. Sumner (Eds.) *Dissolution for Total Elemental Analysis*. Madison, pp. 46-64.

Hu, Z., Lane, R., Wen, Z., 2009. Composting clam processing waste in a laboratory and pilot scale in vessel system. *Waste Management*, 29: 180-185.

Ishaq, M., Hassan, A., Saeed, M., Ibrahim, M., Lal, R., 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab. Pakistan I. Soil physical properties and crop yield. *Soil and Tillage Research*, 59: 57-65.

JMP, 2007. JMP User Guide 7.0v, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:3, Ankara.

Kakabouki, I., Folina, A., Efthimiadou, A., Karydogianni, S., Zisi, C., Kouneli, V., Kapsalis, N.C., Katsenios, N., Travlos, I., 2021. Evaluation of processing tomato pomace after composting on soil properties, yield, and quality of processing tomato in greece. *Agronomy*, 11(1): 88.

Kara, Z., Sesveren, S., Köylü, A., Gönen, E., 2021. Organik malç uygulamalarının toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 91-95.

Kara, Z., Aydemir, M., 2023. Üzümsü meyve yaprak atıklarının toprak sıkışmasına etkisi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(1): 158-166.

Kara, Z., Aydemir, S., Saltalı, K., 2022. Pirina uygulaması ile hafif tekstürlü toprakların rehabilitasyonu. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(2): 316-325.

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., Koçer, F., Çaylar, M., Çokkızgın, A. 2024. Effect of Different Organic Regulator Application to Problematic Areas on Soil Erodibility Parameters (Serpentine Soil Sample). *Black Sea Journal of Agriculture*, 7(2), 184-189.

Klute, A., 1986. Water Retention. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, ASA-SSA, Madison, WI, pp. 635-653.

Lima, C.L., Miola, E.C., Timm, L.C., Pauletto, E.A., Silva, A.P., 2012. Soil compressibilityand least limiting water range of a constructed soil under cover crops after coalmining in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 124: 190-195.

Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Đron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.

Martin, P.J., Stephens, W., 2001. The potential for biomass production on restored landfill caps. In: Bullard, M.J., Christian, D.G., Knight, J.D., Lainsbury, M.A., Parker, S.R. (Eds.), *Aspects of Applied Biology*, 65, pp. 337-344.

Martinez, L.J., Zinck, J.A., 2004. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. *Soil and Tillage Research*, 75: 3-18.

Maynard, A.A., 2000. Compost: The Process and Research. Bulletin-Connecticut Agricultural Experiment Station No 966. Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven, CT.

Meliek, J.E., Dieckow, J., Silva, V.L., Faveretto, N., Pauletti, V., Vezzani, F.M., Souza, J.L.M., 2010. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 110:69-76.

Mueller, L., Schindler, U., Mirschel, W., Shepherd, T.G., Ball, B.C., Helming, K., Rogasik, J., Eulenstein, F., Wiggering, H., 2010. Assessing the productivity function of soils. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 601-614.

Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: D.L. Sparks (ed) *Method of Soil Analysis: Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI.

Qian, H., Chen, L., Sun., B., 2015. Relative impact of climate and long-term manuring in shaping water variation in red soil profile during different hydrological years. *Soils*, 47(2): 378-386.

Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., Dean, L., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular Nr 939, US Gov. Printing Office, Washington, D.C.

Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., Bloodworth, H., 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116: 61-76.

Sağlam, T., 2008. Toprak Kimyası. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1, Tekirdağ.

Sun, B.J., Jia, S.X., Zhang, S.X., McLaughlin, N.B., Zhang, X.P., Liang, A.Z., Chen, X.W., Wei, S.C., Liu, S.Y., 2016. Tillage, seasonal and depths effects on soil microbial properties in black soil of Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 155: 421-428.

Thomas, G.W., Haszler, G.R., Blevins, R.I., 1996. The effect of organic matter and tillage on maximum compactibility of soils using the proctor test. *Soil Science*, 161: 502-508

Thomas, G.W., 1996. Soil pH and Acidity. In D.L. Sparks (Ed.), *Method of Soil Analysis: Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI. pp. 475-491.

Villamil, M.B., Bollero, G.A., Darmody, R.G., Simmons, F.W., Bullock, D.G., 2006. No-till corn/soybean systems including winter cover crops: Effects on soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 1936-44.

Yang, F., Zhang, G.-L., Yang, J.-L., Li, D.-C., Zhao, Y.-G., Liu, F., Yang, R.-M., Yang, F., 2014. Organic matter controls of soil water retention in an alpine grassland and its significance for hydrological processes. *Journal of Hydrology Part D*, 519: 3086-3093.

Zhao, X., Cai, Y., Peng, C., Zhao, S., Li, Y., 2014. Regulation of nitrification in latosolic red soils by organic amendment. *Environmental Earth Sciences*, 71: 3865-3878.

Atıf Şekli	Kara, Z., Çokkızgın, A., Yürürdurmaz, C., Gırgel, Ü., Yakupoğlu, Y., 2024. Leonardit ve Tavuk Gübresi Uygulanan Bir Tarlada Bazı Toprak Sıkışma Göstergelerinin Değişimi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 150-159. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10819375.
To Cite	Kara, Z., Çokkızgın, A., Yürürdurmaz, C., Gırgel, Ü., Yakupoğlu, Y., 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. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10819375.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):160-167, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):160-167, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10824549

Farklı Oranlarda Seyreltilmiş Arıtılmış Atık Suyun Domates Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi

Gülperin DURSUN[1], Murat KARAER[1*]
[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bilecik
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): murat.karaer@bilecik.edu.tr

Özet
Bu çalışma, farklı arıtılmış atık su seviyelerinin domates bitkisinin meyve verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma 2023 yetiştirme döneminde Bilecik ekolojik koşullarında gerçekleştirilmiştir. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülen çalışmada beş farklı oranda seyreltilmiş (0, % 25, % 50, % 75, % 100) arıtılmış atık su seviyesi kullanılmıştır. Çalışma sonunda bitkinin pazarlanabilir meyve verimi, meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve eti sertliği, pH, suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar arıtılmış atık suyun hem meyve verimi hem de kalitesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu göstermiştir. En yüksek meyve verimi ve IWUE değerleri sırasıyla 67.92 t ha^{-1} ve 15.36 kg m^{-3} olarak %50 arıtılmış atık su uygulanan (AAS50) konudan elde edilmiştir. Kalite özelliklerine baktığımızda da benzer sonuçlar gözlenmiştir. En yüksek tek meyve ağırlığı (101.35 g), meyve boyu (61.88 mm) ve SÇKM (5.43) değerleri %50 arıtılmış atık su uygulanan, en yüksek meyve eni (64.61 mm) ve pH (4.57) değerleri % 25 arıtılmış atık su uygulanan ve meyve eti sertliği (1.35 kg cm^{-2}) ise kontrol konusundan elde edilmiştir. Arıtılmış atık su verim ve kalite üzerinde teşvik edici etki yapmış olmasına rağmen atık su seviyesi % 75 'in üzerine çıktığında hem verim hem kalite üzerinde olumsuz etkiler yarattığı belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :22.11.2023
Kabul Tarihi :29.12.2023

Anahtar Kelimeler
Alternatif su kaynağı
arıtılmış atık su
domates
su verimliliği

Effect of Different Treated Wastewater Levels on Tomato Yield and Some Quality Criteria

Abstract
This study was conducted to examine the effects of different treated wastewater levels on the fruit yield and quality parameters of tomato plants. The research was carried out in Bilecik ecological conditions in the 2023 growing season. The study, which was conducted in three replications in accordance with the randomized plot design, used five different dilutions (0, 25%, 50%, 75%, and 100%) of treated wastewater levels. At the end of the study, the plant's marketable fruit yield, fruit weight, fruit length, fruit firmness, pH, water soluble dry matter (WSS) and irrigation water use efficiency were analyzed. The results obtained showed that treated wastewater had positive effects on both fruit yield and quality. The highest fruit yield and IWUE values were obtained from the parcel to which 50% treated wastewater was applied (AAS50), as 67.92 t ha^{-1} and 15.36 kg m^{-3}, respectively. The highest single fruit weight (101.35 g), fruit length (61.88 mm) and water soluble dry matter (5.43) values were obtained when 50% treated wastewater was applied, the highest fruit weight, (64.61 mm) and pH (4.57) values were obtained when 25% treated wastewater was applied and fruit firmness (1.35 kg cm^{-2}) was obtained from the control subject. Although treated wastewater had an encouraging effect on efficiency and quality, it was determined that it had negative effects on both efficiency and quality when the wastewater level exceeded 75%.

Research Article

Article History
Received :22.11.2023
Accepted :29.12.2023

Keywords
Alternative water resources
treated waste water
tomatoes
water productivity

1. Giriş

Nüfus artışı ve buna bağlı olarak gelişen faaliyetler neticesinde insanoğlunun hem doğal kaynak hem de gıdaya olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Fakat değişen tüketim alışkanlıklarımız, günümüzde kaynaklarımızı aşırı kullanmamız ve kirletmemiz neticesinde mevcut kaynaklarımızın doğadaki varlıkları tükenme tehlikesiyle karşı karşıya getirmiştir. Tehlike altındaki bu kaynaklarımızdan en önemlilerinden birisi de sudur.

Su, hayatın temel kaynaklarından biridir ve dünya nüfusu arttıkça su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi giderek daha kritik bir öneme sahip olmaktadır. İnsanların, endüstriyel faaliyetler, evsel kullanım ve tarım gibi çeşitli sektörlerde su kaynaklarına olan talebi artırmaktadır. Ancak, artan bu talep, sınırlı su kaynaklarını tükenme noktasına getirmekte ve gelecek nesiller için su güvencesini tehdit etmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması, sürdürülebilirlik ve gelecek nesillerin yaşam standartlarının korunması açısından son derece önemlidir. Özellikle tüm dünyada ortalama % 70 ile suyun en büyük kullanıcısı olan tarım sektöründe suyu iyi yönetmek son derece önemlidir (Çetin ve ark., 2008). Fakat suya olan talep her geçen gün arttığı için tarım sektörüne de istenen suyun ayrılmasını zorlaştıracak ve tarım sektörü üzerinde baskı daha da artacaktır. Bu nedenle tarımda etkin su kullanımını sağlayan araç ve tekniklerin kullanımı öncelikli hedefler arasında yer almaktadır (Williams ve ark., 2013).

Bu tekniklerden biri üretim ve tüketim yapısına paralel olarak artış gösteren geriye kazanılabilir atıklardan yeniden yararlanmaktır. Bu yüzden tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan su yetersizliği atık suyun yeniden kullanılması için önemli bir etken olup (Çakmakcı ve ark., 2016), tarımsal sulamada iyi nitelikli suların kullanılması yerine alternatif su kaynaklarının kullanımının arttırılması son derece önemlidir.

Arıtılmış atık sular, evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan suların, özel arıtma tesisleri tarafından temizlenip arıtıldıktan sonra tekrar kullanılabilir hale getirilmesini ifade eder. Bu suyun tarımda kullanımı, pek çok yönden önemlidir. İlk olarak, bu uygulama su tasarrufu sağlar. Arıtılmış atık suların kullanılması, tatlı su kaynaklarının aşırı kullanımını önler ve doğal su havuzlarının sürdürülebilirliğini artırır. Ayrıca, arıtılmış atıksular, azot ve fosfor gibi besin maddeleri bakımından zengin olması tarımda gübre ihtiyacını azaltmakta ve ürün verimini arttırmaktadır (Demir ve ark., 2017)

Tarım alanlarının sulanmasında kullanılan arıtılmış atık sular, toprakları besleyici minerallerle zenginleştirerek verimliliği arttırmak ve çimlenmeyi de teşvik etmektedir (Karaer ve ark., 2021, Minhas ve ark., 2022).

Domates (*Solanum lycopersicum*), dünya genelinde en yaygın olarak yetiştirilen sebze türlerinden biridir ve tarımsal üretim açısından büyük bir öneme sahiptir. Domates taze tüketiminin yanında da sanayiye entegre olmuş önemli bir ticari üründür. İşlenmiş gıda ürünü olarak da tüketilmekte ve bu ürünlerin ham maddeleri olarak kullanılmaktadır (Keskin ve Gül, 2004).

Domates hem dünyada hem de ülkemizde arasında en büyük alanda, en çok üretimi yapılan yaş sebze olarak 1. sırada yer almaktadır. Dünyada toplam yaklaşık 4.8 milyon hektar alanda Türkiye ise 166.323 hektarlık alanda domates üretimi yapılmaktadır. Domates üretimi dünya genelinde 183 milyon ton olup, ülkemizdeki toplam üretim miktarı 13 milyon tondur. Bu rakamla Çin ve Hindistan'dan sonra en çok üretim yapan 3. ülke olmuştur (Anonim, 2022).

Domates yetiştiriciliği en çok yapılan yaş sebzelerden biri olmasının yanında nemi de seven bir bitki olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulamayla birlikte verim ve bazı kalite parametreleri de artmaktadır. Fakat son yıllarda su kaynakları üzerindeki baskının artması özellikle tarım sektöründe önümüzdeki yıllarda bu alana daha az su ayrılmasına neden olacaktır. Bunun önüne geçmek için mevcut su kaynaklarını iyi yönetmek ve tarımsal sulamada basınçlı sistemlere geçmek ya da alternatif su kaynakları bulmak gerekmektedir. Alternatif su kaynaklarının başında da arıtılmış atık sular gelmektedir. Tarımsal sulamada

arıtılmış atık suların kullanımının arttırılması, hem mevcut su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltma hem de suyun kullanıcısı olan diğer sektörlere daha fazla su kaynağı yaratma potansiyeli mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı farklı oranlarda seyreltilerek kullanılan arıtılmış atık suların hem ülkemizde hem de dünyada yetiştiriciliği en çok yapılan domates bitkisi üzerindeki verim ve kalitesine olan etkilerini araştırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Uygulama ve Araştırma alanında bulunan serada 2023 yılı Mayıs-Eylül ayları arasında yürütülmüştür. Araştırmada pink star F1 pembe domates çeşidi kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parseller deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Parseller de sıra araları 80 cm, sıra üzeri 40 cm mesafeler ile fideler dikilmiştir. Her parsel 4 sıra olacak şekilde dizayn edilmiştir. Parsel uzunlukları 3 m genişlikleri ise 3.2 m olarak her bir parsel alanı 9.6 m^2 olarak hazırlanmıştır. Çalışmada, sulamalar A Sınıfı Buharlaşma Kabına göre 5 gün aralıklarla, arıtılmış atık su farklı oranlarda seyreltilerek yapılmıştır. Toplam 5 sulama konusu oluşturulmuş ve Tablo 1'de bu konular verilmiştir. Her sulamadan önce buharlaşma kabında meydana gelen 5 günlük yığışımlı buharlaşma miktarı belirlendikten sonra sulama suyu miktarları hesaplanmıştır. Her deneme parseline aynı miktarda su Tablo 1'de belirtilen oranlarda temiz su ile seyreltilerek verilmiştir.

Tablo 1. Denemede uygulanacak konular ve tanımları

Sulama Konuları	Sulama konusunun tanımı
AAS100	%100 Arıtılmış atık su ile sulanan parseller
AAS75	%75 Arıtılmış atık su + %25 temiz su kaynağından alınmış su ile sulanan parseller
AAS50	%50 Arıtılmış atık su + %50 temiz su kaynağından alınmış su ile sulanan parseller
AAS25	%25 Arıtılmış atık su + %75 temiz su kaynağından alınmış su ile sulanan parseller
Kontrol	%100 Temiz su kaynağından alınmış su ile sulanan parseller

Çalışmadaki tüm parsellere aynı kültürel işlemler uygulanmış ve gübre olarak her bitkiye eşit olacak şekilde dikimden sonra 15:15:15 kompoze gübresi ve 13-0-46 potasyum nitrat gübreleri uygulanmıştır. Sulamalar damla sulama yöntemiyle her bir bitki sırasına 1 lateral gelecek şekilde yapılmıştır. Sulamada kullanılacak arıtılmış atık su Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinin arıtma tesisinde alınmıştır. Arıtılmış atık suyun bazı kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Arıtılmış atık suya ait analiz sonuçları

Ölçüm Parametreleri	Analiz Yöntemi	Analiz sonuçları	Sınır Değerler
pH	SM 4500H$^+$B	7.28	6-9
Askıda Katı Madde	SM2540-D	53.350 mg l^{-1}	60
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	SM5220 B	52.437 mg l^{-1}	160
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	SM 5210 D	21 mg l^{-1}	50

Sulama suyu miktarı, konulu sulama uygulamalarının başlamasını takiben her sulama öncesinde deneme alanına yerleştirilen A-Sınıfı buharlaşma kabından 5 günlük eksilen su miktarı ölçülerek Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber, 1984).

$$I=k_p \times E_p \times P \times A \quad (1)$$

Eşitlikte; I: Sulama suyu miktarı (lt), k_p: Deneme konusuna ilişkin katsayı, E_p: A sınıfı buharlaşma kabında meydana gelen yığışımlı buharlaşma miktarı (mm), P: Islatılan alan, A: Parsel alanı (m^2)

Sulama suyu miktarları belirlendikten sonra sulama suyu kullanım etkinliği değerleri de hesaplanmıştır. Sulama suyu kullanım

etkinliği (IWUE) ise bitkiye uygulanan birim su başına elde edilen meyve verimi veya toprak üstü kuru madde verimini göstermektedir Çalışmada sulama suyu kullanım etkinliği, pazarlanabilir domates veriminin uygulanan sulama suyu miktarına bölünmesiyle belirlenmiştir (Eşitlik 2) (Howell, 2001).

$$IWUE=Y/I \quad (2)$$

Eşitliklerde; IWUE: Sulama suyu kullanım etkinliği (kg m^{-3}), Y: Pazarlanabilir domates verimi (kg ha^{-1}), I: Sulama suyu miktarıdır (mm).

Sulamaya bağlı gerekli hesaplamaların yanında pazarlanabilir meyve verimi, meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, meyve eti sertliği, meyve suyunda pH, suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri de belirlenmiştir. Pazarlanabilir meyve verimi hasat edilen alan üzerinden gidilerek 1 hektar alan için hesaplanmıştır.

Meyve ağırlığı (g), her bir tekerrürü temsil edecek şekilde rastgele seçilen 10 adet meyve ±0.01 hassasiyetindeki terazi ile tartılarak ortalama meyve ağırlıkları belirlenmiştir.

Meyve eni (mm), her bir tekerrürü temsil edecek şekilde rastgele seçilen 10 adet meyvenin en geniş çapları dijital kumpas ile ölçülmüş ve ortalama meyve eni belirlenmiştir.

Meyve boyu (mm), her bir tekerrürü temsil edecek şekilde rastgele seçilen 10 adet meyvenin sap çukuru ile çiçek burnu arası dijital kumpas ile ölçülmüş ve ortalama meyve boyu belirlenmiştir.

Meyve eti sertliği, her bir tekerrürü temsil edecek şekilde rastgele seçilen 10 adet meyvenin, kabuk sertliği düz uçlu el penetrometresi ile ekvatoral düzlem çevresinden ve karpel duvarı dışından ölçülerek kg cm^{-2} olarak belirlenmiştir (Bayraktar, 1970).

pH, süzülmüş meyve suyunda dijital pH metre ile ortalama pH değerleri belirlenmiştir.

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) (briks %) miktarı, blender ile parçalanan meyvelerin kaba filtre kağıdından süzülmesi ile elde edilen süzüğün dijital refraktometre ile okunmasıyla belirlenmiştir (Karaçalı, 2014).

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde minitab 19 paket programı kullanılmıştır. Elde edilen ortalamalar arasındaki farklar Tukey çoklu karşılaştırma testiyle ($P<0.05$) belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Uygulanan sulama suyu miktarının meyve verim ve kalitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışma sonunda her parsele uygulanan sulama suyu miktarı toplam 442 mm olarak hesaplanmıştır. Meyve kalite özellikleriyle ilgi elde edilen sonuçlarda Tablo 3'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda arıtılmış atık su uygulamaların domates kalite parametreleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tablo 3'de görüldüğü gibi meyve ağırlıkları 101.35-89.23 g arasında değişmiş ve en yüksek meyve ağırlık değeri AAS50 konusundan, en düşük meyve ağırlığı değeri ise AAS100 konusundan elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar arıtılmış atık suyun belli oranlara kadar meyve ağırlığını arttırdığını fakat belli bir orandan sonra arıtılmış atık suyla yapılan sulamanın meyve ağırlığı üzerinde olumsuz etki yaptığını göstermiştir. Meyve eni ve boyu değerlerinde de benzer durum gözlenmiş % 75 arıtılmış atık suyu seviyesine kadar olumsuz bir etki gözlenmemişken, % 100 arıtılmış atık su kullanılan konularda meyve eni ve boyu en düşük değerlere ulaşmıştır. En yüksek meyve eni AAS25 konusundan (64.61 mm), en düşük meyve eni ise AAS100 konusundan (60.04 mm) olarak elde edilmiştir. Fakat Kontrol, AAS25, AAS50, AAS75 konuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. En yüksek meyve boyu değeri ise AAS50 konusundan (61.94 mm), en düşük meyve boyu değeri ise AAS100 konusundan (58.17 mm) olarak elde edilmiştir. Kontrol, AAS50 ve AAS75 konuları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir.

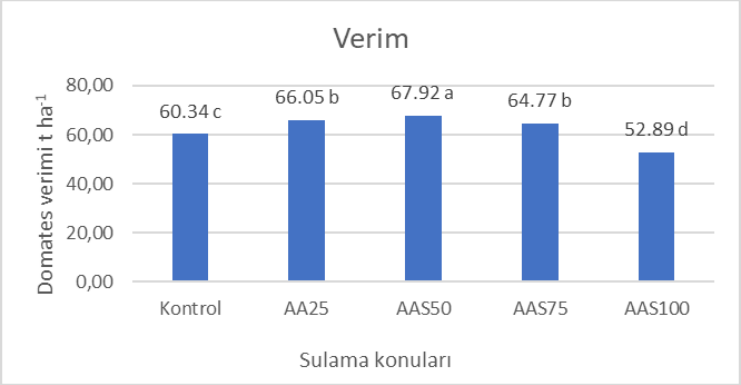
Meyve eti sertlik değerleri ise 1.35-1.17 kg cm^{-2} arasında değişirken arıtılmış artık su seviyesi arttıkça meyve eti sertliği değeri azalış

göstermiştir. En yüksek değer Kontrol konusundan, en düşük değer ise AAS100 konusundan tespit edilmiştir. Domates pH değerlerine baktığımız zaman ise sonuçlar 4.3-4.57 arasında değişmiş olup en yüksek değer AAS25, en düşük değer ise Kontrol konusundan tespit edilmiştir. Diğer konular arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Suda çözünür kuru madde oranı arıtılmış atık su ile birlikte belli bir orana kadar artmış daha sonra düşüş göstermiştir. En düşük suda çözünür kuru madde oranı Kontrol konusundan (% 4.23), en yüksek değer ise AAS50 konusunda (% 5.43) elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler belirli oranla uygulanan arıtılmış atık suyun meyve gelişimini olumlu yönde teşvik ettiğini ve arıtılmış atık suyun sulama amaçlı kullanılabileceğini göstermiştir. Fakat arıtılmış atık suyun fazla ve kontrolsüz kullanımının verim ve bazı kalite özelliklerini olumsuz etkilediğini bu yüzden sulama yaparken dikkatli olunması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle arıtılmış atık suyun hem kısa hem de uzun vade de olumsuz etkileri olabilmektedir. İnsanların ve hayvanların çevresel temas potansiyeline bağlı olarak direk patojen etkisi olabilmektedir. Bunun yanında sürekli kullanımı toprakta, tuzluluk ve toksik kimyasalların birikmesi gibi olumsuz etkilere de sahiptir (Toze, 2005). Daha önce yapılan çalışmalarda da araştırmacılar benzer sonuçlar bulmuşlar arıtılmış atık suyun bitki gelişimi üzerinde olumlu etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Khan ve ark. (2009)'ları arıtılmış atık su ile sulanan ayçiçeğinde bitki boyu, yaprak alanı ve kapitulum çapının arttığını, Cirelli ve ark. (2012)'ları atık su ile sulanan domates ve patlıcan bitkilerinde tek meyve ağırlığı ve meyve sayısının arttığını, Yadzani ve ark. (2019)'ları atık su ile sulanan ayçiçeğinde bitki boyu ve baş çapının daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Tablo 3. Farklı oranlarda seyreltilmiş arıtılmış atık suların domateste bazı meyve kalite özellikleri üzerine olan etkileri

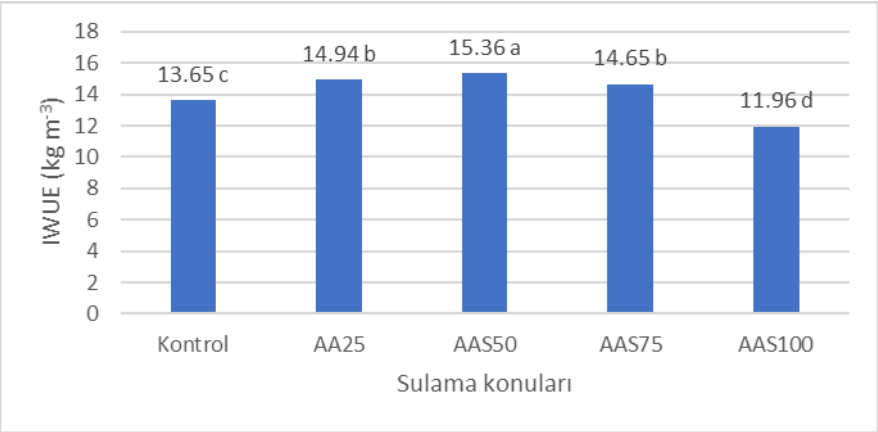
Sulama Konuları	Tek Meyve ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)	Meyve eti sertliği (kg cm^{-2})	pH	Suda çözünür kuru madde (°Brix)
Kontrol	100.23 ab	64.08 a	61.88 a	1.35 a	4.3 c	4.23 d
AAS25	99.23 ab	64.61a	60.16 ab	1.20 c	4.57 a	4.50 c
AAS50	101.35 a	64.33 a	61.94 a	1.26b	4.51 b	5.43 a
AAS75	98.59 b	63.39 a	60.47 a	1.29 b	4.50 b	5.37 a
AAS100	89.23 c	60.04 b	58.17 b	1.17 c	4.48 b	5.06 b

Arıtılmış atık suyun domates verimi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Domates verimi 67.92-52.89 t ha^{-1} arasında değişiklik göstermiş ve en yüksek meyve verimi AAS50 konusundan tespit edilirken, en düşük meyve verimi AAS100 konusundan elde edilmiştir (Şekil 1). Kontrol konusu ile arıtılmış atık su seviyelerinin verim miktarlarını kıyasladığımız zaman AAS100 konusu hariç diğer konulardan Kontrol konusuna göre daha yüksek verim elde edilmiştir. Buda arıtılmış atık suyun belli orana kadar kullanımının verimi arttırdığını, arıtılmış atık suyun seviyesi yükseldikçe verimin düştüğünü göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da araştırmacılar benzer sonuçlar elde etmişler ve arıtılmış atık suyun tarımda sulama amaçlı kullanıldığında su tüketimini azalttığını ve ürünün pazarlanabilir verimini arttırdığını belirtmişledir. Cirelli ve ark. (2012)'ları arıtılmış atık su ile sulanan domates ve patlıcan bitkilerinde verimin temiz su uygulamalarına göre yaklaşık %20 oranında arttığını, Çiçek ve ark. (2013)'ları farklı oranlarda seyreltilmiş evsel atık sularla sulanan buğdayın verimini önemli oranda arttığını, Demir ve Şahin (2017) arıtılmış atık suyun domates verimi üzerinde pozitif etki yarattığını, Ounsafi ve ark. (2022)'ları arıtılmış atık su ile sulanan domates bitkisinin veriminin temiz su ile sulanan konulara göre daha fazla olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 1. Farklı oranlarda seyreltilmiş arıtılmış atık suların domates verimi üzerine olan etkisi

Sulama suyu kullanım etkinliğine dair yapılan hesaplamalar sonucunda farklı arıtılmış atık suların IWUE üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. IWUE değerleri 11.96-15.36 kg m^{-3} arasında değişmiş olup en yüksek IWUE değeri AAS50 konusundan, en düşük IWUE değeri ise AAS100 konusundan belirlenmiştir (Şekil 2). Araştırma sonucunda belirli oranlarda arıtılmış atık suyun sulama suyu kullanım etkinliğini arttırdığı arıtılmış atık suyun miktarı arttıkça verim düşüşüne bağlı olarak IWUE değerinin de düştüğü sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar bize arıtılmış atık suyun tarımda kullanılmasıyla birlikte temiz su kullanımını büyük oranda azalttığını bunun yanında su verimliliğini de arttığını göstermiştir. Doğan Demir (2016) yaptığı çalışmada arıtılmış atık su ise sulanan domates bitkisinde IWUE değerlerinin temiz su ile sulanana göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Samaras ve ark. (2009)'ları yaptıkları çalışmada arıtılmış atık su uyguladıkları ve gübreledikleri domateslerden en yüksek su kullanım etkinliği değerlerine ulaştıklarını bildirmişledir. Hassanli ve ark. (2010)'ları şeker pancarında arıtılmış atık su uygulamasının IWUE değerini arttırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 2. Farklı oranlarda seyreltilmiş arıtılmış atık suların IWUE üzerine olan etkisi

4. Sonuçlar

Farklı oranlarda seyreltilmiş atık suyun domates bitkisinde verim ve bazı kalite kriterleri üzerine olan etkilerini incelediğimiz bu çalışmada, belirli bir orana kadar arıtılmış atık suyun kontrol grubuna göre verim ve kalite üzerinde olumlu teşvik edici etkiler yaptığı fakat % 75 arıtılmış atık su konusundan sonra olumsuz etki yarattığı, verim ve bazı kalite özellikleri üzerinde düşüş olduğu tespit

edilmiştir. En yüksek verim ve IWUE değeri AAS50 konusundan sırasıyla 67.92 t ha^{-1} ve 15.36 kg m^{-3} olarak elde edilmiştir. Bunu ASS25 konusu takip etmiş ve en yüksek ikinci verim ve IWUE değerleri elde edilmiştir. En düşük verim ve IWUE değeri ise tamamen atık su ile sulanan AAS100 konusundan elde edilmiştir. Gözlemlediğimiz kalite kriterlerine baktığımızda da benzer sonuçlar elde edilmiş en yüksek tek meyve ağırlığı (101.35 g), meyve boyu (61.94 mm), ve suda çözünür kuru madde (% 5.43) değerleri AAS50 konusundan gözlenmiştir. En yüksek meyve eti sertliği (1.35 kg cm^{-2}) kontrol konusundan, pH (4.57) ve meyve eni (64.61 mm) değeri ise AAS25 konusundan belirlenmiştir. Elde ettiğimiz veriler sonucunda hem verim hem de kalite değerleri açısından % 50 arıtılmış atık su % 50 temiz sulama suyu uyguladığımız AAS50 konusu ön plana çıkmış fakat % 50 üzerinden sonra uygulanan arıtılmış atık su bitkide verim ve kalite açısından olumsuz etkiler yaratmıştır. Bu sonuçlar bize arıtılmış atık suyun tarımsal sulama amaçlı kullanılabileceğini fakat belirli oranların üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğinden dolayı kullanımının kontrollü bir şekilde yapılması gerektiği sonucunu göstermiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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 araştırma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 2209-A Lisans Öğrencileri Araştırma Projesi Destek Programı (Başvuru numarası:1919B012223679) finansmanıyla desteklenmiştir.

Kaynaklar

Anonim, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (https://www.fao.org/faostat/en/#home), (Erişim tarihi 13.11.2023).

Bayraktar, K., 1970. Sebze yetiştirme. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:169, İzmir.

Cirelli, G.L., Consoli, S., Licciardello, F., Aiello, R., Giuffrida, F., Leonardi, C., 2012. Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. *Agricultural Water Management*, 104: 163-170.

Çakmakcı, T., Uçar, Y., Erbaş, S., 2016. Atık su uygulamalarının kanola'da (Brassica napus l.) yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi,* 26(2): 145-151.

Çetin, Ö., Eylen, M., Nacar, A.S., Üzen, N., 2008. GAP Bölgesinde iklim değişikliği ve modern sulama sistemlerinin kullanımının etkileri. *Sulama Tuzlanma Konferansı*, Kongre Bildiriler Kitabı, 12-13 Haziran, Şanlıurfa, s.101-110.

Çicek, A., Karaman, M.R., Turan, M., Güneş, A., Çiğdem, A., 2013. Yield and nutrient status of wheat plant (T. aestivum) influenced by municipal wastewater irrigation. *Food, Agriculture and Environment (JFAE)*, 11(1): 733-737.

Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., Arzum, C.Ş., 2017. Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2): 1-14.

Demir Doğan, A., 2016. Farklı sulama stratejileri ile atık su uygulamalarının Bingöl koşullarında domates bitkisinin verim ve kalitesi ile toprak özelliklerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Demir Doğan, A., Sahin, U., 2017. Effects of different irrigation practices using treated wastewater on tomato yields, quality, water productivity, and soil and fruit mineral contents. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(32): 24856-24879.

Hassanli, A.M., Ahmadirad, S., Beecham S., 2010. Evaluation of the ınfluence of ırrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 97: 357–362.

Howell, T.A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy J*ournal, 93: 28.

Samaras V., Tsadilas, C.D., Tsialtas, J.T., 2009. Use of treated wastewater as fertilization and irrigation amendment in pot-grown processing tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 741-754.

Kanber, R., 1984. Irrigation of first and second product peanuts by utilizing open water surface evaporation in Çukurova conditions. Regional Groundwater Research Institute Publications.

Karaçalı, İ., 2014. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, Bornova, İzmir.

Karaer, M., Kardeş, Y.M., Erbaş Köse, Ö.D., Mut, Z., 2021. The effects of treated wastewater concentrations on germination and seedling growth of different lentil cultivars. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(4): 958–964.

Keskin, G., Gül, U., 2004. Domates. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü T.E.A.E Bakış, No:5.

Khan, M.A., Shaukat, S.S., Khan M.A., 2009. Growth, yield and nutrient content of sunflower (*Helianthus annuus L.)* using treated wastewater from waste stabilization ponds. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3): 1391-1399.

Minhas, P.S., Saha, J.K., Dotaniya, M.L., Sarkar, A., Saha, M., 2022. Wastewater irrigation in India: Current status, impacts and response ptions. *Journal of Sciene of the Total Environment*, 808: 15001.

Ouansafi, S., Bellali, F., Maaghloud, H., Kabine, M., Abdelilah, F., 2022. Treated wastewater irrigation of tomato: Effects on crop production, and on physico-chemical properties, SDH activity and microbiological characteristics of fruits. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 24(1): 13-25.

Samaras V., Tsadilas, C.D., Tsialtas, J.T., 2009. Use of treated wastewater as fertilization and irrigation amendment in pot-grown processing tomatoes. *Journal of Plant Nut*rition, 32: 741-754.

Toze, S., 2005. Reuse of effluent water-benefits and risks. *Journal of Agricultural Management*, 80: 147-159.

Williams, A.P., Allen, C.D., Macalady, A.K., Griffin, D., Woodhouse, C.A., Meko, D.M., Swetnam, T.W., Rauscher, S.A., Seager, R., Grissino-Mayer, H.D., Dean, J.S., Cook, E.R., Gangodagamage, C., Cai, M., McDowell, N.G., 2013. Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change*, 3: 292–297.

Yazdani, A.A., Saffari, M., Ranjbar G.H., 2018. Application of treated wastewater on yield and heavy metals content of seeds in sunflower cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 12(5): 731-737.

Atıf Şekli	Dursun, G., Karaer, M., 2024. Farklı Oranlarda Seyreltilmiş Arıtılmış Atık Suyun Domates Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 160-167. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10824549.
To Cite	Dursun, G., Karaer, M., 2024. Effect of Different Treated Wastewater Levels on Tomato Yield and Some Quality Criteria. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 160-167. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10824549.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):168-182, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):168-182, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10826058

The Changes in Coleoptile Length and Root System Architecture During Wheat Polyploidization

Uğur SESİZ[1*]
[1]Sirnak University, Agriculture Faculty, Field Crop Department, Şırnak
[*]Corresponding author: usesiz@sirnak.edu.tr

Abstract
Polyploidy, the doubling of chromosomes, has significantly shaped the evolution of flowering plants, including wheat. Yet, its impact on crucial traits like coleoptile length and root development remains unclear. This study compared these traits in wheat varieties with different ploidy levels, focusing on coleoptile length and root system diversity. Five genotypes/cultivars were used for each of einkorn (*Triticum monococcum*), durum (landraces and cultivars, *Triticum durum* and *Triticum turgidum*), and bread wheat (*Triticum aestivum*). The coleoptile length and root morphological measurement procedures were conducted using a blotter-paper germination protocol. The experiment was designed according to a completely randomized design with three replications. The results revealed that domestication and selection pressures have influenced wheat's coleoptile length and certain root system characteristics. Interestingly, polyploidy appears to have a mixed bag of effects. It enhances root angle and seminal root numbers. However, total root length and coleoptile length are negatively affected. Importantly, the longest root remains unaffected. This divergence in root traits highlights the complex interplay between polyploidy and plant morphology. Understanding these trade-offs is crucial for plant breeders. To combine polyploidy's desirable robustness with optimal root systems, wild relatives and modern wheat varieties need to be strategically integrated into breeding programs. This will allow for the recovery of valuable traits that separated during wheat's evolutionary journey.

Research Article

Article History
Received :23.11.2023
Accepted :29.12.2023

Keywords
Polyploidization
coleoptile length
root system architecture
wheat relatives

1. Introduction

Polyploidy, the occurrence of multiple sets of chromosomes, has played a crucial role in the evolution of flowering plants. Estimates suggest that 50-70% of angiosperm species originated through polyploidization (Soltis et al., 1993; Masterson, 1994; Ozkan et al., 2001). This phenomenon has also significantly impacted wheat evolution, as evidenced by the discovery of its diverse chromosome numbers (Sakamura, 1918; Sax, 1918). Wheat belongs to the *Triticum* genus and is one of the most important cereal species in the world, serving as a staple crop for human consumption on almost all continents (Williams, 1993). It was the first domesticated food crop, appearing approximately 8,000 to 12,000 years ago in the Fertile Crescent (Heun et al., 1997; Özkan et al., 2002) and playing a foundational role in the agricultural revolution (Harlan, 1992; Zohary and Hopf, 2000). Wheat comprises three polyploid series: diploid species with 14 chromosomes (2n = 2x = 14), tetraploids with 28 chromosomes (2n = 4x = 28), and hexaploid with 42 chromosomes (2n = 6x = 42). Among the diploid wheat species, einkorn (*Triticum monococcum*, A^mA^m) holds a unique position. It played a pivotal role in establishing agriculture in this region and remains the only diploid wheat species with both wild (*Triticum boeticum*) and domesticated forms. Interestingly, einkorn shares a close genetic relationship with *Triticum Urartu* (A^uA^u), the A genome donor of both tetraploid durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) and hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum*) (Marcussen et al., 2014). Durum wheat itself is a tetraploid species (AABB) derived from domesticated emmer wheat (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) approximately 10,000 years ago (Dubcovsky and Dvorak, 2007). Emmer wheat, in turn, evolved from wild emmer wheat (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*). Wild emmer possibly evolved from natural hybridization between *Triticum urartu* and *Aegilops speltoides* (BB). Finally, bread wheat (*Triticum aestivum*, AABBDD) emerged only 8,500-9,000 years ago as a young hexaploid species. Its formation resulted from a hybridization event between domesticated free-threshing tetraploid wheat (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*, AABB) and *Aegilops tauschii* (DD), the diploid donor of the D subgenome (Levy and Feldman, 2022). These discoveries and knowledge not only illuminate the remarkable diversity of wheat but also pave the way for further research on polyploidy and its role in shaping wheat's evolution.

Sustainable yield improvement is a common goal among breeders and farmers. However, wheat is frequently grown under rainfed conditions, where drought and heat stress significantly reduce grain yield (Araus et al., 2002; Condon et al., 2004). Drought stress can particularly limit wheat yield during critical stages like heading and grain-filling (El Hafid et al., 1998; Araus et al., 2003; Royo et al., 2006). Tolerance to drought is a complex trait influenced by multiple factors, and coleoptile length and root morphology and biomass may be important approaches to minimize the adverse effects of climate change on wheat yield stability.

Ensuring a stable maximum yield requires creating an even and optimal number of plants per unit area. Achieving optimal seedling establishment in dry areas presents a major challenge for farmers. Temperature and water/moisture are the two most critical environmental factors determining the success of seedling establishment in dry soil (Jame and Cutforth, 2004; Cochrane et al., 2015). Deep sowing in arid and hot regions can provide access to ideal temperatures and humidity, leading to a higher seed germination rate and seedling establishment (Mahdi et al., 1998; Mohan et al., 2013). Deep sowing also minimizes damage to seeds from freezing temperatures and protects them from pests (Brown et al., 2003). An optimal and suitable sowing time is crucial for wheat cultivation (Coventry et al., 1993; Shackley and Anderson, 1995; Mahdi et al., 1998; Rahman et al., 2009; Baloch et al., 2012). In dry areas, sowing is often delayed if the soil lacks sufficient moisture to initiate seed germination. Therefore, sowing is postponed

until the beginning of the rainy season, allowing the soil to accumulate enough moisture. Conversely, when seeds are sown deeper, the reserved water/moisture in deeper soil layers allows farmers to plant wheat at the standard sowing time (Mahdi et al., 1998; Schillinger et al., 1998), thus preventing potential yield losses.

Climate change and extreme environmental events necessitate the development of novel genotypes/cultivars with enhanced stress tolerance. Due to increased drought pressure, cultivars with longer coleoptiles are needed to ensure optimal seedling emergence in dry areas (Rebetzke et al., 2007). The coleoptile, a protective sheath that facilitates seedling emergence in monocots, is significantly influenced by genetics control (Rebetzke et al., 2004; Rebetzke et al., 2007; Murphy et al., 2008). Genotypes with longer coleoptiles can be planted deeper, allowing seedlings to bypass the dry and hot soil layers. However, deep sowing of genotypes with shorter coleoptiles can result in poor seedling establishment and negatively impact grain yield (Mahdi et al., 1998; Rebetzke et al., 2005; Rebetzke et al., 2007). Therefore, developing novel cultivars with longer coleoptiles is crucial.

Wheat harbours a hidden world beneath the surface - its root system. This intricate network, comprised of seminal (embryonic) and nodal (crown or adventitious) roots, plays a critical role in the entire lifecycle of the plant, influencing growth and development at every stage (Kirby and Appleyard, 1987; Chochois et al., 2015; Sinha et al., 2018). Seminal roots, the early pioneers, demonstrate remarkable resilience in the face of drought. Their superior depth-penetrating abilities enable them to tap into the vital water reserves in the deeper soil layers, where shallower nodal roots might struggle (Araki and Iijima, 2001; Manske and Vlek, 2002; Maccaferri et al., 2016). Until the fourth leaves emerge (Zadoks Scale, Stage 1.4) (Zadoks et al., 1974), these pioneering roots serve as the sole anchors for the young plant, highlighting their crucial role in establishing a strong foundation for growth (Esau, 1965). The architecture of the root system itself holds immense significance for nutrient and water acquisition. Genotypes with deep, narrow, and densely packed roots excel at extracting water and nitrogen from deeper soil layers throughout the season (Manschadi et al., 2008; Uga et al., 2013; Borrell et al., 2014). In contrast, genotypes with shallower, wider-angled roots demonstrate a knack for retrieving nutrients like phosphorus from areas closer to the surface (Miguel et al., 2015). This diversity in root architecture underscores its potential as a key selection factor for breeding wheat cultivars with superior nutrient and water uptake capabilities. Unlocking the full potential of wheat under unfavorable climatic conditions demands careful manipulation of plant traits that support its resilience. Ensuring proper development from germination to physiological maturity becomes crucial for equipping wheat to withstand environmental challenges.

Coleoptile length and root architecture emerge as the key contributors to plant success. Recognizing the crucial role of these traits in mitigating environmental stresses, this study aims to screen three important wheat species: einkorn, durum, and bread wheat. This comprehensive assessment will compare the coleoptile length and root architectural traits of wheat at three different ploidy levels.

2. Materials and Methods

2.1. Plant materials

Plant material consisted of a total of 20 genotypes, comprising 5 genotypes of einkorn wheat, one is a first-registered einkorn cultivar, one is an unregistered landrace that cultivated in Kastamonu province, in Türkiye, and the other three are advanced einkorn lines, 5 durum wheat landraces (*Triticum turgidum* L.), 5 modern durum wheat cultivars (*Triticum turgidum* L. *durum* Desf.), and 5 modern bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Modern wheat cultivars were chosen based on their popularity in Türkiye

and around the world, while the landraces were chosen to represent different locations in Türkiye. The list of all genotypes is given in Table 1.

Table 1. The landraces and cultivars used in the experiment, categorized by their ploidy levels

Ploidy levels	Genome	Species	Cultivar/Genotype name
Diploid, 2n=2x=14	A^mA^m	Einkorn Wheat, *Triticum monococcum*	Monlis
Diploid, 2n=2x=14	A^mA^m	Einkorn Wheat, *Triticum monococcum*	ID1623
Diploid, 2n=2x=14	A^mA^m	Einkorn Wheat, *Triticum monococcum*	ID432
Diploid, 2n=2x=14	A^mA^m	Einkorn Wheat, *Triticum monococcum*	ID347
Diploid, 2n=2x=14	A^mA^m	Einkorn Wheat, *Triticum monococcum*	Kastamonu Landrace
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat landrace, *Triticum turgidum L.*	TR-81356-Konya
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat landrace, *Triticum turgidum L.*	TR-81259-Malatya
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat landrace, *Triticum turgidum L.*	TR-81273-Ankara
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat landrace, *Triticum turgidum L.*	TR-47949-Kars
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat landrace, *Triticum turgidum L.*	TR-80984-Eskişehir
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat, *Triticum durum* Desf.	Balcalı-2000
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat, *Triticum durum* Desf.	Çeşit-1252
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat, *Triticum durum* Desf..	Zenit
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat, *Triticum durum* Desf.	Sevevo
Tetratploid, 2n=2x=28	A^uA^uBB	Durum wheat, *Triticum durum* Desf.	Havidi
Hexaploid, 2n=2x=42	A^uA^uBBDD	Bread wheat, *Triticum aestivum* L.	Pandas
Hexaploid, 2n=2x=42	A^uA^uBBDD	Bread wheat, *Triticum aestivum* L.	Özkan
Hexaploid, 2n=2x=42	A^uA^uBBDD	Bread wheat, *Triticum aestivum* L.	Adana-99
Hexaploid, 2n=2x=42	A^uA^uBBDD	Bread wheat, *Triticum aestivum* L.	Seri-82
Hexaploid, 2n=2x=42	A^uA^uBBDD	Bread wheat, *Triticum aestivum* L.	Gönen-98

2.2. Evaluation of coleoptile length and root architecture traits

The coleoptile length and root architecture measurement procedures were conducted at Şırnak University's Agriculture Faculty. The experiment was designed according to a completely randomized design (CRD) with three replications. Coleoptile lengths for durum genotypes were determined using a blotter-paper germination protocol adapted from Hakizimana et al. (2000). Standard filter paper (400 × 400 mm) was used for the experiment. Six seeds of equal size were selected for each genotype and lined up 2 cm upper on centre of a germination paper (22 cm away from bottom) with a spacing of 5 cm between them. The seeds were placed germ-side down. The protocol was slightly modified by using double-sided sticky tape to attach the seeds to the germination paper and keep them steady during rolling. After placing all the seeds on the line, another germination papers were placed on the first and then rolled horizontally from left to right. The rolled germination papers were secured with rubber bands, covered with a black plastic bag, and placed vertically in a tray filled with approximately 20 cm of distilled water to soak from the bottom of the rolls. Subsequently, the saturated samples were removed from the tray and placed on a grid tray to drain excess water. The samples in the grid trays were placed in a dark refrigerator at 4°C for two days to break any potential dormancy. The samples were then transferred to a growth chamber at 15°C with 80% relative humidity for four days, followed by 7 days at 20°C, at completely dark mode. During this period, the samples were soaked in distilled water every few days if they appeared dry. In total, the experiment ran for twelve days, after which the samples were removed from the growth chamber for image collection. All samples were quickly

photographed to minimize timing-related errors among replicates. Images were then transferred to a computer environment for measurement of coleoptile lengths and root traits using ImageJ image analysis software (Rueden et al., 2017). Coleoptile lengths were measured as the distance from the scutellum to the tip of the coleoptile, as described by Rebetzke et al. (2004). Root measurements included root growth angle (RA), seminal root number (SRN), total seminal root length (TRL), and longest root length (LRL). The root growth angle was measured as the angle between the first pair of roots around the primary root as described by Bektas and Waines (2020).

2.3. Basic statistical analysis

Analysis of variance (ANOVA) was performed on coleoptile length and root architecture traits, followed by Pearson's correlation coefficient analysis between coleoptile length and root traits using JASP software, version 0.11.1 (Love et al., 2019; Team, 2019). The Broad-sense heritability and coefficient of variation (CV) were computed using the "metan" R package (Olivoto and Lúcio, 2020). Means for each species over the two trials were subjected to multiple comparison testing by using Tukey's HSD (P = 0.05) and bar plots with significance letters were generated using RStudio (RStudio, 2020). A neighborhood-based clustering method was used to group the genotypes based on their means, and cluster plots were created using JASP software, version 0.11.1 (Love et al., 2019; Team, 2019).

3. Results and Discussion

This study aimed to investigate coleoptile length and some root traits of the three ploidy levels of wheat species. As a result of the study, all species combined, all the traits demonstrated the about normal distributions, which skewness and kurtosis values supports (Figure 1 and Table 2). A significant genetic diversity was observed for coleoptile length (COL), seminal root number (SRN), total seminal root length (TRL), longest root length (LRL), and root growth angle (RA) between genotypes combined (all species mixed) (Table 3). However, when analysing the related traits according to their ploidy levels individually, there was no statistically significant difference between the einkorn genotypes for all traits, whereas there was significant genetic diversity in durum landraces and durum cultivars for all traits, with significance levels ranging from $p<0.05$ to $p<0.001$, except for the SRN trait. By the way, bread wheat did not exhibit any significant genetic diversity for all traits, except for COL, which was significant at the $p<0.001$ level (Table 4). Tukey’s HSD test also supports these results (Figure 2).

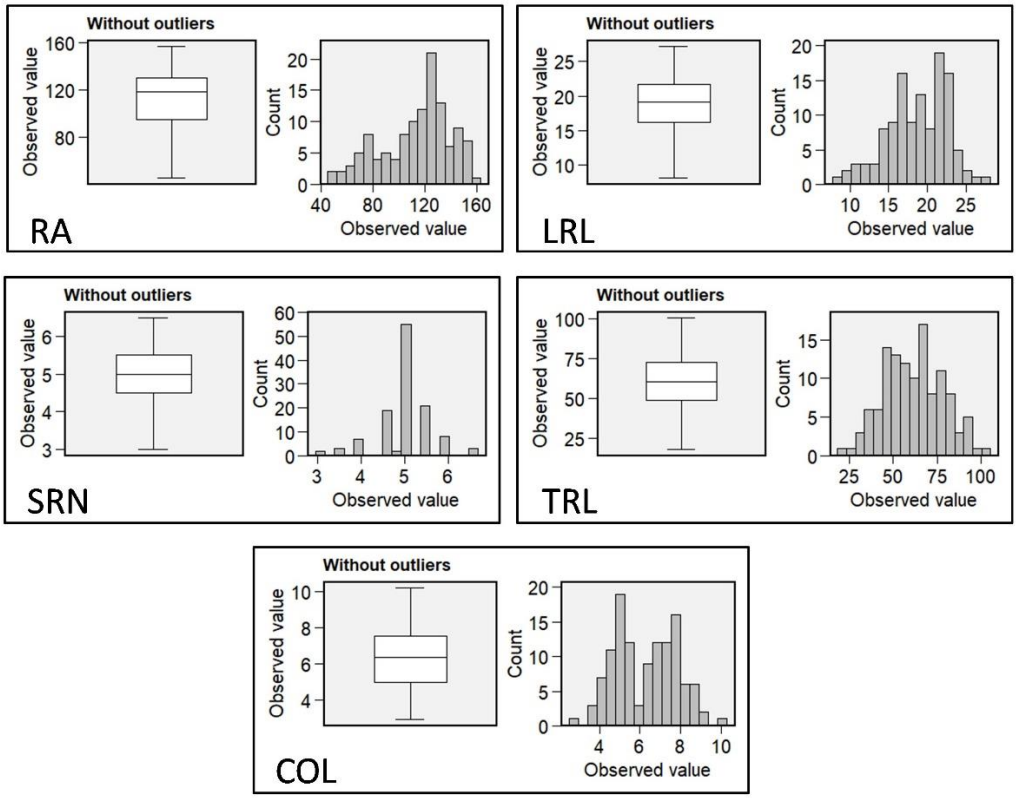


Figure 1. Box plots and distribution plots of investigated traits. Root growth angle (RA), Longest root length (LRL), Seminal root number (SRN), Total seminal root length (TRL), Coleoptile length (COL)

Table 2. Basic descriptive statistics of coleoptile length and root traits in three wheat species combined, using the average of both trials

Variable	Max	Mean	Min	Range	Skewness	Kurtosis	CV (%)	h^2
RA	156.69	113.14	45.78	110.91	-0.55	-0.46	10.02	0.93
LRL	27.23	18.56	6.16	21.07	-0.54	0.04	10.90	0.89
SRN	6.50	4.98	3.00	3.50	-0.42	1.48	10.39	0.53
TRL	100.71	61.24	18.29	82.41	0.01	-0.42	13.78	0.90
COL	10.24	6.25	2.93	7.30	0.08	-0.93	9.76	0.93

Root growth angle (RA), Longest root length (LRL), Seminal root number (SRN), Total seminal root length (TRL), Coleoptile length (COL), Coefficient of Variation (CV), Broad-sense Heritability (h^2)

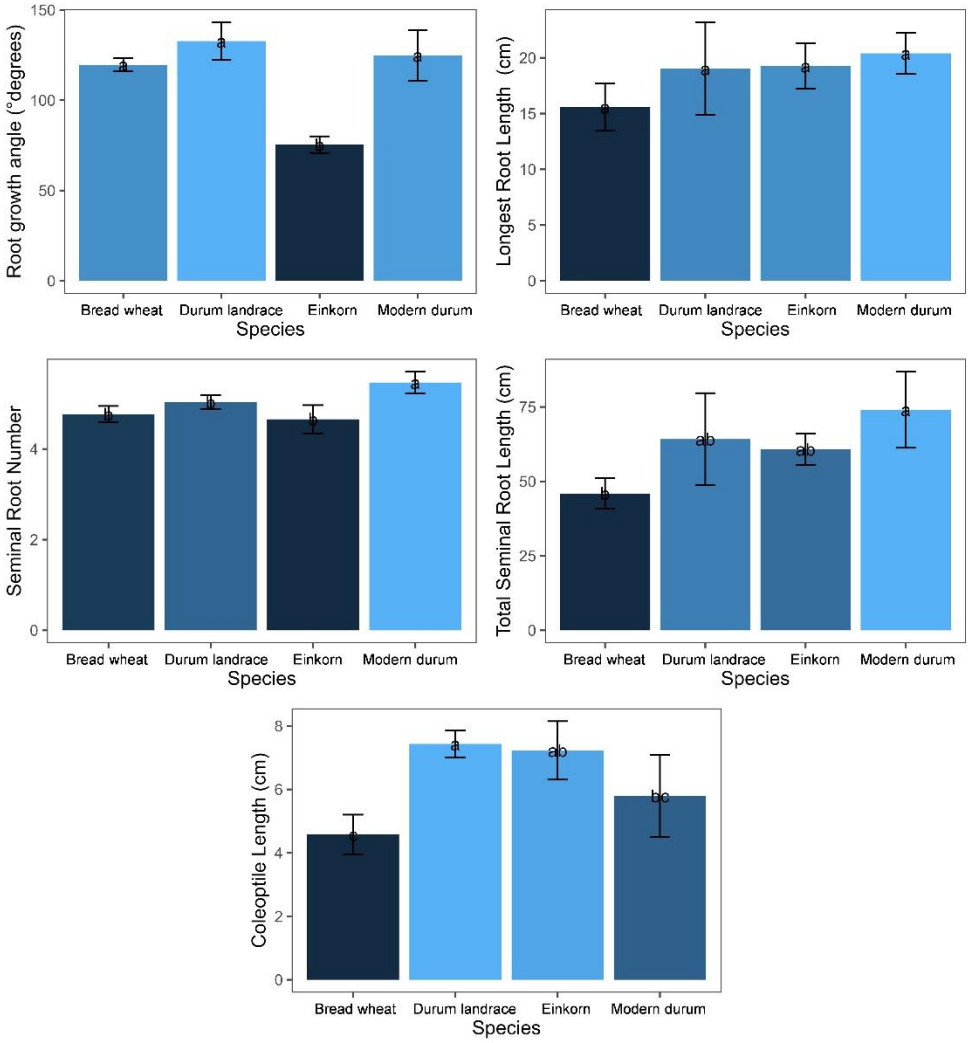


Figure 2. Tukey's HSD multiple comparison test plots of investigated traits. The error bars are standard deviations. Columns with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$

Table 3. Combined ANOVA of coleoptile length and various root traits in all wheat genotypes, assessed across three species and two trials

Source of Variation	Df	Mean Square				
		RA	LRL	SRN	TRL	COL
Trial	1	108.266	16.919	0.011	156.494	0.817
Genotype	19	3564.161***	57.519***	0.883***	1218.406***	234.967***
Geno×Trial	19	201.987	20.639	0.348	221.371	11.126
Residuals	76	129.250	4.097	0.269	71.556	28.546

p<.001***, Root growth angle (RA), Longest root length (LRL), Seminal root number (SRN), Total seminal root length (TRL), Coleoptile length (COL)

Table 4. ANOVA of coleoptile length and root traits in all wheat genotypes, assessed across individual species and two trials

Species	Source of Variation	Df	Mean Square				
			RA	LRL	SRN	TRL	COL
Einkorn	Trial	1	7.560	0.003	0.494	0.937	0.245
	Genotype	4	128.562	24.819	0.587	166.209	5.063
	Geno×Trial	4	198.596	38.432	0.181	363.963	0.227
	Residuals	16	208.403	3.760	0.205	66.940	0.263
Durum Landrace	Trial	1	12.543	0.756	1.200	0.847	1.038
	Genotype	4	645.324*	179.144***	0.070	2043.379***	3.056**
	Geno×Trial	4	14.994	4.094	0.012	74.840	0.363
	Residuals	16	151.710	2.349	0.279	57.410	0.483
Modern Durum	Trial	1	6.822	1.158	0.033	100.203	0.286
	Genotype	4	1279.358***	18.280**	0.345	870.416***	9.311***
	Geno×Trial	4	339.535	1.683	0.179	30.910	0.168
	Residuals	16	40.813	3.282	0.162	84.518	0.900
Bread Wheat	Trial	1	37.675	2.575	0.533	4.570	0.006
	Genotype	4	95.103	7.798	0.195	105.989	2.236***
	Geno×Trial	4	66.089	2.684	0.387	38.719	0.168
	Residuals	16	190.551	3.947	0.229	36.077	0.178

p<.05*, p<.01**, p<.001***, Root growth angle (RA), Longest root length (LRL), Seminal root number (SRN), Total seminal root length (TRL), Coleoptile length (COL)

When the measurements were evaluated combined, the average root angle (RA) ranged from 45.78° (einkorn) to 156.69° (durum landrace) (Table 2). The einkorn wheat had the narrowest angle, ranging from 45.78° to 104.62°, followed by durum landrace (103.22° to 156.69°), durum wheat (96.19° to 155.68°), and bread wheat (91.33° to 149.49°), with respective ranges of 58.84°, 53.47°, 59.49°, and 58.16° (Table 5). Average longest root length (LRL) ranged from 6.16 cm to 27.23 cm (Table 2). The longest root was found in durum landrace at 27.23 cm, followed by modern durum (25.86 cm), einkorn (24.39 cm), and bread wheat (21.54 cm) (Table 5). Seminal root number (SRN) averages ranged from 3.00 to 6.50 roots (Table 2). Durum landrace and modern cultivars both had the highest number, with 6.50 each. Einkorn had a maximum of 5.50 roots, while bread wheat reached 6.00 roots (Table 5). Average total seminal root length (TRL) varied from 18.29 cm to 100.71 cm (Table 2). Modern durum wheat had the highest TRL at 100.71 cm, followed by durum landrace (90.26 cm), einkorn (76.86 cm), and bread wheat (64.02 cm) (Table 5). Coleoptile length (COL), another important seedling stage characteristic, showed interesting results among the species. Average COL ranged from 2.93 cm to 10.24 cm (Table 2). The longest coleoptile was found in the diploid einkorn with 10.24 cm, followed by modern durum (8.96 cm), durum landrace (8.32 cm), and bread wheat (5.83 cm). However, on average, durum landraces had slightly longer coleoptiles (7.24 cm) than einkorn (7.22 cm) (Table 5).

The coefficient of variation values ranged from 9.76% (COL) to 13.78% (TRL) (Table 2), and the broad-sense heritability values varied between 0.53 (SRN) and 0.93 (RA, COL) (Table 2). Correlation analyses were conducted to determine potential relationships between the studied traits. As a result of these analyses, significant positive correlations were observed only between SRN and TRL (0.69) and TRL and LRL (0.87) (Table 6). Finally, neighborhood-based clustering analysis divided the genotypes into three populations, using all traits together. All einkorn genotypes were clustered in Group 1, which did not include any other species. All bread wheat cultivars clustered together in Group 3. This group also included one durum landrace and one durum modern cultivar. Contrary to expectations, durum wheat landraces and modern cultivars did not form distinct groups but instead clustered together within Group 4 (Figure 3).

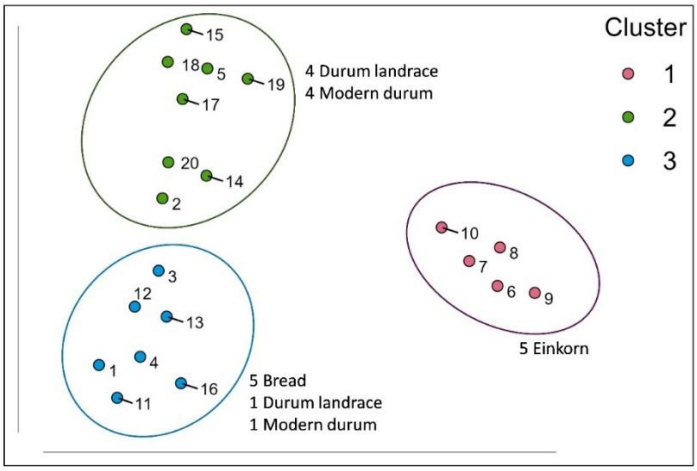


Figure 3. Neighborhood-based clustering results of species. The genotypes and groups are indicated with different colors

Table 5. Basic statistical parameters of coleoptile length and root traits in individual wheat species, using the average of both trials

Species	Variable	Max	Mean	Min	Range
Einkorn	RA	104.62	75.39	45.78	58.84
	LRL	24.39	19.26	10.22	14.17
	SRN	5.50	4.65	3.00	2.50
	TRL	76.86	60.76	31.41	45.45
	COL	10.24	7.22	5.89	4.34
Durum Landrace	RA	156.69	134.94	103.22	53.47
	LRL	27.23	18.87	9.65	17.58
	SRN	6.50	5.10	4.00	2.50
	TRL	90.26	64.74	30.41	59.85
	COL	8.32	7.24	5.15	3.16
Modern Durum	RA	155.68	127.62	96.19	59.49
	LRL	25.86	21.25	15.36	10.49
	SRN	6.50	5.46	4.50	2.00
	TRL	100.71	76.57	47.76	52.94
	COL	8.96	5.98	4.47	4.49
Bread Wheat	RA	149.49	119.20	91.33	58.16
	LRL	21.54	16.45	12.17	9.36
	SRN	6.00	4.77	3.50	2.50
	TRL	64.02	48.90	34.55	29.46
	COL	5.83	4.60	2.93	2.89

Root growth angle (RA), Longest root length (LRL), Seminal root number (SRN), Total seminal root length (TRL), Coleoptile length (COL)

Table 6. Statistical data of treatments with yield of plants

Pearson's Correlations of Coefficient			***r***
SRN	-	TRL	0.69**
SRN	-	LRL	0.38
SRN	-	RA	0.39
SRN	-	COL	-0.06
TRL	-	LRL	0.87***
TRL	-	RA	-0.04
TRL	-	COL	0.30
LRL	-	RA	-0.15
LRL	-	COL	0.34
RA	-	COL	-0.27

p < .01, ** p < .001***, Root growth angle (RA), Longest root length (LRL), Seminal root number (SRN), Total seminal root length (TRL), Coleoptile length (COL)

Wheat, a cornerstone of global food security, harbors a fascinating evolutionary history shaped by polyploidy, culminating in three distinct lineages: the ancient einkorn, the adaptable durum, and the versatile bread wheat. However, climate change threatens its yield with drought and heat stress. To combat this, researchers are focusing on two key traits: coleoptile length, aiding seedling emergence through scorching layers, and root architecture, optimizing water and nutrient uptake from deeper reserves. By studying these traits across einkorn, durum, and bread wheat, this research sought to unlock the effect of polyploidization on the coleoptile and root characteristics of wheat, paving the way for climate-resilient cultivars that guarantee abundant harvests for generations to come.

In the existing literature, many different characterization studies reported in diploid, tetraploid, and hexzaploid wheat in terms of coleoptile length (Rebetzke et al., 2004; Rebetzke et al., 2007; Murphy et al., 2008; Md et al., 2014; Sesiz et al., 2024) and root traits within individual species (Bektas et al., 2016; Figueroa-Bustos et al., 2018; Bektas and Waines, 2020; Bektas et al., 2021; Bektas et al., 2023). However, there was limited information on coleoptile length and root traits comparison on the ploidy levels. Some of these reported findings were obtained from field, greenhouse, and/or laboratory conditions. Even though, this present study conducted under laboratory conditions, the obtained results have been compared to both control conditions and the field and greenhouse studies.

The findings of this research demonstrate that these species have some expected resemblance and interesting differences in terms of related traits. For example, in terms of RA, einkorn exhibits a dramatically lower value (75.39°) compared to the other two polyploid species. Tetraploid durum wheat, both landraces (134.94°) and cultivars (127.62°), and hexaploid bread wheat (119.20°) show higher values of RA with no statistical differences between them (Table 5, Figure 2). Hohn and Bektas (2020) report that the root angle in bread wheat ranges from 28.18° to 111.74°, which closely aligns with our results. Here, durum landraces and cultivars exhibit wider angles than einkorn and bread wheat. This suggests that polyploidization positively affected the root angle in wheat.

For LRL, statistically no differences were observed among the species in this study (Table 5, Figure 2). However, the literature reports differing findings for this trait. For example, Akman et al. (2023) investigated different wheat species in terms of root traits and reported that tetraploid *T. turgidum* L. ssp. *turanicum* Jakubz. had the highest rooting depths, while *T. monococcum* had the lowest. Among ancient wheat species, *T. turgidum* L. ssp. *turanicum* Jakubz. accessions and *T. polonicum* displayed deeper rooting compared to *T. monococcum* accessions and *T. mirabile*. The current findings, together with previous reports, do not provide enough evidence for a precise interpretation of the effect of polyploidization on the LRL.

For SRN, only modern durum wheat differed from the other species, which agrees with findings from a few reports (Table 5, Figure 2). For example, a previous study reported that the seminal root number of *T. turgidum* ssp. *durum* differed significantly from einkorn wheat (Nakhforoosh et al., 2014). In another study, Akman et al. (2023) reported the highest seminal root numbers for *T. durum* among the other species. It seems that SRN may have been affected by polyploidization. Additionally, the B genome may have some superiority in terms of effecting SRN against the A and D genome.

For TRL, significant differences were observed among the species, where modern durum wheat explicitly differed (Table 5, Figure 2). Various findings have been reported for this trait. One study reported that einkorn wheat showed a significantly higher root length compared to the other polyploids (Nakhforoosh et al., 2012). Ayalew et al. (2015) found that the wild tetraploid forms (*T. turgidum* ssp. *dicoccoides* and *T. timopheevi*) showed the shortest roots, while *T.*

monococum exhibited a comparable root length to bread and durum wheat. Additionally, hexaploid wheat and other high polyploid artificial wheat hybrids displayed longer roots. Notably, the wild tetraploids, *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* and *T. timopheevi*, showed significantly shorter roots than modern durum wheat and other wheat classes. Furthermore, diploid wheats (*Ae. Squarosa*, *T. monococcum*) genomes showed root lengths comparable to those of bread and durum wheats. Also, another report stated the superiority of *T. durum* against *T. polonicum* (Akman et al., 2023). While the present findings and previous reports show diverse findings among the species, einkorn wheat (A genome donor) consistently exhibits the longest roots compared to other polyploids.

The last traits, coleoptile length (COL), demonstrate significant differences among the species. Here, durum landraces and einkorn wheat exhibit the highest coleoptile length compared to both modern durum and bread wheat (Table 5, Figure 2). There is limited literature evaluating coleoptile length across different ploidy levels. Interestingly, Akman et al. (2023) reported that *T. polonicum* exhibited the longest coleoptile length, followed by *T. turanicum* with the second-highest, while *T. durum* showed the shortest among all species. Notably, in our study, *T. aestivum* had a short coleoptile (4.60 cm) compared to the other species. Einkorn also demonstrated an interesting result (7.22 cm on average), as this was not expected considering its small seed size compared to the larger durum and bread wheat seeds. The accumulation of dwarfing (Rht) genes in modern durum and bread wheat following the Green Revolution explains the expected shorter coleoptiles in these varieties, as Rht genes tend to reduce both plant height and coleoptile length (Sesiz et al., 2024). Consequently, einkorn and emmer wheats, lacking these genes, have unsurprisingly longer coleoptiles compared to modern wheats.

Correlation analysis shed light on the relationships between root traits in the present study. As expected, we found a positive correlation between two pairs of traits: SRN and TRL, and TRL with LRL. This confirms the interconnectedness of these key root architectural features. However, our hopes for a similar link between coleoptile length and the other root traits were not realized. No significant correlations were observed, suggesting that coleoptile length works independently in seedling stage. This independent role underscores the need for separate evaluation of coleoptile length when assessing root architecture and its impact on plant performance.

4. Conclusions

Polyploidization is a biological process that has played a major role in the evolution of flowering plants. However, the effect of polyploidy on coleoptile and root development remains an area for further investigation, especially in wheat. This study, focusing on coleoptile length and root system diversity, has investigated these traits within wheat genetic resources differing in ploidy levels. The results of the study demonstrated that domestication and selection pressures have altered wheat coleoptile length and some root system traits. It is concluded that polyploidization positively affected the root angle and seminal root numbers, negatively affected the total root length and coleoptile length, and had no significant effect on longest root length. We know that seminal root numbers, total root length, and root depth (longest root) facilitate access to soil moisture from deep layers, contributing to high yields in drought environments. In addition, root angle, depending on its wideness, can facilitate nutrient uptake from the upper layer of soil when wider and may protect the plant's root system from seasonal freezing occurring in the rhizosphere layer of the soil, when narrow. Coleoptile length is also important to allow deep sowing and utilizing moisture from deeper soil layers for seed germination with the least dependency on rainfall at the beginning of the season. This has led to the practice of sowing at standard times without any delay. Consequently, polyploidization might have had some beneficial effects on specific

morphological traits, essentially enhancing the wheat's robustness. However, this process also negatively impacted some other morphological traits. This implies that plant breeders still need to integrate wild relatives and modern wheat into their breeding programs to combine all the desirable traits that diverged during the evolutionary process.

References

Akman, H., Yildirim, E., Bagci, S.A., 2023. Unrevalling phenotypic diversity of root system architecture in ancient wheat species versus modern wheat cultivars. *Notulae Scientia Biologicae*, *15*(4): 11703.

Araki, H., Iijima, M., 2001. Deep rooting in winter wheat: rooting nodes of deep roots in two cultivars with deep and shallow root systems. *Plant Production Science*, 4(3): 215-219.

Araus, J., Bort, J., Steduto, P., Villegas, D., Royo, C., 2003. Breeding cereals for Mediterranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. *Annals of Applied Biology*, *142*(2): 129-141.

Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., Royo, C., 2002. Plant Breeding and Drought in C3 Cereals: What Should We Breed For? *Annals of Botany*, 89(7): 925-940.

Ayalew, H., Ma, X., Yan, G., 2015. Screening wheat (*Triticum* spp.) genotypes for root length under contrasting water regimes: potential sources of variability for drought resistance breeding. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(3): 189-194.

Baloch, M.S., Nadim, M.A., Zubair, M., Awan, I.U., Khan, E.A., Ali, S., 2012. Evaluation of wheat under normal and late sowing conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 44(5): 1727-1732.

Bektas, H., Hohn, C.E., Lukaszewski, A.J., Waines, J.G., 2023. On the possible trade-off between shoot and root biomass in wheat. *Plants*, 12(13): 2513.

Bektas, H., İnal, B., Sonkurt, M., Çığ, F., Bektas, Y., 2021. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on root growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences*, 7(2): 239-246.

Bektas, H., Waines, J., 2020. Effect of grain size on the root system architecture of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Agricultural Research*, 7(1): 78-84.

Borrell, A.K., Mullet, J.E., George-Jaeggli, B., van Oosterom, E.J., Hammer, G.L., Klein, P.E., Jordan, D.R., 2014. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *Journal of Experimental Botany*, 65(21): 6251-6263.

Brown, P.R., Singleton, G.R., Tann, C.R., Mock, I., 2003. Increasing sowing depth to reduce mouse damage to winter crops. *Crop Protection*, 22(4): 653-660.

Chochois, V., Vogel, J.P., Rebetzke, G.J., Watt, M., 2015. Variation in adult plant phenotypes and partitioning among seed and stem-borne roots across *Brachypodium distachyon* accessions to exploit in breeding cereals for well-watered and drought environments. *Plant Physiology*, 168(3): 953-967.

Cochrane, J.A., Hoyle, G.L., Yates, C.J., Wood, J., Nicotra, A.B., 2015. Climate warming delays and decreases seedling emergence in a Mediterranean ecosystem. *Oikos*, 124(2): 150-160.

Condon, A.G., Richards, R., Rebetzke, G., Farquhar, G., 2004. Breeding for high water-use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 55(407): 2447-2460.

Coventry, D., Reeves, T., Brooke, H., Cann, D., 1993. Influence of genotype, sowing date, and seeding rate on wheat development and yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33(6): 751-757.

Dubcovsky, J., Dvorak, J., 2007. Genome Plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science*, 316(5833): 1862-1866.

El Hafid, R., Smith, D.H., Karrou, M., Samir, K., 1998. Root and shoot growth, water use and water use efficiency of spring durum wheat under early-season drought. *Agronomie*, 18(3): 181-195.

Esau, K., 1965. Plant Anatomy. New York, NY, USA.

Figueroa-Bustos, V., Palta, J.A., Chen, Y., Siddique, K.H.M., 2018. Characterization of root and shoot traits in wheat cultivars with putative differences in root system size. *Agronomy*, 8(7): 109

Hakizimana, F., Haley, S.D., Turnipseed, E.B., 2000. Repeatability and genotype × environment ınteraction of coleoptile length measurements in winter wheat. *Crop Science*, 40(5): 1233-1237.

Harlan, J.R., 1992. Crops and Man. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison.

Heun, M., Schäfer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., Salamini, F., 1997. Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, 278(5341): 1312-1314.

Hohn, C.E., Bektas, H., 2020. Genetic mapping of quantitative trait loci (QTLs) associated with seminal root angle and number in three populations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) with common parents. *Plant Molecular Biology Reporter*, 38(4): 572-585.

Jame, Y., Cutforth, H., 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(3-4): 207-218.

Kirby, E., Appleyard, M., 1987. Development and structure of the wheat plant. In: Lupton, F.G.H. (Ed) Wheat Breeding. Wheat Breeding. Springer, Dordrecht, pp. 287-311.

Levy, A.A., Feldman, M., 2022. Evolution and origin of bread wheat. *Plant Cell*, 34(7): 2549-2567.

Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., Ly, A., Gronau, Q.F., Šmíra, M., Epskamp, S., Matzke, D., Wild, A., Knight, P., Rouder, J. N., Morey, R. D., Wagenmakers, E.-J., 2019. JASP: graphical statistical software for common statistical designs. *Journal of Statistical Software*, 88(2): 1-17.

Maccaferri, M., El-Feki, W., Nazemi, G., Salvi, S., Cane, M.A., Colalongo, M.C., Stefanelli, S., Tuberosa, R., 2016. Prioritizing quantitative trait loci for root system architecture in tetraploid wheat. *Journal of Experimental Botany*, 67(4): 1161-1178.

Mahdi, L., Bell, C., Ryan, J., 1998. Establishment and yield of wheat (*Triticum turgidum* L.) after early sowing at various depths in a semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 58(3): 187-196.

Manschadi, A.M., Hammer, G.L., Christopher, J.T., Devoil, P., 2008. Genotypic variation in seedling root architectural traits and implications for drought adaptation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 303(1): 115-129.

Manske, G.G., Vlek, P.L., 2002. Root architecture–wheat as a model plant. *Plant Roots: The Hidden Half*, 3: 249-259.

Marcussen, T., Sandve, S.R., Heier, L., Spannagl, M., Pfeifer, M., Jakobsen, K.S., Wulff, B.B., Steuernagel, B., Mayer, K.F., Olsen, O.A., 2014. Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat. *Science*, 345(6194): 1250092.

Masterson, J., 1994. Stomatal size in fossil plants: evidence for polyploidy in majority of angiosperms. *Science*, 264(5157): 421-424.

Md, F., Md. Abdul, H., Md. Ashraful, A., Barma, N.C.D., 2014. Screening wheat genotypes for coleoptile length: a trait for drought tolerance. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 2(6): 237-245.

Miguel, M.A., Postma, J.A., Lynch, J.P., 2015. Phene synergism between root hair length and basal root growth angle for phosphorus acquisition. *Plant physiology*, 167(4): 1430-1439.

Mohan, A., Schillinger, W.F., Gill, K. S., 2013. Wheat seedling emergence from deep planting depths and its relationship with coleoptile length. *PLoS One*, 8(9): 73314.

Murphy, K., Balow, K., Lyon, S., Jones, S., 2008. Response to selection, combining ability and heritability of coleoptile length in winter wheat. *Euphytica*, 164(3): 709-718.

Nakhforoosh, A., Grausgruber, H., Kaul, H.-P., Bodner, G., 2014. Wheat root diversity and root functional characterization. *Plant and Soil*, 380(1): 211-229.

Nakhforoosh, A., Schuhwerk, D., Bodner, G., Kutschka, S., Grausgruber, H., 2012. Root characteristics of durum wheat and wheat relatives. In Proceedings of the 62nd Conference, Gumpenstein: Eigenverlag.

Olivoto, T., Lúcio, A.D.C., 2020. metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(6): 783-789.

Özkan, H., Brandolini, A., Schäfer-Pregl, R., Salamini, F., 2002. AFLP analysis of a collection of tetraploid wheats indicates the origin of emmer and hard wheat domestication in southeast Turkey. *Molecular Biology and Evolution*, 19(10): 1797-1801.

Ozkan, H., Levy, A.A., Feldman, M., 2001. Allopolyploidy-ınduced rapid genome evolution in the wheat (*Aegilops–Triticum*) group. *The Plant Cell*, 13(8): 1735-1747.

Rahman, M., Hossain, A., Hakim, M., Kabir, M., Shah, M., 2009. Performance of wheat genotypes under optimum and late sowing condition. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 4(6): 34-39.

Rebetzke, G., Bruce, S., Kirkegaard, J., 2005. Longer coleoptiles improve emergence through crop residues to increase seedling number and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 272(1): 87-100.

Rebetzke, G.J., Richards, R.A., Fettell, N.A., Long, M., Condon, A.G., Forrester, R.I., Botwright, T.L., 2007. Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Research*, 100(1): 10-23.

Rebetzke, G.J., Richards, R.A., Sirault, X.R.R., Morrison, A.D., 2004. Genetic analysis of coleoptile length and diameter in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(7): 733-743.

Royo, C., Villegas, D., Rharrabti, Y., Blanco, R., Martos, V., García del Moral, L., 2006. Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. *Cereal Research Communications*, 34(2-3): 1021-1028.

RStudio, T., 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL http://www.rstudio.com/.

Rueden, C.T., Schindelin, J., Hiner, M.C., DeZonia, B.E., Walter, A.E., Arena, E.T., Eliceiri, K.W., 2017. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18(1): 529.

Sakamura, T., 1918. Kurze Mitteilung ueber die chromosomenzahlen und die verwandtschaftsverhältnisse der Triticum-arten. *Shokubutsugaku Zasshi*, 32(379): 150-153.

Sax, K., 1918. The behavior of the chromosomes in fertilization. *Genetics*, 3(4): 309.

Schillinger, W.F., Donaldson, E., Allan, R.E., Jones, S.S., 1998. Winter wheat seedling emergence from deep sowing depths. *Agronomy Journal*, 90(5): 582-586.

Sesiz, U., Alsaleh, A., Bektas, H., Topu, M., Özkan, H., 2024. Genome-wide association analysis of coleoptile length and interaction with plant height in durum wheat. *Agronomy Journal*, 116(1): 1-17.

Shackley, B., Anderson, W., 1995. Responses of wheat cultivars to time of sowing in the southern wheatbelt of Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35(5): 579-587.

Sinha, S.K., Rani, M., Kumar, A., Kumar, S., Venkatesh, K., Mandal, P.K., 2018. Natural variation in root system architecture in diverse wheat genotypes grown under different nitrate conditions and root growth media. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 30(3): 223-234.

Soltis, D.E., Soltis, P.S., Rieseberg, L.H., 1993. Molecular data and the dynamic nature of polyploidy. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 12(3): 243-273.

Team, J., 2019. JASP (Version 0.11.1)[Computer software].

Uga, Y., Sugimoto, K., Ogawa, S., Rane, J., Ishitani, M., Hara, N., Kitomi, Y., Inukai, Y., Ono, K., Kanno, N., 2013. Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions. *Nature Genetics*, 45(9): 1097-1102.

Williams, P., 1993. The world of wheat. In: Grains and oilseeds: handling marketing processing. Canadian International Grains Institute, Winnipe.

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.

Zohary, D., Hopf, M., 2000. Domestication of plants in the old world: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. Oxford University Press, Oxford .

To Cite	Sesiz, U., 2024. The Changes in Coleoptile Length and Root System Architecture During Wheat Polyploidization. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 168-182. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10826058.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):183-196, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):183-196, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10828705

Bingöl Kentinde Açık ve Yeşil Alan Yeterliliğinin Araştırılması

Ahmet CAF[1*], Canan KOÇ[2]
[1]Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl
[2]Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): acaf@bingol.edu.tr

Özet
Kentlerdeki nüfus artışına bağlı olarak yapılaşmanın artması beraberinde çeşitli sorunları getirmektedir. Kentlerin büyümesi karşısında yeşil alan gereksiniminin artmasına karşın, bu alanlar kent içinde kısıtlı kalmaktadır. Ekonomik, ekolojik ve sosyal açıdan birçok faydası bulunan açık yeşil alanlara yönelik çalışmalar giderek büyümekte ve kentleşme politikaları içinde de yer almaya devam etmektedir. Açık yeşil alanlar ne kadar ulaşılabilir, yeterli sayıda ve büyüklükte olursa kentlinin gereksinimleri o ölçüde karşılanabilmektedir. Bu bağlamda, çalışmada Bingöl ili Merkez ilçesi ele alınarak açık ve yeşil alanların yeterliliği araştırılmıştır. Bingöl Çayı ile bölünen kent, kuzey ve güney olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Tarihi merkezin güneyde olduğu kentin kuzeyi sonraki dönemlerde gelişme göstermiştir. Günümüzde, planlı şekilde gerçekleşen kuzeydeki büyümeye bağlı olarak, açık ve yeşil alanların dağılımı ile erişim mesafeleri daha gelişmiş durumdadır. Önerilen planlama çalışmaları da bu durumu destekler niteliktedir. Kent bütünün ele alındığı açık ve yeşil alan dağılımına ihtiyaç duyulmakta olup, mevcut yeşil alanların korunması yolunda çalışmalar yapılmalıdır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :25.11.2023
Kabul Tarihi :29.12.2023

Anahtar Kelimeler
Açık ve yeşil alanlar
erişim
peyzaj
kentsel alan

Investigation of the Sufficiency of Open and Green Spaces in Bingol City

Abstract
The increase in urban population has led to the intensification of urbanization, bringing forth various problems. Despite the growing need for green spaces in the face of urban expansion, these areas remain limited within the city. Efforts towards open green spaces, which have numerous economic, ecological, and social benefits, are expanding, continuing to be integrated into urbanization policies. The adequacy of open green spaces in meeting the needs of city dwellers depends on their accessibility, sufficient quantity, and size. In this context, the study focuses on the Central district of Bingol province, investigating the sufficiency of open green spaces. The city, divided by the Bingol River, consists of two parts: north and south. While the historical center is located in the south, the northern part has developed in subsequent periods. Currently, due to planned growth in the north, the distribution and accessibility distances of open green spaces are more advanced. Proposed planning initiatives support this situation. A comprehensive approach to the distribution of open green spaces throughout the city is needed, and efforts should be made to preserve existing green areas.

Research Article

Article History
Received :25.11.2023
Accepted :29.12.2023

Keywords
Open and green areas
access
landscape
urban area

1.Giriş

Sanayileşme ve kentleşmeye bağlı olarak ortaya çıkan hızlı nüfus artışı karşısında açık ve yeşil alanlar giderek azalmaktadır. Dünya nüfusunun yarıdan fazlası kentlerde yaşamakta olup, bu oranın gelecek yıllarda daha da artması ve 2050 yılında % 65'e ulaşması beklenmektedir (United Nations Department of Economic and Soical Affairs, 2018). Kentleşme ve hızlı nüfus artışı ile birlikte kentsel mekânlarda yeşil alanlara daha çok ihtiyaç olmasına karşın giderek azalmaya devam edeceği ve sonucu iklim değişikliğine varan sorunların yaşanacağı öngörülmektedir.

Ekolojik öneme sahip yeşil alanlar, yoğun kent baskısı altında bulunan insanların ruhsal açıdan dinlenmesi, rekreasyonel aktivitelerde bulunması, sosyal ve kültürel gelişimi açısından da büyük önem taşımaktadır (Eminağaoğlu ve Yavuz, 2005). Pamay (1978)'a göre; açık ve yeşil alanlar, kentsel ve kırsal yerleşmelerde, insanların çeşitli rekreatif ihtiyaçlarını karşıladıkları küçük-büyük yüzeyler ve boşluklar olarak tanımlanmaktadır (Budak, 2010; Kömür Ardalı ve Şişman, 2021). Kentlerde açık ve yeşil alanlar, kent parkları, mahalle parkları, çocuk parkları, refüjler ve trafik yeşil alanları, koruluklar, ev ve özel bahçeler, spor sahaları, kurumlara ait bahçeler, işletmelere ait bahçeler gibi çeşitli şekillerde yer almaktadır (Atabeyoğlu ve Bulut, 2012).

Açık ve yeşil alanlar, yapılı çevrelerin sürdürülebilirliğini ve dayanıklılığını geliştirmenin ayrılmaz bir parçası olan kentsel formun içinde yer almaktadır (Bell, 2012; Beatley, 2012; Haase ve ark., 2020; Scheiber, 2022). Açık ve yeşil alanların kentlerde ekolojik, ekonomik ve toplumsal açıdan çok sayıda faydası bulunmakla beraber, kent insanı için aktif ve pasif rekreasyon imkânı sağlayan, doğa ile bütünleşme olanağı sunan ve kent iklimine katkı sağlayan bu alanlar aynı zamanda kentlerde yaşam kalitesini arttırmaktadır (Gül ve Küçük, 2001; Aksoy, 2001; Gül ve ark., 2020; Kömür Ardalı ve Şişman, 2021).

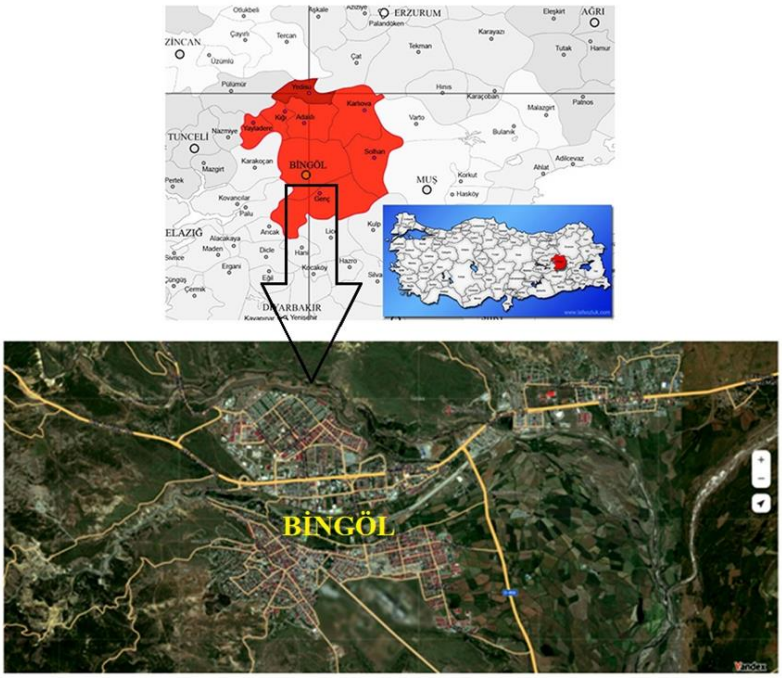
Hava kalitesini iyileştiren ve sıcaklık kontrolü sağlayan yeşil alanlar, insanın fiziksel ve zihinsel sağlığını olumlu yönde etkilemektedir (Xing ve Brimblecombe, 2019; Slater, ve ark., 2020; Zarie, ve ark., 2024). Kentlerde devam eden yoğunluk artışı ve açık alanların azalmasına bağlı olarak oluşan kentsel ısı adası etkisiyle aşırı sıcak günlerin sayısı artmaktadır (Kromp Kolb ve ark., 2014; Ring ve ark., 2021). Park ve bahçeler gibi kentsel yeşil alanlar, iklim düzenlemesi açısından şehirlerdeki en önemli soğutma kaynaklarıdır (Salmond ve ark., 2016; Li ve Norford, 2016; Xue, ve ark., 2017). Açık ve yeşil alanlar, kentlerdeki nüfus, yapı yoğunluğu ve arazi kullanım dengesinin sağlanmasında, spekülatif gelişmelerin önlenmesinde önemli görevler üstlenmektedir (Koçan ve İbiş, 2020; Şirvan ve Akın, 2022).

Kentlerin büyümesiyle doğal alanlara olan baskı artmakta ve kent içi yeşil alanlarda azalma olmaktadır. Açık ve yeşil alanların etkin kullanımı ve sürdürülebilirliği açısından kentsel yeşil alan yönetimi için politikalara ihtiyaç duyulmakta ancak, yoksulluk, siyasi istikrarsızlık ve kentsel planlama düzenlemelerinin yetersiz işleyişi gibi sosyo-ekonomik ve politik sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır (Mensah ve Roji, 2021; Moussa, ve ark., 2024). Açık ve yeşil alan büyüklükleri, kentsel planlar kapsamında yasa ve yönetmelikler çerçevesinde korunmaya çalışılmaktadır. Ancak, çoğu zaman açık ve yeşil alanlar büyüklük ve erişim mesafesi açısından nüfusun ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalabilmektedir. Mekansal gelişim politikası, şehirlerdeki yeşil alanların şekillenmesini etkileyen ve şehirlerdeki farklı arazi kullanımları arasında ilişkiler kuran önemli bir araçtır (Haaland ve van den Bosch, 2015; Feltynowski, 2023). Dolayısıyla etkin planlama kararlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda çalışmada, Bingöl ili Merkez ilçesindeki açık ve yeşil alan yeterliliği üzerine araştırma yapılmış, mevcut durum ile imar planlarındaki öneriler değerlendirilmiştir.

2.Materyal ve Yöntem

Çalışma alanının konumlandığı Bingöl ili, kuzeyde Erzincan, kuzeydoğuda Erzurum, doğuda Muş, güneyde Diyarbakır, batıda Elazığ ve kuzey batıda Tunceli ile

sınırlandırılmıştır (Şekil 1). İlde Yedisu, Kiğı, Yayladere, Adaklı, Karlıova, Solhan, Genç ve Merkez olmak üzere 8 ilçe bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı (URL-1, 2023; URL-2, 2023)

Bingöl sınırları içinde arazi oldukça engebeli ve yüksek olup, denizden yüksekliği 1250 m civarındadır (URL-3, 2023). Kent merkezinden kuzeye ve batıya gidildikçe yükselti artmakta ve bu bölgelerde eğimli alanlar yoğunlaşmaktadır (Şenyiğit Doğan ve Yılmaz, 2019). Dağlar orta kısımlarda birbirinde uzaklaşarak genişlemekte ve Bingöl ovasını oluşturmaktadır (URL-4, 2023). Yazları sıcak, kışları soğuk bir iklime sahip olan Bingöl, Doğu Anadolu Bölgesi'nin orman alanı en zengin illerinden biri niteliğindedir (NİP Açıklama Raporu, 2021). Bingöl, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile Doğu Anadolu Fayı'nın (DAF) kesişim noktasına yakın bir bölgede bulunmakta ve 1. derece deprem bölgesi içinde yer almaktadır (NİP Açıklama Raporu, 2021).

2.1.Yöntem

Çalışmada öncelikle, Bingöl'ün kentsel gelişimi ve açık ve yeşil alan kavramını kentsel ölçekte değerlendiren çalışmalara ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Açık ve yeşil alan kavramını ele alan çalışmalarda Kilis, Elazığ, Bayburt, Mardin, Düzce, Amasya, Ankara, İstanbul, Diyarbakır, Bursa, Antalya, Kahramanmaraş, Burdur gibi kentler öne çıkmaktadır. Bu anlamda, Vural ve ark. (2019) ile Vural ve Çelik (2021) anket çalışması yaparak Bingöl kentindeki açık ve yeşil alan kullanımını çeşitli açılardan değerlendirmiştir. Bu bağlamda, Bingöl kentinde açık ve yeşil alanları erişim mesafesi ve büyüklük açısından değerlendiren çalışmanın olmaması materyal seçiminde etkili olmuştur. Çalışma, aşağıda belirtilen aşamalar doğrultusunda yürütülmüştür:

- Bingöl kentinin tarihsel süreç içinde gelişimi değerlendirilmiş, Google Earth uydu görüntüleri kullanılarak 1985, 2008 ve 2022 yılları karşılaştırılarak kentin büyümesi ortaya konmuştur.

- Bingöl kentindeki açık ve yeşil alanların yeterliliğini değerlendirmek amacıyla Çevre Düzeni Planı ve Nazım İmar planlarını incelenmiş, Bingöl Belediyesi'nden temin edilen 2010 ve 2021 yıllarına ait Nazım İmar Planları karşılaştırılmıştır.

- Mevcut açık ve yeşil alanların varlığı Open Street Map üzerinden tespit edilmiştir. Çapakçur Çayı'nın kuzeyi ve güneyindeki park alanlarının sayısı ile büyüklüğü belirlenmiş, tablo yapılarak mevcut nüfus için yeterli olup olmadığı ortaya konmuştur.

- Açık ve yeşil alanları için uygun erişim mesafeleri ve büyüklüklerinin belirlenmesinde literatür ve yasal düzenlemelerden yararlanılıştır.

- Araştırma sonuçlarına göre önerilerde bulunulmuştur.

Açık ve yeşil alanların yer seçiminde erişilebilirlik önemli bir faktör olup, düzenlenmelerinde yayaların rahatça yürüyebildikleri erişim mesafelerinin esas alınması gerekli olmaktadır. Açık ve yeşil alanların çeşitlerine göre yürüme mesafeleri ve süreleri farklılaşmakla beraber, "çocuk bahçeleri-oyun alanları için 400 m yürüme süresi 10 dakika, semt-mahalle parkları için 800 m, yürüme süresi 20 dakika, kent parkları için ise 1200 m yürüme süresi 30 dakika" uygun görülmektedir (Altunkasa, 2004; Polat ve Önder, 2012; Kömür Ardalı ve Şişman, 2021). 14.06.2014 ve 29030 sayılı Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde "İmar planlarında yürüme mesafeleri; eğitim, sağlık ile yeşil alanların hizmet etki alanındaki nüfusun erişme mesafesi topoğrafya, yapılaşma, yoğunluk, mevcut doku, doğal ve yapay eşikler dikkate alınarak planlanır" denmekte ve çocuk bahçesi, oyun alanı, açık semt spor alanı için 500 m mesafenin dikkate alınarak yaya olarak ulaşılması gereken hizmet etki alanında planlanabildiği belirtilmektedir (Hasan ve Koç, 2021; URL-5, 2023).

Aynı yönetmeliğin Ek 2'de verilen açık ve yeşil alan miktarlarına göre ilçe sınırları dahilinde yapılan planlamalarda, "çocuk bahçesi, park, meydan, semt spor alanı, botanik parkı, mesire yeri, rekreasyon" için kişi başına 10 m^2, il sınırları bütününde yapılan planlamalarda ise bunlara ek olarak "hayvanat bahçesi, kent ormanı, ağaçlandırılacak alan, fuar, panayır ve festival alanı, hipodrom" için kişi başına 5 m^2 şeklinde büyüklük ayrılması gerekmektedir (URL-5, 2023). Birleşmiş Milletler (BM)'in önerisi ise kentlerdeki yeşil alan miktarının kişi başına 20-25 m^2 olması yönündedir (Lotfi ve ark., 2014; Zarie ve ark., 2024). Ancak, bu oran geri kalmış ya da gelişmekte olan ülke kentlerinde tam olarak sağlanamamaktadır (Manso ve ark., 2021; Zarie ve ark., 2024). Bu kapsamda çalışmada, açık ve yeşil alanlar için 500 m yarıçap ve kişi başına 10 m^2 alan büyüklüğü referans alınarak erişim mesafeleri değerlendirilmiştir.

3.Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle Bingöl ilinin kentsel gelişimi ele alınmış, sonrasında Bingöl kentindeki açık ve yeşil alanlar mevcut ve planlanan duruma göre değerlendirilmiştir.

3.1.Bingöl ilinin kentsel gelişimi

Tarihi geçmişinde Bingöl ve çevresi, Huriler, Hititler, Urartular, Asurlular, Medler, Persler, Ermeni krallıkları, Romalılar, Selçuklular, Akkoyunlular, Safeviler ve Osmanlılar dönemlerini yaşamıştır (URL-6, 2023). Bingöl'ün tarihsel süreçte yerleşiminin M.Ö. 3500 yıllarına dayandığı ve ilk yerleşim yerinin Çapakçur Vadisi civarında oluştuğu tarihi belgelerle ortaya konulmuştur (Vural ve ark., 2019). Çapakçur vadisi Bingöl'ün kentleşme sürecinde belirleyici rol oynamış olup, Bingöl kent merkezi Çapakçur vadisinin güney yamacında kurulmuş, kentin nüfus artışına paralel olarak vadinin iki yakasında bulunan taraçalar üzerinde gelişmiştir (Kan, 2018; Vural ve ark., 2019).

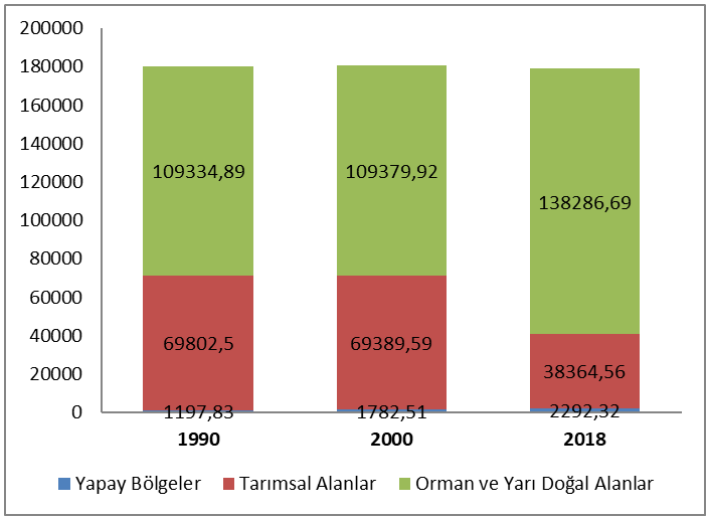
Cumhuriyetin ilanından sonra 1926 yılında Elazığ, 1929'da Muş'a bağlanan Bingöl, 1936'da il olmuştur. 1945 yılında il merkezi olan Çapakçur'un adı Bingöl olarak değiştirilmiştir (URL-6, 2023). Cumhuriyet Döneminde (1935) başlangıçta küçük bir köy yerleşkesi görünümünde olan Bingöl giderek gelişmiş, Bahçelievler, Mirzan ve İsmet Paşa mahalleri 1945 ile 1955 yılları arasında oluşmuştur (NİP Açıklama Raporu, 2021). 1935-1955 yılları arasında vadi boyunca doğu-batı yönünde gerçekleşen kentleşme sonraki yıllarda güney taraça üzerine doğru kaymıştır (Üstündağ, 2011; Kan, 2018; Vural ve ark., 2019).

Bingöl'ün kentleşme sürecinde ilk imar planı 22.10.1965 tarihinde yürürlüğe girmiş ve bu plan ile vadi içerisinde yerleşimlerin uygun olmadığı belirlenmiş, Bahçelievler, Karşıyaka, İnönü ve Kültür mahalleleri için planlı gelişim önerilmiştir (Vural ve ark., 2019). 1965 yılında Elazığ-Bingöl-Muş karayolunun geliştirilmesiyle birlikte, Düzağaç Mahallesi karayolu aksı boyunca yatay bir gelişme izlemiştir (NİP Açıklama Raporu, 2021). 1971 yılında yaşanan deprem sonrasında yeni yerleşim alanlarına ihtiyaç duyulmuş ve kentin gelişimi Çapakçur vadisinin güneyinde Genç yolu kenarında bulunan düz alanlara doğru kaydırılmış (Üstündağ, 2011), resmi kurumlar vadinin kuzeyinde Elazığ-Bingöl karayolu paralelinde konumlandırılmıştır (Vural ve ark., 2019). Deprem sonrasında şehir merkezinde Kültür ve İnönü Mahallelerinde afet evleri yapılmıştır (bu yapılar günümüzde yıkılarak yerine TOKİ tarafından çok katlı yapılar inşa edilmiştir (Baş ve Avcı, 2021). 1976 yılında hazırlanan ilave imar planı ile şehrin gelişimi Bingöl-Muş karayolu üzerine ve doğuya doğru yönlendirilmiştir (Kan, 2018; Vural ve ark., 2019).

1980 yılından sonra kooperatifleşme hareketlerine bağlı olarak çok katlı yapılaşma başlamış, özellikle Bingöl-Muş karayolu ve Bingöl-Diyarbakır karayolu doğrultusunda kent büyümeye devam etmiştir (Baş ve Avcı, 2021). 1983 yılında kentin yeni yerleşim alanı ihtiyacını karşılamak ve mevcut koşullara uygun gelişim aksını belirlemek amacıyla İller Bankası tarafından uygulama imar planı hazırlanmıştır (Vural ve ark., 2019). Vadinin kuzey tarafı 1980'li yılların ortalarından itibaren yerleşmeye açılmıştır (Kavut ve Çakır Sümer, 2021).

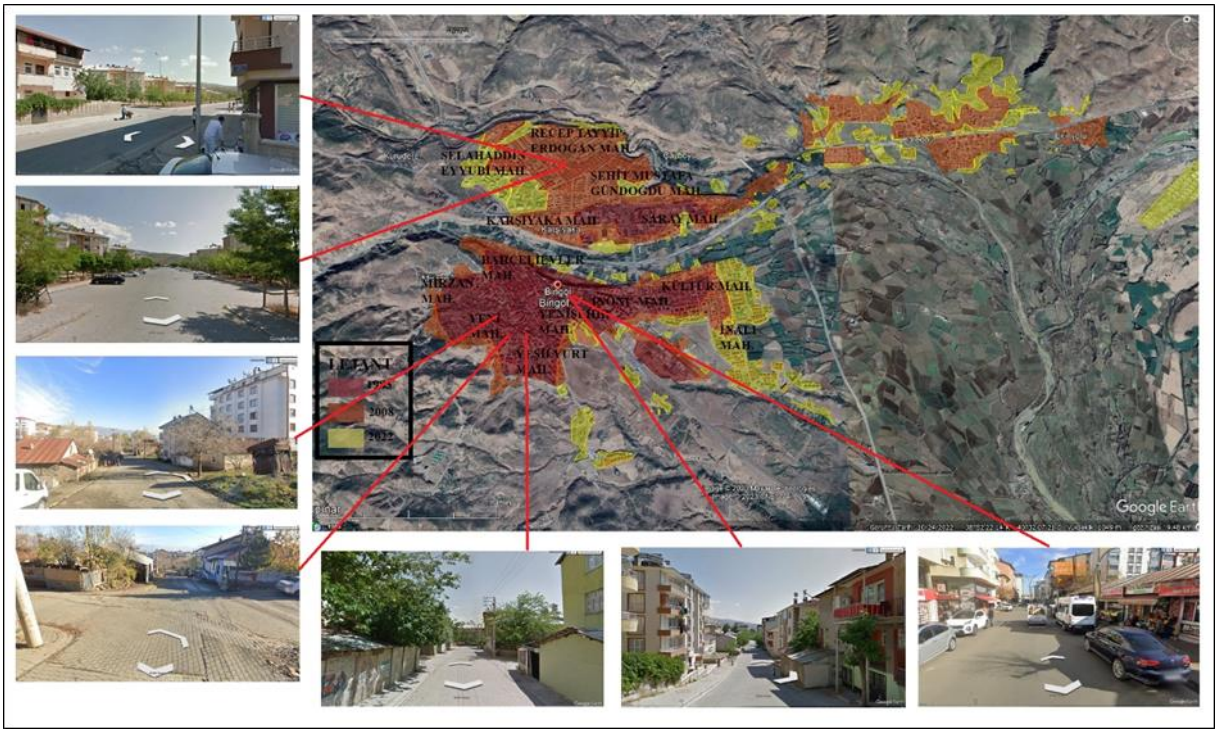
1990-2000 yılları arasında yerleşme alanları büyümeye devam etmiş ve bu dönemde Kaleönü Mahallesi gelişme göstermiş, kamu kurum ve kuruluşlara ait binaların Düzağaç Mahallesi'ne taşınmasıyla bu mahalle giderek gelişmiştir (NİP Açıklama Raporu, 2021). 1990 yılı nüfus verilerine göre Bingöl ilinin toplam nüfusu 249.881 olup, 86.664'ü ilçe merkezlerinde, 163.217'si köylerde yaşamaktadır (URL-7, 2023).

Tarım ve Orman Bakanlığı Corine arazi kullanım verilerine göre Bingöl kentinde 1990-2018 yılları arasında yapay alanlar ile orman ve yarı doğal alanlar artmış, tarımsal alanlar azalmıştır. 1990 yılında 1197,83 ha olan yapay alanlar 2000 yılında 1782,51 ha ve 2018 yılında 2292,32 ha olmuştur (Şekil 2). Tarımsal alanlar 1990 yılında 69.802,5 ha ve 2000 yılında yakın değerde iken, 2018 yılında oldukça azalmış ve 38.364,56 ha olmuştur. Bunun aksine orman ve yarı doğal alanlar ise 1990 yılında 109.334,89 ha iken, 2018 yılında 138.286,69 ha'a çıkmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Bingöl kenti arazi kullanım değişimleri (ha) (URL-8, 2023)

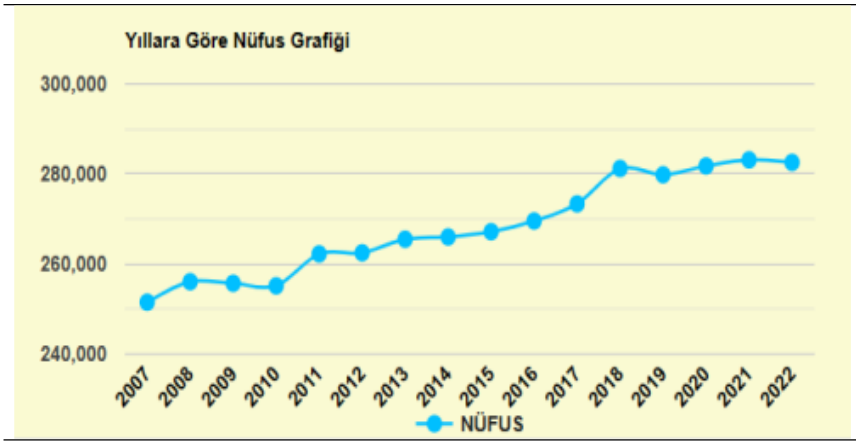
Bingöl kentinin 1985-2022 yıllarına ait uydu görüntüleri incelendiğinde, kentin güneyinin çoğunun 1985 yılı öncesinde oluştuğu, Bingöl Üniversitesi'nin de yer aldığı kuzey kısmının ise 2000'li yıllar sonrasında geliştiği anlaşılmaktadır (Şekil 3). Kentin kuzeyinde daha planlı ve düzenli yapılaşma söz konusu iken, güneyinde merkez çevresinde yoğun yapılaşma ve daha güneylere doğru gidildiğinde ise yapılaşma dokusunun değiştiği, az katlı bahçeli yapıların olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Bingöl'de 1985-2022 yılları arasında kentsel alanların değişimi (URL-9, 2023)

Kentin günümüzdeki fiziki büyümesinde 2003 yılı depremi ile 2007 yılında Bingöl Üniversitesi'nin kurulması önemli rol oynamış, Recep Tayyip Erdoğan, Şehit Mustafa Gündoğdu, ve İçmeler Mahalleleri oluşmuştur (Vural ve ark., 2019). Deprem sonrasında Uydukent ve Kaleönü Mahalleleri'nde TOKİ tarafından konutlar yapılmış, şehir merkezinde (İnönü Mahallesi) kentsel dönüşüm çalışmaları yürütülmüştür (Baş ve Avcı, 2021). Şehrin güneydoğuya doğru gelişimi Bingöl Ovası, kuzeye doğru gelişimi dağlık ve ormanlık alan, batıya doğru gelişim ise dağlık arazi tarafından kısıtlanmıştır (Baş ve Avcı, 2021). Bingöl kentinin kuzeyinden geçen Bayram Çayı, kenti ikiye bölen Bingöl (Çapakçur) Çayı, yerleşkenin güneyinde ve kuzeyinde bulunan % 30 un üzerindeki eğimli alanlar, jeolojik açıdan sakıncalı alanlar ile nitelikli tarım alanları doğal eşik olarak değerlendirilmektedir (NİP Açıklama Raporu, 2021).

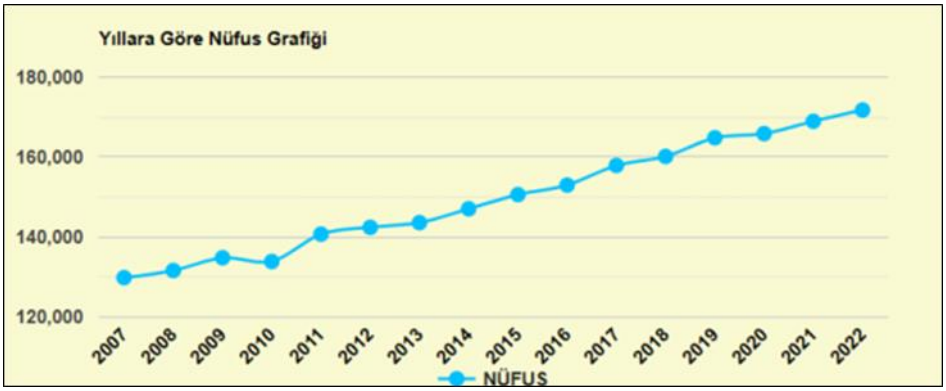
Bingöl ilinin nüfusu genelde artma eğiliminde olmasına karşın, 2010, 2019 ve 2022 yılında nüfusta düşüş yaşanmıştır. 2007 yılında 251.552 kişi olan il nüfusu, 2010'da 255.170 kişi, 2015'te 267.184 kişi, 2020'de 281.768 kişi ve 2022'de 282.556 kişi olmuştur (URL-10, 2023) (Şekil 4).



2022	282.556
2021	283.112
2020	281.768
2019	279.812
2018	281.205
2015	267.184
2010	255.170
2008	256.091
2007	251.552

Şekil 4. Bingöl ilinin 2007-2022 yılları arasındaki nüfus değişimi (URL-10, 2023)

Çalışma alanını oluşturan merkez ilçenin nüfusu 2007'de 129.885 kişi iken, 2008'de 131.666, 2010'da 133.916, 2015'te 150.626 ve 2022 yılında 171.752 kişi olmuştur (Şekil 5). Merkez ilçede genelde nüfus artma eğiliminde olup, 2010 ve 2019 yılında nüfusta düşüş yaşanmıştır.

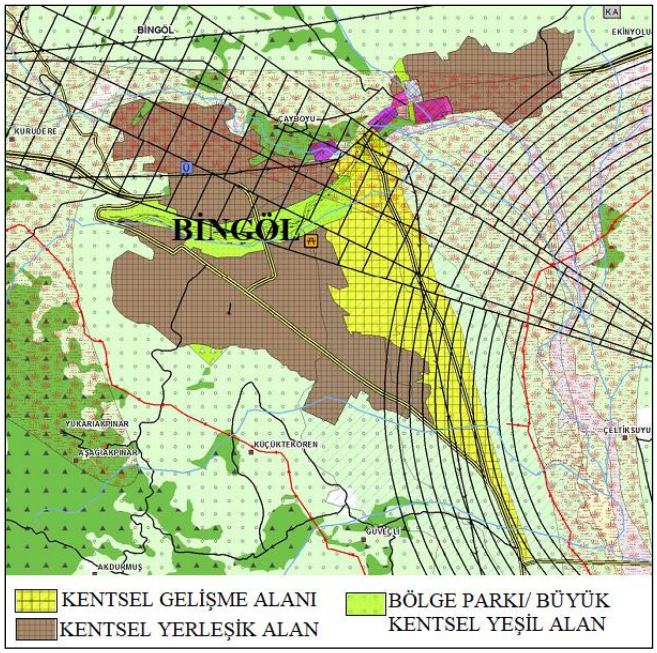


Şekil 5. Bingöl merkez ilçesinin nüfusu (URL-10, 2023)

Günümüzde, Bingöl kent merkezi, ağırlıklı olarak vadinin kuzey tarafında büyümeye ve planlı gelişmeye devam etmektedir.

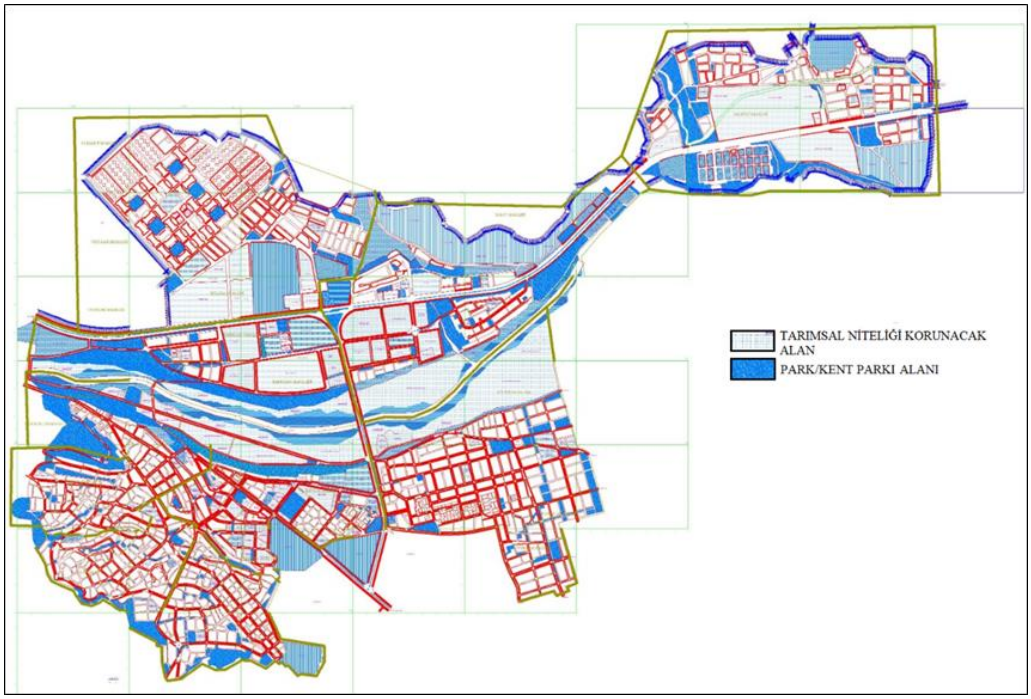
3.2.Bingöl kentinde açık ve yeşil alanların planlar kapsamında değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde üst ölçekli plan değerlendirilerek, 2010 ve 2021 yıllarına ait nazım imar planlarındaki açık ve yeşil alanlar karşılaştırılmaktadır. Bingöl ilinin içinde bulunduğu ilk kez 2012 yılında onaylanan çeşitli değişiklikler sonucunda 2018 yılında yürürlüğe giren Malatya-Elazığ-Bingöl-Tunceli Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı'nda merkez ilçede mevcut yerleşik alanlar gösterilmiş olup, ilçenin doğusunda gelişme konut alanları için yer ayrılmıştır. Bingöl (Çapakçur) Çayı çevresi ise bölge parkı/büyük kentsel yeşil alan olarak planlanmıştır (Şekil 6).



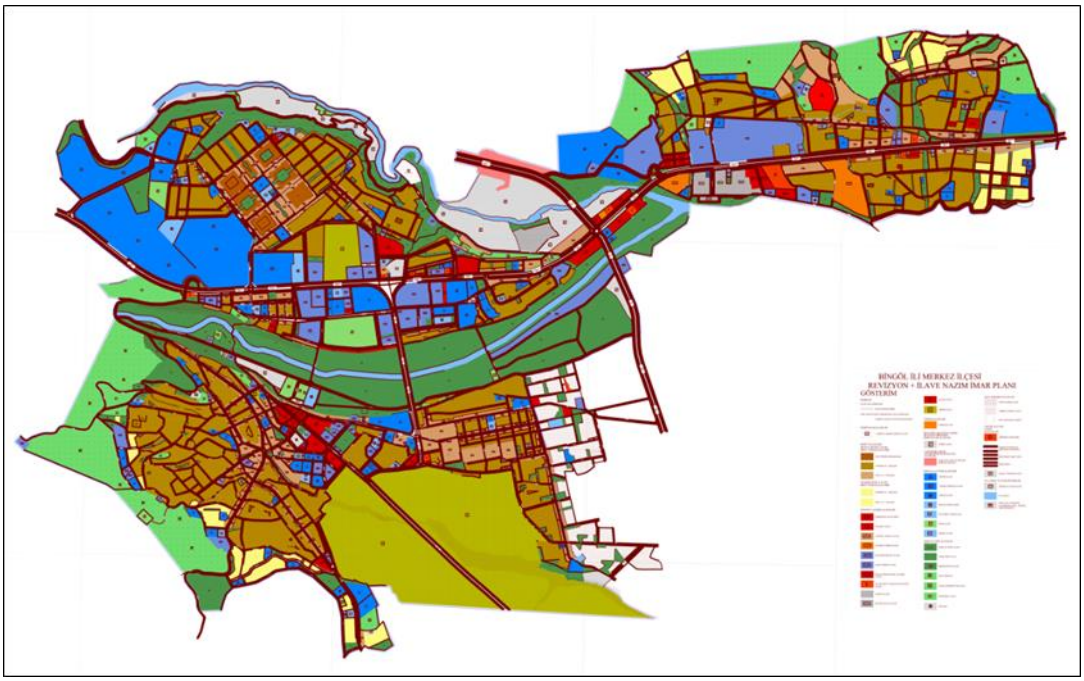
Şekil 6. Malatya-Elazığ-Bingöl-Tunceli planlama bölgesi 1/100.000 ölçekli çevre düzeni planı (URL-11, 2023)

Açık ve yeşil alanların plandaki konumu değerlendirildiğinde 2010 yılında yürürlüğe giren Nazım İmar Planı'nda konut adaları arasında park ve çocuk oyun alanlarının bulunduğu görülmektedir. Bingöl (Çapakçur) Çayı çevresinin çoğunluğunu tarımsal niteliği korunacak alanları oluşturmakta olup, yer yer park ve kent parklarına yer verilmiştir (Şekil 7). Planın hazırlandığı dönemde projeksiyon nüfusu 2020 yılı için 280.951 kişi, 2025 yılı için ise 291.777 kişi olarak belirlenmiş (URL-12, 2023), bu kapsamda açık ve yeşil alanlar önerilmiştir.



Şekil 7. 2010 yılı Bingöl ili merkez ilçesi nazım imar planı (Bingöl Belediyesi, 2023)

Yürürlükte olan Bingöl Revizyon İmar Planına göre 2040 yılı nüfusunun 320.000 kişi olacağı öngörülmektedir (NİP Açıklama Raporu, 2021). Plana göre Bayram Çayı ve Bingöl (Çapakçur) Çayı kıyısında rekreasyon alanı, park ve spor alanları ayrılmış, konut alanları arasında parklara yer verilmiştir. Bingöl Çayı'nın güney tarafında kalan yerleşim alanlarının batısında kent ormanı planlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. 2021 yılı Bingöl ili merkez ilçesi revizyon + ilave nazım imar planı (Bingöl Belediyesi, 2023)

Bingöl ili merkez ilçesi planlama alanında kişi başına 17 m^2 olacak şekilde 549 ha açık ve yeşil alan planlanmıştır (Tablo 1) (NİP Açıklama Raporu, 2021). Planlama kapsamında park, rekreasyon alanı, ağaçlandırılacak alan, mezarlık alanı ile kent ormanı açık ve yeşil alan olarak değerlendirilmiş ve buna göre yönetmelikte belirtilen standartlara uygun alan ayrılmıştır.

Tablo 1. Bingöl revizyon imar planında açık ve yeşil alanların dağılımı (NİP Açıklama Raporu, 2021)

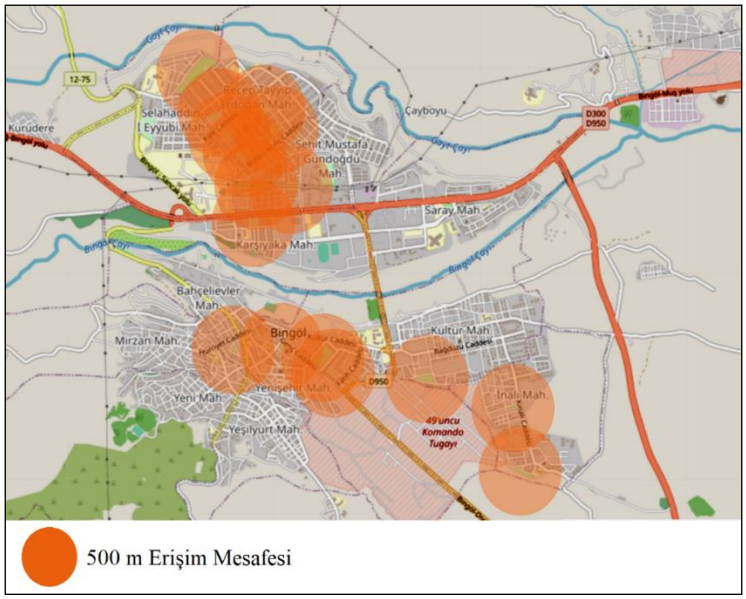
	Adet	m^2	Kişi m^{-2}
Park	274	1.935.235,38	6.05
Rekreasyon alanı	34	1.709.923,28	5.34
Ağaçlandırılacak alan	9	154.176,68	0.48
Mezarlık alanı	9	215.244,75	0.67
Kent ormanı	9	1.475.607,93	4.61

2010 ve 2021 yılı planları karşılaştırıldığında, nüfusun artma öngörülerine göre yürürlükte olan planlama alanı sınırının genişletildiği görülmektedir. Bingöl (Çapakçur) Çayı etrafında bulunan tarımsal niteliği korunacak alanlar rekreasyon alanına dönüştürülmüş, park ve kent parkı alanları korunmuştur. Benzer şekilde konut alanları içindeki park ve çocuk alanları da korunmuştur. Her iki plan kapsamında, yönetmelik çerçevesinde gerekli olan kişi başına 10 m^2 açık ve yeşil alan büyüklüğü sağlanmıştır.

3.3.Bingöl kentinde mevcuttaki açık ve yeşil alanların değerlendirilmesi

Nüfus artışı karşısında Bingöl kenti büyümekte ve yeşil alan ihtiyacı artmaktadır. Yapılan planlama çalışmaları nüfus artışına paralel ortaya çıkacak açık ve yeşil alan

ihtiyacını karşılayacak kararlar içermektedir. 500 m yarıçap ve kişi başına 10 m^2 alan büyüklüğü referans alınarak ilçe merkezinde yapılan değerlendirmeye göre son dönemde gelişme gösteren kentin kuzey tarafındaki açık ve yeşil alanlar güney kısma kıyasla sayı ve büyüklük açısından daha fazla olup, erişim mesafeleri daha uygun görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Mevcut açık ve yeşil alanların konumu ve erişim mesafeleri (URL-13, 2023)

Çapakçur Çayı'nın kuzeyinde bulunan 4 mahallede toplam nüfus 40.344 kişi olup, Open Street Map üzerinden yaklaşık11,6 ha büyüklüğünde 9 park tespit edilmiştir (Tablo 2). Buna göre kişi başına 2,87 m^2 açık ve yeşil alan düşmektedir. Mevcut duruma göre kentin kuzey kısmında park sayısı fazla olmasına karşın nüfus için yeterli görünmemektedir. Çapakçur Çayı'nın güneyinde yer alan 7 mahallede toplam nüfus 64.933 kişi olup, yaklaşık 4,5 ha büyüklüğünde 7 park tespit edilmiştir (Tablo 2). Buna göre kişi başına 0,69 m^2 açık ve yeşil alan düşmektedir. Mevcut duruma göre kentin güney kısmında açık ve yeşil alan büyüklüğü oldukça düşük olup, nüfus için yeterli değildir.

Tablo 2. Çapakçur Çayı'nın kuzeyi ve güneyindeki parkların dağılımı (URL-10,2023)

Çapakçur Çayı'nın Kuzeyi				**Çapakçur Çayı'nın Güneyi**			
Mahalle	Nüfus (2023)	Park Sayısı	Park Büyüklüğü (ha)	Mahalle	Nüfus (2023)	Park Sayısı	Park Büyüklüğü (ha)
Şehit Mustafa Gündoğdu Mahallesi	16.218	9	11.6	Kültür Mahallesi	21.113	3	1.7
Recep Tayyip Erdoğan Mahallesi	11.479			İnalı Mahallesi	11.035		
Selahaddin-i Eyyubi Mahallesi	8.572			Yeşilyurt Mahallesi	8.363	4	2.8
Karşıyaka Mahallesi	4.075			Bahçelievler Mahallesi	7.439		
				Yeni Mahallesi	6.460		
				Yenişehir Mahallesi	6.104		
				Mirzan Mahallesi	4.419		
TOPLAM	**40.344**	**9**	**11.6**		**64.933**	**7**	**4.5**

Özellikle, güney kısımda mevcutta yerleşim alanları arasında açık ve yeşil alanlar kısıtlı kalmakta, kuzeyde ise planlı gelişme söz konusu olduğundan büyüklük ve erişim

mesafeleri açısından daha etkin dağılım görülmektedir. Ancak bu veriler yaşayan kişi sayısı göz önüne alındığında yetersiz olmaktadır.

4.Sonuçlar

Giderek büyüyen Bingöl kentinde doğal nüfus artışı ve projeksiyon nüfusa göre yapılaşma ile yeşil alan ihtiyacının artacağı açıktır. Planlanan açık ve yeşil alan miktarı standartlar ve erişim mesafeleri açısından uygunken, mevcutta kentin kuzeyi ile güneyi arasında açık ve yeşil alan varlığı bakımından farklılıklar bulunmakta ve bunlar kullanıcı için yeterli görülmemektedir. Dolayısıyla, uygun erişim mesafesi içinde yeterli büyüklükte açık ve yeşil alanların ayrılması gerekli olmaktadır. Bingöl (Çapakçur) Çayı etrafında rekreasyon alanlarının planlanması merkezi konumundan dolayı kuzey ve güney kesimi için özellikle toplumsal ihtiyaçların karşılanmasında önemli bir faktördür. Planlama ve tasarım ilkeleri kapsamında Çapakçur Çayı ve çevresinin düzenlenmesinde erişilebilir ve güvenilir alanların oluşturulması, yaya ve bisiklet yolları ile desteklenmesi, standartlara uygun kent mobilyalarının kullanımı gibi hususlara dikkat edilmelidir.

Kent içi yeşil alanlar kentte yaşayan, doğaya özlem duyan ve sosyalleşmek isteyen insanların uğradığı alanlar olup, aynı zamanda kentteki doluluk boşluk oranının dengelenmesinde etkili olmaktadır (Şirvan ve Akın, 2022). Dolayısıyla, yaşam kalitesinin artırılması ve sürdürülebilir kentler için kent bütününün düşünülerek dengeli açık ve yeşil alan dağılımının yapıldığı planlama çalışmalarına önem verilmelidir (Hasan ve Koç, 2021). Bingöl kentinde kuzey ve güney kesimi için nüfusla orantılı olarak açık ve yeşil alanların dağılımı sağlanmalıdır. Kent içindeki uygun genişlikteki cadde ve sokakların ağaçlandırılması, kamusal binaların bahçelerinin kullanılması gibi uygulamalarla alternatif açık ve yeşil alanlar oluşturulmalıdır (Yücesu ve ark., 2017). Mevcut açık ve yeşil alanların güvenlik, erişilebilirlik, konfor, rahatlık gibi ilkeler kapsamında ele alınarak kullanım olanakları artırılmalıdır. Ayrıca bu alanlar kullanıcıların fiziksel, ruhsal ve sosyal anlamda gelişimlerine destek olacak şekilde tasarlanmalıdır (Yücesu ve ark., 2017).

Rekreasyon, dinlenme, eğlenme gereksinimlerinin karşılandığı, sosyal, ekolojik ve ekonomik anlamda faydaları olan açık ve yeşil alanlar aynı zamanda afet sırasında ve sonrasında toplanma alanı olarak da kullanılmaktadır. Deprem bölgesi olan ve Bingöl'ün kentleşmesinde önemli etkileri olan depremlerden çıkarılan ders gereği açık ve yeşil alanlara afet sonrasında ihtiyaç olmaktadır. Bu bağlamda çok sayıda yararı olan mevcut açık ve yeşil alanların korunması, planlama çalışmalarında standartlara uygun aktif yeşil alan ayrılması, bu alanların uygulama esnasında kullanıma açılması ve plan tadilatları ile azaltılmaması gereklidir. Kentsel büyüme, kaynakları verimli bir şekilde yöneten ve kentsel kaliteyi koruyan sürdürülebilir planlama ile kapsamlı sistemlerin yeniden düşünülmesini gerektirmektedir (Haaland ve Konijnendijk van den Bosch, 2015; Ring ve ark., 2021). Nitekim gerek Bingöl özelinde gerekse diğer kentlerde planlama kararları ve politikalarında açık ve yeşil alan kullanımının detaylı olarak ele alınması önemli olmakla beraber, yeşil alanların aktif kullanımı ve alansal olarak küçülmenin önüne geçilmesi için yasal çerçevede yaptırımlar gerekli görülmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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

Aksoy, Y., 2001. İstanbul kenti açık yeşil alan durumunun irdelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Altunkasa, F., 2004. Adana'nın kentsel gelişim süreci ve yeşil alanlar. Adana kent konseyi çevre çalışma grubu bireysel raporu.

Atabeyoğlu, Ö., Bulut, Y., 2012. Ordu kenti mevcut yeşil alanlarının değerlendirilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi,*1(2): 67-76.

Baş, Y., Avcı, V., 2021. Bingöl'ün tarihi çevre ve şehircilik bakımından gelişimi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* (22): *11-62.*

Beatley, T., 2012. Green Urbanism: Learning from European Cities. Washington D.C.: Island Press.

Bell, S., 2012. Landscape Pattern, Perception and Process. Oxon: Routledge.

Bingöl Belediyesi, 2023. Bingöl Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü.

Budak, Z.E., 2010. Cumhuriyet döneminde antakya kenti açık ve yeşil alan sisteminin irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Eminağaoğlu, Z., Yavuz, A., 2005. Artvin kent dokusunda yeşil alan incelemesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 6(1): 191-202.

Feltynowski, M., 2023. Urban green spaces in land-use policy – types of data, sources of data and staff – the case of Poland. *Land Use Policy,* 127: 106570.

Atila, G., Küçük, V., 2001. Kentsel açik-yeşil alanlar ve ısparta kenti örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry,* 2(1): 27-48.

Gül, A., Dinç, G., Akın, T., Koçak, A.İ., 2020. Kentsel açık ve yeşil alanların mevcut yasal durumu ve uygulamadaki sorunlar. *İdeal Kent Kentleşme ve Ekonomi,* 11(Özel Sayı): 1281-1312.

Haaland, C., Konijnendijk van den Bosch, C., 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: a review. *Urban Forestry Urban Green,* 14(4): 760–771.

Haaland, C., Van den Bosch, C.K., 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: a review. *Urban Forestry Urban Green,* 14: 760–771.

Haase, D., Pauleit, S., Randrup, T.B., 2020. Urban open spaces and the urban matrix: elements, form and functions. In M. Jansson, T. B. Randrup, Urban Open Space Governance and Management. Oxon: Routledge.

Hasan, G., Koç, C., 2021. Artuklu (Mardin)'da kentsel büyümenin açık ve yeşil alanlara etkisi. *TÜBAV Bilim Dergisi,* 14(3): 1-17.

Kan, C., 2018. Bingöl şehrinin depremselliği ve yerleşme ilişkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Kavut, S., Çakır Sümer, G., 2021. Kentleşme sürecinin Bingöl'de mahalle üzerindeki etkileri: yeşilyurt ve şehit mustafa gündoğdu mahalleleri üzerine inceleme. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 6(12): 49-77.

Koçan, N., İbiş, Ş.S., 2020. Çankırı ili kentsel açık yeşil alanlarının belirlenmesi ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 154-163.

Kömür Ardalı, Z., Şişman, E.E., 2021. Beylikdüzü ilçesi yeşil alan sisteminin mevcut durumunun değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 2(3): 779-791.

Kromp-Kolb, H., Nakicenovic, N., Steininger, K., Gobiet, A., Formayer, H., K¨oppl, A., Prettenthaler, F., St¨otter, J., Schneider, J., 2014. Osterreichischer Sachstandsbericht Klimawandel. Verlag der Osterreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

Li, X., Norford, L.K., 2016. Evaluation of cool roof and vegetations in mitigating urban heat İsland in a tropical city, Singapore. *Urban Climate,* 16: 59–74.

Manso, M., Teot´onio, I., Silva, C.M., Cruz, C.O., 2021. Green roof and green wall benefits and costs: a review of the quantitative evidence. *Renewab*le *Sustainable Energy Reviews,* 135.

Mensah, C.A., Roji, A., 2021. Chapter VII managing urban green spaces in Africa: A.

Moussa, Y.M., Diop, İ.T., Nassirou, İ., Nafiou, M.M., Soule, M., 2024. Determinants of the urban green spaces management practices in the city of Niamey Niger. *Cities* 144: 104641

NİP Açıklama Raporu, 2021. 2021 yılı Bingöl İli Merkez İlçesi Revizyon + İlave Nazım İmar Planı.

Pamay, B., 1978. Kentsel Peyzaj Planlaması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Polat, A., Önder, S., 2012. Kentsel Açık-Yeşil Alanların Kent Yaşamındaki Yeri ve Önemi. Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Konya.

Ring, Z., Damyanovic, D., Reinwald, F., 2021. Green and open space factor Vienna: A steering and evaluation tool for urban green infrastructure, *Urban Forestry & Urban Greening,* 62: 127131.

Lotfi, S., Mahdi, A., Mohammadpour, S., 2014. Investigating the distribution, standards and measuring green space per capita based on bahram soltani's model case study: qom city, district No.1, *Geography and Territorial Spatial Arrangement,* 4(10): 1–18.

Slater, S.J., Christiana, R.W., Gustat, J., 2020. Recommendations for keeping parks and green space accessible for mental and physical health during COVID-19 and other pandemics, *Preventing Chronic Disease,* 17.

Salmond, J.A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., 2016. Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health,* 15: S36.

Scheiber, S., 2022. Re-designing urban open spaces to act as green infrastructure-the case of Malta. *Transportation Research Procedia,* 60: 148–155.

Şenyiğit Doğan, S., Yılmaz, S., 2019. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemleri ile arazi örtüsü/alan kullanım değişimlerinin belirlenmesi: Bingöl kent merkezi örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi,* 6(3): 536-545.

Şirvan, B., Akın, A., 2022. Bursa kentinin 1979-2021 yılları arasında kentsel açık yeşil alan değişiminin irdelenmesi. *Ağaç ve Orman,* 3(2): 14-22.

United Nations Department of Economic and Soical Affairs, 2018. World urbanization prospects. (https://population.un.org/wup/), (Erişim tarihi 12.10.2023).

URL-1, 2023. (lafsozluk.com), (Erişim tarihi 12.10.2023).

URL-2, 2023. (https://yandex.com.tr/harita/103847/bingol/hybrid/?ll=40.528962%2C38.89 2983&z=14), (Erişim tarihi 12.10.2023).

URL-3, 2023. (https://www.bingol.bel.tr/tr/kente-bakis/ilceler/bingol), (Erişim tarihi 13.11.2023).

URL-4, 2023. (https://www.bingol.bel.tr/tr/kente-bakis/ilceler/bingol), (Erişim tarihi 13.11.2023).

URL-5, 2023. (https://mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=19788&mevzuatT ur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5), (Erişim tarihi 06.12.2023).

URL-6, 2023. (http://bingol.gov.tr/tarihcesi), (Erişim tarihi 13.11.2023).

URL-7, 2023. (https://www.cografya.gen.tr/tr/bingol/nufus.html), (Erişim tarihi 27.11.2023).

URL-8, 2023. (https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/), (Erişim tarihi 06.10.2023).

URL-9, 2023. Google Earth, (https://earth.google.co.zm/), (Erişim tarihi 06.10.2023).

URL-10, 2023. (https://www.nufusune.com/), (Erişim tarihi 02.11.2023).

URL-11, 2024. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü. (https://mpgm.csb.gov.tr/malatya---elazig---bingol---tunceli-planlama-bolgesi-i-82187), (Erişim tarihi 06.10.2023).

URL-12, 2024. TUİK, (https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2018-2080-30567), (Erişim tarihi 06.11.2024).

URL-13, 2023. Open Street Map, (https://www.openstreetmap.org/), (Erişim tarihi 12.10.2023).

Üstündağ, Ö., 2011. Bingöl şehir merkezinin doğal ortam analizi ve fiziksel planlaması. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.

Vural, H., Çelik, Ş., 2021. Bingöl kenti yeşil alt yapı performansının "sosyal tasarım yaklaşımı" doğrultusunda değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forest Science,* 5(1): 78-95.

Vural, H., Meral, A., Doğan, S., 2019. Kentsel gelişim ve yeşil alan planlama sürecinin katılımcı swot analizi yöntemi ile değerlendirilmesi: Bingöl kenti. *İdealkent,* 10(28): 1069-1096.

Xue, F., Gou, Z., Lau, S.S.Y., 2017. Green open space in high-dense asian cities: site configurations, microclimates and users' perceptions, *Sustainable Cities and Society,* 34: 114-125.

Xing, Y., Brimblecombe, P., 2019. Role of vegetation in deposition and dispersion of air pollution in urban parks, *Atmospheric Environment,* 201.

Yücesu, Ö., Korkut, A., Kiper, T., 2017. Kırklareli kent merkezinin açık ve yeşil alan analizi ve bir sistem önerisi. *Artium,* 5(2): 22-37.

Zarie, E., Sepehri, B., Adibhesami, M.A., Pourjafar, M.R., Karimi, H., 2024. A strategy for giving urban public green spaces a third dimension: A case study of Qasrodasht, Shiraz, *Nature-Based Solutions,* 5: 100102

Atıf Şekli	Caf, A., Koç, C., 2024. Bingöl Kentinde Açık ve Yeşil Alan Yeterliliğinin Araştırılması. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 183-196. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10828705.
To Cite	Caf, A., Koç, C., 2024. Investigation of the Sufficiency of Open and Green Spaces in Bıngol City. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 183-196. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10828705.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):197-205, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):197-205, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10837821

Arıtma Çamuru Uygulamalarının Topraktaki Bazı Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkisi

Erhan GEZER[1*], Fatih KONUKCU[1], Aydın ADİLOĞLU[2], Ali Rıza DİNÇER[3]
[1]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ
[2]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ
[3]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): egezer@nku.edu.tr

Özet
Bu çalışma, Trakya Bölgesi toprakları üzerine değişen miktarlarda (2, 4, 8 ton da^{-1}) arıtma çamuru uygulanması neticesinde, bazı mikro elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) üzerine etkilerinin belirlenmesi maksadıyla bölgenin Tekirdağ ilinde gerçekleştirilmiştir. Mikro elementler, toprak bünyesinde eser miktarda bulunmasına rağmen eksiklik koşullarında büyük verim kayıplarına neden olmaktadır. Çalışma, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleşmiştir. Topraklara arıtma çamuru uygulaması sonucunda yarayışlı bakır, demir ve çinko kapsamlarında artışlar gerçekleşmiş ve bu durum istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Arıtma çamuru uygulanan toprakların yarayışlı Fe kapsamı "orta" düzeyden "fazla" düzeye, yarayışlı Zn kapsamı "yetersiz" düzeyden "yeterli" düzeye yükselmiştir. Toprakların yarayışlı Mn kapsamında ise istatiksel açıdan önemli ($p<0.01$) kabul edilen bir azalma gözlenmiş ve topraktaki içeriği "yeterli" düzeyden "az" düzeyine gerilemiştir. Trakya Bölgesi toprakları üzerine arıtma çamuru uygulanmasının toprak mikro bitki besin element içeriklerini büyük ölçüde olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Bölgede yoğun tarım uygulamalarının devam ettiği göz önünde bulundurulduğunda, arıtma çamuru uygulamalarının tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması açısından oldukça önemli bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :27.11.2023
Kabul Tarihi :29.12.2023

Anahtar Kelimeler
Arıtma çamuru
mikro element
bakır
demir
mangan
çinko

Effect of Sewage Sludge Applications on Some Micronutrient Elements in Soil

Abstract
This study was carried out in Tekirdağ province to determine the effects of application of sewage sludge in varying amounts (2, 4, 8 tons da^{-1}) on some microelements (Cu, Fe, Mn and Zn) of the Thrace Regions soils. Although microelements are present in trace amounts in the soil, they cause major productivity losses under deficiency conditions. The study was carried out with 3 replications according to the randomized blocks divided plots experimental design. As a result of the application of sewage sludge to the soil, there was an increase in the content of available copper, iron and zinc, and this was found to be statistically significant ($p<0.01$). The available Fe content of the soils to which sewage sludge was applied increased from "medium" level to "excess" level, and the available Zn content increased from "insufficient" level to "sufficient" level. A statistically significant ($p<0.01$) decrease was observed in the available Mn content of the soil, and its content in the soil decreased from "sufficient" to "less" level. It has been observed that the application of sewage sludge on the soil of the Thrace Region has a positive effect on the soil micro-plant nutrient element contents. Considering that intensive agricultural practices continue in the region, it has become clear that sewage sludge applications are a very important method for the sustainability of agricultural activities.

Research Article

Article History
Received :27.11.2023
Accepted :29.12.2023

Keywords
Sewage sludge
micro nutrients
copper
iron
manganese
zinc

1. Giriş

Doğadaki tüm canlılar, gelişim süreçlerini tamamlayabilmeleri için pek çok besin elementine gereksinim duyarlar. Gereksinim duyulan besin maddelerinden bazıları (makro) yüksek düzeyde kullanılırken, bazıları (mikro) ise eser miktarda kullanılırlar. Sınırlı miktarda gereksinim duyulan bitki besin maddeleri belirli bir düzeyin altına düştüğünde gelişim yetersizliğine neden olurken belirli bir düzeyin üzerinde bulunmaları halinde toksik etki oluşturmaktadırlar (Ergene, 2010). Makro ve mikro besin elementleri bitki gelişimi ve büyümesinde göz ardı edilemeyecek derecede önemlidirler. Bu elementlerin bir kısmı bitkiler için yaşamsal açıdan önem arz ederken bir kısmı da gelişimlerinin daha iyi olabilmesi için gerekmektedir (Bolat ve ark., 2020). Bu nedenle mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından eser miktarda alınımı önemlerinin daha az olduğu anlamına gelmemelidir. Çünkü bitkilerin gelişimlerinde ve kalitesinde asgari makro besin elementleri kadar pay sahibidir (Bakırcıoğlu, 2009).

Mikro elementlerin esas menşei toprağın kendisidir. Bu nedenle toprakların sahip olduğu özelliklerin, mikro besin maddelerinin toprakta çözünürlükleri ve yararlılığı üzerinde ne şekilde etki oluşturduğunun bilinmesi gerekmektedir. Toprakların tuzluluk oranı, asitlik durumu, organik madde ihtivası, toprak bünyesi ve mikrobiyal faaliyetler vb. etmenler bu maddelerin bitkiler için yararlılık durumunu belirler (Foroughifar ve ark., 2013). Örneğin toprak bünyesindeki organik madde miktarı yükseldikçe toprak nem kaybı azalmış ve su tutma kapasitesi üzerinde olumlu etkiler gözlemlenmiştir (Kara ve Yakupoğlu, 2023). Mikro elementler, kullanılan mineral gübreler içerinde bulunması, atıksu arıtma çamuru kullanımı, organik kökenli gübrelerin kullanımı gibi farklı insani faaliyetler sonucunda da toprakta teşekkül edebilirler (Bakırcıoğlu, 2009).

Toprak bünyesi içerisinde bitkisel gelişimin en iyi şekilde gerçekleşmesinde, toprağın fiziksel ve kimyasal niteliği oldukça önemli bir etmendir. Bunun için toprağın bünyesine atık durumunda olan ve aynı zamanda yüksek oranda organik materyaller içeren arıtma çamuru ve organik evsel veya tarımsal atıklardan besin maddelerinin geri dönüştürülmesi ile elde dilen kompost uygulanması, sahip oldukları bitki besin materyallerinin tekrar kullanılabilir hale gelmesi, toprağın şartlarını bitkiler için daha uygun hale getirmesi, çeşitli çevre sorunlarına neden olmadan yok edilmesi ve tarımsal devamlılığı sağlaması nedenleriyle son yıllarda en fazla kullanılan atık çamur bertaraf yöntemleridir (Bender ve ark., 1998; Uzun ve Bilgili, 2011; Bellitürk ve ark., 2023). Diğer taraftan, gerçekleştirilen bu işlem nedeniyle atık çamurların içeriğinde bulunması muhtemel ağır metaller (Mn, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Cd) toprağın bünyesine geçer ve zaman içerisinde topraktaki ağır metal içeriğindeki yükselme önemli bir tehlike oluşturmaktadır (Çimrin ve ark., 2000). Ayrıca arıtma işlemine tabi tutulan atık su türüne ve kullanılan arıtma yöntemine göre elde edilen arıtma çamurları değişen miktarlarda bitkiler için zehir etkisi oluşturan elementler, tuzlar, ağır metaller ve zararlı mikro canlıları bünyesinde barındırabilmektedir. Arıtma çamurlarının bu özelliği tarım yapılan alanlarda kullanılmasını sınırlandıran başlıca etkendir.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için makro ve mikro bitki besin maddelerinin düzeyleri tespit edilerek, yeterli olmayan besin maddelerinin takviye edilmesi ve var ise sınırlandırıcı etmenlerin belirlenerek giderilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, kesintisiz bir şekilde tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve erozyon nedeniyle bünyesindeki bitki besin ve organik madde miktarının devamlı olarak azalma eğiliminde olduğu Trakya Bölgesi topraklarına arıtma çamuru tatbik edilmesi neticesinde toprakların bazı mikro besin elementlerinin ne şekilde etkileneceğini belirlemek maksadıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışma, Tekirdağ Bölgesi'nin yoğun tarımsal uygulamalar yapılan Tekirdağ ili Karaevli köyündeki çiftçi arazisi üzerinde ve boyutları 4.2 x 6.0 m olan 60 adet parselde ve

toplam 3465 m^2'lik deneme sahasında gerçekleştirilmiştir. Parsellere uygulanan arıtma çamuru İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'nden sağlanmıştır. Arıtma çamuru uygulaması gerçekleştirilmeden önce parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama analiz sonuçlarına göre tınlı bünyede ve pH değerinin hafif alkalin (7.55) karakterde olduğu belirlenmiş olup, deneme arazisinde tuz içeriği, sodyum içeriği ve taban suyu yönünden herhangi bir problemin olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 1). Deneme bitkisi olarak 90-100 günlük gelişme süresine sahip olan Monsanto firmasının C955 mısır türü kullanılmıştır.

Tablo 1. Deneme alanının toprakları ile kullanılan arıtma çamuru örneklerinin analiz sonuçları

Parametre	Birim	Toprak	Arıtma Çamuru	Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik (7>pH>6)	
				Toprak	Arıtma Çamuru
pH		7.55	6.69		
Tekstür		Tın			
Tuz	µmhos cm^{-1}	969	8160		
Kireç	%	7.80	-		
Organik Madde	%	1.45	69.52		
Yarayışlı Bakır (Cu)	mg kg^{-1}	1.00	6.82		
Yarayışlı Demir (Fe)	mg kg^{-1}	2.95	88.88		
Yarayışlı Mangan (Mn)	mg kg^{-1}	42.39	28.73		
Yarayışlı Çinko (Zn)	mg kg^{-1}	0.07	70.86		
Toplam Bakır (Cu)	mg kg^{-1}	28.28	229.20	50	1000
Toplam Demir (Fe)	mg kg^{-1}	1963	11640		
Toplam Çinko (Zn)	mg kg^{-1}	39.97	804.10	150	2500

2.2. Yöntem

Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı analizleri Blake (1965)'e göre, solma noktası ve bünye sınıfı değerleri ise Benami ve Diskin (1965)'e göre belirlenmiştir. Toprakların pH (saturasyon), kireç (kalsimetrik), tekstür, doygunluk (saturasyon), organik madde (Walkey-Black), yarayışlı bakır, demir, mangan ve çinko (DTPA-ICP OES) içerikleri belirlenmiştir (Kacar 1995; Sağlam, 2012).

Birinci ürün olarak yetiştirilen buğday hasat edildikten sonra, tarım arazisi çalışma süresince sabit kalacak şekilde parsellere ayrılmıştır. Farklı 5 arıtma çamuru konusu belirlenmiş ve konular üç tekerrürlü olacak şekilde tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Yürütülen çalışmada yalnız ilk yıl arıtma çamuru uygulanmış ve parsellere tatbik edilecek arıtma çamuru miktarı yaş ağırlık göz önünde tutularak tespit edilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra (1 ay) ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar istatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir (Düzgüneş, 1963; Yurtsever, 1984).

3. Bulgular ve Tartışma

Bakır elementi, topraktaki öbür mikro elementlere nazaran organik madde ile daha güçlü bileşikler oluşturmaktadır. Bu durum bakır elementinin toprak çözeltisi içerisindeki alınımı ve hareketi üzerinde oldukça etkilidir (Güneş ve ark., 2000). Bununla birlikte bakırın yarayışlılığı pH değerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Toprağın pH değeri 7 ve üzerinde ise bakırın yarayışlılığı azalma eğiliminde iken pH değeri 5 olduğunda

yarayışlılığının maksimum olduğu bildirilmiştir (Günal ve Erdem, 2015). Çalışma öncesinde alınan toprak örneği analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı bakır miktarı 1 mg kg^{-1}, atıksu arıtma çamurunda 6.82 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Literatür çalışmaları incelendiğinde tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlarda bakır içeriği 1-50 mg kg^{-1} değerleri aralığında değişiklik göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2007). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı bakır içerikleri 1.213–2.787 mg kg^{-1}, ikinci yılında 1.562–3.167 mg kg^{-1} değerleri arasında olduğu Tablo 2'de görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yarayışlı bakır içeriğinin yükseldiği görülmektedir. Farklı bir çalışmada ülke topraklarının genel yapısını belirlemek için alınan toplam 1511 toprak örnekleri üzerinde yapılan analizler sonucunda ülke topraklarının bakır içeriğinin, alt sınır değeri olan 0.2 mg kg^{-1}'dan yüksek olduğu tespit edilmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1999). Atıksu arıtma çamurlarının içeriğinde bulunabilecek çeşitli zararlı elementlerin belirlenmesi amacıyla Ankara Atıksu Arıtma Tesisinden temin edilen çamurlar üzerinde yürütülen 10 aylık bir çalışma sonucunda ise arıtma çamurlarının bakır içeriğinin 171–363 mg kg^{-1} aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Bilgin ve ark., 2002).

Tablo 2. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı bakır içerikleri

Yarayışlı Bakır (mg kg-1)					
		S0	**S1**	**S2**	**S3**
D0	1. Yıl	0.960	1.016	1.242	0.974
	2. Yıl	1.558	1.561	1.465	1.309
D1	1. Yıl	2.297	1.767	1.423	1.213
	2. Yıl	2.324	2.152	1.806	1.588
D2	1. Yıl	4.334	1.443	1.905	2.787
	2. Yıl	3.167	1.562	2.449	2.516
D3	1. Yıl	1.750	2.035	2.559	1.383
	2. Yıl	2.991	1.881	2.501	2.800
D4	1. Yıl	1.156	0.949	1.066	14.620
	2. Yıl	1.547	1.413	1.602	1.741

Toprak bünyesi içerisinde toplam demir seviyesinin yüksek olmasına rağmen bitkilerin var olan demir elementinden yararlanma oranının düşük olduğu ifade edilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007). Topraklarımızın yaklaşık olarak % 27'sinde yarayışlı demir miktarı 4.5 mg kg^{-1}'dan daha az olması sebebi ile bitkiler için demir noksanlığı çekme riskinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Eyüpoğlu, 1998). Demir içeriği 0.2 mg kg^{-1} dan düşük topraklar "az", 0.2-4.5 mg kg^{-1} seviyesinde olan topraklar "orta" ve 4.5 mg kg^{-1} seviyesinden yüksek olan topraklar "fazla" olarak tanımlanmaktadır (Koca ve ark., 2019). Deneme öncesinde alınan toprak örneği analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı demir miktarı 2.95 mg kg^{-1}, atıksu arıtma çamurunda 88.88 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı demir içerikleri 6.362–24.81 mg kg^{-1}, ikinci yılında 7.718–17.03 mg kg^{-1} değerleri arasında olduğu Tablo 3'te görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar incelendiğinde yarayışlı demir içeriğinin atık çamurun etkisi ile yükselme eğiliminde olduğu ve literatür verileri doğrultusunda topraktaki konsantrasyonunun "fazla" düzeyine geldiği

görülmektedir. Bu durum üzerinde asidik toprakların kireçli topraklara göre daha yüksek miktarda çözünebilir demir içerebilme özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Güneş ve ark., 2013). Çalışmamıza benzer şekilde, kireçli bir toprağa uygulanan humik asit ve kentsel arıtma çamurunun mısırın bitki besin maddesi içeriğini ne şekilde etkilediğini belirlemek için yürütülen çalışmada, atıksu arıtma çamuru uygulamalarının tek başına ve hümik madde ile beraber uygulanmasının alınabilir demir içeriğini kontrol örneğine göre arttırdığı belirtilmiştir (Bozkurt ve ark., 2000).

Tablo 3. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı demir içerikleri

Yarayışlı Demir (mg kg^{-1})					
		S0	**S1**	**S2**	**S3**
D0	1. Yıl	6.406	5.177	10.840	6.148
	2. Yıl	9.990	8.019	10.060	7.610
D1	1. Yıl	10.810	8.750	9.880	8.120
	2. Yıl	12.380	8.853	7.718	10.240
D2	1. Yıl	20.580	9.821	15.090	16.120
	2. Yıl	14.140	10.870	14.490	17.030
D3	1. Yıl	7.957	13.360	24.810	6.362
	2. Yıl	10.070	11.830	13.910	12.640
D4	1. Yıl	8.030	5.104	8.134	14.620
	2. Yıl	10.400	7.693	10.810	16.240

Toprakta mutlak bulunması gereken elementler içerisinde yer alan manganın (Gezgin, 2003) toprak çözeltisi içerisinde toplam 20 ile 3000 mg kg^{-1} değerleri aralığında bulunurken (FAO, 1990) ülkemiz toprakları için alınabilir mangan miktarı ortalama 18,29 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir (Sönmez ve ark., 2018). Mangan yeterince bulunmaz veya gereğinden fazla bulunur ise bitki gelişimi, verimi ve kalitesi yönünden göz ardı edilemeyecek seviyede kayıplara neden olmakta hatta bitkilerin ölümüyle de sonuçlanabilmektedir (Gezgin, 2003). Toprak çözeltisi içerisinde yarayışlı Mn miktarı 4 mg kg^{-1}'dan az olduğunda "çok az", 4-14 mg kg^{-1} aralığında olduğunda "az", 14-50 mg kg^{-1} aralığında olduğunda "yeter", 50-170 mg kg^{-1} aralığında olduğunda "fazla" ve 170 mg kg^{-1}'dan yüksek olduğunda "çok fazla" olarak tanımlanmaktadır (FAO, 1990). Toprak örnekleri analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı mangan miktarı 42.39 mg kg^{-1}, atıksu arıtma çamurunda 28.73 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı mangan içerikleri 7.734–63.89 mg kg^{-1}, ikinci yılında 7.274–14.46 mg kg^{-1} değerleri arasında olduğu Tablo 4'te görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Tablodan da görüldüğü üzere toprakların yarayışlı mangan kapsamlarında değişiklikler gözlemlenmiş ve deneme öncesinde "yeter" düzeyde iken arıtma çamuru uygulamasından sonra ikinci yılın sonunda yapılan analizler sonucunda azaldığı ve "az" seviyesine geldiği gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebinin, arıtma çamurlarının sahip olduğu yüksek organik madde miktarı olduğu düşünülmektedir. Toprak çözeltisi içerisinde mangan elementinin absorbe edilmesi üzerinde etkili olan etmenler; organik madde açısından zengin, kireç oranı yüksek ve alkalin özelliğine sahip, drenajı iyi olmayan ve kumlu yapıya sahip topraklar olarak ifade edilmiştir (Kacar ve Katkat, 1999). Arıtma çamurları gibi organik madde açısından zengin materyallerin toprağa uygulanması neticesinde toprağın pH'sı düşer (Garzon ve ark., 2011), bu nedenle organik madde tarafından soğurulan mangan miktarında artış gerçekleşir ve böylece toprakta yarayışlı mangan içeriğinde azalma meydana gelir (Allard ve ark., 2017). Literatür çalışmaları içerisinde çalışmamızda elde

edilen sonuçlarla uyumlu olmayan sonuçlara da ulaşılmıştır. Kentsel atıklardan elde edilen kompost, toprakların mangan içeriğini arttırıcı etkide bulunurken gereğinden fazla uygulanması halinde ise bitkiler tarafından alınamayacak hale geldiği bildirilmiştir (Hargreaves ve ark., 2008).

Tablo 4. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı mangan içerikleri

Yarayışlı Mangan (mg kg^{-1})					
		S0	**S1**	**S2**	**S3**
D0	1. Yıl	8.504	7.226	13.460	7.709
	2. Yıl	7.802	10.170	9.615	7.101
D1	1. Yıl	14.750	17.740	14.640	7.734
	2. Yıl	11.650	7.274	8.235	8.353
D2	1. Yıl	52.640	22.340	26.220	63.890
	2. Yıl	10.970	11.560	12.000	14.050
D3	1. Yıl	15.240	13.770	58.580	11.120
	2. Yıl	12.110	10.970	14.460	13.890
D4	1. Yıl	11.230	8.477	17.420	21.150
	2. Yıl	15.650	10.000	8.213	18.760

Alınabilir çinko değeri 0.7-2.4 mg kg^{-1} arasında olan topraklar "yeterli" düzeyde kabul edilirken 0.5 mg kg^{-1} 'dan daha az olan topraklar "yetersiz" topraklar olarak kabul edilmektedir (FAO, 1990). Toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı çinko üzerinde toprak pH'sı etkili olmaktadır ve pH değerinin artışı ile birlikte toprağın yarayışlı çinko kapsamı düşmektedir (Loue, 1986). Toprak örneği analiz sonuçlarına göre toprağın içeriğinde bulunan yarayışlı çinko miktarı 0.07 mg kg^{-1}, atıksu arıtma çamurunda 3.47 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Çalışmanın ilk yılında arıtma çamuru uygulanan parsellerden alınan toprak örneklerinin ortalama yarayışlı çinko içerikleri 0.921–7.302 mg kg^{-1}, ikinci yılında 0.572–3.181 mg kg^{-1} değerleri arasında olduğu Tablo 5'te görülmektedir. Yapılan farklı dozlarda uygulanan arıtma çamuru konuları arasındaki farklılıklar her iki yıl içinde $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Çalışmamızda arıtma çamuru uygulaması sonrasında yarayışlı çinko içerikleri yükselmiştir. Çalışmanın ikinci yılında toprak yarayışlı çinko içeriği çalışma öncesine göre yüksek iken, çalışmanın ilk yılında elde edilen değerlerle kıyaslandığında ise ilk yıla göre bir azalma gözlemlenmiştir. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde benzer şekilde artan dozlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın çözünebilir ve alınabilir çinko miktarlarında artış olduğu belirtilmiştir (Demir, 2010; Özyazıcı ve ark., 2012).

Tablo 5. Arıtma çamuru uygulaması sonrasında alınan toprak örneklerinin yarayışlı çinko içerikleri

Yarayışlı Çinko (mg kg^{-1})					
		S0	**S1**	**S2**	**S3**
D0	1. Yıl	0.366	0.229	0.414	0.318
	2. Yıl	0.442	0.276	0.302	0.271
D1	1. Yıl	2.634	1.745	0.977	0.921
	2. Yıl	1.106	1.894	0.699	0.593
D2	1. Yıl	7.302	1.361	1.112	3.666
	2. Yıl	3.031	0.572	1.569	1.880
D3	1. Yıl	1.603	3.060	2.427	1.417
	2. Yıl	3.181	0.868	1.997	2.382
D4	1. Yıl	0.329	0.700	0.526	0.739
	2. Yıl	0.420	0.420	0.435	0.540

4. Sonuçlar

Uzun yıllar boyunca aralıksız işlenmesi, düşük organik madde içeriği ve yoğun olarak erozyona maruz kalmış yorgun Trakya topraklarının özelliklerini iyileştirmek amacıyla İSKİ'den temin edilen atıksu arıtma çamurlarının değişik miktarlarda araziye uygulanması sonucunda bazı toprak mikro besin elementlerinde (Cu, Fe, Mn ve Zn) gözlemlenen farklılıklar değerlendirilmiştir.

Mikro besin elementlerinin yararlılık durumları üzerinde toprağın organik madde içeriği ve pH değeri önemli bir etkiye sahiptir. Çalışmamızda arıtma çamurlarının uygulanması neticesinde toprakların organik madde içeriği yükselirken pH değerinde azalma meydana gelmiştir (Gezer ve ark., 2023). Çalışma öncesinde toprağın yarayışlı bakır içeriği 1 mg kg^{-1} iken arıtma çamuru uygulaması yapıldıktan sonra yarayışlı bakır içeriği ikinci yılın sonunda 1.562–3.167 mg kg^{-1} seviyesine yükselmiştir. Demir eksikliği oluşma riskinin yüksek olduğu ülke topraklarına nazaran, çalışmanın yürütüldüğü tarım arazisi topraklarının yarayışlı demir miktarı deneme öncesinde 2.95 mg kg^{-1} seviyesinde ("orta") iken çalışmanın ikinci yılı sonunda 7.718–17.03 mg kg^{-1} ("fazla") olarak belirlenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği toprakların, arıtma çamuru uygulandıktan sonra asidik duruma geçmesinin yarayışlı demir içeriğinin artması üzerinde etkili olduğu kanısına varılmıştır. Bir diğer önemli mikro besin elementi olan mangan, literatür bilgileri doğrultusunda deneme öncesinde yeterli (42.39 mg kg^{-1}) düzeydedir. Ancak arıtma çamuru uygulandıktan sonra yarayışlı mangan kapsamlarının azalma eğiliminde olduğu ve bu durumun arıtma çamurlarının sahip olduğu yüksek organik madde miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneme öncesinde toprağın yarayışlı çinko içeriği analiz sonuçlarında 0.07 mg kg^{-1} olarak belirlenmiş ve "yetersiz" düzeyde olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru uygulaması gerçekleştirildikten sonra yarayışlı çinko içeriğinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun toprağın pH değerinin azalması ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yoğun tarımsal faaliyetler neticesinde bitki besin elementi açısından fakir duruma düşen Trakya toprakları üzerine arıtma çamuru uygulanması, toprakların bazı mikro bitki besin elementleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Bölgede yoğun tarım uygulamalarının devam ettiği düşünüldüğünde topraklara arıtma çamurlarının uygulanması tarımın sürdürülebilir olması açısından oldukça önemli bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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

Araştırmayı maddi olarak destekleyen TÜBİTAK Bilimsel Araştırma Kurumuna (Proje No: 108O324) teşekkür ederiz.

Açıklama

Bu makale birinci yazarın "İkinci Ürün Silajlık Mısır Üretiminde İSKİ Atıksu Arıtma Çamuru Kullanımının Toprak Özellikleri, Bitki Gelişimi ve Su Kullanımına Etkisi" başlıklı TÜBİTAK projesi (108O324) ve aynı zamanda doktora çalışmasının bir bölümünden yararlanılmak suretiyle güncellenerek hazırlanmıştır.

Kaynaklar

Allard, S., Gutierrez, L., Fontaine, C., Croué, J.P., Gallard, H., 2017. Organic matter interactions with natural manganese oxide and synthetic birnessite. Science of The *Total Environment*, 583: 487-495.

Bakırcıoğlu, D., 2009. Toprakta makro ve mikro element tayini. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Bellitürk, K., Fang, L., Görres, J.H., 2023. Effect of post-production vermicompost and thermophilic compost blending on nutrient availability. *Waste Management*, 155: 146-152.

Benami, A., Diskin, M.H., 1965. Design of Sprinkling Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23. Technicon. Israel Institute of Tecnology, Haifa, Israel.

Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M., Tarakçıoğlu, C., 1998. Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International Symposium On Arid Region Soil*, Menemen, İzmir, s.506-510.

Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H., 2002. Biyoatıkların (Arıtma Çamurlarının) Arazide kullanımı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.

Blake, G.R., 1965. Bulk Density. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Chapter 30.

Bolat, İ., Kara, Ö., Tunay, M., 2020. Göknar-kayın karışık meşceresi altındaki ölü örtü örneklerinde mikrobiyal biyokütle C (Cmic), N (Nmic) ve P (Pmic)'un mevsimsel değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3): 1-1.

Bozkurt, M.A., Yılmaz, İ., Çimrin, K.M., 2000. Kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 105-110.

Çimrin, M.K., Bozkurt, M.A., Erdal, İ., 2000. Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1): 85–90.

Demir, E., 2010. Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Düzgüneş, O., 1963. İstatistik Prensipleri ve Metotları. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.

Ergene, A., 2010. İz elementlerin bitki, hayvan ve insan hayatı bakımından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.

Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara.

Eyüpoğlu, F., Korucu, N., Talaz, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bazı Mikro elementler Bakımından Genel Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Ankara.

FAO, 1990. Micronutrient Assessment at the Country Level. FAO Soil Bulletin, Published by FAO, Roma.

Foroughifar, H., Jafarzadeh, A.A., Torabi, H., Pakpour, A., Miransari, M., 2013. Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including micronutrients. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(8): 1273-1281.

Garzón, E., González-Andrés, F., García-Martínez, V.M., De Paz, J.M., 2011. Mineralization and nutrient release of an organic fertilizer made by flour, meat, and crop residues in two vineyard soils with different pH levels. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(13): 1485-1496.

Gezer, E., Konukcu, F., Adiloğlu, A., Dinçer, A.R., 2023. Mısır bitkisinin ikinci ürün ve silajlık olarak yetiştirilmesinde kullanılan arıtma çamurunun topraktaki makro besin elementleri üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4): 798-808.

Gezgin, S., 2003. Buğdayın gübrelenmesi. *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, 6(4): 22-27.

Günal, E., Erdem, H., 2015. Suluova ve merzifon ovaları topraklarının yarayışlı demir, bakır, çinko ve mangan konsantrasyonlarının mesafeye bağlı değişimi. *Toprak Su Dergisi*, 4(2): 1-13.

Günes, A., Alpaslan, M., Inal, A., 2013. Plant Nutrition and Fertilization, (3rd Ed.), Ankara University Faculty of Agriculture Publications: Ankara.

Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1514, Ankara.

Hargreaves, J.C., Adl, M.S., Warmon, T.R., 2008. A Review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 123: 1-14.

Kacar, B., Katkat, V., 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 144, Bursa.

Kacar, B., Katkat, V., 2007. Bitki Besleme. Nobel Yayınevi.

Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III-ToprakAnalizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakıf Yayınları No: 3, Ankara.

Kara, Z., Yakupoğlu, T., 2023. Toprak düzenleyici olarak kullanılan bazı organik madde kaynaklarının nem kapsamındaki zamana bağlı değişimler. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 95-104.

Koca, Y.K., Derin, A., Adiloğlu, S., 2019. Jeoistatistiksel modelleme ile Edirne ili uzunköprü ilçesi topraklarının bazı mikro element düzeylerinin haritalanması. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 6(3): 328-338.

Loue, A., 1986. Les Oligo-Éléments en Agriculture. Agri - Nathan International, 43 Rue du CheminVert, 75011 Paris.

Özyazıcı, M.A., Özyazıcı, G., Bayraklı, B., 2012. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın ekstrakte edilebilir demir, bakır, çinko ve mangan kapsamı üzerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2): 110-118.

Sağlam, M.T., 2012. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri (5. Baskı). Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:2, Tekirdağ.

Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S., Keçeci, M., 2018. Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması. Proje Sonuç Raporu (TAGEM/TSKAD/11/A13/P03). Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.

Uzun, P., Bilgili, U., 2011. Arıtma çamurlarının tarımda kullanım olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2): 135-146.

Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar. T.C. Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Atıf Şekli	Gezer, E., Konukcu, F., Adiloğlu, A., Dinçer, A.R., 2024. Arıtma Çamuru Uygulamalarının Topraktaki Bazı Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 197-205. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10837821.
To Cite	Gezer, E., Konukcu, F., Adiloğlu, A., Dinçer, A.R., 2024. Effect of Sewage Sludge Applications on Some Micronutrient Elements in Soil. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 197-205. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10837821.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):206-220, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):206-220, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10844360

Optimization of Silymarin Extraction Condition from *Silybum marianum* (L.) Gaertn and Development of HPLC Method for Its Quantification

Erten AKBEL[1*], Mustafa KARA[2]
[1] Uşak University, Faculty of Health Sciences, Uşak
[2] Anadolu University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Chemical Engineering, Eskişehir
[*]Corresponding author: erten.akbel@usak.edu.tr

Abstract
Silybum marianum (milk thistle) and its derivatives are used in the treatment of many diseases, especially liver diseases. In this study, extraction variables required for the industrial process of *Silybum marianum* (L.) Gaertner, and conditions for silymarin extraction were optimized using RSM (Response Surface Methodology). For this purpose, the fixed oil content was determined to be approximately 27% in the extraction using hexane in a Soxhlet apparatus with fruits of certain particle size. An HPLC technique was devised and approved to determine the amount of silymarin in the extract. The HPLC method's linearity was assessed using solutions containing 5 to 30 µg ml^{-1} silymarin. A selective, rapid, accurate, precise chromatographic method was devised and approved to determine the amount of silymarin in plants. Using an Agilent Extend C18 column (250 x 4.6 mm, 5 µm) column, chromatographic separation was carried out. Ultrapure water containing 0.1% formic acid and acetonitrile (67/33, v/v) were used as mobile phase at a flow rate of 1.0 ml min^{-1}. Eluents were detected at 288 nm using a UV detector. The results show that Fed the liquid chromatographic method was linear, precise, accurate, robust, with RSD values below 1.00% and recovery percentage within the standard limits (99-101%). The extracted silymarin yield was calculated to be 0.237% under finest settings.

Research Article

Article History
Received :28.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Silybum marianum
silybin
extraction
HPLC

1. Introduction

The use of medicinal plants as drugs in folk and traditional medicine practices dates back to ancient times. Since prehistoric times, thousands of plants have been utilized to heal a variety of diseases (Kaur et al., 2011; Karkanis et al., 2011). The earliest written evidence of the use of medicinal plants in medicine making was found in a Sumerian clay slab, about 5000 years old, found in Nagpur. It contained 12 recipes for preparing medicines, referring to more than 250 different plants, some of which were alkaloids such as poppy, henbane and mandrake (Petrovska, 2012). It is estimated that 75% of the population in developing countries use natural products, compared to around 50% in developed countries, often linked to lifestyle-related diseases (Lopes et al., 2018). *Silybum marianum* is a medicinal plant whose seeds and fruits have long been used as an alternative medicine due to its hepatoprotective effects. Silybum marianum, a member of the Asteraceae (Compositae) family, gets its name from the white veins that adorn its leaves (Wang et al., 2000). Although it originated in the Mediterranean area, it is also grown as a vegetable in Southern Europe (Ball and Kowdley, 2005). Common names are Milk thistle, Mary thistle, Holy thistle, Silymarin (Kaur et al., 2011). Milk thistle (*Silybum marianum* L.) is a yearly or biennial herb with reddish-purple flowers in July and August (Bijak, 2017). Milk thistle (*Silybum marianum*) is widespread in the Mediterranean area but now common worldwide. Its main stem is robust, protruding with branching. The seeds of *Silybum marianum* are ¼ inch lengthy, flat, smooth, and glossy with a varied black to brown tint (Kaur et al., 2011) (Figure 1).

Figure 1. Milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaernt.) and its fruit (Bijak, 2017)

In the 1970s, the WHO recognized silymarin from the seeds of *Silybum marianum* (L.) as an official drug with hepatoprotective properties (Bijak, 2017). Heparmed tablet, Cardo Mariano capsule, Silymarin capsule, Artichokeplus combined capsule, MDA capsule, Hangover capsule, Hepaminol capsule, Silimar tablet, Milk Thistle-Solgar capsule, Milk Thistle-Arkopharma capsule, MilkThistle-Balen capsule, Milk Thistle-Natures Bounty capsule, Hepa-4 combined tablet are the Turkish preparation of milk thistle (Wallace et al., 2003).

Silymarin contains three flavonoid isomers: silybin, silydianin, and silychristin (Karkanis et al., 2011). Silybin is the most biologically active molecule and includes 50-70% silymarin (Ramasamy and Agarwal, 2008) as well as several flavonolignans, including isosilybin, dehydrosilybin, desoxysilycristin, desoxysilydianin, silyandrin, silybinome, silyhermin, and neosilyhermin (Kvasnička et al., 2003) (Figure 2).

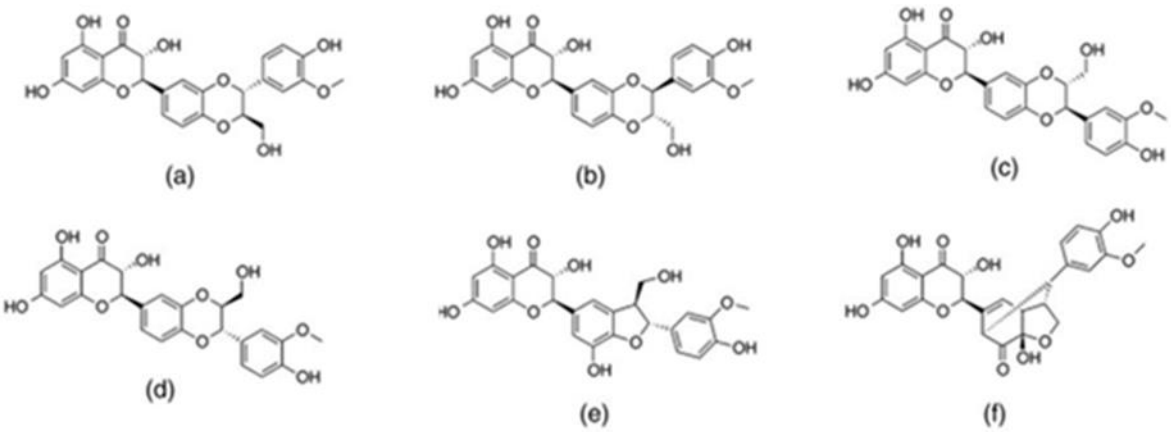


Figure 2. Chemical structures of main flavolignans contained in silymarin, namely, (a) silybin A, (b) silybin B, (c) isosilybin A, (d) isosilybin B, (e) silychristin, and (f) silydianin (Abenavoli et al., 2018)

In this study, *Silybum marianum* seeds, which were ground to a certain size and moisture content was determined, were first defatted in the Soxhlet apparatus using petroleum ether and hexane. After determining the appropriate solvent for the degreasing process, the degreased seeds were extracted using ultrasound-assisted extraction method. HPLC technique was applied using RSM (Response Surface Methodology) to determine the amount of silymarin, the active ingredient of *Silybum marianum* and the optimum conditions for extraction in the extract.

2. Materials and Methods

The dried Silybum marianum fruits used in the investigation were provided from Istanbul University, Faculty of Pharmacy The method of investigation based on study by Dranik et al. (1992). First of all, the fruits were fractionated with ASTM sieve series and ground so that the fraction passing through 0.841 mm and not passing through 0.425 mm could be used in the experimental studies and degreasing process was applied after moisture determination.

2.1. Moisture determination

Since the findings of the investigations should be given on a dry basis, the ground fruits were dried in Shimadzu Libror EB-280 MOC model electronic moisture determination device at a temperature of 105 ^{0}C until they got a consistent weight. and moisture was calculated.

2.2. Extraction of fixed oil

The elimination of fixed oil was measured via a Soxhlet device with 15-20 g samples and the yield was determined depending on time. In this process, petroleum ether (Merck, 40-60 ^{0}C) and hexane (Merck, anhydrous, 95%) were used as solvents and continued for about 14 hours until all fixed oil in the fruits was consumed.

2.3. Sample preparation

1 g of the dried, ground and defatted fruits of the plant were carefully weighed into 100 ml volume flasks and 50 ml of solvent was added. For the duration of the experimental program, the flasks were put in an ultrasonic bath. A 50 kHz Bandelin Sonorex ultrasonic bath was used to carry out ultrasound-assisted extraction (UAE). Both the duration and the temperature of the ultrasonic bath were adjusted to carry out the extraction procedure.

2.4. Analytical instruments and conditions

Agilent HPLC equipment was used for the analyses. 1260 system consisting of a quad gradient pump, auto sampler, UV detector and Chem Station software. An Agilent Extend-C18 column (4.6 mm x 250 mm, 5.0 µm) was utilized and kept at 25 °C. The eluents were chromatographically detected at 288 nm with a UV detector. The mobile phase was ultrapure water and acetonitrile (67/33, v/v) with 0.1% formic acid at a flow rate of 1.0 mL/min. Spectrophotometric analyses have been carried

out on a Shimadzu UV 1800 dual beam path spectrophotometer (Shimadzu, Japan) with UV-Probe software. Standard solutions were scanned in the UV spectrophotometer to determine λ_{max} in the range 200-800 nm and measurements were obtained blindly against ethanol. The silymarin content was determined at a wavelength of 288 nm.

2.5. Stock standard solutions

Silymarin complex stock standard solution: 25 mg of silymarin complex was accurately weighed into a 50 ml beaker and the silymarin complex was dissolved in 20 milliliters of ethanol, bringing the volume to 50 milliliters overall. As a result, 500 µg mL^{-1} of stock standard solution had been produced.

2.6. Slibinin stock standard solution

20 mL ethanol was added to 25 mg slibin in a 50 mL beaker to dissolve the slibinin. Ethanol was added to reach the total volume up to 50 mL. Thus, a stock standard solution had been made with a 500 µg mL^{-1}concentration.

2.7. Standard solutions

Standard solutions at concentrations of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 µg mL^{-1} were made by diluting the stock standard solution of silymarin complex and silybin at a concentration of 500 µg $mL^{-1}$with ethanol.

2.8. Validation procedure

The standard solution at 20 µg mL^{-1} concentration was scanned in UV spectrophotometer (Shimadzu UV-1800 spectrophotometer) in the range of 200-1100 nm. The maximum absorbance wavelength λ_{max} of silymarin was determined as 288 nm from the UV spectrum. Validation parameters (specificity, linearity, limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ), precision, accuracy and robustness) were investigated (Chlopcíková et al., 2004; Üstünes, 2011). The new HPLC method was designed for quantification of silymarin in plant materials. Based on these considerations, a specific concentration range was selected for the validation procedure. Accordingly, the concentration range of silymarin for method validation was selected as 5-30 µg mL^{-1}.

2.9. Linearity

Stock standard solutions of both silmarin and slibinin were injected into the HPLC device at six different concentrations of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 µg mL^{-1} with ethanol and the peak areas in the chromatograms were recorded. Peak regions were plotted against standard concentrations to create calibration curves. The data collected were assessed by utilizing the least squares approach.

2.10. Precision

Intraday precision tests were assessed by injecting the standard solution at a concentration of (20 µg mL^{-1}) into the HPLC device six times on the same day. The six injections' concentration findings were noted, and the mean, standard deviation, and relative standard deviation values were computed. For inter-day precision tests, the standard solution of the same concentration was injected into the HPLC device six times a day on three consecutive days. Following the recording of the concentration results from the six injections, the mean, standard deviation, and relative standard deviation values were computed.

2.11. Accuracy

Recovery studies evaluated three percent of accuracy (80%, 100%, and 120%) for the analytical procedure. This was carried out via analyzing a sample of known concentration in comparison the measured and "true" values. A well-characterized standard solution (20 µg mL^{-1}) was used. To this standard solution was added (80, 100 and 120% of the standard amount) and analyzed with the developed assay method. For every concentration, three samples were prepared, subjected to high-performance liquid chromatography techniques, and recovery percentages were computed.

2.12. Specificity

A prepared solution of the sample (20 µg mL^{-1}) was injected into the chromatographic equipment to test for interfering peaks. After sample analysis, the chromatograms were evaluated for peak area and herbal impurity

interference during silymarin retention periods.

2.13. Limitations of detection and quantification

The chromatographic method's sensitivity was evaluated using the limits of detection (LOD) and limit of quantitation (LOQ). Using equations (1) and (2), they were computed individually based on the standard deviation of the slope and intercept of the calibration curve.

LOD = 3.3xσ/S (1)

LOQ = 10xσ/S (2)

S: slope of the calibration curve and σ: standard deviation of the y-intercept

2.14. Robustness

To assess the robustness of the suggested HPLC method, the results were examined after slightly altering the procedure settings.

The mobile phase's flow rate (±0.1 mL min-1)

Acetonitrile content in mobile phase (±2%)

Column temperature (± 5 °C)

The mobile phase was analyzed under these conditions with changes such as pH value (± 0.10) and the effect on system suitability parameters was observed.

2.15. Surface response methodology data analysis

The extraction process's extraction parameters were optimized by the application of the technique of response surfaces (RSM). Design-Expert software (Trial Version 8.0.6) was used to optimize silymarin yields using three variables at three different levels in accordance with Box-Behnken design (BBD). Extraction time, ultrasound power and extraction temperature were selected as independent variables in the range of 20-60 min, 500-700 W and 30-70 °C, respectively. Multiple regressions were used to examine BBD results in order to fit the quadratic model. The quadratic model equation for each response is as follows:

$$Y = \beta_0 \pm \sum_{i=1}^{3} \beta_i X_i \pm \sum_{i=1}^{3} \beta_{ii} X_i^2 \pm \sum_{i=1}^{2} \sum_{i=2}^{3} \beta_{ij} X_i X_J$$

Where;

Y: expected outcome,

β_0: intercept;

β_i, β_{ii}, β_{ij}: regression coefficients for linear, quadratic and interactive effects,

X_i, X_j: Independently coded variables that influence responses.

The adequacy of the model was assessed by evaluating the incompatibility and coefficient of determination (R2). The three-dimensional (3D) response surface plots were set up by keeping one response variable fixed while altering the other variables.

3. Results and Discussion

3.1. Moisture amount

Moisture determination at 105 ^{0}C revealed that milk thistle (Silybum marianum) seeds contain 4.6% moisture.

3.2. Fixed oil amount

Figure 3 shows the yields calculated as a percentage by weight and plotted versus time by weight on dry matter basis using hexane and petroleum ether in the soxhlelet equipment. As seen in the graph, both solvents are suitable for the removal of fixed oil in the fruit, but hexane extraction rate and capacity are slightly superior to petroleum ether. The fixed oil content, which was determined as approximately 27% in the extraction with hexane, was determined as 25% in petroleum ether.

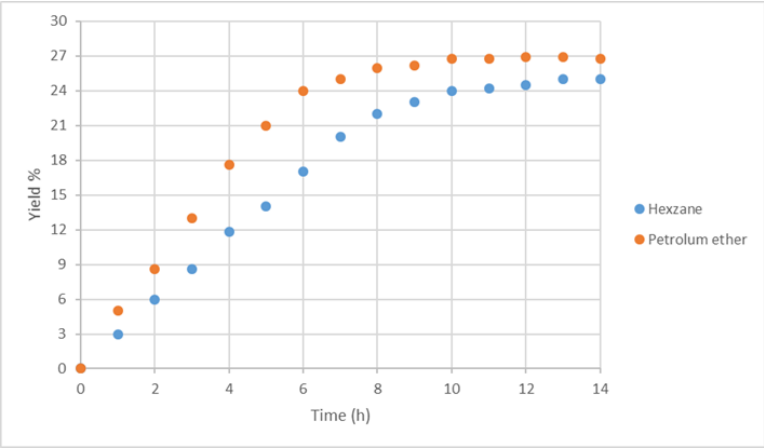


Figure 3. Fixed oil extraction in soxhlelet apparatus

3.3. Method development

Several criteria were used to optimize the chromatographic settings, including the mobile phase's composition, flow rate, pH, and column type. The mobile phase was investigated using various ratios of water:ethanol, water:acetonitrile, and ethanol:acetonitrile. An effective technique for measuring silymarin and silybin in plant materials and pharmaceutical formulations was developed and validated through the optimization of chromatographic settings. In a spectrophotometer, standard solutions of silymarin and silybin at a concentration of 20 µg mL^{-1} in the 200–800 nm range were first scanned against ethanol. A wavelength of 288 nm was chosen for the maximum absorption of silymarin and silybin. The mobile phase was then acidified with formic acid, and flow rates were varied to determine the technique of analysis. A variety of column parameters were examined, and the Agilent Extend C 18 (250 mm × 4.6 mm i.d., 5 µm) column exhibited good peak morphologies (sharp peaks) and good resolution. Due to its many benefits, including its excellent chromatographic peak shape, good column efficiency, and low column pressure, chromatographic analysis was performed for 15 minutes at 30 °C. A mobile phase of water and acetonitrile (67:33, v/v) with 0.1% formic acid, a flow rate of 1.0 mL-min^{-1}, a column temperature of 30 °C, and an injection volume of 20 µL resulted in reasonable retention time and optimum separation. A UV detector with a 288 nm wavelength was used to measure the eluent. Figure 4 shows the chromatogram of the silymarin complex (30 ppm) obtained under these chromatographic conditions. The chromatogram of the silybin standard solution was 7.298 minutes, as shown in Figure 5.

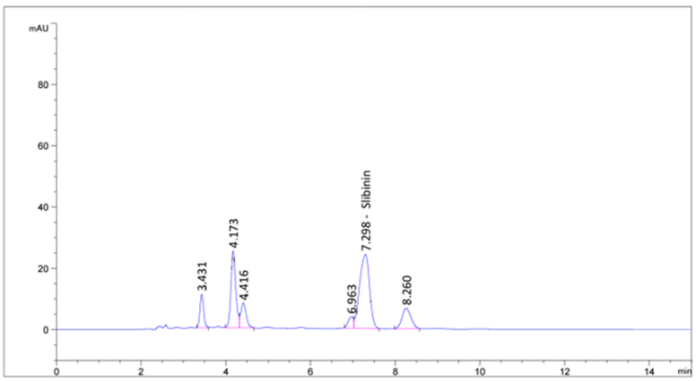


Figure 4. Chromatogram of silymarin complex (30 µg mL^{-1})

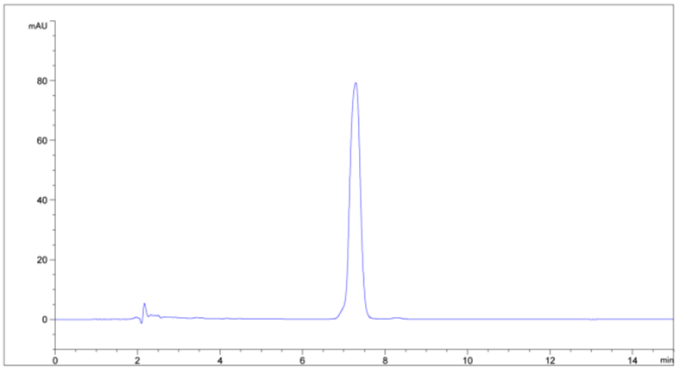


Figure 5. Chromatogram of slibinin standard solution (30 µg mL^{-1})

3.4. Specificity

This method's specificity was assessed by using blank solvents or mediums and then samples that contained the drug slibinin alone. Interference studies were demonstrated by injection of mobile phase, sample and standard solution. There was no interference or peak seen for slibinin with a retention time of 7.298 minutes (Figure 6) (Figure 7).

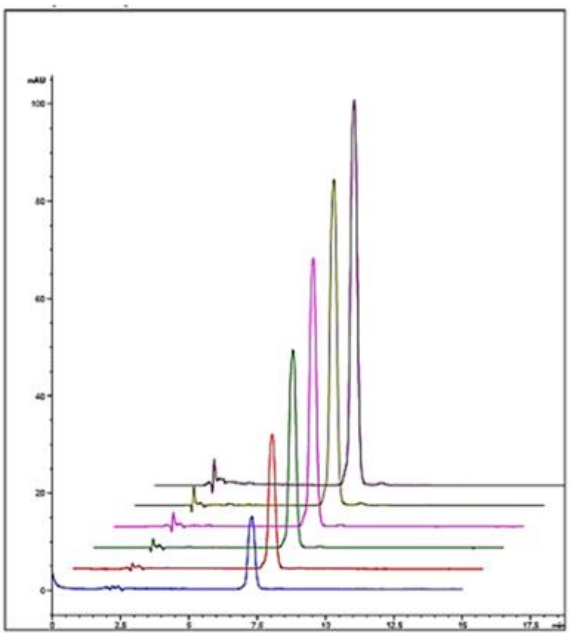


Figure 6. Overlay chromatogram obtained for standard solutions of slibinin (5-30 µg mL^{-1})

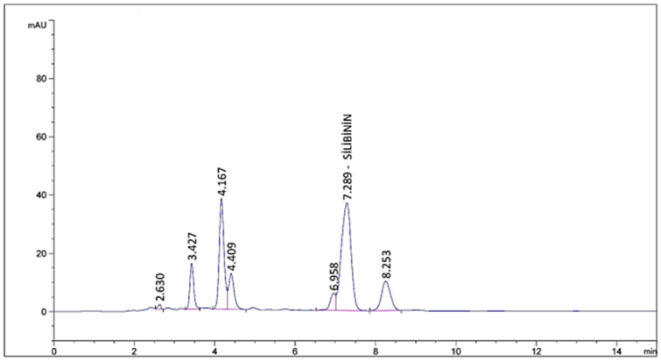


Figure 7. Chromatogram of silymarin complex (20 µg mL^{-1})

3.5. Linearity

To assess linearity, six concentration levels (5-30 µg mL^{-1}) of slibinin solution were prepared. The calibration curves' mean linear regression equation was

$y = 45.229\ x - 21.867$ ($r^2 = 0.9999$) (Figure 8)

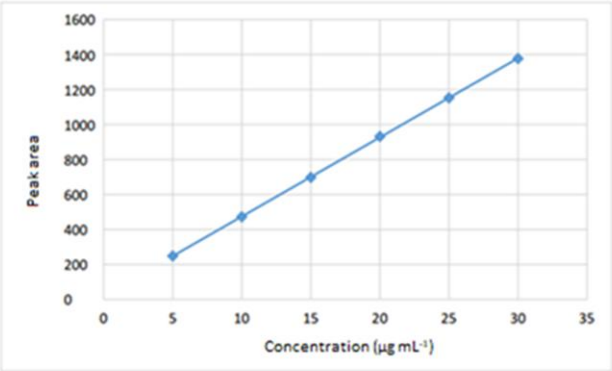


Figure 8. Linearity plot obtained analytically for slibinin (288 nm)

3.6. LOD and LOQ

The limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were determined using this equation:

LOD or LOQ = κSDa/b

where 10 for LOQ and κ= 3 for LOD, SDa is the standard deviation of the cut and b is theslope. For slibinin

LOD: 0.90 µg mL-1 and LOQ: 2.70 µg mL^{-1}.

3.7. Accuracy

The proposed method's accuracy was demonstrated using the usual addition technique. Pure sample solution (40 µg ml^{-1}) was added to standard slibinin solutions at concentrations of 5, 15 and 30 µg mL^{-1} and then analyzed. The recovery rates varied from 100.08 to 100.41%. Table 1 shows the data gathered from the recovery study.

Table 1. Accuracy of HPLC method

Nominal Value Slibinin (µg mL^{-1})	Spiked quantity (µg mL^{-1})	Measured quantity (µg mL^{-1})	Recovery (%)	R.S.D.(%)
40	10	50.04	100.08	0.12
	40	80.27	100.34	0.46
	120	160.65	100.41	0.53

3.8. Precision

Precision was reported as relative standard deviation (RSD% = SD/mean×100). The relative standard deviation (RSD) of the calibration standards (n = 9) for intra-day precision (repeatability) (n = 3) and inter-day (intermediate) precision (Table 2) were 0.59% and 1.80%, respectively.

Table 2. Precision of HPLC Method

Compound	Repeatability Intraday (n=3)		Repeatability Inter-Day (n=9)	
	Mean	R.S.D. %	Mean	R.S.D. %
Slibinin	40.07	0.59	40.78	1.80

3.9. System conformity

The system suitability parameters (symmetry factor and retention factor) were calculated for the lowest (5 µg mL^{-1}), middle (15 µg mL^{-1}), and maximum (30 µg mL^{-1}) concentrations for these analytes and are given in Table 3. In this investigation, the calibration curve coefficient exceeds 0.999, showing that the approach is appropriate for samples with simple or very complex matrices. Under optimum conditions, a 0.237% extracted silymarin yield was expected. In these conditions, the extracted silymarin yield's actual experimental value was 0.238%.

Table 3. Results for system suitability

System conformity parameters	Std. Solution Cons. (µg mL^{-1})		
	5	15	30
Symmetry factor	0.6597	0.6530	0.6576
Peak areas (% RSD)	0.1685	0.1527	0.1432
Detention periods (% RSD)	0.0597	0.0536	0.0521

3.10. Robustness

The results of the robustness analysis demonstrate that minor adjustments to the important method parameters have no effect on the developed method's linearity, absolute mean recovery, or accuracy. The relating results are shown in Table 4. Temperature variations, flow rate, acetonitrile content and pH value did not affect the amount of this analyte recovered. For every compound, the absolute mean recovery ranged from 99% to 101%, with an RSD level of less than 1.00%.

Table 4. Results for robustness

Robustness Parameters	Parameter value	Mean return as a percentage of gain %	R.S.D. %
Mobile phase flow rate	0.90 mL min^{-1}	100.34	0.12
	1.10 mL min^{-1}	99.88	0.05
Column temperature	20 C	99.76	0.07
	30 C	100.21	0.18
Content of acetonitrile in the mobile phase	% 31	100.86	0.93
	% 35	99.91	0.64
pH value	1.90	100.12	0.71
	2.10	99.75	0.63

3.11. Effect of pH on extraction yield

In the extraction process, the pH value has a great influence on the extraction yield. Extraction solvents with hydrochloric acid (HCl) and sodium hydroxide with pH (1, 4, 7, 10, 13) were prepared to investigate the effect on extraction efficiency. The solvent/material ratio was 30:1 mL g^{-1}, ultrasonication time 40 min, ultrasonication temperature 60 °C and ultrasonication power 600 W. Figure 9 shows the results. The highest yield of silymarin (0.232%) was obtained with a solvent with a pH value of 1. The yield decreased continuously as the pH value increased.

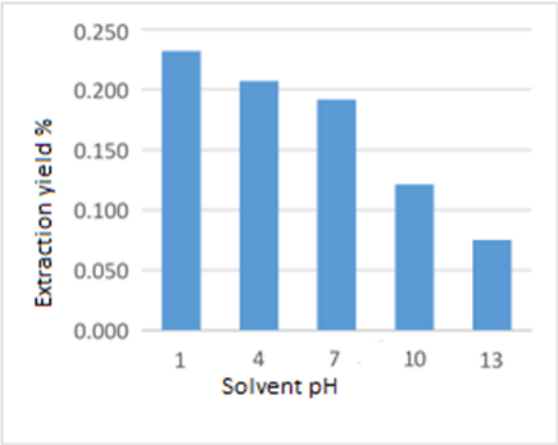


Figure 9. Effect of solvent pH on extraction yield

3.12. Effect of solvent/material ratio on extraction efficiency

To assess the influence of various liquid-to-solid ratios on extraction efficiency, several solvent-to-material ratios were used (15:1, 20:1, 25:1, 30:1, 35:1, 40:1, 45:1 mL g^{-1}), pH: 1; The duration of the ultrasonication was 40 min.; Ultrasonication temperature was kept constant at 60 °C and ultrasonication power at 600 W. The results are given in Figure 10. According to these data, the optimum solvent/material ratio was found to be 30:1.

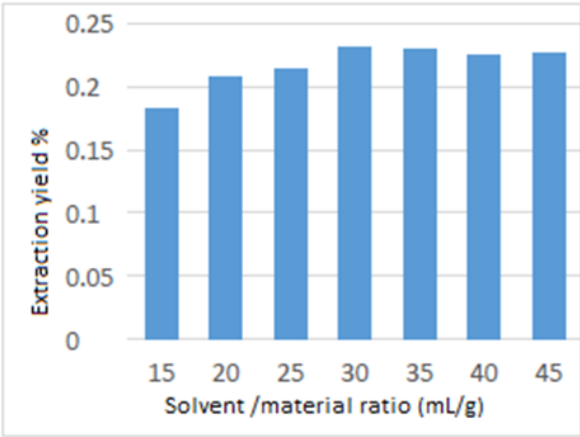


Figure 10. Effect of solvent/material ratio on extraction yield

3.13. Effect of ultrasonication time on extraction yield

Figure 11 shows an evaluation of the effects of various ultrasonication times on extraction efficiency. The extraction effectiveness increased between 10 and 40 minutes, then declined when the ultrasonication time exceeded 40 minutes. The maximum extraction yield was observed to occur after 40 minutes. Conclusions, it shows that solvent-based diffusion of bioactive substances under ultrasonication can be enhanced and dissolution equilibrium can happen rapidly.

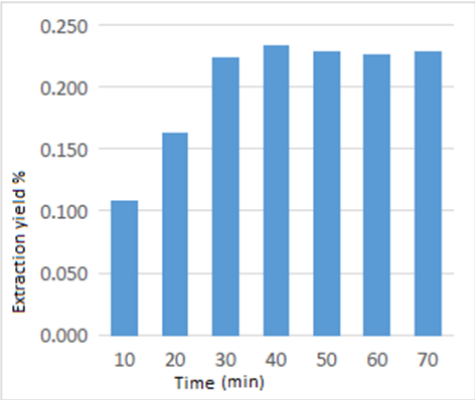


Figure 11. Effect of ultrasonication time on extraction yield

3.14. Effect of ultrasonication temperature on extraction yield

Figure 12 shows the findings of an investigation on the impact of temperature changes on extraction efficiency. Other extraction conditions are; pH: 1; solvent/material ratio 30:1 mL g^{-1}; ultrasound irradiation time 40 min. When the temperature was raised from 30 to 60 °C the extraction efficiency increased; however, when the temperature was raised to 80 °C, the extraction efficiency decreased. It is possible concluded that at 60 °C, a maximum extraction yield of 0.236% is achievable. It was also demonstrated by the data that natural silymarin can degrade at higher temperatures and that it reached desorption and solubility equilibrium at 60 °C.

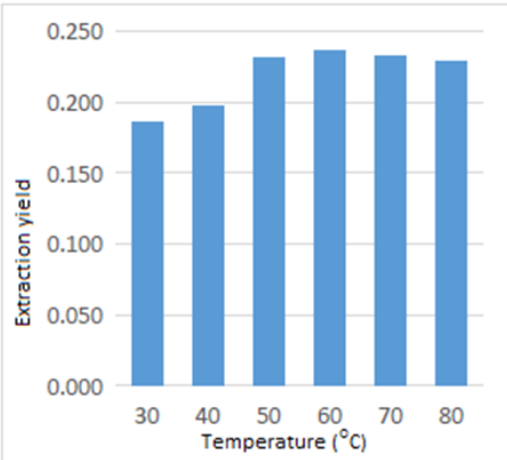


Figure 12. Effect of ultrasound temperature on extraction yield

3.15. The layout of the experiment and the BBD findings (Box-Behnken Design)

Following the results of the single-factor experiment, the center for the Box-Behnken Design (BBD) experiment An ultrasound duration of 42 minutes, an ultrasound radiation temperature of 64 °C and an ultrasound power of 602.4 W were selected as conditions. Independent variables were analyzed on silymarin value as the dependent variable. Table 5 shows the 17 different experimental conditions and their corresponding outcomes. The results showed that the silymarin content ranged from 0.174% to 0.238%. The maximum silymarin content was determined under the conditions of 40 min of ultrasound, 60 0C of ultrasound temperature, and 600 watts of ultrasonic power.

Table 5. Surface response metadology conditions and yield values

Run	Ext. Time (min) X1	Ext. Temperature °C X2	Ultrasound Power W X3	Silymarin % Actual
1	20	60	500	0.178
2	20	60	700	0.186
3	60	60	500	0.196
4	60	60	700	0.189
5	40	40	500	0.182
6	40	40	700	0.174
7	40	80	500	0.184
8	40	80	700	0.199
9	20	40	600	0.196
10	60	40	600	0.184
11	20	80	600	0.202
12	60	80	600	0.214
13	40	60	600	0.235
14	40	60	600	0.238
15	40	60	600	0.236
16	60	40	600	0.184
17	60	60	500	0.196

3.16. Model derivation

Table 6 shows the results of the analysis of variance (ANOVA) carried out for the response quadratic model. A second order polynomial model for silymarin extraction was obtained. p= 0.0023 and a statistically significant model with an acceptable coefficient of determination R2 = 0.972. The linear parameters X1, X2, X3 and quadratic parameters X12, X22, X32 were significant at $p < 0.01$ level, and the interaction parameters X1X2, X1X3 were significant at $p<0.05$ level. The following is the equation for the second order regression that was obtained (Table 6).

Table 6. Variance Analysis (ANOVA) for the response quadratic model

Source	Sum of Squares	dF	Mean Square	*F* Value	*p* Value	Significance
Model	0.03300	9	0.00368	19.24	0.0023	Significant
X1	0.00961	1	0.00961	50.21	0.0009	Significant
X2	0.00565	1	0.00565	29.54	0.0029	Significant
X3	0.01000	1	0.01000	53.00	0.0008	Significant
X1X2	0.00255	1	0.00255	13.33	0.0147	Significant
X1X3	0.00203	1	0.00203	10.58	0.0226	Significant
X2X3	0.00009	1	0.00009	0.47	0.5228	Not significant
X12	0.00618	1	0.00618	32.30	0.0023	Significant
X22	0.01100	1	0.01100	56.61	0.0007	Significant
X32	0.00995	1	0.00995	52.00	0.0008	-
Residual	0.00096	5	0.00019	-	-	-
Lack of Fit	0.00092	3	0.00031	18.86	0.0508	Not significant
Pure Error	0,00003	2	0,00002	-	-	-
Cor Total	0.03400	14	-	-	-	-
R-Squared	0.9719	-	-	-	-	-
Adj R-Squared	0.9214	-	-	-	-	-

3.17. Surface response analysis

Each response surface plot has been drawn and the results are shown in Figures 13–15.The impact of ultrasound temperature and duration on extraction yield is shown in Figure 14 (at a constant ultrasound power of 602.4 W). An increase in ultrasonic temperature resulted in a maximum extraction yield at a certain level (X2), whereas Extraction yield initially

increased in outcome of an increase in ultrasound length (X1), but subsequently dropped as the ultrasound duration increased. The ANOVA in Table 6 and Figures 12-14 show that there is a statistically significant relationship between the combination of response surfaces and ultrasound temperature (X1X2), ultrasound duration and ultrasound power (X1X3) while the relationship between ultrasound temperature and ultrasound power (X2X3) is insignificant. This indicates that temperature has a higher impact on the duration of ultrasound. Sequentially, ultrasound duration and temperature have a greater impact on extraction effectiveness compared to ultrasound power.

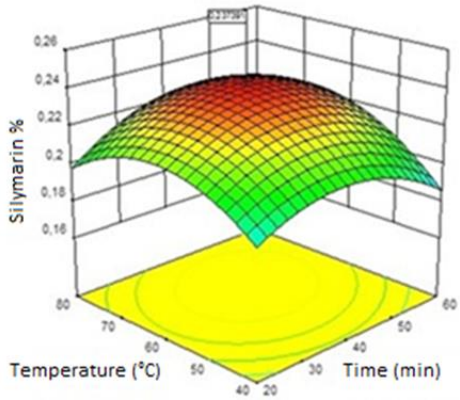


Figure 13. Effect of ultrasound temperature and ultrasound duration on extraction yield

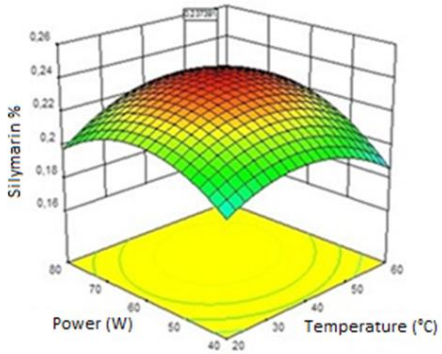


Figure 14. Effect of ultrasound power and ultrasound temperature on extraction yield

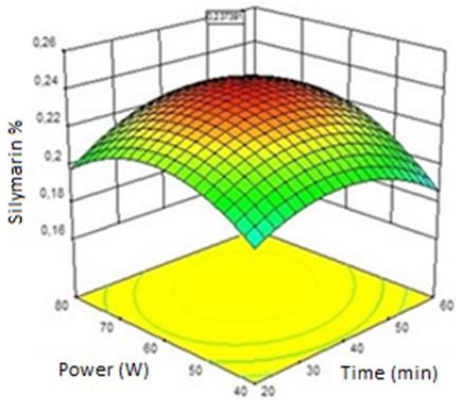


Figure 15. Effect of ultrasound power and ultrasound duration on extraction efficiency

Table 7. Optimum extraction conditions, predicted and experimental values

Optimal Conditions			Silymarin content	
Extraction duration (min)	**Extraction temperature (**°C)	**Ultrasound power**	**Experimental value**	Calculated Value
42.3 min.	64.4 °C	602.4 W	0.238	0.237

3.18. Validation of the predictive value of models

A second order polynomial regression model was analyzed in order to identify the ideal extraction conditions with this model. The most appropriate parameters were certained as follows: ultrasonication extraction power of 602.4 W, temperature of 64.4 °C, duration of 42.3 min, and ratio of 30:1 for the solvent to material. Under optimal conditions, a maximum response value of 0.237% was estimated for the model used. Validation experiments were carried out under the prescribed conditions. Thus, the derived regression models' validity and appropriateness were confirmed. The silymarin content of the extract was also determined using the HPLC technique. Table 7 shows that the experimental value was 0.238% (n=5), which is consistent with the estimated to value. The expected and experimental outcomes are significantly correlated. indicating that the response surface approach is a precise and dependable method to find the optimal conditions of ultrasound extraction.

The results of this study indicate that following the extraction process, hexane is used as the solvent for removing oil RSM (Response Surface Methodology) as an effective technique to characterize the ultrasonic extraction process of silymarin from the fruits of the milk thistle plant, for the following examined ultrasonic parameters: power (500-700 W), time (20-60 minutes) and temperature (40-80 °C) at a frequency of 50 kHz. The dependent response variable may be expressed using a quadratic polynomial model based on analysis of variance and regression coefficients, which is represented by extracted silymarin yield. The optimal theoretical extraction conditions were determined as follows: ultrasonication power: 602.4 W, extraction time: 42.3 min and extraction temperature: 64.4 °C. While the expected yield for silymarin extracted under the conditions specified in this study was 0.237%, the actual experimental yield was found to be 0.238%. According to the study's results, a second-order polynomial model can be used to express ultrasonically assisted silymarin extraction for variables in the operating ranges under these experimental conditions.

4. Conclusions

Silymarin, which is one of the components contained in Silybum marianum, has been the subject of many researches in recent years. The major constituent of silymarin, silybin, and its other components are also known to have pharmacological properties. Although silymarin is safe and has several properties that suggest it could be utilized to treat liver illness, such as effects on liver regeneration, lipid peroxidation, inflammation, and hepatic fibrogenesis, data from clinical trial evidence is lacking. Although milk thistle is well adapted to many different habitats and has pharmaceutical and economic value, scientific study is required on the widely used cultivation of this plant as well as extraction and analysis methods for in vitro and in vivo investigations.

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

Abenavoli, L., Izzo, A.A., Milić, N., Cicala, C., Santini, A., Capasso, R., 2018. Milk thistle (Silybum marianum): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases, *Phytotherapy Research*, 32(11): 2202-2213.

Ball, K.R., Kowdley, K.V., 2005. A review of Silybum marianum (milk thistle) as a treatment for alcoholic liver disease. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 39(6): 520-528.

Bijak, M., 2017. Silybin, a major bioactive component of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaernt.)—Chemistry, bioavailability, and metabolism, *Molecules*, 22(11): 1942.

Chlopcíková, S., Psotová, J., Miketová, P., Simánek, V., 2004. Chemoprotective effect of plant phenolics against anthracycline-induced toxicity on rat cardiomyocytes. Part I. Silymarin and its flavonolignans, *Phytotherapy Research*, 1(8): 107–110.

Dranik, L., Dolganenko, L., Grysodub, A., Levin, M., Eshami, I.M., 1992. A Preliminary Investigation of Flavanolignans of *Silybum Marianum* (L) Geartn Fruits Growing in Egypt. *Bulletin of Pharmaceutical Sciences. Assiut*, 15(1): 22-26.

Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A., 2011. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. *Industrial Crops and Products*, 34(1): 825-830.

Kaur, A.K., Wahi, A.K., Brijesh, K., Bhandari, A., Prasad, N., 2011. Milk thistle (Silybum marianum): A review. *IJPRD*, 3(2): 1-10.

Kvasnička, F., Biba, B., Ševčík, R., Voldřich, M., Kratka, J., 2003. Analysis of the active components of silymarin, *Journal of Chromatography A*, 990(1-2): 239-245.

Lopes, C.M.C., Lazzarini, J.R., Soares Júnior, J.M., Baracat, E.C., 2018. Phytotherapy: yesterday, today, and forever?, *Revista da Associação Médica Brasileira*, 64: 765-768.

Petrovska, B.B., 2012. Historical review of medicinal plants' usage, *Pharmacognosy Reviews*, 6(11).

Ramasamy, K., Agarwal, R., 2008. Multitargeted therapy of cancer by silymarin, *Cancer Letters*, 269(2): 352-362.

Üstünes, L., 2011. *RxMediaPharma interaktif ilaç bilgi kaynağı*. İzmir, Turkey: GEMAŞ.

Wallace, S.N., Carrier, D.J., Clausen, E.C., 2003. Extraction of nutraceuticals from milk thistle: Part II. Extraction with organic solvents. *In Biotechnology for Fuels and Chemicals: The Twenty-Fourth Symposium*, pp. 891-903.

Wang, X.Z., Zhang, Z., Wu, S.C., 2020. Health benefits of Silybum marianum: Phytochemistry, pharmacology, and applications, *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(42): 11644-11664.

To Cite	Akbel, E., Kara, M., 2024. Optimization of Silymarin Extraction Condition from *Silybum marianum* (L.) Gaertn and Development of HPLC Method for Its Quantification. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 206-220. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10844360.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):221-228, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):221-228, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10844403

Silajlık Mısıra Farklı Oranlarda İlave Edilen Şerbetçi Otunun Silaj Kalitesine Etkisi

İlknur YILDIRIM[1*], Yusuf Murat KARDEŞ[1], Erdem GÜLÜMSER[1]
[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): yildirim.ilknur.355@gmail.com

Özet
Bu çalışmada silajlık mısır ile (*Zea mays* L.) "M" şerbetçi otunun (*Humulus lupulus* L.) "ŞO" farklı oranlarındaki (% 100+0, % 90+10, % 80+20, % 70+30, % 60+40, % 50+50, % 40+60, % 30+70, % 20+80, % 10+90 ve % 0 + % 100) karışımlarından oluşan silajların kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mısır hamur olum döneminde hasat edilmiştir. Şerbetçi otu ise çiftçi arazisinden temin edilmiş ve hasat sonrası artıkları kullanılmıştır. Hasat edilen bitkiler 2.0 cm boyutunda parçalandıktan sonra yalın ve karışım oranlarına göre 3 tekrarlı olarak 2 kg'lık vakumlu silaj paketlerine koyulmuştur. Daha sonra örnekler 25±2 °C'de 45 gün süre ile fermantasyona bırakılmıştır. Silaj örneklerinde; pH, kuru madde (KM) oranı, ham protein (HP) oranı, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), laktik asit (LA), asetik asit (AA), kondanse tanen (KT), toplam flavonoid (TFL), toplam fenolik (TFN) ve radikal kovucu aktivite (DPPH) içerikleri belirlenmiştir. Silajların HP oranları % 9.76-18.77 arasında olmuştur. En yüksek LA yalın silajlık mısır (% 3.71) ve % 90 M+% 10 ŞO (% 3.44), en düşük ise yalın şerbetçi otu (% 1.95) silajlarında olmuştur. Silajların pH ve KM değerleri sırasıyla 3.84-4.81 ve % 26.22-34.74 arasında değişmiştir. Silajların besin madde ve sekonder metabolit içerikleri yeterli düzeyde olmuştur. Sonuç olarak; mısır silajına %10 düzeyinde şerbetçi otunun ilave edilmesinin silaj kalitesi açısından yeterli olacağı tespit edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :28.11.2023
Kabul Tarihi :30.12.2023

Anahtar Kelimeler
Silajlık mısır
şerbetçi otu
silaj
karışım
kalite

The Effect on Silage Quality of Hops at Different Rates Added to Silage Maize

Abstract
In this study, it was aimed to determine on silage quality of silage maize (*Zea mays* L.) and "SM" hops (*Humulus lupulus* L.) "H" mixtures (100+0%, 90+10%, 80+20%, 70+30%, 60+40%, 50+50%, 40+60%, 30+70%, 20+80%, 10+90% and 0+100%) on silage quality. Silage maize was harvested at the dough stage. Hops were obtained from farmers' land and post-harvest residues were used. Harvested plants were chopped to size 2 cm, and as three replications ensiled in 2 kg vacuum bags as sole and mixture. Then, the samples were left to fermentation at 25±2 °C for 45 days. In silage samples; pH crude protein ratio (CP), dry matter ratio (DM), acid detergent insoluble fiber (ADF), neutral detergent insoluble fiber (NDF), potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg) lactic acid (LA), acetic acid (AA), condensed tannin (KT), total flavonoid (TF), total phenolic (TP) and radical scavenging activity (DPPH) contents were determined. The CP of treatments was between 9.76-18.77%. The highest LA was in pure silage maize (3.71%) and 90SM+10%H (3.44%), and the lowest was in pure hops (1.95%) silages. pH and DM values of the silages varied between 3.84-4.81 and 26.22-34.74%, respectively. Nutrient and secondary metabolite contents of the silages were sufficient. In results; it has been determined that adding 10% hops to silage maize silage will be sufficient in terms of silage quality.

Research Article

Article History
Received :28.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Silage maize
hops
silage
mixture
quality

1. Giriş

Kaliteli kaba yem kaynağı olarak daha çok silaj tercih edilmektedir. Bunun en önemli nedeni kurutma işlemi sırasında yaprakların dökülmesi ile büyük oranda besin maddesi kaybının gerçekleşmesidir. Han ve ark. (2004) ile Hancock ve Collins (2006), silo materyalinin kuru ota oranla, kuru madde kazanımının ve besleme değerinin daha yüksek olduğunu ve bu materyallerle beslenen hayvanların hem veriminde hem de hayvansal ürünlerin kalitesinde artış sağladığını bildirmişlerdir.

Silajda fermantasyonu kolaylaştırmak, istenmeyen bakterileri ve asitlerin oluşumunu önlemek için farklı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Katkı maddeleri silaj oluşum aşamasında pH'yı hızlıca düşürerek sıcaklık değişimini kontrol altında tutar ve silajın bozulmasın önler. Son zamanlarda tıbbi özellik gösteren bitkiler silajlarda katkı maddesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede hayvan sağlığı ve verimi iyileşirken, küresel ısınmaya da katkı sunulmaktadır. Gülümser ve ark. (2024) yoncaya ilave ettikleri şerbetçi otu ile oluşturdukları karışım silajlarının yalınlara göre daha üstün performans sergilediklerini ve şerbetçi otunun içermiş olduğu sekonder metobilitler (fenolikler, flavonodiler, tanenler, vb.) ile hayvansal kaynaklı CH_4 ve CO_2 salınımını düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Türkiye'de silaj amacıyla üretilen mısırın (*Zea mays* L.) ekim alanı yaklaşık 4.7 milyon dekardır. Toplam silajlık mısır üretimi 23.2 milyon ton, silaj verimi ise bölgelere göre değişebilmekle birlikte ortalama 4915 kg da^{-1}'dır (Acar ve ark., 2020). Dünyada mısır üretiminin % 73'ü, gelişmiş ülkelerde ise % 90'ı hayvan beslemede kullanılmaktadır. Türkiye'de ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer alan mısır üretiminin % 70'i hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (Öz ve ark., 2017). Silajlık mısır üretimine bu denli talebin artmasının nedenlerin en başında üreticilerin silajlık mısır kültürünü benimsemesi ve bitkinin hayvanlarda süt verimi ve kalitesini arttırması gelmektedir.

Çok yıllık bir bitki olan şerbetçi otunun (*Humulus lupulus* L.), tarımı Türkiye'de yalnızca Bilecik ilinin Pazaryeri ilçesinde yapılmaktadır. Bitki hasat edildikten sonra kozalarının ayrılması için fabrikaya götürülmektedir. Kozası ayrılan bitkinin geri kalan kısımları ise koza ayırma makinesinden çok küçük parçacıklar halinde dışarı atılmaktadır. Bitkinin bu geri kalan kısımlarının silaj yapılarak saklanması kuru ota göre daha uygundur. Bu sayede hayvanlar bitkiyi rahatça tüketebilirken, bitkinin sıkıştırma işlemi de daha kolay yapılabilmektedir. Ayrıca, şerbetçi otu içermiş olduğu fenolik bileşikler sayesinde silajı daha kaliteli hale getirir ve küresel ısınmaya katkı sağlar. (Al-Mamun ve ark., 2011; Öztürk ve Gülümser, 2023).

Bu çalışma, silajlık mısıra farklı oranlarda ilave edilen şerbetçi otunun silaj kalitesine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada silajlık mısırın (*Zea mays* L.) "AGA" çeşidi kullanılmıştır. Silajlık mısır 02.05.2023 tarihinde sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 17 cm olacak şekilde Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi arazisine ekilmiştir. Tohumluk miktarı mısırda 12000 adet da^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Ekim ile birlikte dekara 8 kg olacak şekilde fosfor (DAP) ve yarısı ekimle diğer yarısı da bitkilerin 40-50 cm boylandıklarında (Kırtok, 1998) dekara toplam 10 kg N gelecek şekilde üre (% 46 N) gübresi uygulanmıştır. Sulama bitkiler ihtiyaç duyduğunda damla sulama sistemi ile yapılmıştır. Hasat işlemi hamur olum döneminde gerçekleştirilmiştir. Şerbetçi otu ise çiftçi arazisinden temin edilmiş olup, silaj yapımında bitkinin koza hasadı sonrasında kalan kısımları kullanılmıştır. Nitekim şerbetçi otu hasadı Ağustos-Eylül ayları arasında gerçekleşmekte olup, mısır hasadı zamanına denk gelmektedir.

Hasat edilen ve çiftçi arazisinde alınan bitkiler 2 cm boyutunda parçalanmış ve yalın ve 9 farklı oranda (Mısır + şerbetçi otu sırasıyla; % 90+10, % 80+20, % 70+30, % 60+40, % 50+50, % 40+60, % 30+70, %

20+80 ve % 10+90) karıştırılarak, 3 tekerrürlü olarak 2 kg'lık vakumlu silaj paketlerine silolanmıştır. Fermantasyon 25±2 °C'de 45 gün sürede gerçekleştirilmiştir.

Fermantasyon dönemi sonrasında açılan silajlardan 20 g tartılarak üzerine 100 ml saf su ilave edilmiş ve 20 dakika boyunca blender yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra bu örnekler filtre kâğıdından süzülmüştür (Başaran ve ark., 2018). Silajların pH'sını belirlemek için dijital pH metre kullanılmıştır. Silajlardan alınan taze örneklerin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra 105 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Kuru ağırlıkları belirlenen örneklerin yaş ağırlıklarına oranlanması ile silajların kuru madde oranları tespit edilmiştir.

Silajların ham protein oranlarının belirlenmesi için, örnekler sabit ağırlığa gelene kadar etüvde 60 °C'de kurutulmuş ve 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüştür. Daha sonra bu örneklerin Kjehldahl cihazı ile toplam azot değerleri belirlenmiş ve bu azot değerlerinin ise 6.25 katsayısı ile çarpılması ile protein oranları tespit edilmiştir (Kaya, 1998). ADF oranının belirlenmesinde Van Soest (1963), ve NDF oranının belirlenmesinde ise Van Soest ve Wine (1967)'nın belirlemiş oldukları yöntemler kullanılmıştır. Organik asitler (laktik, asetik ve bütürik), yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC; Shimadzu, Kyoto, Japonya, kılcal sütun 5µmx4.6 mm×250 mm, Japon ve 40°C sıcaklıkta), besin elementleri (potasyum, fosfor, kalsiyum ve magnezyum) ise Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometre (ICP-MS) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Silaj örneklerinin kondanse tanen içeriği Bate-Smith (1975), toplam fenolik (TF) içeriği Dykes ve ark. (2005), toplam flavonoid (TFL) içeriği Arvouet-Grand ve ark. (1994) ve radikal kovucu aktivite (DPPH) içeriği ise Gezer ve ark. (2006)'ına göre belirlenmiştir.

Sonuçlar Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. İşlemler arasındaki farklılıklar Duncan testi ile ortaya konmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Silajlara ait ham protein (HP) oranı, kuru madde (KM) oranı, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) laktik asit (LA), asetik asit (AA), kondanse tanen (KT), toplam flavonoid (TFL), toplam fenolik (TFN) ve radikal kovucu aktivite (DPPH) içerikleri Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Toplam flavonoid dışındaki özellikler bakımından uygulamalar arasında istatistiksel açıdan çok önemli ($P < 0.01$) farklılıklar olmuştur.

Tablo 1. Silajların HP, ADF, NDF, K, P, Ca, Mg içerikleri

İşlemler	HP**	ADF**	NDF**	K**	P**	Ca**	Mg**
% 100^{M}	9.76^{f}	43.76^{a}	58.70^{a}	2.35^{bcd}	0.403^{bc}	0.23^{j}	0.11^{i}
% 100^{SO}	18.77^{a}	24.77^{f}	38.24^{h}	2.58^{a}	0.393^{cd}	1.25^{a}	0.74^{a}
% 90^{M}+% 10^{SO}	13.14^{e}	38.91^{b}	51.43^{b}	2.20^{de}	0.397^{cd}	0.43^{i}	0.25^{h}
% 80^{M}+% 20^{SO}	13.43^{de}	37.07^{bc}	49.34^{cd}	2.64^{a}	0.420^{a}	0.54^{i}	0.33^{g}
% 70^{M}+% 30^{SO}	13.46^{de}	37.05^{bc}	49.08^{de}	2.62^{a}	0.390^{cd}	0.67^{h}	0.33 ^{g}
% 60^{M}+% 40^{SO}	13.47^{de}	35.69^{cd}	50.65^{bc}	2.30^{cd}	0.370^{f}	0.78^{g}	0.38^{f}
% 50^{M}+% 50^{SO}	13.76^{de}	35.46^{cd}	46.58^{fg}	2.10^{ef}	0.413^{ab}	0.83^{f}	0.44^{e}
% 40^{M}+% 60^{SO}	14.08^{cd}	34.1^{8de}	45.73^{g}	2.20^{de}	0.387^{de}	0.90^{e}	0.51^{d}
% 30^{M}+% 70^{SO}	14.19^{cd}	34.10^{de}	45.82^{g}	1.99^{f}	0.350^{g}	0.95^{d}	0.55^{cd}
% 20^{M}+% 80^{SO}	14.70^{c}	34.05^{de}	48.79^{de}	2.47^{abc}	0.373^{ef}	1.03^{c}	0.57^{c}
% 10^{M}+% 90^{SO}	15.89^{b}	32.42^{e}	47.74^{ef}	2.50^{ab}	0.387^{de}	1.21^{b}	0.64^{b}
Ortalama	**14.06**	**35.22**	**48.37**	**2.36**	**0.389**	**0.80**	**0.44**

**: p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (p<0.05), M: Mısır, ŞO: Şerbetçi otu, HP: Ham protein oranı (%), ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif (%), NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif (%), K: Potasyum (%), P: Fosfor (%),Ca: Kalsiyum (%), Mg: Magnezyum (%)

Silajların HP oranları % 9.76-18.77 arasında değişmiştir. Şerbetçi otu silajlık mısıra oranla yüksek HP oranı içermektedir. Bu nedenle karışımlarda şerbetçi otu oranının artmasına bağlı olarak HP oranı da artış göstermiştir (Tablo 1). Öztürk ve ark. (2020) silajlık mısır ve soya ile şerbetçi otu silajlarının HP oranının % 9.34-14.57 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırıcılar aynı çalışmada şerbetçi otunun silajlık mısırdan daha yüksek HP oranına sahip olduğunu ve bu nedenle karışımlarda mısır oranının artmasıyla HP oranın da azaldığını bildirmişlerdir. Bu durum çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ayrıca mevcut çalışmada şerbetçi otunun HP oranı söz konusu araştırmacıların bulgularından daha yüksek olmuştur. Bu durumun şerbetçi otunun çeşit ve yaşına bağlı olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Kaymaz ve Gülümser (2023) şerbetçi otunun iki farklı çeşit (Brewers Gold ve Aroma) ve beş farklı yaş grubunun (3, 5, 10, 15 ve 20) silajlarına ait HP oranlarının % 15.10-20.11 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Silajların ADF ve NDF oranları % 24.77-43.76 ile % 38.24-58.70 arasında değişmiştir (Tablo 1). ADF ve NDF yemlerde lif oranını ifade eder. Yemlerde lif miktarının yüksek olması yemin sindiriminin zor olması demektir. Bu nedenle yemlerde ADF ve NDF oranının düşük olması arzulanır. Karışımlarda şerbetçi otunun oranının azalmasıyla ADF ve NDF değerlerinde de azaldığı görülmektedir (Tablo 1).

Silajların makro besin elementlerinden K, P, Ca ve Mg sırasıyla % 1.99-2.64, % 0.350-0.420, % 0.23-1.25 ve % 0.11-0.74 arasında değişmiştir. Makro besin elementleri hayvanların en fazla alması gereken elementlerdir (Önal Aşçı ve Acar, 2018). Söz konusu elementler hayvanların sağlığı açısından son derece önemli olup, verim ve kaliteleri üzerinde etkileri fazladır. Fosfor ve kalsiyumun azlığı ya da fazlalığı hayvanlarda raşitizm hastalığına sebep olurken, potasyum vücudun asit-baz dengesini sağlar, magnezyum ise kemik yapısına katkı sunmaktadır (Dua ve Care, 1999; Başbağ ve ark., 2011; Gürsoy ve Macit, 2017). Hayvan sağlığı ve kalitesi açısından yemlerde K içeriğinin en az % 0.8, P içeriğinin en az % 0.21, Ca içeriğinin % 0.18-0.44 ve Mg içeriğinin en az % 0.4-0.10 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Tajede ve ark., 2015). Çalışmada tüm işlemlerin makro besin içerikleri söz konusu değerlerin üzerinde olmuştur (Tablo 1).

Tablo 2. Silajların pH, KM, LA, AA, KT, TFL, TFN, DPPH içerikleri

İşlemler	pH**	KM**	LA**	AA**	KT**	TFL^{öd}	TFN**	DPPH**
% 100^{M}	3.84^{d}	34.74^{a}	3.71^{a}	0.230^{cd}	2.11^{a}	8.69	61.38^{bc}	56.25^{a}
% 100^{SO}	4.81^{a}	26.22^{e}	1.95^{e}	0.627^{a}	0.95^{e}	12.71	74.73^{ab}	37.94^{e}
% 90^{M}+% 10^{SO}	3.94^{d}	34.14^{a}	3.44^{ab}	0.353^{bc}	0.99^{e}	11.08	81.66^{a}	39.09^{de}
% 80^{M}+% 20^{SO}	3.99^{d}	34.04^{a}	2.80^{cd}	0.310^{bcd}	1.31^{d}	12.44	57.46^{c}	39.47^{de}
% 70^{M}+% 30^{SO}	4.28^{bc}	33.08^{ab}	3.00^{bc}	0.310^{bcd}	1.42^{cd}	10.46	51.92^{c}	41.39^{b-e}
% 60^{M}+% 40^{SO}	4.24^{c}	33.44^{ab}	2.77^{cd}	0.260^{bcd}	1.44^{cd}	11.28	53.68^{c}	40.37^{b-e}
% 50^{M}+% 50^{SO}	4.35^{bc}	32.4^{2ab}	2.68^{cd}	0.343^{bc}	1.39^{cd}	9.65	45.97^{c}	40.12^{cde}
% 40^{M}+% 60^{SO}	4.42^{b}	32.18^{abc}	3.10^{bc}	0.373^{b}	1.48^{cd}	12.10	50.43^{c}	41.83^{b-e}
% 30^{M}+% 70^{SO}	4.31^{bc}	30.98^{bcd}	2.34^{de}	0.210^{d}	1.97^{ab}	12.92	56.24^{c}	43.75^{bcd}
% 20^{M}+% 80^{SO}	4.37^{bc}	29.44^{cd}	2.31^{de}	0.557^{a}	1.89^{ab}	11.55	53.27^{c}	44.19^{bc}
% 10^{M}+% 90^{SO}	4.37^{bc}	28.64^{de}	2.34^{de}	0.640^{a}	1.67^{bc}	13.73	73.67^{ab}	44.87^{b}
Ortalama	**4.27**	**31.76**	**2.77**	**0.383**	**1.51**	**11.51**	**60.04**	**42.66**

**: $p<0.01$; öd: Önemi değil. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p<0.05$), M: Mısır, ŞO: Şerbetçi otu,, LA: Laktik asit (%), AA: Asetik asit (%), KT: Kondasne tanen (%), TFL: Toplam flavonoid (mg QE g^{-1}), TFN: Toplam fenolik (mg GA g^{-1}), DPPH: Radikal kovucu aktivite (%)

Çalışmada en yüksek pH 4.81 ile yalın şerbetçi otu, en düşük ise 3.84 ile yalın silajlık mısır silajlarında belirlenmiştir (Tablo 2). pH değeri silajın fermantasyon döneminde ekşiyip ekşimediğini gösteren bir kriterdir. Bu nedenle silajın pH'sı 3.8-4.2 arasında olması arzulanır (Ergün ve ark., 2007). Mevcut çalışmada bu değeri % 100 M, % 90 M + % 10 ŞO ve % 80 M + % 20 ŞO karışım oranlarından elde edilen silajlar karşılamaktadır (Tablo 2). Silajların

KM oranları % 26.22-34.74 arasında değişmiştir (Tablo 2). Silajlık mısır şerbetçi otuna göre yüksek KM oranı içermektedir. Buna göre karışımlarda silajlık mısır oranının artması ile silajların KM oranı da artmıştır. Kaliteli bir silajın KM oranı % 30-35 arasında olması gerekmektedir. Yüksek KM oranı silajın sıkıştırılmasını güçleştirirken, düşük KM oranı ise silajın fermentasyonu sırasında fazla su açığa çıkmasına ve dolayısıyla da çok fazla besin elementi kaybına neden olur. Bu da silajın kalitesini bozmaktadır (Panyasak ve Tumwasorn, 2013). Mevcut çalışmada % 100 ŞO (% 26.22), % 10 M + % 90 ŞO (% 28.64) ve % 20 M + % 80 ŞO (% 29.44) silajları dışında kalan işlemlerin KM oranları istenen seviyede olmuştur.

LA içeriği en yüksek yalın silajlık mısır (% 3.71) ve % 90 M + % 10 ŞO (% 3.44) karışımından elde edilen silajlarda en düşük ise yalın şerbetçi otu (% 1.95) silajlarında olmuştur. İşlemlere ait AA değeri %0.210-0.640 arasında değişmiştir (Tablo 2). LA silajın kalitesini bozan bakteri, maya ve mantarların gelişimini engeller ve hayvanların süt verimini arttırır (Demirci, 2009). AA ise fermantasyonu inhibe ettiğinden dolayı, silajda istenmez. Alçiçek ve Özkan (1996) silajda LA içeriğinin en az % 2.0, AA içeriğinin ise en fazla % 0.8 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada % 100 ŞO dışında kalan tüm silajların LA ve AA içerikleri istenen değerler arasında olmuştur (Tablo 2). Gülümser ve ark. (2024) yonca ile şerbetçi otunun LA ve AA içeriğini sırasıyla % 2.37-4.80 ve % 0.09-0.22 arasında bulmuşlardır. Farklılıklar bitki türü ile şerbetçi otunun çeşit ve yaşına bağlı olmasından kaynaklanmıştır.

Yem içerinde yüksek KT ruminant hayvanların mikrobiyal ve enzim aktiviteleri ile protein sindirimini olumsuz etkilerken (Kumar ve Singh, 1984), düşük KT ise sütün protein içeriğini olumlu etkiler (Önal Aşcı ve Acar, 2018). Yine KT sera gazı emisyonunu azaltmada yardımcı olmaktadır (Martin ve ark., 2016). Buna göre, yemdeki kondanse tanen içeriği % 3'ü geçmemelidir. Mevcut çalışmada, tüm işlemlerin kondanse tanen içerikleri bu değerin altında olmuştur (Tablo 2). Gülümser ve ark. (2024) yonca ile şerbetçi otunun KT içeriğini % 2.37-4.80 arasında bulmuşlardır. Farklılıklar bitki türü ile şerbetçi otunun çeşit ve yaşına bağlı olmasından kaynaklanmıştır.

Silajların TFL içeriği 8.69-13.73 mg QE g^{-1} arasında olmuştur (Tablo 2). TFL içeren yem bitkileri ile beslenen hayvanların verimi artarken, hayvansal ürünlerin de kalitesi olumlu yönde etkilenmektedir (Dohi ve ark., 1997; Robbins, 2003). Ayrıca TFL antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri sayesinde hayvanlarda asidoz ve şişkinlik gibi beslenme streslerini de kontrol altına alır (Seradj ve ark., 2014; Paula ve ark., 2016).

TFN içeren yemle beslenen hayvanların rumen morfolojisi daha sağlıklı bir şekilde çalışırken, hayvanlar farklı stres koşullarına karşı da direnç sağlamış olurlar (Robbins, 2003; Rochfort ve ark., 2008; Patra ve ark., 2006; Lee ve ark., 2017). Ayrıca TFN hayvansal ürünlerin verimini ve kalitesini de arttırmaktadır (O'Connell ve Fox, 2001; Kuhnen ve ark., 2014). Çalışmada silajların TFN içeriği 45.97-81.66 mg GA g^{-1} arasında değişmişti (Tablo 2).

DPPH, bitkilerde antioksidan özelliği göstermektedir. Dolayısıyla hayvan sağlığı açısından önem teşkil eder (Xing-zhou ve ark., 2018). Çalışmada silajlarının DPPH içerikleri % 37.94-56.25 arasında olmuştur (Tablo 2). Kardeş ve ark. (2023) şeker mısırı yonca karışımlarının silajlarına ait TFL, TFN ve DPPH içeriklerinin sırasıyla 2.26-3.59 mg g QE^{-1}, 10.79-18.30 mg g GAE^{-1} ve % 16.47-30.61 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada silajlık mısıra farklı oranlarda şerbetçi otu ilave edilerek farklı karışım oranlılarında silajlar elde edilmiş ve bu silajların kalite özellikleri belirlenmiştir. Karışımlarda şerbetçi otu oranı arttıkça silajların HP oranlarını artarken, ADF, NDF ve KM oranlarını düşmüştür. Silajların besin madde ile sekonder metabolit içerikleri yeterli düzeyde olmuştur. Organik asit içerikleri ise yalın şerbetçi otu dışında kalan tüm silajlarda istenen seviyelerde belirlenmiştir. Buna göre;

silajlık mısıra % 10 düzeyinde şerbetçi otunun ilave edilmesi silaj kalitesi açısından yeterli olacağı tespit edilmiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, 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

Acar, Z., Tan, M., Ayan, İ., Önal Aşçı, Ö., Mut, H., Başaran, U., Gülümser, E., Can, M., Kaymak, G., 2020. Türkiye'de yem bitkileri tarımının durumu ve geliştirme olanakları. *Türkiye Ziraat Mühendisleri IX. Teknik Kongresi,* Kongre Bildiriler Kitabı, 13-17 Ocak, Ankara, s.529-553.

Alçiçek, A., Özkan, K., 1996. Silo yemlerinde destilasyon yöntemi ile süt asidi, asetik asit ve bütürik asit tayini. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 3(2-3): 191-198.

Al-Mamun, M., Saito, A., Sano, H., 2011. Effects of ensiled hop (*Humulus lupulus* L.) residues on plasma acetate turn over rate in sheep. *Animal Science Journal*, 82: 451-455.

Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., Legret, P., 1994. Standardisationd`unextrait de propolis et identification desprincipaux constituants. *Journal de Pharmacie de Belgique*, 49: 462-468.

Başaran, U., Gülümser, E., Mut, H., Çopur Doğrusöz, M., 2018. Mürdümük + tahıl karışımlarının silaj verimi ve kalitesinin belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(9): 1237-1242.

Başbağ, M., Çaçan, E., Aydın A., Sayar, M.S., 2011. Güneydoğu anadolu bölgesi doğal alanlarından toplanan bazı fiğ türlerinin ot kalite özelliklerinin belirlenmesi. *1. Ulusal Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı,* 27-29 Nisan, Eskişehir, s.143-151.

Bate-Smith, E.C., 1975. Phytochemistry of proanthocyanidins, *Phytochemistry,* 14: 1107-1113.

Demirci, U., 2009. Homofermantatif ve heterofermentatif laktik asit bakterileri ilavesi ile hazırlanan tritikale-macar fiği karışımı silajların konya merinosu dişi toklularda rumen parametreleri ve canlı ağırlık değişimi üzerine etkileri. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Dohi, H., Yamada, A., Fukukawa, T., 1997. Intake stimulants in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) fed to sheep. *Journal of Dairy Science*, 80: 2083-2086.

Dua, K., Care, A.D., 1999. The role of phosphate on the rates of mineral absorption from the fore stomach of sheep. *The Veterinary Journal*, 157(1): 51-55.

Dykes, L., Rooney, L.W., Waniska, R.D., Rooney, W.L., 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17): 6813-6818.

Ergün, A., Çolpan, İ., Yıldız, G., Küçükersan, S., Tuncer, Ş. D., Yalçın, S., Küçükersan, M. K., Şehu, A., 2007. Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi. Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Yayınları.

Gezer, K., Duru, M.E., Kıvrak, I., Turkoglu, A., Mercan, N., Turkoglu, H., Gulcan, S., 2006. Free-Radical scavenging capacity and antimicrobial activity of wild edible mushroom from Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 5(20): 1924-1928.

Gülümser, E., Mut, H., Sucu, E., Başaran, U., Çopur Doğrusöz, M., 2024. The impact of adding hops to alfalfa at different rates on silage quality and methane emissions in vitro. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 48(1): 71-80.

Gürsoy, E., Macit, M., 2017. Erzurum ili çayır ve meralarında doğal olarak yetişen bazı buğdaygil yem bitkilerinin nispi yem değerleri bakımından karşılaştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3): 09-317.

Han, K.J., Collins, M., Vanzant, E.S., Dougherty, C.T., 2004. Bale density and moisture effects on alfalfa round bale silage. *Crop Science*, 44(3): 914-919.

Hancock, D.W., Collins, M., 2006. Forage preservation method in fluences alfalfa nutritive value and feding characteristics. *Crop Science*, 46(2): 688-694.

Kardeş, Y.M., Mut, H., Gülümser, E., 2023. Şeker mısırına farklı oranlarda ilave edilen yoncanın silaj kalitesine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(3): 2205-2216.

Kaya, N., 1998. Biyokimya Uygulama Kılavuzu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları.

Kaymaz, Z., Gülümser, E., 2023. Şerbetçi otunun (*Humulus lupulus* L.) silaj verimi ve kalitesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(3): 436-447.

Kırtok, Y., 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul.

Kuhnen, S., Moacyr, J.R., Mayer, J.K., Navarro, B.B., Trevisan, R., Honorato, L.A., Maraschin, M., Pinheiro, M., Filho, L.C., 2014. Phenolic content and ferric reducing-antioxidant power of cow's milk produced in different pasture-based production systems in Southern Brazil. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 94: 3110-3117.

Kumar, R., Singh, M., 1984. Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 32: 447- 453.

Lee, S.H.Y., Humphries, D.J., Cockman, D.A., Givens, D.I., Spencer, J.P.E., 2017. Accumulation of citrus flavanones in bovine milk following citrus pulp in corporation in to the diet of dairy cows. *EC Nutrition*, 7(4): 143-154.

Martin, C., Copani, G., Niderkorn, V., 2016. Impacts of forage legumes on intake, digestion and methane emissions in ruminants. *The Journal of The International Legume Society*, 12: 24-25.

O'Connell, J.E.O., Fox. P.F., 2001. Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 11(3): 103-120

Önal Aşçı, Ö., Acar, Z., 2018. Kaba yemlerde Kalite. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, 112.

Öz, A., Kapar, H., Dok, M., 2017. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Öztürk, Y. E., Gülümser, E., Mut, H., Başaran, U., Çopur Doğrusöz, M., 2020. Şerbetçi otunun mısır ve yemlik soya ile karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(4): 440-446.

Öztürk, Y.E., Gülümser, E., 2023. Forage yield, nutritional value and phytotrepic traits of hops (*Humulus lupulus L.*). *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(2): 350-358

Panyasak, A., Tumwasorn, S., 2013. Effect of Moisture Content and Storage Time on Sweet. *Walailak Journal of Science and Technology*, 12(3): 237-243.

Patra, A.K., Kamra, D.N., Agarwal, N., 2006. Effect of plant extracts on in vitro methano genesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4): 276-291.

Paula, E.M., Samensari, R.B., Machado, E., Pereira, L.M., Maia, F.J., 2016. Effects of phenolic compounds on ruminal protozoa population, ruminal fermentation, and digestion in water buffaloes. *Livestock Science*, 185: 136-41.

Robbins, RJ., 2003. Phenolic acids in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2866-2887.

Rochfort, S., Parker, A.J., Dunshea, F.R., 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity, *Phytochemistry*, 69(2): 299-322.

Seradj, A.R., Abecia, L., Crespo, J., Villalba, D., Fondevila, M., Balcells, J., 2014. The effect of bioflavex and its pure flavonoid components on in vitro fermentation parameters and methane production in rumen fluid from steers given high concentrate diets. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 85-91.

Tajeda, R., Mcdowel, L.R., Martin, F.G., Conrad, J.I.L., 1985. Mineral element analyses of various tropical forages in guetemaie and their relationships to soil concentrations. *Nutrition Report International*, 32(2): 313-324.

Van Soest, P.J., 1963. The use of detergents in the analysis of fibre feeds. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 46: 829-835.

Van Soest, P.J., Wine, R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal-Association of Official Analytical Chemists,* 50: 50-55.

Xing-Zhou, T., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Thongpea, S., Chao, B., 2018. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(9): 2082-2095.

Atıf Şekli	Yıldırım, İ., Kardeş, Y.M., Gülümser, E., 2024. Silajlık Mısıra Farklı Oranlarda İlave Edilen Şerbetçi Otunun Silaj Kalitesine Etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 221-228. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10844403.
To Cite	Yıldırım, İ., Kardeş, Y.M., Gülümser, E., 2024. The Effect on Silage Quality of Hops at Different Rates Added to Silage Maize. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 221-228. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10844403.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):229-236, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):229-236, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10851890

Determining the Energy Efficiency in Cotton Production: A Case of Adana Province

Ali BOLAT [1*]
[1]Adıyaman University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Adıyaman
[*]Corresponding author: alibolat@adiyaman.edu.tr

Abstract
This study has been conducted to calculate the energy efficiency of cotton production held under the conditions of Adana/Turkey in 2020 and 2021. Basic data such as the economic life, work success, fuel and oil consumption and weights of the tools-machines used in the study as well as the fertilizer and seed amounts were obtained from the current measurements, other studies, various sources and catalogues. The study has concluded that the highest rate among the energy equivalents of the inputs used in cotton production belonged to the fertilizer energy input with 44.43%. This rate was followed by fuel-oil energy input with 23.68%. In cotton production, the energy output/input ratio years has been calculated as 2.33 and 2.26, the specific energy value as 5.06 MJ kg^{-1} and 5.21 MJ kg^{-1}, the energy productivity value as 0.20 kg MJ^{-1} and 0.19 kg MJ^{-1}, and the net energy efficiency as 36082.21 MJ $ha^{-1}$and 34194.21 MJ ha^{-1}.

Research Article

Article History
Received :29.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Cotton
specific energy
energy analysis
energy productivity
net energy efficiency

1.Introduction

Cotton is a strategically significant product for world agriculture and it is the raw material of many sectors such as feed, textile and energy (Candemir et al., 2017). Cotton contributes greatly to the national economy through the employment and added value it creates and is the raw material of the gin industry in terms of processing, the textile industry with its fibre, the oil and feed industry with its core, and the paper industry with its linter. The oil obtained from the cotton core is also used as a raw material in the production of biodiesel in increasing amounts as an alternative to petroleum. In addition to these, population growth and rising living standards also increase the demand for cotton (Anonymous, 2022, Uğurlu, 2020). For these reasons, cotton is a strategic plant that has an important place in both national and world agriculture, industry and trade. The rapid increase of world population has proportionally increased the need and consumption levels of cotton. An increase in the cotton yield or cotton production areas is needed to meet this growing need and consumption. Despite being a plant with great agricultural incentives, producers tend to prefer other alternative products over cotton due to the increased input costs, lower profitability and the fact that it is a labour-intense production activity.

For enterprises to maintain their activities at the desired profitability level, it is imperative that mechanization practices, which have an impact on total production efficiency, must be evaluated based on scientific principles, with accurate recording, correct calculation method, at the end of each production season. One of the main purposes of the present study is to compare the mechanization application intensities and efficiencies of the enterprises that produce in similar production lines both in the same region and in different countries (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012). An energy analysis to be made requires many economic and technical comprehensive studies. However, on the other hand, it is basically done in order to examine whether the production of the product or service to be offered to the market is possible in terms of energy use efficiency. Energy analysis mainly focuses on the engineering aspect of the production system. In order to evaluate production efficiency more realistically, the total energy value of the inputs used in agricultural production processes should be compared with the energy value of the obtained product (Öztürk and Ören, 2005, Öztürk, 2011; Bayhan, 2016). Energy analysis related to agricultural production play an important role in defining and grouping agricultural systems in terms of energy consumption. A careful analysis of the inputs and outputs used in production is beneficial to increase efficiency and reduce inputs (Sabah, 2010). Increasing the energy efficiency value is possible by increasing the efficiency or reducing the inputs. Increasing efficiency can be achieved within certain limits. However, reducing the total energy input can be possible by cautiously reducing the inputs of fuel, chemical fertilizers, agricultural pesticides, machinery and tractors, which have a large place in energy input (Çelen, 2016). A study conducted by Yılmaz et al. (2005) on cotton production reported that diesel fuel energy consumption has a share of 31.1% among the whole energy consumption and diesel fuel is followed by fertiliser and machinery energy. Energy rate and energy efficiency values were reported as 0.74 and 0.06 kg MJ^{-1}, respectively (Şehri, 2012). Erdoğan (2009) found the energy rate as 11.58, the specific energy value as 3.07 MJ kg^{-1}, the energy productivity value as 0.33 kg MJ^{-1}, and the net energy value as 292115.5 MJ ha^{-1} in the first crop corn production in the Çukurova Region/Turkey. After conducting a study in Adana on cotton production, Şehri (2012) reported the highest energy rate value to be 1.63, the lowest value in terms of specific energy to be 6.78 MJ kg^{-1}, energy productivity to be 0.15 kg MJ^{-1} and net energy yield to be 24155.4 MJ, all acquired for 10.1+ ha enterprises. In a study conducted by Bayhan (2016) in the production of second crop sunflower, the energy use efficiency was compared and the highest energy rate was 11.82, the lowest specific energy value was

2.23 MJ kg^{-1} and the highest energy productivity was 0.45 kg MJ^{-1} in direct sowing method. In addition, the highest net energy efficiency was obtained from the rotary method with a value of 63047.59 MJ kg^{-1}. In cotton production, according to Topdemir and Coşkun (2019), the highest energy input is seen in the traditional tillage method, the lowest energy input is in the direct sowing method, the highest energy output is in the traditional tillage with the highest yield, and the lowest energy output is in the direct sowing method with the lowest yield. They have further reported that the highest energy ratio is obtained from traditional soil processing by 4.38. Within the scope of the current study, the energy efficiency calculation of cotton production grown in Adana conditions in 2020 and 2021 was made. In line with the findings of the study, input branches where efficiency and productivity were negatively affected were determined and suggestions were made to eliminate this negativity.

2. Materials and Methods

The research data was made based on information received from agricultural enterprises operating in Adana/Türkiye. The number of inputs and outputs used in cotton production and the technical data of agricultural tools and machinery, which constitute the study material, were obtained from the previously made studies and catalogues and also from the Turkish Statistical Institute. The findings obtained in this study were calculated according to the agricultural tools and machinery commonly used in cotton production and specified in Table 1.

Table 1. Technical specifications of machines used in cotton production

Items	Agricultural machine	Witdth (cm)	Weight (kg)
Power suppley	Tractor	140	2250
Tillage	Plow	93	295
Tillage	Disc plow	210	1100
Tillage	Listeria	300	500
Tillage	Worshiper	300	700
Planting	Sowing machine	300	950
Hoeing	Hoeing	225	350
Fertilizer	Fertilizer machine	225	480
Chemicals	Sprayer	1600	400
Irrigation	Moldboard plow.	225	350
Irrigation	Arc plow	150	350
Irrigation	Arc closing	180	270
Harvest	Cotton harvester or cotton picking machine	300	12500

After the soil on which cotton will be produced is processed once with a plow and twice with a goblet disc in the autumn season, the ridges to be planted with a ridge lister are formed. After these ridges are formed, they are renewed again in the winter and spring seasons and cotton planting is carried out after the application of the ridge cap in the spring. In this study, the seed sowing norm was determined as 2.5 kg da^{-1}, the amount of fertilizer used was 10 kg da^{-1} pure phosphorus and 18 kg da^{-1} pure nitrogen. In the agricultural operations carried out during cotton growing in Adana, tractor hoeing is done 3 times, hand hoeing is done once, and weeding is done once. In addition, one herbicide application is made before tillage in the spring. In addition, a total of 9 chemical treatments are applied for pest control (aphids, leafhoppers, thrips, green worms, cotton leaf worms, red spiders, whiteflies, pink worms) and plant growth conditioners. Again, depending on the climatic conditions, flood irrigation is carried out 3 times and approximately 670 mm da^{-1} irrigation is made per unit area (Şehri, 2012).

2.1 Energy analysis calculations

In order to calculate the energy efficiency in cotton production in Adana province, first of all, energy inputs and energy outputs should be

calculated. In these calculations, the energy equivalents of the input and output types must be known. The findings given in Table 2 have been usedto determine the energy equivalent.

Table 2. Energy equivalents of inputs and outputs in agricultural production

Inputs	**Energy equivalent (MJ unit^{-1})**	**References**
Human power (hr)	2.3	Barut et al., 2011; Baran and Karaağaç, (2014)
Machinery Production Energy (kg)		
Tractor	158.3	Barut et al., 2011; Gözübüyük et al., 2012
Tillage Tools	121.3	Barut et al., 2011; Baran and Karaağaç, 2014
Fuels (L)		
Diesel	35.69	Eren, 2011; Sabah, 2010; Arıkan, 2011
Oil	6.51	Eren, 2011; Sabah, 2010; Arıkan, 2011
Fertilizers (kg)		
Nitrogen (N)	60.6	Öztürk, 2011; Barut et al., 2011; Bayhan, 2016
Phosphorus (P2O5)	11.1	Öztürk, 2011; Barut et al., 2011; Bayhan, 2016
Chemicals (kg)		
Herbicide	269	Ferrago, 2003; Sabah, 2010; Arıkan, 2011; Eren, 2011
Insecticide	214	Sabah, 2010; Arıkan, 2011; Eren, 2011
Plant Growth Regulator	101.2	Yaldız et al., 1993; Şehri, 2012
Seed (kg)	11.8	Singh, 2002, Şehri, 2012, Topdemir and Coşkun, 2019
Water for irrigation (m^3)	0.63	Barut et al., 2011; Öztürk, 2011; Öztürk and Ören, 2005
Output		
Cotton	11.8	Singh, 2002; Şehri, 2012; Topdemir et al.,; Coşkun, 2019

2.1.1 Energy input calculations

Energy inputs consisted of human power energy, machine energy, fuel-oil energy, fertilizer energy, pesticide energy, seed energy and irrigation energy. In the related energy calculations, the amount of input used/spent per unit area and the energy equivalents of these input types have been multiplied.

The energy input of chemical drug use was calculated. To make this calculation, a value of 101.2 MJ kg^{-1} was used as the energy equivalent coefficient of plant growth regulators (leaf defoliant, leaf dryer, boll opener, growth regulator) used in cotton production (Yaldız et al., 1993; Şehri, 2012).

*Machine Energy Input (MJ ha^{-1})***:** Machine energy input was calculated with the formula given in Equation 1 (Yaldız et al., 1990).

$$ME = \frac{W * E}{T * EFC} \quad (1)$$

Where;

ME : Machine energy input (*MJ ha^{-1}*),

W : Weight of the tool (kg),

E : Production energy of unit weight of agricultural machine or tool (*MJ kg^{-1}*),

T : Economic life of tractor or tool (*h*),

EFC : Effective field capacity (*ha h^{-1}*).

Fuel-Oil Energy Input (MJ ha^{-1}): Fuel energy input has been calculated by using the formulae given in Equation 2 and oil energy input has been calculated by using the formula given in Equation 3 (Gözübüyük et al., 2012).

$$FEI = FC * FEV \quad (2)$$

$$OEI = (FCx0.045) * OEV \quad (3)$$

Where;

FEI: Fuel energy input (*MJ ha*$^{-1}$)

FC : Fuel Consumption (l ha^{-1})

FEV: Fuel energy value (*MJ l*$^{-1}$)

OEI: Oil energy input (*MJ ha*$^{-1}$)

OEV: Oil energy value (*MJ l*$^{-1}$)

2.1.2. Energy output calculations

While calculating the energy outputs, the energy output per unit area was obtained with the formula given in Equation 4 (Öztürk, 2011).

$$TEO: (MPY*Emp)+ (SPY*Esp) \quad (4)$$

Where;

TEO: Total energy output (*MJ ha*$^{-1}$),

MPY: Main product yield (*kg ha*$^{-1}$),

SPY: Side product yield (*kg ha*$^{-1}$),

Emp:Main product energy equivalent(*MJ kg*$^{-1}$)

Esp: Side product energyvalue (*MJ kg*$^{-1}$).

2.1.3. Energy efficiency calculations

In energy efficiency calculations, energy ratio, specific energy value, energy productivity value, net energy value calculations have been calculated by using the following formulas (Equations 5;6;7;8) (Eren, 2011; Imran et al., 2020).

$$Energy\ ratio= Energy\ Output / Energy\ Input \quad (5)$$

$$Specific\ Energy\ (MJ\ kg^{-1}) = Total\ Energy\ Input / Total\ Harvested\ Product\ Amount \quad (6)$$

$$Energy\ Productivity\ (kg\ MJ^{-1})=Total\ Harvested\ Product\ Amount / Total\ Energy\ Input \quad (7)$$

$$Net\ Energy\ Production\ (MJ\ ha^{-1})= Total\ Energy\ output – Total\ Energy\ Input \quad (8)$$

3. Results

3.1. Energy analysis calculations

The Energy input values in cotton cultivation in Adana province is given in Table 3. As Table 3 indicates, 295.83 MJ ha^{-1} of human energy was consumed per unit area, and the ratio of this value to total energy input constituted the lowest input with 1.09%. Among all inputs, fertilizer energy input had the highest value with 12018.00 MJ ha^{-1} and 44.43%. Oil-fuel energy was consumed at the rate of 6406.04 MJ ha^{-1} and took the second place with a rate of 23.68%.

Energy input was calculated as 27047.79 MJ ha^{-1} for both years in cotton production. This value was found to be 39537.7 MJ ha^{-1} in Southeastern Anatolia Region (Öztürk and Ören, 2005), 35882.22 MJ ha^{-1} in Adana (Şehri, 2012), and 15545.81 MJ ha^{-1} in Menemen (Topdemir and Coşkun, 2019).

Table 3. Energy input values in cotton cultivation in Adana province

Inputs	Quantities	Energy input (MJ ha^{-1})	Ratio (%)
Human energy (h)	**128.62**	**295.83**	**1.09**
Land preparation	9.29	21.37	
Planting	117.33	269.86	
Harvest	2.00	4.60	
Machinery (h)	**33.25**	**768.29**	**2.84**
Tractor	16.62	268.01	
Toprak Hazırlama İşlemleri	9.29	145.28	
Ekim ve Diğer İşlemler	6.33	223.09	
Hasat	1.00	131.92	
Diesel + Oil (l)	**186.04**	**6406.04**	**23.68**
Toprak Hazırlama İşlemleri	87.76	3021.85	
Ekim ve Diğer İşlemler	51.26	1764.96	
Hasat	47.03	1619.23	
Fetilizers (kg)	**280.00**	**12018.00**	**44.43**
Phosphorus (P)	100.00	1110.00	
Nitrogen (N)	180.00	10908.00	
Pesticides (kg l^{-1})	**16.40**	**3043.62**	**11.25**
Herbicide	2.50	672.50	
Insecticide	8.55	1829.70	
Plant growth regulator	5.35	541.42	
Seed (kg)	**25.00**	**295.00**	**1.09**
Irrigation (m^3)	**6700.00**	**4221.00**	**15.61**

Table 4. Energy output calculations

	Years	
Outputs	**2020**	**2021**
Cotton yields (kg ha^{-1})	5350	5190
Total Energy Output (MJ ha^{-1})	63130.00	61242.00
Total Energy Input (MJ ha-1)	27047.79	27047.79
Energy ratio	2.33	2.26
Specific Energy (MJ kg-^{1})	5.06	5.21
Energy Productivity (kg MJ^{-1})	0.20	0.19
Net Energy Production (MJ)	36082.21	34194.21

Energy output was determined as 63130.00 MJ ha^{-1} and 61242.00 MJ ha^{-1} for the years 2020 and 2021, respectively (Table 4).

As indicated in Table 4, energy ratio in cotton production in Adana has been calculated as 2.33 and 2.26 for the years 2020 and 2021. In other similar studies on cotton production, this rate was 4.8 in a study conducted in Antalya (Çanakçı et al., 2004), 3.79 in a study conducted in Adıyaman (Baran, 2016), 2.38 in a study conducted for the Southeastern Anatolia Region (Öztürk and Ören, 2005; Çanakçı et al., 2005), and 1.56, 1.49 and 1.63 respectively, in a study conducted in Adana Province on enterprise groups of 0.1-5 ha, 5.1-10 ha and >10 ha (Şehri, 2012), In another study conducted in İzmir/Menemen, the energy ratio value was found to be 4.38, 3.99, 3.93 and 3.72 in 4 different tillage methods (Topdemir and Coşkun, 2019). The specific energy values were found to be 5.06 MJ kg^{-1} and 5.21 MJ kg^{-1} for the years 2020 and 2021, respectively. In other similar studies, it has been calculated as 3.11 MJ kg^{-1} in Adıyaman (Baran, 2016), 10.52 MJ kg^{-1} in the Southeastern Anatolia Region (Öztürk and Ören, 2005), 6.78 MJ kg^{-1} in Adana (Şehri, 2012) and 2.70 MJ kg^{-1} in İzmir/Menemen (Topdemir and Coşkun, 2019).

In terms of energy productivity, the same Table indicates that 0.20 kg ve 0.19 kg cotton has been produced in 2020 and 2021 against an energy consumption of 1 MJ. This value has

been reported as 0.095 kg MJ^{-1} in Southeastern Anatolia Region (Öztürk and Ören, 2005), 0.15 kg MJ^{-1} in Adana (Şehri, 2012) and 0.37 kg MJ^{-1} in Izmir/Menemen (Topdemir and Coşkun, 2019). In terms of net energy efficiency, it was calculated as 36082.21 MJ ha^{-1} and 34194.21 MJ ha^{-1} for the years 2020 and 2021, respectively. This value was found to be 54407.3 MJ ha^{-1} in the Southeastern Anatolia Region (Öztürk and Ören, 2005), 49512.94 MJ ha^{-1} in Adıyaman (Baran, 2016), 24155.4 MJ ha^{-1} in Adana (Şehri, 2012), and 52472.34 MJ ha^{-1} in Izmir/Menemen (Topdemir and Coşkun, 2019)

4- Conclusion

In the cotton production season of 2020 and 2021 in Adana, the energy rate was 2.33 and 2.26, the specific energy value was 5.06 and 5.21, the energy productivity values were 0.20 kg MJ^{-1} and 0.19 kg MJ^{-1}. The energy output/input ratio has a low value, and this low value indicates that an effective production technique is not applied in cotton cultivation. Fertilizer energy has the highest share in energy inputs in production, while fuel-oil energy takes the second place. Since most of the current inputs are imported from abroad, it causes significant foreign exchange loss. For this reason, the producers must have a soil analysis done and use the fertilizer on time and in accordance with the technique. In this way, it is thought that lower fertilizer use will occur. When this happens, the cost can be reduced and an advantage in terms of environmental protection can be achieved. Based on the findings of this study, it has been revealed that new studies that will reduce both fertilizer consumption and fuel-oil consumption should be given importance in R&D studies on cotton production.

References

Anonymous a, 2022. (http://www.taris.com.tr/pamukweb.), (Access Date: 13.10.2023)

Arıkan, M., 2011. Adana ilinde kolza üretiminde enerji kullanımı. Master Thesis, Çukurova University, Institute of Science and Technology, Adana.

Baran, M.F., Karaağaç, H.A., 2014. Kırklareli ili ikinci ürün ayçiçeği üretiminde enerji kullanım verimliliğinin belirlenmesi. *Türk Ziraat ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2): 117-123.

Baran, M.F., 2016. Energy efficiency analysis of cotton production in turkey: a case study for ad yaman province. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16(2): 229-233.

Barut, Z.B., Ertekin, C., Karaağaç, H.A., 2011. Tillage effects on energy use for corn silage in mediterranean coastal of Turkey. *Magazine of Energy*, 36(9): 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(2): 102.

Candemir, S., Kızılaslan, N., Kızılaslan, H., Uysal, O., Aydoğan, M., 2017. Kahramanmaraş ilinde dane mısır ve pamuk üretiminde girdi gereksinimi ve karlılıkları açısından karşılaştırmalı analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1): 1–8.

Çanakçı, M., Topakçı, M., Akıncı, İ., Özmerzi, A., 2005. Energy use pattern of same field crops and vegetable production: case study antalya region of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46(4): 655-666.

Çelen, İ.H., 2016, Tarımsal uygulamalarda enerji kullanımı üzerine bir değerlendirme. *Electronic Journal of Vocational Colleges-S*, 18- 29.

Erdoğan, Y., 2009. Tarımsal üretimde enerji girdi çıktı analizlerinde kullanılacak internet tabanlı bir yazılımın geliştirilmesi, Master Thesis, Çukurova University, Institute of Science and Technology, Adana.

Eren, Ö., 2011. Çukurova bölgesinde tatlı sorgum (*sorghum bıcolor* (l.) moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Doctoral Thesis, Çukurova University Institute of Science and Technology, Adana.

Ferrago, D.O., 2003. Energy cost/use in pesticide production. Encyclopedia of Pest Management.

Gözübüyük, Z., Çelik, A., Öztürk, İ., Demir, O., Adıgüzel, M.C., 2012. Buğday üretiminde farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(1): 25-34.

Imran, M., Özçatalbaş, O., Bashir, M.K., 2020. Estimation of energy efficiency and greenhouse gas emission of cotton crop in South Punjab, Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(3): 216-224.

Öztürk, H.H., 2011. Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. Hasad Yayıncılık.

Öztürk, H.H., Ören, M.N., 2005. Güneydoğu anadolu bölgesinde pamuk tarımı mekanizasyonunda enerji kullanımı. *GAP IV. Tarım Kongresi*. Cilt I.

Sabah, M., 2010. Söke ovasında ikinci ürün yağlık ayçiçeği üretiminde enerji kullanımı. Master Thesis, Çukurova University, Institute of Science and Technology, Adana.

Singh, J.M., 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master Thesis, International Institute of Management University of Flensburg, Sustainable Energy Systems and Management, Germany.

Şehri, M., 2012. Adana yöresi pamuk üretiminde enerji kullanım etkinliği ve maliyet analizi. Master Thesis, Çukurova University, Institute of Science and Technology, Adana.

Topdemir, T., Coşkun, MB., 2019. Menemen koşullarında pamuk yetiştiriciliğinde uygulanan farklı toprak işleme yöntemlerinin enerji verimliliği ve kullanım etkinliğinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, 16(1): 7-12.

Tüik, 2022. (https://tuik.gov.tr.), (Access Date: 13.04.2022).

Uğurlu, M., 2020. Pamuk üretiminin ekonomik analizi: Manisa örneği. *Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi*, s. 206-217.

Yaldız, O., Öztürk, H.H., Zeren, Y., Başçetinçelik, A., 1990. Türkiye tarla bitkileri üretiminde enerji kullanımı. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1-2): 51-62.

Yaldız, O., Öztürk, H.H., Zeren, Y., Başçetinçelik, A., 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. *5th International Congress on Mechanization and Energy Use in Agriculture*,11-14 October, Kuşadası.

Yılmaz, İ., Akçaöz, H., Özkan, B., 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, 30: 145- 155.

To Cite	Bolat, A., 2024. Determining the Energy Efficiency in Cotton Production: A Case of Adana Province. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 229-236. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10851890.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):237-246, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):237-246, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10852912

Environmental Awareness and Attitudes of University Students: The Case of Türkiye

Veysi ACIBUCA[1*], Aybüke KAYA[2]
[1] Mardin Artuklu University, Kızıltepe Vocational School, Organic Agriculture Program, Mardin
[2] Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Hatay
[*]Corresponding author: veysiacibuca@artuklu.edu.tr

Abstract
In recent years, environmental problems have been a major concern all over the world and are a threat to the quality of life of societies. Considering that most environmental problems are caused by people's lifestyles, values and attitudes, an understanding of education that changes the way today's people view nature and shapes their values and attitudes is essential to preventing environmental problems. Conducting studies to increase the level of awareness and consciousness of individuals about the environment is one of the main ways to eliminate these problems and ensure environmental sustainability. This study was conducted in Türkiye to measure the environmental awareness and knowledge of university students living in various provinces. In this study, 403 university students living in different provinces in Türkiye were interviewed. According to the results, it was found that the average age of the individuals was 22 years and about three-fourths of them had knowledge about environmental problems, but they thought that the given information about the environment was insufficient. According to these findings, people generally have environmental awareness and ideas about consumption and natural resources. However, it was found that there was a high demand for participation in environmental training at universities. Students emphasized that the most important source of information on environmental issues was the internet. In addition, a significant number of students believed that environmental training at universities should be part of the curriculum. It is believed that training provided to young people will raise the awareness of individuals and be effective for their families and friends. Environmental education is central to raising environmental awareness in individuals and raising awareness about environmental protection. It is thought that education given to individuals as a group will have an easier effect on behavior change. Gathering individuals from different provinces under one roof at universities will facilitate intercultural interaction and pave the way for environmental sustainability. Changes in the behavior of individuals will have a significant impact on future generations. Therefore, it is hoped that the results obtained in this study will contribute to environmental and climate change policies.

Research Article

Article History
Received :29.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Consciousness
sustainability
awareness
behaviour
consumption

1. Introduction

Currently, human factors are at the center of environmental pollution and protection. While people continue their lives, they also indirectly harm themselves and the environment. Therefore, people's activities and their behavior toward these activities draw attention to environmental sensitivity and awareness. Environmental awareness means that people develop sensitivity and awareness of their natural environment. This involves people recognizing their responsibility to reduce the risks of environmental damage and to use natural resources in a more sustainable way. Environmental awareness is a concept used to understand the importance of protecting the environment. Although environmental awareness programs among university students have developed greatly over the years, environmental problems always appear as disasters worldwide (Jusoh et al., 2018). These disasters refer to situations such as environmental pollution, water pollution, and loss of biodiversity, which may disrupt natural balance and cause serious harm to human health. Environmental systems will be irreversibly damaged if mandatory regulatory action is not taken (Tapkı et al., 2021).

Although there are many publications on environmental problems in Türkiye, it is impossible to talk the same thing about environmental education (Alım, 2006; Öz-Aydın et al., 2022). Environmental education is the most effective way to raise conscious and sensitive individuals as a permanent solution to environmental problems (Aslan et al., 2008). Recently, the relationship between education and environmental problems has been re-examined, and the suitability of teachers and curricula to raise environmentally sensitive and conscious individuals has been reviewed. Consequently, concepts such as virtue, morality, value, tolerance, balance, unity, ethics, development, and economy have begun to be redefined in ecological terms (Meydan and Doğu, 2008). This is realized through environmental education, which has a continuous learning process that provides individuals with environmental awareness and knowledge, skills, values, and experience to solve environmental problems for future generations (Vaughan et al., 2003). Value education plays an important role in ensuring environmental awareness and effective education. Value is a choice that determines our perspective and goals in life, affects the decisions we make, reflects our beliefs, and forms our principles (Aktepe and Yel, 2009). Considering the value of directing people's behavior, value education can be used effectively to increase students' environmental knowledge, attitudes toward the environment, and awareness of environmental problems. The lesson, which is taught with activities developed according to the values education methods, is more effective in developing students' positive attitudes toward the environment than the lesson taught using the traditional method. Therefore, environmental value education studies can be conducted in a way that includes all humanities, as well as schools (Tahiroğlu et al., 2010). Personal and social awareness of the environment are related to the delivery of environmental education. Establishing and operating facilities for the collection, evaluation, and disposal of waste are among the duties of districts and metropolitan municipalities. Therefore, environmental education is a duty of local governments. Public participation in measures to mitigate environmental pollution also affects environmental costs (Esen and Esen, 2018). It is important to initiate social responsibility projects that will contribute to the increase in individual environmental awareness, attitudes, and behaviors in society with the support of university students who are candidates for determining the future of countries, employees who prepare them for life, and local governments in the cities where they are located. This situation is also seen as important in terms of the university-local government-society relationship. As a result, in this study, conducted with university students and employees, environmental sensitivity was below the expected level. The low level of environmental attitudes of individuals is due to the inadequacy of education on environmental issues, lack of

knowledge and experience about the consequences of environmental problems, and inability to react to society (Mansuroğlu and Dağ, 2021). To implement sustainable development, it is necessary to receive support not only from government institutions but also from professional groups, public sectors, environmental organizations, and all individuals in society.

Increasing global interest in mitigating climate change has led to a focus on in-depth research and analysis of countries' environmental performance (Çetin et al., 2020). Environmentally conscious individuals have adopted an understanding of conscious consumption and production in terms of not harming the environment, exhibiting environmentally beneficial behaviors, and solving environmental problems (Çiftçi and Şakacı, 2015). When this understanding is put into practice and turned into behavior, it is accepted as an indicator of environmental awareness. The most basic way to solve environmental problems is to raise awareness by providing environmental education to all individuals in society. Positive changes in environmental approaches increase environmental awareness (Bozkurt and Cansüngü, 2002). Environmental awareness plays an important role in improving the quality of life of a society (Ahmad et al., 2011).

This study aimed to measure the environmental awareness of university students residing in different cities of Türkiye, to raise awareness about environmental protection, and to guide students to behavioral change with the deficiencies in environmental awareness that they will individually notice in the study questions.

2. Materials and Methods

The main material of the research consists of primary data collected from students living in the provinces of Hatay, Adana, Osmaniye and Mardin and studying at a university in Türkiye. Within the scope of the research, 403 students studying in different provinces in 2022 were interviewed face-to-face, and a survey was conducted. In the study, the environmental awareness of individuals and their attitudes and behavior on this issue was examined.

If it is impossible to reach all individuals in the study, the population is defined as infinite. For example, using the standard deviation value, the sample size can be determined at a certain confidence level with an acceptable margin of error (Oğuz and Karakayacı, 2017). A simple random sampling method, based on population ratios, was used to determine the sample size of the study. The sample size was determined as 384 with a 95% confidence interval and a 5% margin of error. Due to the possibility of some questionnaires being cancelled, an extra sample size of 5% was used, and 403 students were interviewed. This formula was used in the sampling:

$$n = \left(\frac{t^2}{\tilde{o}^2}\right) d^2 \quad (1)$$

In equality;

n: Number of individuals to be sampled, σ: Mass standard deviation, t: Theoretical value found from the t -a table at a certain degree of freedom and detected error level, d: It expresses the desired ± deviation according to the mean.

Data were evaluated using the SPSS package program. Data were evaluated in line with the purposes of the research; numerical variables were given as mean, frequency, and percentage, and categorical variables were presented as frequency and mean. Within the scope of the questionnaire, general information was used to determine the socioeconomic information of the individuals and for this purpose, both open-ended questions and questions that could be answered as "yes" or "no" were asked. Additionally, a 5-point Likert scale was used to determine the level of knowledge, information resources, environmental awareness, attitudes, and behaviors toward saving and recycling individuals. Understanding the relationship between attitude and behavior and predicting behavior from attitude first depends on the reliable measurement of attitudes (Tavşancıl, 2014). The acceptability and reliability of the scales were tested using Cronbach's alpha

coefficient. Güris and Astar (2015) and Kalaycı (2016) reported that the coefficient in the range of $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$ is acceptable and reliable. The Cronbach's alpha coefficient of the scale related to individuals' saving and recycling awareness was 0.745, and the scale related to their knowledge of environmental terms was 0.620, and both scales were determined to be acceptable reliability. Additionally, the significance level of the variables used in the scales is given as mean and standard deviation.

3. Results and Discussion

The age of the participants ranged from 18-48, with an average age of 22. Additionally, it has been determined that 90% of the individuals are between the ages of 18-24. The average household monthly income of individuals was ₺6,606.44, and the number of households consisted of nuclear families with an average of five people. Women constituted 54.3% of the study participants. More than half of the individuals stated that they grew up in the city center, while others stated that they were raised in villages and districts. Of the individuals studying in different classes, 89.5% did not have membership in any environmental organization. Additionally, it has been determined that 74.8% of the individuals have knowledge about environmental pollution, but the information given about environmental problems is not sufficient, and they are willing to participate in training/seminars on the environment at the university (Table 1). Panth et al. (2015) stated that female students are more sensitive to and conscious of the environment than are male students. Çabuk and Karacaoğlu (2003) found that the environmental awareness of students differed at the grade level and that 4th-grade students were more sensitive than lower-grade students. Kurt Konakoğlu (2020) determined that there is a statistically significant relationship between the environmental courses that the students took at the university, the class they study, and the level of awareness, consciousness, and sensitivity toward the environment. In contrast, Oğuz et al. (2011) also determined that students are generally aware of the environmental problems in Türkiye, and although they know the main NGOs operating in the field of environment in Türkiye, they do not show interest in these organizations as participants.

Table 1. General information about individuals

Variables	Definition	Frequency	%	N*	Mean
Age	18-24	351	90	390	22
	25-35	35	9		
	36 and above	4	1		
Income (₺)	5000>	137	36.4	376	6.606,44
	5000-10000	203	54		
	10000+	36	9.6		
Number of persons in a household	1-5	233	64	364	5.29
	6-10	124	34.1		
	10<	7	1.9		
Gender	Female	219	54.3	403	
	Male	184	45.7		
Growth area	Village	76	19	399	
	District	119	29.8		
	Province	204	51.1		
Class	1	108	27.6	391	
	2	132	33.8		
	3	60	15.3		
	4	91	23.3		
Environmental organization membership	Yes	42	10.5	399	
	No	357	89.5		
About environmental pollution knowledge	Yes	300	74.8	401	
	No	101	25.2		
Regarding environmental issues adequacy of the information provided	Yes	76	19	401	
	No	325	81		
Environmental education/seminar at university request to join	Yes	298	76	392	
	No	94	24		

* The participants did not answer all of the questions.

About 70% of the respondents said that they had heard of TEMA (The Turkish Foundation for Combating Erosion, Reforestation, and Protection of Natural Habitats) among the environmental organizations, while 13.3% said that they did not know any environmental organizations. Environmental organizations such as the Ministry of Environment and Urbanization (2.1%), the Ministry of Agriculture and Forestry (1.0%), the Foundation for the Protection and Promotion of the Environment and Cultural Values (CEKUL) (0.7%), the Green Crescent (9.4%), the Greenpeace Foundation (1.0%), and the CEVKO Foundation (0.7%), also known as Cevsan Recycling Limited Company (0.7%), were found to be other environmental organizations in Türkiye that university students knew the name of. These environmental organizations were found to be very important for the awareness and consciousness of individuals. Aminrad et al., (2011) and Jusoh et al. (2018) determined that non-governmental organizations were effective in increasing environmental awareness. Positive changes in environmental approaches increase environmental awareness. Karahan (2017) determined that managers who are members of non-governmental organizations and who receive environmental education are more sensitive to the environment. Individuals participating in the research have different thoughts about the environment. However, there are some important points that individuals find important in the environment. In particular, the concern about the destruction of forests, water conservation, increasing the areas reserved for natural life, the pleasure of hearing the sounds of birds and insects in open areas, the thought of climate change getting worse, and although it pays more for the goods and services it consumes, agriculture and It is thought that the industrial production should be controlled more. Moreover, individuals argue that it is important to have knowledge about the environment and that modern life seriously damages it (Table 2).

Table 2. Individuals' thoughts about the environment

Thoughts	N	Mean±SD	Median
Deforestation worries me	393	4.54±0.92	5.00
Saving water is crucial to me.	393	4.50±0.82	5.00
More space should be reserved for natural life	393	4.38±0.99	5.00
I like to hear the sounds of birds and insects when I am outdoors.	393	4.28±1.04	5.00
Climate change will get worse	393	4.25±0.97	5.00
To protect the environmental quality, industrial production needs to be controlled more.	393	4.21±0.92	4.00
I need to be informed about environmental issues and problems.	393	4.19±0.92	4.00
Modern life harms the environment	393	4.03±1.11	4.00
I believe that I will contribute to the solution of environmental problems with my behavior.	393	3.99±1.01	4.00
If the exhaust gas from a car exceeds the standards, it should not be allowed to be used.	393	3.95±1.17	4.00
I enjoy watching nature-related programs on TV.	393	3.85±1.13	4.00
It is very difficult for me to persuade my friend to do something positive about the environment.	393	2.75±1.18	3.00
There are enough laws and regulations to protect the environment in Türkiye.	393	2.19±1.10	2.00
I'm against environmental rules if they will limit my lifestyle	393	2.15±1.27	2.00
I do not like to read articles on nature and the environment.	393	2.10±1.11	2.00
It does not make much difference if I turn off the light on my way out of the classroom when many lights are on campus.	393	1.96±1.23	2.00
I think that concerns about many environmental issues are exaggerated.	393	1.95±1.14	2.00
I usually do not notice natural things such as flowers, trees, and birds when I am outdoors.	393	1.65±1.00	1.00

Scale: 1= I never agree, 2= I do not agree, 3= No idea, 4= I agree, 5= Absolutely I agree SD: Standard deviation

When the thoughts of individuals on saving and recycling are examined, it is understood that it is important to turn off the switches of unused appliances and lamps to save electricity and talk to people who harm the environment and try to discourage them from this behavior, while it is understood that individuals who think about water saving pay attention to the use of water while brushing their teeth (Table 3). Mansuroğlu and Dağ (2021) stated that technology or laws alone are not sufficient in solving environmental problems and that people's behavior and reactions are also important.

Table 3. The consciousness of individuals toward saving and recycling

Activities	N	Mean±SD	Median
I turn off unused appliances and lights to save electricity	399	4.30±0.94	5.00
I use paper towels	399	3.58±1.18	4.00
I talk to people who harm the environment and try to discourage them	399	3.45±2.81	3.00
I buy organically grown fruit and vegetables	399	3.34±1.15	3.00
I avoid buying products that use too much packaging material	399	3.07±1.10	3.00
I talk to my family and friends about solving environmental problems	399	3.04±1.12	3.00
I sort paper, plastic, glass, and cans at home for recycling	399	2.92±1.20	3.00
I always leave the water on while brushing my teeth	399	2.13±1.36	2.00

Scale: 1= Never, 2= Hardly ever, 3= Sometimes, 4= Often, 5= Always SD: Standard deviation

Although approximately three-fourths of the individuals participating in the research thought that they knew about environmental pollution, they did not have much knowledge about environmental terms. Individuals stated that they knew some of these terms and had never heard of them (Table 4). Climate change is one of the words that students participating in the research know the most. Then, organic agriculture, ecosystem, ozone, greenhouse effects, and acid rain occur, respectively. The least familiar words were non-point sources of pollution, followed by carbon footprint, environmental impact assessment, and sustainable development. In this context, Mansuroğlu and Dağ (2021) stated that it is important to develop students' awareness and attitudes about various environmental concepts and problems.

Table 4. Knowledge of individuals in some environmental terms

Terms	N	Mean±SD	Median
Organic Farming	396	1.32±0.56	1.00
Ecosystem	396	1.36±0.59	1.00
Ozone	396	1.48±0.56	1.00
Acid Rain	396	1.48±0.63	1.00
Greenhouse Effect	396	1.49±0.60	1.00
Sustainable Development	396	1.70±0.67	2.00
Environmental Impact Assessment	396	1.82±0.71	2.00
Carbon Footprint	396	1.92±0.80	2.00
Non-Point Pollution Sources	396	2.18±0.74	2.00

Scale: 1= I can define, 2= I know the word, but cannot define it, 3= I've never heard this word SD: Standard deviation

When the level of influence of individuals' information sources on the environment is examined, it is seen that the Internet (3.58±0.75), TV (3.08±0.91), and environmental organizations stand out the most, while the least important information source is the radio (Table 5). It is thought that this situation is due to the decline in the use of radio with the development of technology. It is also understood that information received from family, friends and school is not used frequently. With the increase in internet access in recent years, access to information has become easier. For this reason, people find answers to their questions on the Internet.

Table 5. Individuals' sources of information about the environment

Knowledge Sources	N	Mean±SD	Median
Internet	399	3.58±0.75	4.00
TV	399	3.08±0.91	3.00
Environmental organizations	399	2.79±0.96	3.00
Books, brochures, newspapers, magazines, etc.	399	2.78±0.87	3.00
My family	399	2.77±0.94	3.00
The knowledge received in high school	399	2.58±0.91	3.00
Friends	399	2.51±0.96	2.00
Radio	399	2.04±1.13	2.00

Scale: 1= Never, 2= Little, 3= Middle, 4= Very SD: Standard deviation

In the questions asked to raise awareness about the environment in individuals and to determine their level of knowledge, they were asked to indicate the most correct option. The answers provided by the majority of individuals participating in the research are listed (Table 6).

Table 6. Number of students with correct answers to some questions about the environment

Questions	Choices	Frequency	%
Ozon layer	Protects from global warming	141	35.1
Wetlands (like a pond)	It cleans the waters	168	41.9
The destination of your garbage	I don't know	125	31.0
The most dangerous substance in daily life	Batteries	185	45.9
Plant and animal existence	Biodiversity	322	79.9
Source of carbon monoxide	Factories and enterprises	287	71.4
The most important resource in electricity generation in Türkiye	Hydro-electric power	134	33.3
Cause of lake and river pollution	Spilling factory residues	280	69.5
A renewable resource	Forest	209	52.3
The most important threat to animal species	Destruction of natural shelters by humans	148	36.7
The share of nuclear energy in Türkiye's electricity generation (%)	10	108	28.5
The most important gas creating the greenhouse effect	Carbon dioxide	167	41.8

* While 35.1% of the individuals stated that the ozone layer, which is a protective layer in the upper atmosphere of Earth, protects people from global warming, 7.5% of them do not know, while others report that it protects them from acid rain, sudden temperature changes, and cancer-causing sunlight.

*While 41.9% of the individuals stated that the most important benefit of wetlands is that they clean the water before entering lakes, rivers, or oceans, 21.4% do not know, whereas others claim that the anti-flooding effect provides a good place for landfills and supports a low number of unwanted animals and plants.

* While 31% of the individuals stated that they did not know the last place where the garbage in their homes and dormitory went, others stated that there may be a garbage storage area, sewerage, and garbage incineration facilities in and outside the province.

* While 45.9% of the individuals claimed that the most dangerous material used in daily life in terms of environmental health was batteries, 3.7% did not know, while the others stated that they were plastic bags, glasses, and leftover food.

* While 79.9% of the individuals thought that biodiversity is the word that best describes the presence of plants and animals living in different environments, 3.7% did not know; the others reported diversity, development and socio-economics.

* While 71.4% of the individuals stated that the most important source of carbon monoxide gas that causes air pollution was factories and businesses, 5.7% of them did not know, while the others stated that there was human breath, trees, and motor vehicles.

* While 71.4% of individuals stated that the most important source of carbon monoxide gas that causes air pollution is factories and businesses, 5.7% do not know, and others have commented on human breath, trees, and motor vehicles.

* 69.5% of the individuals stated that the most important source of pollution of lakes and rivers was the spillage of factory waste, 4.5% did not know, and others reported city garbage disposal and surface water flowing from city streets and gardens.

* 52.3% of individuals stated that forests are a renewable resource, 17.8% do not know, while others stated options such as oil, iron ore, and coal.

* While 36.7% of the individuals stated that the most important factor threatening animal species was the destruction of natural shelters

by humans, 6.2% did not know, and the others stated that pesticides, the prevalence of hunting, and changes in weather conditions.

* While 28.5% of the individuals stated that nuclear energy constituted 10% of the total electricity production in Türkiye, the others stated 0.5, 20, and 40 options.

* While 41.8% of the individuals thought that the most important gas was created because of human activities and created a greenhouse effect as carbon dioxide, 14.8% did not know, while others emphasized options, such as nitrate, methane, and ozone.

According to these findings, individuals generally have environmental awareness and ideas about consumption and natural resources. Wong (2003), Talay et al., (2004), Oguz et al., (2010), Erdal et al., (2013), and Özen and Özen (2017) also stated in their studies that university students are aware and informed about environmental problems.

Individuals' preferences for opening environmental courses in universities to increase their environmental awareness vary. While 36.1% of the participants thought that environmental protection courses should be compulsory, 52.3% stated that they could be given as an elective course, and 11.6% stated that it was not necessary to give such a course. According to Jusoh et al. (2018), practice-based education has a more positive impact than knowledge-based education. It should also be an important value that should be emphasized to produce quality human capital. Li (2018) determined that implementing environmental education in school systems has become a primary issue in promoting environmental education.

4. Conclusions

The average age of the university students in this survey was 22 years. Most of the students were between the ages of 18 and 24. Furthermore, the average family size was five, and the monthly income of the households was inadequate. Women constituted approximately 55% of the population. Although the students believed they were aware, only 10% of them were members of environmental organizations. However, it has been recognized that students are eager to learn more about environmental challenges. In this study investigating the environmental awareness and attitudes of university students studying in different provinces of Türkiye, although approximately three-fourths of the individuals think that they know about environmental pollution, individuals do not have much knowledge about environmental terms. Despite knowing the main NGOs operating in the field of environment in Türkiye, it was determined that they did not show interest in these organizations as participantsIt was found that while three-fourths of the students desired environmental courses to be opened in universities, 36.1% of them wanted the course to be required. The environment suffers significantly in the improvement of community life. On the one hand, it provides benefits; on the other hand, it poses a great risk to future generations. For this reason, environmental education is central to raising environmental awareness in individuals and raising awareness about environmental protection. It is thought that education given to individuals as a group will have an easier effect on behavior change. Gathering individuals from different provinces under one roof at universities will facilitate intercultural interaction and pave the way for environmental sustainability. Changes in the behavior of individuals significantly affect future generations. Therefore, it is hoped that the results obtained in this study will contribute to environmental and climate change policies. It is also predicted to make significant contributions to the reports and development plans prepared by policymakers.

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.

Ethical Committee Approval

Ethical approval and permission for this study was obtained from Hatay Mustafa Kemal University Social and Human Sciences Scientific Research and Publication Ethics Committee. (Date: 07.04.2022, Number: 05, Decision No: 22)

References

Ahmad, J.H., Mustafa, H., Hamid, H.A., Wahab, J.A., 2011. Knowledge, attitude and practices of Malaysian society regarding environmental issues. *Akademika*, 81(3): 103-115.

Aktepe, V., Yel, S., 2009. Describing the value judgments of primary school teachers: The Case of Kırşehir Province, *Turkish Journal of Education Science*, 7(3): 607-622.

Aminrad, Z., Zakaria, S.Z., Hadi, A.S., 2011. Influence of age and level of education on environmental awareness and attitude: Case Study on Iranian students in Malaysian universities. *The Social Sciences,* 6(1): 15-19.

Alım, M., 2006. Environment and environmental education in primary school in Turkey within the process of the membership of European Union, *Kastamonu Education Journal*, 14(2): 599-616.

Aslan, O., Uluçınar, Ş., Cansaran, A., 2008. Adaptation of environmental attitude scale and determination of environmental attitudes of primary school students, *Selçuk University Journal of Ahmet Keleşoğlu Education Faculty,* 25: 283-295.

Bozkurt, O., Cansüngü, K.Ö., 2002. Primary school students' misconceptions about greenhouse effect in environmental education. *Jounal of Hacettepe University Faculty of Education,* 23: 61-72.

Çabuk, B., Karacaoğlu, C., 2003. Investigation of environmental sensitivities of university students. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences,* 36(2): 190-198.

Çetin, M., Saygin, S., Demir, H., 2020. Tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisi: Türkiye ekonomisi için bir eşbütünleşme ve nedensellik analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 17(3): 329-345.

Çiftci, S., Şakacı, B.K., 2015. Willingness of environmentally conscious consumers to reward and punish firms: Differences between female and male consumers. *Eskişehir Osmangazi University Jounal of FEAS,* 10(1): 287-296.

Erdal, H., Erdal, G., Yücel, M., 2013. Environmental awareness level study of university students: The example of Gaziosmanpaşa University. *Gaziosmanpaşa Journal of Sciences Research,* 4: 57-65.

Esen, A., Esen, M.F., 2018. Environmental education and awareness research. *Academic Review Journal,* 65.

Güriş, S., Astar, M., 2015. Statistics with SPSS in scientific research (2nd Ed.). DER Publications, Istanbul.

Jusoh, S., Kamarudin, M.K.A., Wahab, N.A., Saad, M.H., Rohizat, N.H., Mat, N.H.N., 2018. Environmental awareness level among university students in Malaysia: A review. *International Journal of Engineering & Technology,* 7(34): 28-32.

Kalaycı, Ş., 2016. SPSS Applied Multivariate Statistical Techniques (7th Ed.). Asil Publishing, Ankara.

Karahan, M., 2017. Determination of environmental sensitivity and awareness levels of business managers. *Manas Journal of Social Studies,* 6(4): 359–374.

Kurt Konakoğlu, S.S., 2020. A study for determining the level of consciousness, awareness and sensitivity of university students on environmental issues: The case study of the department of urban design and landscape architecture at the Amasya University, Turkey. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University,* 11(2): 130-141.

Li, Y., 2018. Study of the effect of environmental education on environmental awareness and environmental attitude based on environmental protection law of the people's Republic of China. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* 14(6): 2277-2285.

Mansuroğlu, S., Dağ, V., 2021. Determination of environmental sensitivity of undergraduate and university personnel's: Case study of Akdeniz University (Antalya), *Ege University Journal of Agriculture Faculty,* 58(2): 229-238.

Meydan, A., Doğu, S., 2008. Evaluation of primary school second grade students' views on environmental problems according to some variables, *Journal of Selçuk University Ahmet Keleşoğlu Education Faculty,* 26: 267-277.

Oğuz, C., Karakayacı, Z., 2017. Research and Sampling Methodology in Agricultural Economics (1st Ed.), Atlas Akademi.

Oğuz, D., Çakçı, I., Kavas, S., 2010. Environmental awareness of university students in Ankara, Turkey. *Journal of Agricultural Research,* 5(19): 2629-2636.

Oğuz, D., Çakçı, I., Kavas, S., 2011. Environmental Awareness of Students in Higher Education. *Journal of Süleyman Demirel University Faculty of Forestry,* 12: 34-39.

Öz-Aydın, S., Ekersoy, S., Özkan, B., 2022. To What extent do curricula support the realization of environmental literacy in Turkey? *Journal of Education for Life,* 36(1): 66-89.

Özen, R., Özen, A., 2017. A Study on the views of Fırat University veterinary faculty students on environmental problems. *Kocatepe Veterinary Journal,* 10(4): 247-255.

Panth, M.K., Verma, P., Gupta, M., 2015. The role of attitude in environmental awareness of under graduate students. *International Journal of Research in Humanities and Social Studies,* 2(17): 55-62.

Tahiroğlu, M., Yıldırım, T., Çetin, T., 2010. The effect of the environmental education activity developed in accordance with the value education methods on the attitudes of the 7th grade students towards the environment, Selçuk University Ahmet Keleşoğlu, *Journal of the Faculty of Education,* 30: 231-248.

Talay, İ., Gündüz, S., Akpınar, N., 2004. On the status of environmental education and awareness of undergraduate students at Ankara University, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution,* 21(3): 293-308.

Tapkı, N., Öztornacı, B., Davran, M.K., 2021. Tarımsal çevre kirliliği açısından üreticilerin bilinç düzeyi: Doğu Akdeniz bölgesi örneği. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences,* 5(3): 641-651.

Tavşancıl, E., 2014. Measuring Attitudes and Data Analysis with SPSS (5th Ed.). Nobel Publishing, Ankara.

Vaughan, C., Gack, J., Solorazano, H., Ray, R., 2003. The effect of environmental education on schoolchildren, their parents, and community members: A study of intergenerational and intercommunity learning. *The Journal of Environmental Education,* 34(3): 12-21.

Wong, K., 2003, The environmental awareness of university students in Beijing, China. *Journal of Contemporary China,* 12(36): 519-536.

To Cite	Acıbuca, V., Kaya, A., 2024. Environmental Awareness and Attitudes of University Students: The Case of Türkiye. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences,* 8(1): 237-246. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10852912.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):247-254, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):247-254, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10864850

Effect of *Aronia melanocarpa* (Michaux) Elliott Leaf Extract on Different Life Stages of *Trichogramma evanescens* (Westwood, 1833) (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Fahriye SÜMER ERCAN[1*], Sevcan ÖZTEMİZ[2], Aydın TUNÇBİLEK[3]
[1] Kırşehir Ahi Evran University, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Kırşehir
[2] Düzce University, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Düzce
[3] Erciyes University, Department of Biology, Faculty of Science, Kayseri
[*]Corresponding author: fahriye.ercan@ahievran.edu.tr

Abstract
Demonstrating the effectiveness of botanical extracts and essential oils on insect pests has become one of the alternatives to control methods. In this respect, botanical pesticides are a curicial resource but need to have minimal impact on natural enemies. The objective of this study is to assess the impact of *Aronia melanocarpa* leaf extract on the biological characteristics of different life stages of *Trichogramma evanescens*. Parasitized *Ephestia kuehniella* egg cards were immersed in *A. melanocarpa* leaf extract solutions (0.1%, 0.5% and 1%) and dH_2O (control) for 5 seconds at 24 hours, 48 hours, 72 hours and 192 hours after parasitism, corresponding to the egg, larvae, prepupal and pupal stages of *T. evanescens*, respectively. The parasitization, emergence and sex ratio of *T. evanescens* were evaluated. The prepupal stage of parasitoit was more susceptable than other stages. Egg and pupal stages were more resistant than larvae and prepupal stages (Egg LC_{50}: 0,772%, Pupa LC_{50}: 0,412% respectively). This is the first study on the insecticidal effects of *A. melanocarpa* leaf extract on egg parasitoid *T. evanescens*. The leaf extract of *A. melanocarpa* completely at prevented adult emergence at a dose of 1% in the prepupal stage.

Research Article

Article History
Received :29.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Trichogramma evanescens
Aronia melanocarpa
botanical pesticide
parasitization
natural enemy

1. Introduction

Egg parasitoids, particularly those of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), have been used for biological control programs far more frequently than other natural enemies. *Trichogramma* species prevents the hatching of the host insect from the egg to the larval stage and prevents it from damaging the plant (Wang et al., 2014). In this respect, its effectiveness in biological control is indisputable. In addition, its wide geographical distribution and simple rearing in the laboratory have made these natural enemies preferred in biological control programs. In Türkiye, the most common species is *T. evanescens* and has been detected in *Ostrinia nubilalis* eggs in the Black Sea, Marmara, and Mediterranean regions (Öztemiz, 2007).

Moreover, considering the importance of these natural enemies in biological control, they may still be insufficient against the target pest and may need to be used with alternative methods (Khan et al., 2015). Among these alternative control methods, chemical control should be the last resort to be considered within the scope of Integrated Pest Management (IPM) due to its negative effects on natural enemies. This situation has led researchers to discover environmentally friendly methods that are compatible with natural enemies in the control of insect pests, apart from chemical pesticides.

Investigation of aromatic plants and their powders, extracts and essential oils as biopesticides in terms of their insecticidal properties seems to be a good alternative (Lee et al., 2004). Many studies have been conducted on the effectiveness of botanical pesticides against stored product pests (Ercan et al., 2013). It is obvious that plants have a high potential in this sense and are an important resource. Unfortunately, some botanical pesticides can also be toxic to natural enemies (Regnault-Roger et al., 2012).

Aronia melanocarpa is a plant belonging to the Rosaceae family and is cultivated for fruit production. It grows naturally in the eastern region of North America and Canada. There are two species of the plant known as "chokeberry", *A. melanocarpa* (black chokeberry) and *A. arbutifolia* (red chokeberry) (Kulling and Rawel, 2008). Due to its high antioxidant activity, it is used in the prevention and treatment of many diseases, and therefore its production and use are widespread throughout the world (Oszmiański and Lachowicz, 2016). There are many studies on the anticancer, antimutagenic and antibacterial activity of Aronia (Jurikova et al., 2017).

Many recent studies show that essential oils and plant extracts obtained from aromatic plants are successfully used in the control of stored product pests (Erler, 2005; Negahban et al., 2007; Ayvaz et al., 2009). Additionally, it is very important to determine the effectiveness of these products against natural enemies within the concept of IPM. In this study, the effect of leaf extract of *A. melanocarpa*, which is known to be of medical importance, on different developmental stages of an important biological control agent *T. evanescens* was investigated. The results obtained will create an infrastructure for the use of natural enemies and botanical products together in integrated control programs.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material

The *A. melanocarpa* (Michaux) Elliott used in the study was purchased from the Aronia Sante company, which produces it in the Kırklareli province, Türkiye. The leaves of the purchased plant materials were dried and stored at 4 °C after grinding. The olid-liquid extraction method was used for the preparation of the leaf extract. Water was used as solvent for extraction (Tosun, 2009).

2.2. Parasitoid culture and bioassay

Egg parasitoid *T. evanescens* (Westwood, 1833) was collected from naturally parasitized *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Crambidae) eggs in Çukurova region, in Türkiye and reared on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyraidae) eggs under laboratory conditions. Parasitoids were cultured in a long daylight (16 h L: 8 h D) air-

conditioning chamber at 27±1 °C and 70±5% humidity. In experiments, *E. kuehniella* eggs were used as a host. Host eggs were sprinkled on egg cards with Arabic gum and placed in tubes along with single females of newly emerged *T. evanescens* females for 24 h. A drop of honey was placed on the edge of the egg card to feed the parasitoid. Egg cards with parasitized host eggs were immersed in *A. melanocarpa* leaf extract solutions (0.1%, 0.5% and 1%) and dH_2O (control) for 5 s at 24 h, 48 h, 72 h and 192 h after parasitism, corresponding to the egg, larvae, prepupal and pupal stages of *T. evanescens*, respectively (Battisti et al., 2020). Then, the egg cards were placed in air-conditioning chamber at at 27±1 °C and 70±5% humidity and with a long daylight (16 h L: 8 h D). The parasitization, adult emergence and sex ratio of *T. evanescens* were evaluated. Each replicate consisted of 50 eggs and 6 replicates were done for each concentration.

2.3. Data analysis

Tukey test in SPSS 10.0 at the $P < 0.05$ level was used to calculate the toxicity of the *A. melanocarpa* leaf extract on different life stages of insects. Probit analysis was used to forecast LC_{50} value (George and Mallery, 2019).

3.Results and Discussion

In the current study, *A. melanocarpa* leaf extract effectively killed the prepupal stage of *T. evanescens*. The insecticidal activity changed due to increasing concentrations of leaf extract solution. The prepupal stage of the parasitoit was more sustepcable than other stages. Egg and pupal stages were more resistance than larval and prepupal stages (Egg LC_{50}: 0,772%, Pupa LC_{50}: 0,412% respectively). A 100% mortality rate was obtained by the leaf extract solution of *A. melanocarpa* in 1.0% for 24 h against prepupal stage of parasitoit. In this study, the larvae of parasitoit were tolerant to the toxicity of *A. melanocarpa* leaf extract compared to prepupal stage (LC_{50}: 0,133% and 0,075% respectively).

In this research, the most sustepcable stage was determined to be the prepupal stage. The difference between the doses was found to be statistically significant in terms of adult, female and male emergence at the prepupal stage (Figure 3). Although the difference between the doses in terms of adult and female emergence in the egg, larval and pupal stages were statistically significant, the numerical decrease in the prepupal stage compared to the control was dramatic (Figure1-4).

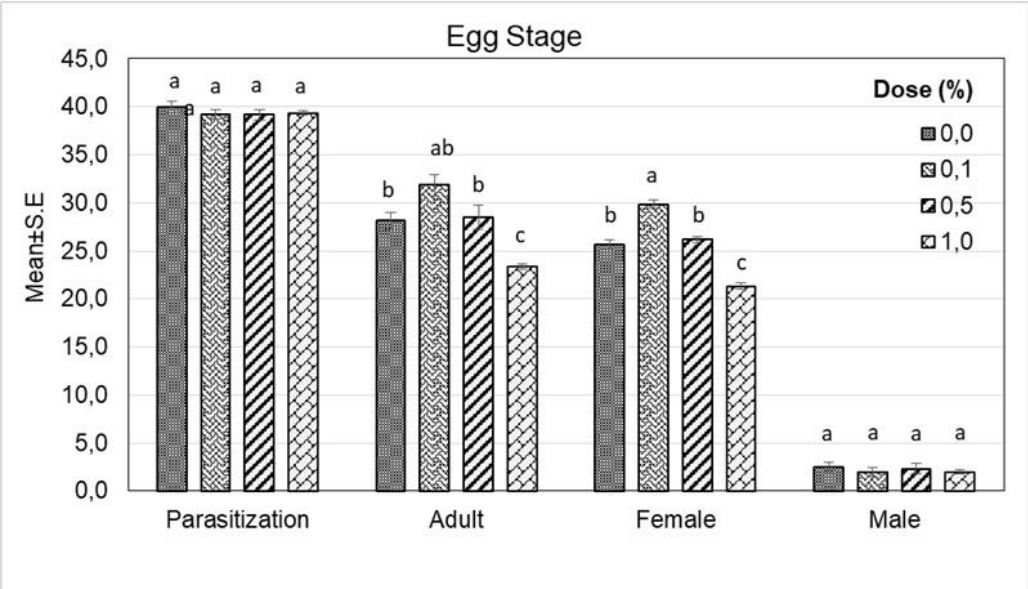


Figure 1. Mean percentages of parasitization, adult emergence and female emergence (±SE) of *T. evanescens* egg stage after different dose application of *A. melanocarpa* leaf extract

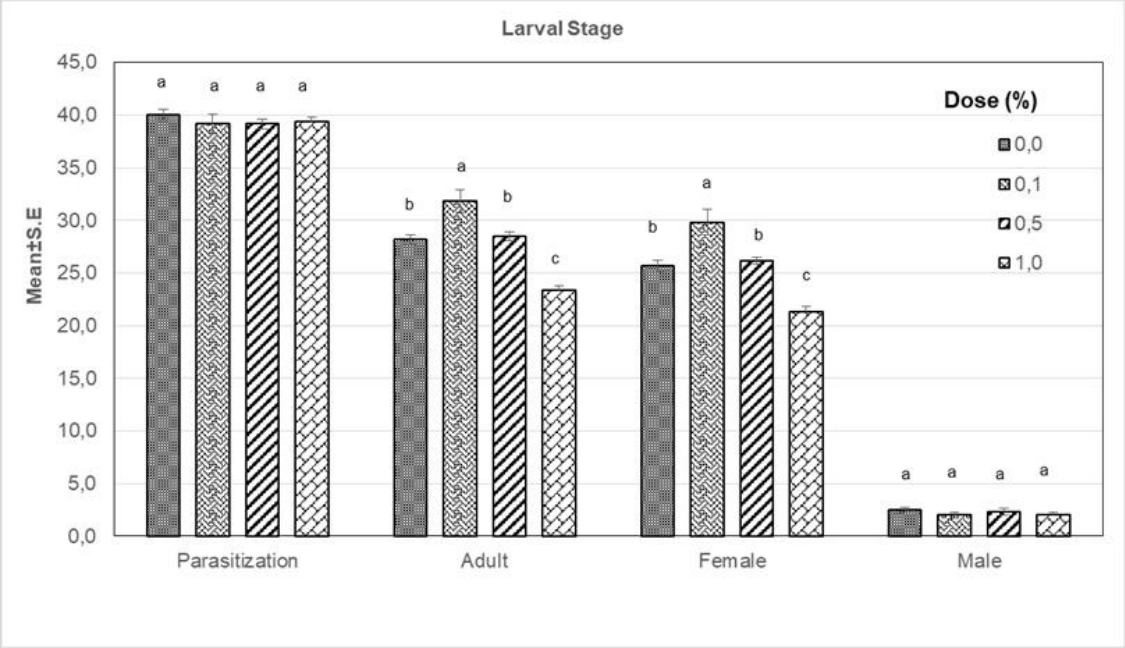


Figure 2. Mean percentages of percent parasitization, adult emergence and female emergence (±SE) of *T. evanescens* larval stage after different dose application of *A. melanocarpa* leaf extract

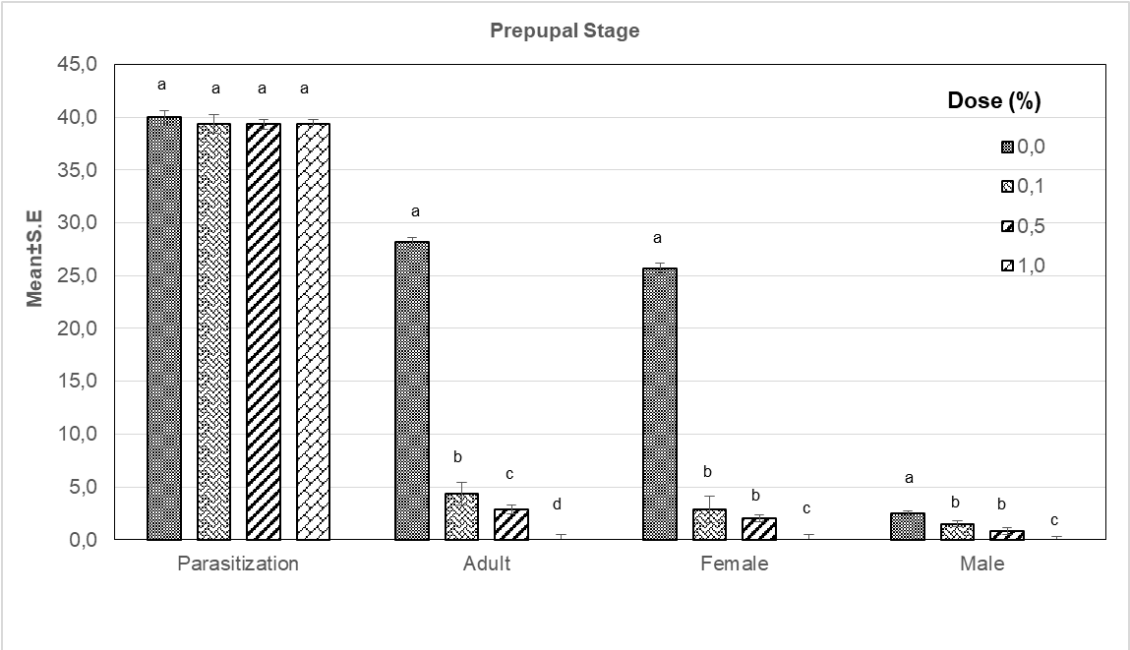


Figure 3. Mean percentages of percent parasitization, adult emergence and female emergence (±SE) of *T. evanescens* prepupal stage after different dose application of *A. melanocarpa* leaf extract

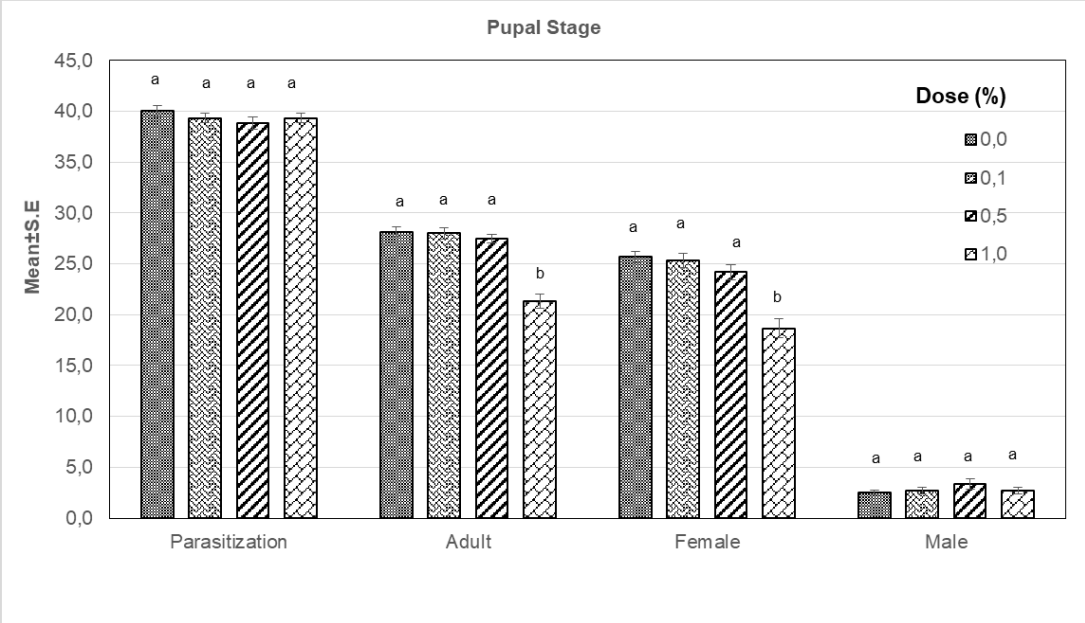


Figure 4. Mean percentages of percent parasitization, adult emergence and female emergence (±SE) of *T. evanescens* pupal stage after different dose application of *A. melanocarpa* leaf extract

No type of pesticide is entirely safe. However, it is known that botanical pesticides are relatively safer than synthetics. There are various examples of extracts and essential oils of botanical pesticides and, in low doses, do not cause significant harm to natural enemies. Moreover, the effect may based depending on the parasitoid type, active ingredient and dose (Tunca et al., 2012).

It is known that *Trichogramma* species are used effectively in biological control programs, and these species are polyphagous egg parasitoids (Koca et al., 2018). Unfortunately, beneficial insects are more sensitive than pests to the substances used in chemical control, and *Trichogramma* is one of them. Tavares et al. (2009) demonstrated that extracts obtained from Asteraceae selectively showed more insecticidal effect against *Trichogramma sp.*. In another study, it was shown that the essential oil of *Prangos ferulacea* reduced the development of *T. embryophagum* at the egg stage (Ercan et al., 2013). In the same study, it was determined that the pupal stage was more tolerant than the egg stage. Many studies are known to determine the effects of various plant products on *Trichogramma* species. Asrar et al. (2022) were determined neem seed extract effect on *T. chilonis*. In another study, the insecticidal effect of *Annona muricata* plant extract on stored product pest, *Ephestia kuehniella* and biological control agent *T. evanescens* was investigated (Ata and Ercan, 2019). Monaj et al. (2020), determined the effect of coriander plant extract on the parasitization behaviour of *T. chilonis*. Gladenucci et al. (2020) investigated the selectivity and sublethal effects of some botanical extracts to pupal stage of *T. pretiosum*. Oudenhove et al. (2023) studied the non-target effects of ten essential oils on the *T. evanescens*. Tunca et al. (2016) were investigated the effect of azadirachtin, pyrethrum and d-Limone on the parasitism rate of *T. pintoi*. They reported that the most susceptable stage of parasitoid was larval stage. In adult toxicity experiment, pyrethrum was found to be more toxic than azadirachtin. In our study, we determined that the most susceptable stage was the prepupal stage.

In integrated production systems, pest control is achieved using natural enemies like parasitoids and predators, but chemical or organic-based insecticide applications are necessary for complete control. It is desirable for plant-derived insecticides to be selective

for non-target organisms like natural enemies (Zanuncio and Lacerda, 2018). However, sometimes plant-derived products can negatively affect these beneficial insects. For example, Gonçalves-Gervazio and Vendramim, 2004 were found that Azadirachtin formulations reduced the emergence of *T. cacoeciae*. In another study, the applied oils did not prevent the parasitoid from completing its lifecycle, although it reduced the female longevity of *T. chilonis* (Packiam and Ignacimuthu, 2012). In our study, it was determined that *A. melanocarpa* leaf extract completely prevented the parasitoid from completing its life cycle when applied at the prepupal stage (1.0% dose).

4. Conclusions

This is the first study on the insecticidal effects of *A. melanocarpa* leaf extract on *T. evanescens*. The leaf extract of *A. melanocarpa* completely prevented adult emergence at a dose of 1.0% in the prepupal stage. Different life stages of insects have different sensitivities to crop products. In this research, the sensitivity or resistance of different life stages of the parasitoid to the relevant plant extract was determined to be different from each other. The results revealed the effects of this plant extract on beneficial insects. Therefore, in a biological control program to be planned against crop product pests, first the release of egg parasitoid, after the parasitoid overcomes the prepupal stage, the application of *A. melanocarpa* leaf extract will ensure the success of the program. Thus, combined but sequential application of the parasitoid and plant extract suppresses the population density of the pest.

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

Asrar, M., Ali, S., Mushtaq, N., Zia, K., Bibi, R., Akhtar, I., Hussain, D., Li, Y., Niaz, Y., Alwahibi, M.S., Elshikh, M.S., Kubik, S., 2022. Toxicity of neem seed extract and different insecticides on *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Journal of King Saud University-Science*, 34(6): 102135.

Ata, F.K., Ercan, F., 2019. Determination of insecticidal activity of *Annona muricata* plant extract against *Ephestia kuehniella* (Lep: Pyralidae) and its egg parasitod *Trichogramma evanescens* (Hym: Trichogrammatidae), *Science and Technıque in The 21st Century*, 6(11): 1-6.

Ayvaz, A., Karaborklu, S., Sagdıc, O., 2009. Fumigant toxicity of five essential oils against the eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Asian Journal of Chemistry*, 21: 596-604.

Battisti, L., Warmling, J.V., Vieira, C.F., Oliveira, D.H.R., Lima, Y.R.A., Potrich, M., Bueno, A.F., Lozano, E.R., 2020. Side Effects of Organic Products on *Telenomus p*odisi (Hymenoptera: Platygastridae), Biological and Microbial Control, *Journal of Economic Entomology*, 113(4): 1694–1701

Ercan, F.S., Bas, H., Koç, M., Pandır, D., Öztemiz, S., 2013 Insecticidal activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (Umbelliferae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(1): 719-725.

Erler, F., 2005. Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against the two stored-product pests confused flour beetle, *Tribolium confusum*, and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 112: 602-611.

George, D., Mallery, P., 2019. IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference. Routledge.

Gladenucci, J., Marasca, I., Filho, J.C.A.P., Bonfim, F.P.G., Bue, R.C.O.F., 2020. Selectivity and Sublethal Effects of Botanical Extracts to Pupae of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Experimental Agriculture International*, 42(9): 136-146.

Gonçalves-Gervásio, R.C., Vendramim, J.D., 2004. Efeito de extratos de meliáceas sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomolology*, 33: 607-612.

Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., Snopek, L., Orsavova, J., 2017. Fruits of black chokeberry *Aronia melanocarpa* in the prevention of chronic diseases. *Molecules*, 22(6): 1–23.

Khan, M.A., Khan, H., Ruberson, J.R., 2015. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest Management Science*, 71: 1640–1648.

Koca, A.S., İmren, M., Kütük, H., 2018. Determination of the Genetic variation within the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae*, Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) populations in Düzce province, Turkey. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 4(1): 26-32.

Kulling, S.E., Rawel, H.M., 2008. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*), A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Medica*, 74(13): 1625–1634.

Lee, B., Annis, P.C., Tumaalii, F., Choi, W., 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research*, 40: 553–564.

Manoj, P.D., Ravi, G., Vellaikumar, S., Manivannan, M.I., 2020. Effect of coriander plant extract on the parasitizationbehaviour of *Trichogramma chilonis* Ishii (Trichogrammatidae: Hymenoptera). *Entomon*, 45(1): 61-68.

Negahban, M., Moharramipour, S., Sefidkon, F., 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia siberi* Besser against three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43: 123-128.

Oszmiański, J., Lachowicz, S., 2016. Effect of the production of dried fruits and juicefrom chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules*, 21(8): 1098.

Oudenhove, L., Cazier, A., Fillaud, M., Lavoir, A.V., Fatnassi, H., Perez, G., Calcagno, V., 2023. Non-target effects of ten essential oils on the egg parasitoid *Trichogramma evanescens*. *Peer Community Journal Section: Zoology*, 3(e2).

Öztemiz, S., 2007. *Trichogramma* Species Egg Parasitoids of Lepidoptera in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 109: 718–720.

Packiam, S.M., Ignacimuthu, S., 2012. Effect of PONNEEM# on *Spodoptera litura* (Fab.) and its compatibility with *Trichogramma chilonis* Ishii. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55: 291-298.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J.T., 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57: 405–424.

Tavares, W.S., Cruza, I., Petacci, F., Lourenço, S., Freitas, S.S., Zanunciod, J.C., Serrãoe, J.E., 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Industrial Crops and Products*, 30: 384–388.

Tosun, G., 2009. Üzüm çekirdeğinden monomerik flavan-3-ol bileşiklerinin ekstraksiyonunun optimizasyonu ve kütle transfer parametrelerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Tunca, H., Kılınçer, N., Özkan, C., 2012. Side-effects of some botanical insecticides and extracts on the parasitoid, *Venturia canescens* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Turkish Journal of Entomology*, 36(2): 205-214.

Tunca, H., Tatlı, S., Moran, H.H., Ozkan, C., 2016. Effects of Some Botanical Insecticides on The Egg Parasitoid *Trichogramma pintoi* Voegele (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(2): 429-443.

Wang, Z.Y., He, K.L., Zhang, F., Luc, X., Babendreier, D., 2014. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. *Biological Control*, 68: 136–144.

Zanuncio, J.C., Lacerda, M.C., Alcántara-de, la Cruz, R., 2018. Glyphosate-based herbicides toxicity on life history parameters of zoophytophagous *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147: 245-250.

To Cite	Sümer Ercan, F., Öztemiz, S., Tunçbilek, A., 2024. Effect of *Aronia melanocarpa* (Michaux) Elliott Leaf Extract on Different Life Stages of *Trichogramma evanescens* (Westwood, 1833) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 247-254. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10864850.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):255-265, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):255-265, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10864859

Genome-Wide Characterization of Expansin Gene Family in *Cannabis sativa*

Hülya SİPAHİ[1]
[1] Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Eskisehir
*Corresponding author: hulya.sipahi@ogu.edu.tr

Abstract
Expansins loose plant cell walls and play diverse roles in plant growth and development, germination, fruit ripening and softening, fiber development, and biotic/abiotic stress response, especially adaptation to the osmotic and oxidative stresses caused by drought stress. In this study, genome-wide analysis of the expansin gene family in *Cannabis sativa* was performed for the first time. A total of 29 *expansin* genes were found in the *C. sativa* genome. These genes were classified into four subfamilies, including 18 C*sEXPAs*, 5 *CsEXPBs*, 1 *CsEXLAs*, and 5 *CsEXLBs* family members. Phylogenetic analysis showed that the cannabis, Arabidopsis and rice expansins were divided into ten subgroups. 29 cannabis expansin genes were unevenly distributed among nine cannabis chromosomes. Most expansin genes have 3 exons while the number of introns and exons among expansin genes ranged from 1 to 4 and from 2 to 5, respectively. The promoter regions of 29 cannabis expansin genes contained diverse cis-elements that are involved in the development, environmental stress, hormones, and light responsiveness. This initial study is a useful resource for further research on the potential roles of expansin in fiber development, plant growth and development, and environmental stress response.

Research Article

Article History
Received :30.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Expansin
Cannabis sativa
bioinformatics

1. Introduction

The plant cell wall provides structural integrity and physical support to the plant, and the effects of cell wall components have important implications in many areas, from the cell's response to environmental stimuli to the production of renewable fuels, from fiber quality for textile and paper production to food quality and processing. Plant cell wall contain cellulose microfibrils, hemicellulose, pectin, lignin, and protein. During plant growth or adaptation to changing environmental conditions, the cell wall can be loose, remodeled, and elongated. Expansin proteins located in the cell wall can rearrange the shape of cellulose microfibrils in the extracellular matrix by loosening the H-bonds in a pH-dependent manner (Sampedro and Cosgrove, 2005).

The plant expansin multigene family (EXP) consists of α-expansin (EXPA), β-expansin (EXPB), expansin-like A (EXLA) and expansin-like B (EXLB) subfamilies according to phylogenetic relationship (Sampedro and Cosgrove, 2005). Plant expansins are small proteins of approximately 250-275 amino acids in size, and they contain DPBB_1 and Pollen_allerg_1 conserved domains (Sampedro and Cosgrove, 2005). By providing cell wall plasticity, expansins play an effective role in plant growth and development (Pien et al., 2001; Kuluev et al., 2012, 2013; Zhou et al., 2015), seed germination (Huang et al., 2000; Chen et al., 2001, (Morris et al., 2011; Yan et al., 2014), pollen tube penetration into the stigma (Valdivia et al., 2007), fruit ripening and softening (Civello et al., 1999), fibre development (Shimizu et al., 1997), and biotic and abiotic stress response (Han et al., 2015; Zhou et al., 2015; Zhang et al., 2018; Cosgrove, 2015; Jin, et al., 2020).

Cannabis sativa is a plant of economic value with many different uses such as textile, food, paper, bioplastic, insulation, biofuel, and pharmaceutical industry. Thus, *Cannabis sativa* is divided into two separate varieties for industrial (hem) and pharmaceutical (marijuana) uses. Textile products made from the fashion industry is embracing hemp fibers because The fabric is breathable, lightweight, tough and durable (Islam et al., 2021). Additionally, the ability to grow hemp without the need for pesticides or herbicides is important for sustainability. In the use of hemp in all these areas, knowing the structural properties of the cell wall can enable the product to be developed in the desired direction. Cannabis marijuana is especially important for the production of THC and CBD for medical use.

In this study, a genome-wide characterization of the expansin genes in the cannabis genome was carried out to determine their structural properties and evolutionary relationships, chromosomal locations, the cis-acting elements involved in the development, response to light, hormones, and environmental stress, and *in silico* gene expression.

2. Materials and Methods

The expansin protein sequences of *A. thaliana* (ATEXPAs, ATEXBs, ATEXLAs, ATEXLBs) derived from TAIR (https://www.arabidopsis.org/) were used as queries to identify expansin genes in *Cannabis sativa* genome (ASM2916894v1, NCBI https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCF_029168945.1/) using BLASTp with a (1e-5) E-value. All candidate expansin protein sequences were submitted to the HMMER v2.43 online program (https://www.ebi.ac.uk/Tools/hmmer/search/phmmer) to identify conserved domains. The proteins were checked using DPBB_1 domain Lytic transglycolase (PF03330) and expansin C-terminal domain (pollen allergen domain, PF01357) at Pfam (http://pfam.xfam.org/) (Mistry et al., 2021). The signal peptide and the transmembrane domains were detected using the HMMER v2.43 online program.

The phylogenetic tree was drawn according to the Neighbor-joining method (Saitou and Nei, 1987) with 1000 replicates using MEGA11 (Tamura et al., 2021). ClustalW was performed to align amino acid sequences of expansin protein from *C. Sativa, A. thaliana,* and *Oryza sativa*. *O. sativa* and *A. thaliana*

expansin sequences were retrieved from TAIR (www.arabidopsis.org/), the Rice Genome Annotation Project (http://rice.plantbiology.msu.edu/), and the Expansin Central website (http://www.personal.psu.edu/fsl/ExpCentral/index.html). MEME v5.5.2 (https://meme-suite.org/meme/tools/meme) (Bailey et al., 2009) was utilized to find conserved 20 motifs. The gene structures were detected using the gene structure display server v2.0 (http://gsds.gao lab.org/). The chromosome mapping of the expansin genes on the cannabis chromosome was using the locations information of expansin genes derived NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/). The syntenic relationships with *A. thaliana* were detected. The 2000-bp upstream of gene sequences retrieved from NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/) were used as queries on the PLANTCARE (http://bioinformatics.psb.ugent.be/ webtools/plantcare/html/) (Lescot et al., 2002) to find cis-acting elements. Heatmaps and chromosome map were drawn using TBtools-II (Chen et al., 2023).

For enrichment analysis, functional classification of cannabis expansins was conducted with the DAVID Gene Functional Classification online tool (https://david.ncifcrf.gov/). The gene ontology terms were assumed as significantly enriched according to the P values ($P \leq 0.05$).

3. Results and Discussion

A total of 29 *expansin* genes were found in *C. sativa* genome (ASM2916894v1). The expansin genes have been named and numbered according to species name, expansion subfamily, and chromosomal location (Table 1). Cannabis expansins were classified into four subfamilies, including eighteen Cs*EXPAs*, five *CsEXPBs*, one *CsEXLAs*, and five *CsEXLBs* family members. All of them contained DPBB_1 domain and pollen allergen domain. The number of expansin genes detected in many species varied, regardless of genome size for example, 38 in tomato (Lu et al., 2016), 39 in potato (Li et al. 2020), 52 in tobacco (Ding et al., 2016), 58 in rice (Hemalatha et al., 2011), 75 in soybean (Feng et al., 2022) and 88 in maize (Zhang et al., 2014) and 93, 49 and 45 in the *G. hirsutum, G. arboreum* and *G. raimondii* (Lv et al., 2020), respectively.

The sequence length of cannabis expansin proteins varied from 245 aa (CsEXPA14) to 339 aa (CsEXPA18). The molecular weight ranged from 26.41 kDa (CsEXPA14) to 37.99 (CsEXPA18) kDa. The isoelectric point (pI) also varied from 4.82 to 10.12 (Table 1).

Table 1. The characteristics of expansin proteins in *C. sativa*

	Gene name	Protein ID	Molecular weights (kDa)	pI	Length (aa)
1	CsEXPA1	XP_030488120.1	26.98	8.37	254
2	CsEXPA2	XP_030490280.1	27.73	9.43	258
3	CsEXPA3	XP_030490239.1	28.83	10.12	257
4	CsEXPA4	XP_030506062.1	27.31	8.62	255
5	CsEXPA5	XP_030503724.1	27.95	9.63	258
6	CsEXPA6	XP_030492538.1	26.88	8.99	249
7	CsEXPA7	XP_030493381.2	31.78	9.38	283
8	CsEXPA8	XP_030502783.1	28.76	9.62	262
9	CsEXPA9	XP_030509858.1	26.91	9.39	251
10	CsEXPA10	XP_030479717.2	28.10	9.45	259
11	CsEXPA11	XP_060957840.1	28.14	9.63	259
12	CsEXPA12	XP_030481299.1	27.87	8.06	259
13	CsEXPA13	XP_030482760.1	26.44	9.32	248
14	CsEXPA14	XP_030483891.2	26.41	9.42	245
15	CsEXPA15	XP_030483935.1	27.73	8.4	250
16	CsEXPA16	XP_030500063.1	27.79	9.32	255
17	CsEXPA17	XP_030508707.1	27.51	9.59	257
18	CsEXPA18	XP_030486138.2	37.99	9.33	339
19	CsEXPB1	XP_030488027.1	29.26	9.02	272
20	CsEXPB2	XP_030502623.2	29.69	7.53	279
21	CsEXPB3	XP_030500448.2	29.11	6.4	278
22	CsEXPB4	XP_030501582.2	29.11	6.4	278
23	CsEXPB5	XP_030507862.2	29.02	8.9	267
24	CsEXPLA1	XP_030485441.1	28.12	8.6	261
25	CsEXPLB1	XP_030501721.2	29.33	9.21	261
26	CsEXPLB2	XP_030501803.2	29.30	9.15	261
27	CsEXPLB3	XP_030501763.1	29.37	9.21	262
28	CsEXPLB4	XP_030500425.2	27.90	6.07	253
29	CsEXPLB5	XP_030502993.2	28.04	4.82	255

The evolutionary relationships of cannabis expansins were shown in the phylogenetic tree (Fig. 1). The expansins from *Arabidopsis* (35) and rice (55) which have already been classified were included in this phylogenetic tree. The four groups of cannabis expansins (CsEXPA, CsEXPB, CsEXLA, and CsEXLB) were classified into four separate groups according to their similarity to homologous of *A. thaliana* and *O. sativa*. All expansins are divided into 10 subgroups. EXPA was the largest group, which had five subgroups with seventy-seven members, EXLA was the smallest group, including fifteen expansin members (Fig. 1). The fact that cannabis expansins were clustered in the same groups with Arabidopsis and rice expansin proteins indicates that expansin genes evolved before the monocot-dicot divergence.

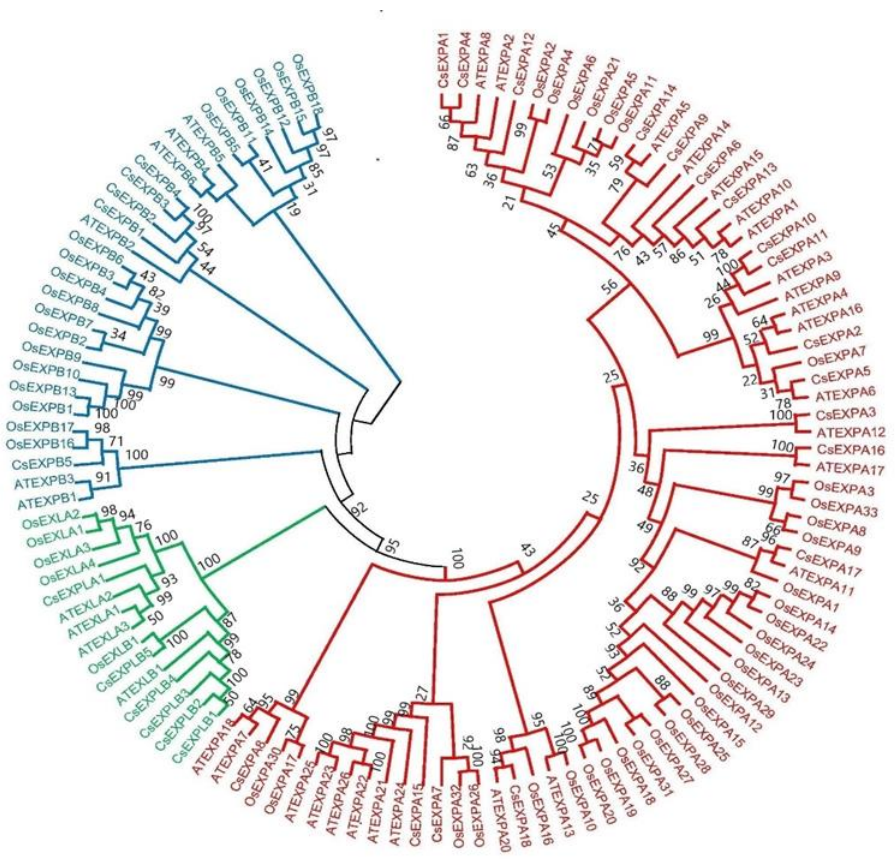


Figure 1. Phylogenetic analysis of the expansin family members of *C. sativa*, *A. thaliana*, and *O. sativa*.

Most of cannabis expansin proteins were found in extracellular membrane, vacuole and chloroplast (Fig. 2). Only CsEXPB2 was found in endoplasmic reticulum plasma.

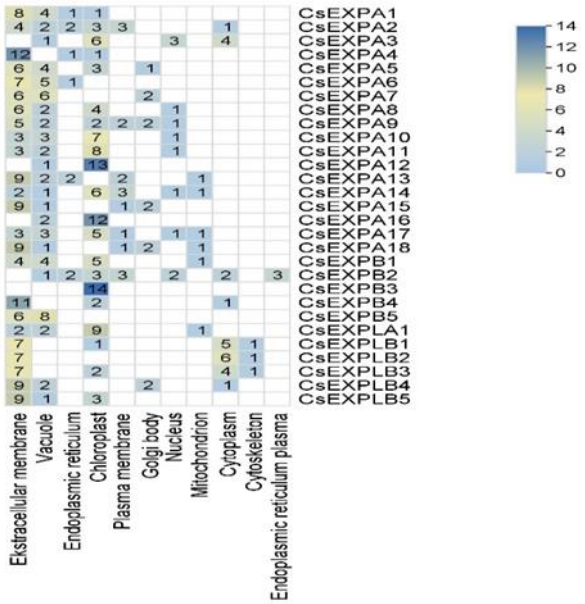


Figure 2. The subcellular localization of cannabis expansin proteins.

The 29 *expansin* genes are distributed on nine chromosomes (Fig. 3). While *CsEXPLB* genes are located contiguously on chromosome 5, *CsEXPA* genes are distributed on all chromosomes except chromosome 4.

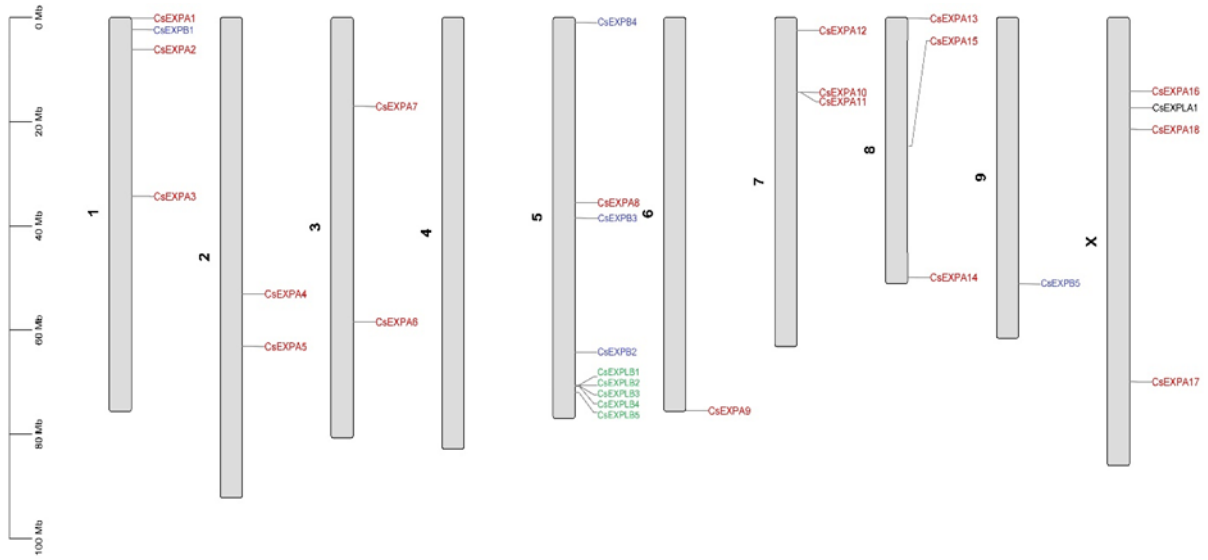


Figure 3. Chromosomal locations of expansin genes in cannabis chromosomes

The synteny analysis revealed syntenic relationships between *C. sativa* and *A. thaliana* (Fig. 4). Thirteen expansin genes (*CsEXPA1*, *-2*, *-6*, *-8*, *-10*, *-14*, *-15*, *-16*, *-17*, *-18*, *CsEXPB 3*, *-5*, *CsEXPLB1*) were found to be orthologous with *A. thaliana* expansins.

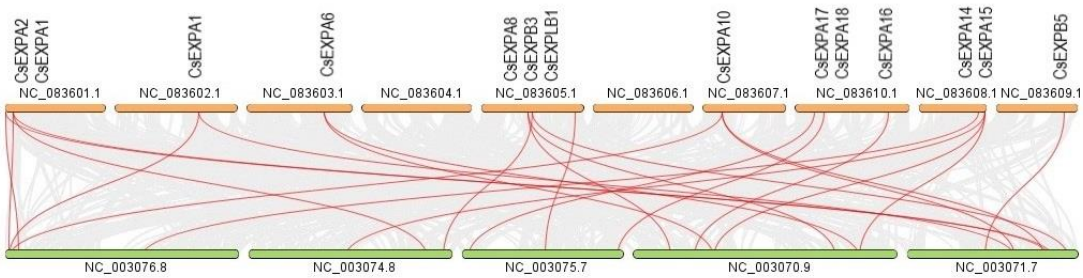


Figure 4. Syntenic relationship between *C. sativa* and *A. thaliana*. Red lines indicate syntenic lines while the grey color shows shared genomic blocks between the organisms.

To assess the divergence between the *expansin* genes, various conserved motifs and the pattern of their distribution between the genes were detected. Cannabis expansins have 6-9 different motifs, with the least motif being CsEXPLA1. Most of the cannabis *expansin* genes (23 genes) have three exons (Fig. 5). Only *CsEXPA5* contains two exons, while *CsEXPLA1* and *CsEXPLB5* contain five exons. *CsEXPA7*, *-11*, and *CsEXPLB52* have the longest introns.

The cis-acting elements on the promoter of the cannabis expansin genes are shown in Fig. 6. A total of 69 cis-elements associated with development, hormones, light, and response to environmental stimuli have been identified in the promoters of expansin genes, indicating the multifunctional role of expansins. Twelve development-related cis-elements were

discovered. AAGAA-motif (involved in the endosperm-specific negative expression), as-1 root-specific elements, and circadian cis-acting elements were especially found in many *expansin* gene promoters. The role of expansins in cell wall modification during root hair morphogenesis has been proven through various studies. Expression of the β-expansin *HvEXPB1* gene containing five root hair-specific cis-elements (RHEs) has been shown to be root hair specific and associated with root hair formation in barley (Won et al., 2010). Also, the soybean expansin *GmEXPB2* gene was found to be involved in root hair elongation (Guo et al., 2011). Rice a β-expansin gene (*OsEXPB2*) is found to have a role in rice root system architecture (Zou et al., 2015). Cho and Cosgrove (2000) indicated maximum expression of *AtEXP10* in the growing leaf and at the base of the pedicel and concluded that expansins have developmental roles of organ size, morphology, and abscission.

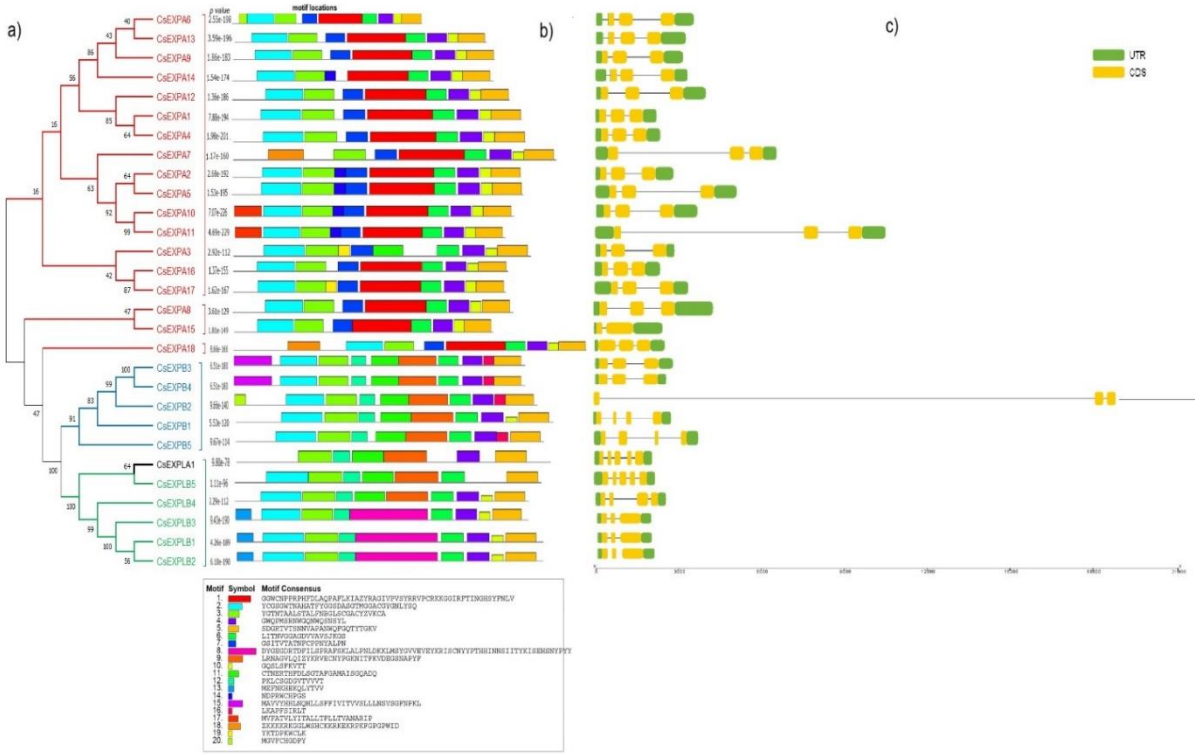


Figure 5. a) Phylogenetic relationships of the cannabis expansins. b) motifs found in the protein sequences of cannabis expansins. c) exon–intron organizations of cannabis expansion genes. exons and introns were shown by yellow boxes and black lines, respectively. twenty motifs were shown by different colored boxes.

Fifteen of environmental-stress-related cis-acting elements were observed. These are LTR (low-temperature responsiveness), MBS (drought-inducibility), TC-rich repeats (stress responsiveness), ARE (anaerobic induction), DRE (dehydration, low-temp, and salt stresses), W box and WUN-motif (wound-responsive elements). The abscisic-acid-responsive cis-elements, including ABRE, ABRE2, ABRE3a, and ABRE4, were found in many expansin gene promoters. 23 expansin genes possessed the ethylene-responsive element (ERE). MeJA-responsive element (TGACG-motif, TATC-box, and CGTCA-motif), auxin-responsive (AuxRR-core, TGA-box, and TGA-element), gibberellin-responsive element (GARE-motif), and salicylic-acid-responsive (TCA, TCA-

element) were detected in several *expansin* gene promotors. Finally, most cannabis expansin genes possess Box 4, G-Box, and TCT-motif light-related cis-elements.

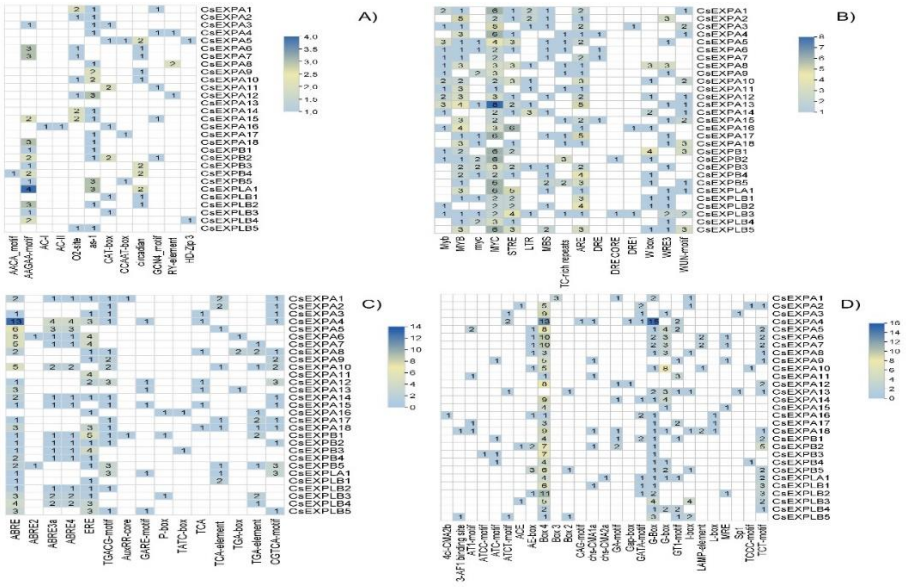


Figure 6. a) Development-related cis-acting elements, b) environmental stress response cis-elements, c) hormone response cis-elements, d) the light response cis-elements in cannabis expansin gene promoters.

10 and 8 cannabis expansins that are ortologous to *Arabidopsis* interacted with XTH23 (Probable xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase protein 23) and XTH8 (probable xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase protein 8; Catalyzes xyloglucan endohydrolysis), respectively (Figure 7). XTH23 and XTH8 cleave and religates xyloglucan polymers, thereby participating in the cell wall construction of growing tissues.

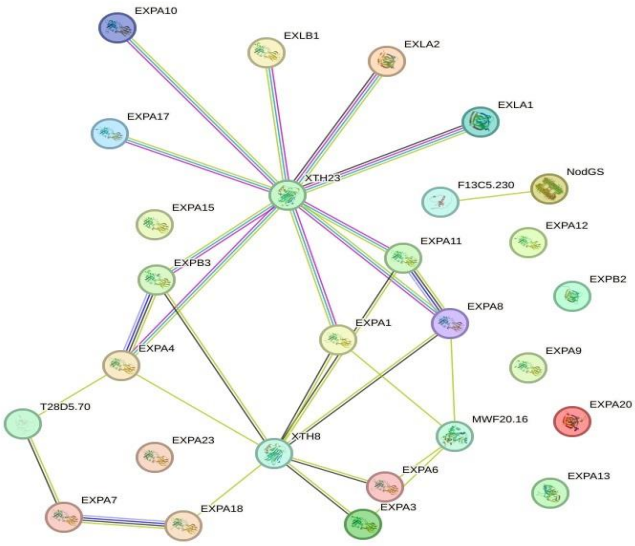


Figure 7. Protein-protein interaction of cannabis expansion

When the investigating data of the transcriptome changes of drought-stressed cannabis cultivar, compared to irrigated control cannabis cultivar by Gao et al. (2018), it was found that *CsEXPA11* (-3.35 fold), *CsEXPA13* (-1.5 fold), *CsEXPA14* (-2.32 fold), *CsEXPA3* (-1.91 fold) and *CsEXPA8* (-3.22 fold) genes were down-regulated. When trichomes and root tissue transcriptome data (Yeo et al. 2022) were compared, *CsEXPA13* showed down-regulation in trichomes, while *CsEXPA17* showed up-regulation in all cultivars. GO enrichment analysis of cannabis expansins showed that the identified expansins were classified into two main categories: biological processes and cellular components (Figure 8A). In biological processes, most of the cannabis expansins were involved in cell wall organization or biogenesis. The enrichment analysis of this protein family based on cellular component showed that these proteins are mainly extracellular region and membrane (Figure 8B).

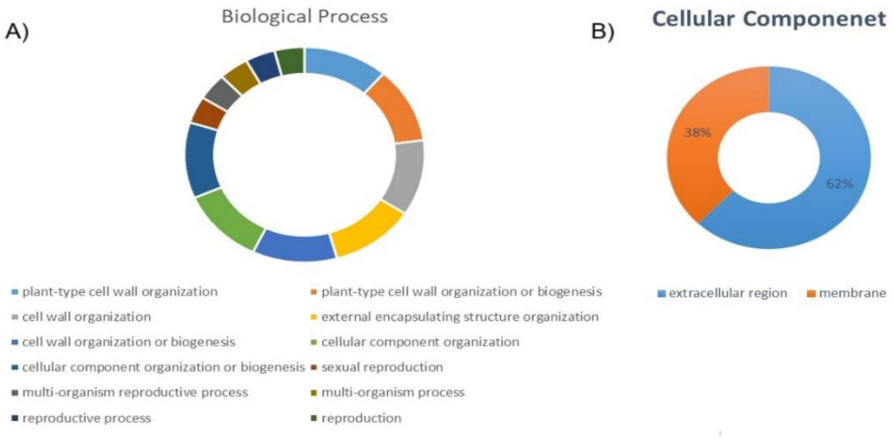


Figure 8. Biological process and cellular component of expansin in cannabis

4. Conclusion

Through the action of proteins such as expansins, the cell wall is constantly assembled, reshaped and disassembled throughout the life of the plant. This process is very important in the growth of the plant and its response to environmental factors. The effect of expansion on the cell wall is to provide plasticity. In this study, expansin proteins in cannabis plants were identified bioinformatically. This basic information is vital for future product improvement programs, especially in studies such as fiber development.

References

Chen, F., Dahal, P., Bradford, K.J., 2001. Two tomato expansin genes show divergent expression and localization in embryos during seed development and germination. *Plant Physiology*, 127(3): 928-936.

Chen, C., Wu, Y., Li, J., Wang, X., Zeng, Z., Xu, J., Liu, Y., Feng, J., Chen, H., He, Y., Xia, R., 2023. TBtools-II: A "one for all, all for one" bioinformatics platform for biological big-data mining. *Molecular Plant* 16: 1733–1742.

Cho, H.T., Cosgrove, D.J., 2000. Altered expression of expansin modulates leaf growth and pedicel abscission in Arabidopsis thaliana. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(17): 9783-9788.

Cosgrove, D.J., 2015. Plant expansins: diversity and interactions with plant cell walls. *Current Opinion in Plant Biology*, *25*: 162-172.

Civello, P.M., Powell, A.L., Sabehat, A., Bennett, A.B., 1999. An expansin gene expressed in ripening strawberry fruit. *Plant Physiology*, 121(4): 1273-1279.

Ding, A., Marowa, P., Kong, Y., 2016. Genome-wide identification of the expansin gene family in tobacco (Nicotiana tabacum). *Molecular Genetics and Genomics*, 291(5): 1891-1907.

Feng, X., Li, C., He, F., Xu, Y., Li, L., Wang, X., Li, F., 2022. Genome-wide identification of Expansin genes in wild soybean (Glycine soja) and functional characterization of Expansin B1 (GsEXPB1) in soybean hair root. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(10): 5407.

Gao, C., Cheng, C., Zhao, L., Yu, Y., Tang, Q., Xin, P., Zang, G., 2018. Genome-wide expression profiles of hemp (*Cannabis sativa* L.) in response to drought stress. *International Journal of Genomics*.

Guo, W., Zhao, J., Li, X., Qin, L., Yan, X., Liao, H., 2011. A soybean β-expansin gene GmEXPB2 intrinsically involved in root system architecture responses to abiotic stresses. *The Plant Journal*, 66(3): 541-552.

Han, Y., Chen, Y., Yin, S., Zhang, M., Wang, W., 2015. Over-expression of TaEXPB23, a wheat expansin gene, improves oxidative stress tolerance in transgenic tobacco plants. *Journal of Plant Physiology*, 173: 62-71.

Hemalatha, N., Rajesh, M.K., Narayanan, N.K., 2011. Genome-wide analysis and identification of genes related to expansin gene family in indica rice. *International Journal of Bioinformatics Research and Applications*, 7(2): 162-167.

Huang, J., Takano, T., Akita, S., 2000. Expression of α-expansin genes in young seedlings of rice (*Oryza sativa* L.). *Planta* 211(4): 467–473

Islam, M.S., Ahmed, S., Azady, M.A.R., 2021. Sustainable technologies for textile production. In *Fundamentals of Natural Fibres and Textiles* (pp. 625-655). Woodhead Publishing

Jin, K.M., Zhuo, R.Y., Xu, D., Wang, Y.J., Fan, H.J., Huang, B.Y., Qiao, G.R., 2020. Genome-wide identification of the expansin gene family and its potential association with drought stress in moso bamboo. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24): 9491.

Kuluev, B.R., Mikhaylova, E.V., Chemeris, A.V., 2013. Transfer of the ARGOS-LIKE and AtEXPA10 genes into non-transgenic forms of tobacco and the phenotypic effects of their constitutive expression. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 3: 265-270.

Kuluev, B.R., Knyazev, A.B., Lebedev, Y.P., Chemeris, A.V., 2012. Morphological and physiological characteristics of transgenic tobacco plants expressing expansin genes: AtEXP10 from Arabidopsis and PnEXPA1 from poplar. *Russian Journal of Plant Physiology*, 59: 97-104.

Li, Y., Lin-Wang, K., Liu, Z., Allan, A.C., Qin, S., Zhang, J., Liu, Y., 2020. Genome-wide analysis and expression profiles of the StR2R3-MYB transcription factor superfamily in potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Biological Macromolecules*, 148: 817-832.

Lu, Y., Liu, L., Wang, X., Han, Z., Ouyang, B., Zhang, J., Li, H., 2016. Genome-wide identification and expression analysis of the expansin gene family in tomato. *Molecular Genetics and Genomics*, 291: 597-608.

Lv, L.M., Zuo, D.Y., Wang, X.F., Cheng, H. L., Zhang, Y.P., Wang, Q.L., Ma, Z.Y., 2020. Genome-wide identification of the expansin gene family reveals that expansin genes are involved in fibre cell growth in cotton. *BMC Plant Biology*, 20: 1-13.

Mistry, J., Chuguransky, S., Williams, L., Qureshi, M., Salazar, G.A., Sonnhammer, E.L.L., Tosatto, S.C.E., Paladin, L., Raj, S., Richardson, L.J., Finn, R.D., Bateman, A., 2021. Pfam: The protein families database in 2021. *Nucleic Acids Research*, 49(D1): D412–D419.

Morris, K., Linkies, A., Müller, K., Oracz, K., Wang, X., Lynn, J.R., Finch-Savage, W.E., 2011. Regulation of seed germination in the close Arabidopsis relative Lepidium sativum: a global tissue-specific transcript analysis. *Plant Physiology*, 155(4): 1851-1870.

Pien, S., Wyrzykowska, J., McQueen-Mason, S., Smart, C., Fleming, A., 2001. Local expression of expansin induces the entire process of leaf development and modifies leaf shape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20): 11812-11817.

Saitou, N., Nei, M., 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4(4): 406–425.

Sampedro, J., Cosgrove, D.J., 2005. The expansin superfamily. *Genome Biology*, *6*: 1-11.

Shimizu, Y., Aotsuka, S., Hasegawa, O., Kawada, T., Sakuno, T., Sakai, F., Hayashi, T., 1997. Changes in levels of mRNAs for cell wall-related enzymes in growing cotton fiber cells. *Plant Cell Physiology* 38(3): 375–378.

Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S., 2021 MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution*, 38(7): 3022–3027.

Valdivia, E.R., Wu, Y., Li, L.C., Cosgrove, D.J., Stephenson, A.G., 2007. A group-1 grass pollen allergen influences the outcome of pollen competition in maize. *PLoS One*, 2(1): e154.

Won, S.K., Choi, S.B., Kumari, S., Cho, M., Lee, S.H., Cho, H.T., 2010. Root hair-specific EXPANSIN B genes have been selected for Graminaceae root hairs. *Molecules and Cells*, 30: 369-376.

Yeo, H.C., Reddy, V.A., Mun, B.G., Leong, S.H., Dhandapani, S., Rajani, S., Jang, I.C., 2022. Comparative transcriptome analysis reveals coordinated transcriptional regulation of central and secondary metabolism in the trichomes of cannabis cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15): 8310

Zhang, J.F., Xu, Y.Q., Dong, J.M., Peng, L.N., Feng, X., Wang, X., Li, F.L., 2018. Genome-wide identification of wheat (*Triticum aestivum*) expansins and expansin expression analysis in cold-tolerant and cold-sensitive wheat cultivars. *PLoS One*, 13(3): e0195138.

Zhou, S., Han, Y.Y., Chen, Y., Kong, X., Wang, W., 2015. The involvement of expansins in response to water stress during leaf development in wheat. *Journal of Plant Physiology*, 183: 64-74.

Zou, H., Wenwen, Y., Zang, G., Kang, Z., Zhang, Z., Huang, J., Wang, G., 2015. OsEXPB2, a β-expansin gene, is involved in rice root system architecture. *Molecular Breeding*, 35: 1-14.

To Cite	Sipahi, H., 2024. Genome-Wide Characterization of Expansin Gene Family in *Cannabis sativa*. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 255-265. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10864859.

ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):266-272, 2024
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(1):266-272, 2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10874612

Effect of Plant Growth Regulators on Different Explants and Explant Size of Yellow Everlasting (*Helichrysum pallasii* Sprengel Ledeb.) Under *in Vitro* Conditions

Emine YURTERİ[1*]
[1] Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Rize
[*]Corresponding author: emine.yurteri@erdogan.edu.tr

Abstract
In this study, different explants (leaf, stem and root) and explant size (0.5, 1, 1.5 and 2 cm) of yellow everlasting, *Helichrysum pallasii* (Sprengel) Ledeb., cultured under in vitro conditions including kinetin, 2,4-D, TDZ and zeatin concentrations. Concentrations of 0.5 mg l^{-1} kinetin + 0.5 mg l^{-1} 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and 1mg l^{-1} kinetin (KIN) + 1 mg l^{-1} 2,4-D were used for callus induction. Concentrations of 1 mg l^{-1} thidiazuron (TDZ) and 1 mg l^{-1} thidiazuron (TDZ) + 0.1 mg l^{-1} zeatin (ZEA) were used for inducing shoot regeneration. MS medium without any plant grow regulators was preferred as control group. Rooting medium was preferred 1 mg l^{-1} NAA. In callus regeneration, highest regeneration rates were found as respectively 86.6%, 53.3% and 35.5% from root, stem and leaf explants with 1 cm explant length while the lowest rate (4.4%) found in control group from leaf explant with 2 cm explant length. It was obtained from the medium containing the highest shoot regeneration and from root (24.6%), stem (20.6%) and leaf (16%) explants with an explant length of 1 cm. Similarly, rooting rate from leaf, root and stem explants were found as respectively 43.8%, 32.3% and 21.9% with the 1 cm explant length obtained from 1 mg l^{-1} TDZ + 0.1 mg l^{-1} ZEA medium. In conclusion, 1 cm of explant length produced the highest regeneration rate in all source of explants. Also, 1 mg l^{-1} TDZ combined with 0.1 mg l^{-1} ZEA were more effective than 1 mg l^{-1} TDZ treatment alone in shoot regeneration.

Research Article

Article History
Received :30.11.2023
Accepted :30.12.2023

Keywords
Explant size
Helichrysum
immortal flower
source of explant
tissue culture

1. Introduction

Humans have relied on medicinal plants for ages to produce medications, flavors, agrochemicals, biopesticides, scents, colors, and food additives Nonetheless, the relevance of medical plants is increasing in tandem with the international medicinal plant trade (Phillipson, 1990; Balandrin and Klocke, 1988; Rao and Ravishankar, 2002). This increase in importance may bring problems such as desultory harvesting like excessive wild collection which could lead to endanger natural habitat of medicinal plant species. In order to prevent desultory harvesting, cultivation methods need to be enhanced. Enhanced cultivation methods likely cames into prominence because world population is rising swiftly. Tissue culture methods in a large scale are alternative cultivation methods as biochemical source (Sajc et al., 2000). Moreover, plant tissue culture methods are effective alternative ways to produce seconder metabolites while the traditional method is predicated on whole plant extraction. Seconder metabolite extraction from medicinal plants with tissue culture ensures some advantages such as biochemical production in an environmental controlled medium and free of diseases. Besides, establishment of standardized and steady production systems is available with plant tissue culture methods in seconder metabolite production (Fowler, 1985). There is an increased demand for natural products derived from medicinal plants and possible plant cell cultures are usually preferred for medicinal and aromatic plants that are in use for drug production for a long time (Kieran et al., 1997).

In plant products produced on a commercial basis, secondary metabolites are common. Alkaloids, glycosides, and essential oils are the three primary groups into which secondary metabolites can be divided. The essential oils are comprised of up of terpenoid combinations that are mostly used as solvents, flavoring agents, and scent. Glycosides include phenolics, saponins, flavonoids, cyanogenic glycosides, and tannins, which are utilized as medicines, dyes, and food colors. The alkaloids are a diverse group of components that includes approximately 4000 known structures. Most of the discovered alkaloids are naturally plant-originated substances that are physiologically effective in humans hence pharmaceutical industry's interest gradually increase on alkaloid substances (Shuler, 1981).

The genus *Helichrysum* Miller, which contains 500 species and is a member of the Asteraceae family, which is widely distributed throughout the world, is represented in the Turkish flora by 27 taxa, 15 of which are endemic. *Helichrysum pallasii* (Sprengel) Ledeb. grows on steppes and rocky slopes at altitudes ranging from 1700 to 3600 meters. It is widely recognized as a significant source of secondary metabolites, primarily for the components of its essential oils. (Davis, 1975; Davis et al., 1988; Yurteri et al., 2021). In Türkiye and other parts of the world, the plants are commonly used in traditional medicine, preferably as an herbal tea, for a variety of medicinal effects (Sala et al., 2003; Tepe et al., 2005). Several studies were conducted to optimize tissue and cell cultures in vitro conditions on *Helichyrsum* ssp. Perrini et al. (2009) reported that BAP (1 mg l^{-1}) alone or combined with IBA (0.2 mg l^{-1}) demonstrated much better shoot regeneration with a lower (20 g l^{-1}) sucrose content in *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don ssp *microphyllum* (Willd.) Nyman. Root formation was achieved the best in the medium supplemented with IBA 0.2 mg l^{-1}. Also, Morone-Fortunato et al. (2010) obtained similar results with previous study conducted by Perrini et al. (2009) using BM enriched media with 6-benzylaminopurine+indole-3-butyric acid (BAP 1 mg l^{-1} + IBA 0.2 mg l^{-1}), with sucrose (20 g l^{-1}) in *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don ssp. *italicum*. Dimitrova and Nacheva (2018) found that 5µM Kinetin in DKW medium was the best in enhancing multiplication rate of *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don. The shoots were rooted in IBA medium a significant percentage of rooting on the control treatment and the nutrient medium was obtained combined with IBA. Sophie Clasquin and Max Henry (2002) reported that 2,4-D was vital for initiating primary callus regeneration in *Helichrysum arenarium* L.

Based on the above considerations, *in vitro* tissue and cell culture of *H. pallasii* has never been studied before. Utilizing plant materials which can ensure botanical and chemical stability over the increasing process seems to be of crucial importance. The aim of the present study was to determine the effects of kinetin (KIN) and zeatin (ZEA) on shoot regeneration and 2,4-kinetin with Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) on callus formation in *H. pallasi* and to determine the essential oil content of obtained calluses.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material and sterilization

Specimens of *Helichrysum pallasii* (Sprengel) Ledeb. (Boissier, 1875) were collected from its natural habitat during field studies in Altıntaş, Köse, Gümüşhane, Black Sea Region, Türkiye (40°15'26.4708" N-39°37'14.6064" E) (Figure 1.)

Figure 1. Specimens of *H. pallasii* (Sprengel) Ledeb. from its natural habitat in a rocky place

Undamaged healthy seeds were used and manually picked prior to surface sterilization. The seeds were treated with 70% ethanol for 5 minutes followed by Tween-40 treatment for 10 minutes. After these stabilization process, sterilization was completed using 20% NaOCl for 10 minutes followed by rinsing them 3 times with sterile distilled water for 5 minutes.

2.2. Culture medium and culture conditions

The pH of the medium was adjusted to 5.7 before adding agar and autoclave sterilization at 121°C for 20 minutes. The seeds were planted to MS medium (Murashige and Skoog, 1962), supplemented with 30 g L^{-1} sucrose and 7.5 g L^{-1} agar, including 5 seeds of each petri dish. Afterwards, different explants were taken from obtained plants. Stem, leaf, and root tip explants were cutted off respectively 0.5 cm (E1), 1 cm (E2), 1.5 cm (E3) and 2 cm (E4) length from regenerated plantlets from seeds in MS medium. Callus regeneration was induced with plant growth regulators (PGRs) of 0.5 mg l^{-1} kinetin + 0.5 mg l^{-1} 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) (C2) and 1 mg l^{-1} kinetin + 1 mg l^{-1} 2,4-D (C3) and MS medium without any plant growth regulators as control group (C1). In order to induce shoot regeneration, 1 mg l^{-1} TDZ (M2) and 1 mg l^{-1} TDZ + 0.1 mg l^{-1} zeatin (M3) were used. MS medium without any plant grow regulators was preferred as control group (M1). Finally, the shoots were transferred into rooting media including 1 mg l^{-1} NAA. All cultures were incubated at two different incubation conditions to induce regeneration. First, explants were incubated at 26°C, 16 hours light and 8 hours dark conditions, 300 lux light source in growth chamber. In the second incubation condition, explants were exposed to dark condition at 26°C.

2.3. Statistical analysis

The study was conducted in 3 replications with 5 explants in each group in a completely randomized factorial experiment design.

Significance was evaluated by variance analysis (ANOVA), and the variations between the means were compared with JMP data analysis tool using Tukey's multiple post-hoc comparisons check.

3. Results and Discussion

3.1. *In vitro* plant propagation

Based on the obtained results, significant developmental differences were observed between different explants parts. Mostly, all factors in root explants were found to have significant (p<0.01) at Tukey's post hoc test. Also, all explant lengths that were cutted off from root explants demonstrated the best results on both callus and shoot development (Table 1 and 2).

3.1.1. Callus regeneration

In line with the findings; all explant parts in particular demonstrated different responses to the application of plant growth regulators. Root explants showed the highest regeneration rate compared to leaf and stem explant parts (Table 1).

In leaf explants, effects of explant length on callus regeneration were not found significant. The highest regeneration rate (35.5%) was obtained in M3 medium using 1 cm explant length. This trend was followed by C2 medium using 1 cm explant length treatment as 26,6% regeneration rate. The lowest regeneration rate (4.4%) was obtained from C1 medium using 2 cm explant length (Table 1.). Similar results were obtained by Pretto and Santarem (2000) in *Hypericum perforatum.* They stated that kinetin with 2,4-D concentrations showed a significant callus growth from leaf explants.

In stem explants, similar callus regeneration rate was observed as well as leaf explants. Maximum callus regeneration rates were found in C3 medium as 53.3% and 38.8% (respectively 1 and 0.5 cm explant length). Minimum callus regeneration rate (6.6%) was obtained in C1 medium with 0.5 cm explant length (Table 1).

Table 1. Effects of different plant growth regulators using different explant parts on callus regeneration rate (%) in *H. pallasii* (Sprengel) Ledeb.

Explant part	Medium	Explant length			
		E1	E2	E3	E4
	C1	13.3 de	13.3 de	14.4 c-e	4.4 e
Leaf	C2	12.2 de	26.6 ab	10.0 de	14.4 c-e
	C3	18.8 b-d	35.5 a	24.4 bc	15.5 cd
p<0.0001**	p<0.0137*	p<0.1383			
	C1	6.6 g	12.2 e-g	7.7 g	10.0 fg
Stem	C2	20.0 d-f	33.3 bc	13.3 e-g	16.6 d-g
	C3	38.8 b	53.3 a	27.7 b-d	22.2 c-e
p<0.0001 **	p<0.0038 **	p<0.0612			
	C1	34.4 c-e	58.8 bc	44.4 b-e	28.8 de
Root	C2	32.2 c-e	52.2 b-d	41.1 b-e	22.2 e
	C3	47.7 b-e	86.6 a	62.2 ab	47.7 b-e
p<0.0001 **	p<0.0004 **	p<0.0003 **			

C1: control (MS), C2: 0.5 mg l^{-1} kinetin + 0.5 mg l^{-1} 2,4-D, C3: 1 mg l^{-1} kinetin + 1 mg l^{-1} 2,4-D.
E1: 0.5 cm explant length, E2: 1 cm explant length , E3: 1.5 cm explant length, E4: 2 cm explant length.
*** p < 0.01 Tukey's at 0.01 level of significance *p < 0.05 Tukey's at 0.01 level of significance.*

The best results were obtained in root explants. All factors (medium, explant part and length) were found to have significant according to Tukey's at 0.01 level of significance (p<0.01). C3 medium with 1 cm (E2) explant length demonstrated the highest callus regeneration rate (86.6%). Although the highest results obtained from E2 explant size, there was no difference in level of significance with E3 explant size. Explant lengths of 1 (E2) and 1.5 cm (E3) were better to regenerate. Interestingly, lowest callus regeneration rate was observed in C2 medium with 2 cm (E4)

explant rate while all C1 medium results were higher than that (Table 1).

Increasing KIN and 2,4-D concentrations enhanced callus regeneration better compared with lower concentrations. Our data in this direction confirms studies of Clasquin and Henry (2002) and Giovannini et al. (2003). Researchers reported that 2,4-D treatment alone or modified improves callus growth rate in *Helichrysum* ssp.

3.1.2. Shoot regeneration

The highest shoot regeneration rates were obtained in M3 media (Figure 2) with 1 cm explant length in root, stem and leaf explants respectively 24.6%, 20.6% and 16%. Lowest shoot regeneration rates were observed in M1 medium in leaf, stem and root explants respectively 1.3%, 1.6% and 3.3% (Table 2).

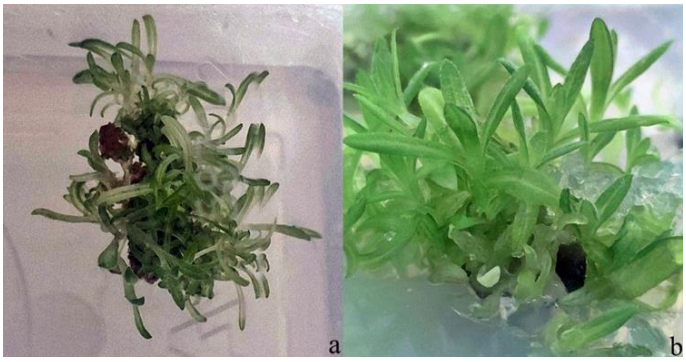


Figure 2. Shoot regeneration from root explant in M3 medium (a) and stem explant in M2 medium (b)

Explant length treatment was found significant only in root explants ($p < 0.05$) and the highest regeneration rates were obtained from root explants compared to other explant parts. M2 and M3 medium with 1 cm explant length demonstrated highest regeneration rate (26.6%) while lowest regeneration rate was 3.3% in M1 medium with 2 cm explant length. Mostly, 1 mg l^{-1} TDZ + 0.1 mg l^{-1} ZEA treatment was more efficient when compared to 1 mg l^{-1} TDZ treatment alone.

Table 2. Effects of different plant growth regulators using different explant parts on shoot regeneration rate (%) in *H. pallasii* (Sprengel) Ledeb.

Explant part	Medium	Explant length			
		E1	E2	E3	E4
	M1	6.3 cd	4.0 c-e	6.6 bc	1.3 e
Leaf	**M2**	1.6 e	11.0 b	2.0 de	1.6 e
	M3	4.3 c-e	16.0 a	8.0 bc	4.3 c-e
$p<0.0001$ **	$p<0.2567$	$p<0.1171$			
	M1	2.0 d	1.6 d	2.0 d	2.0 d
Stem	**M2**	3.3 cd	10.3 b	6.6 c	2.6 d
	M3	11.3 b	20.6 a	12.0 b	5.0 cd
$p<0.0001$ **	$p<0.0137$ **	$p<0.1383$			
	M1	6.0 cd	9.0 cd	5.0 cd	3.3 d
Root	**M2**	12.6 bc	24.6 a	12.6 bc	6.0 cd
	M3	7.0 cd	24.6 a	18.3 ab	12.6 bc
$p<0.0001$ **	$p<0.0324$ *	$p<0.0426$ *			

M1: control (MS), M2: 1 mg l^{-1} TDZ, M3: 1 mg l^{-1} TDZ + 0,1 mg l^{-1} ZEA.
E1: 0.5 cm explant length, E2: 1 cm explant length, E3: 1.5 cm explant length, E4: 2 cm explant length.
*** $p < 0.01$ Tukey's at 0.01 level of significance * $p < 0.05$ Tukey's at 0.01 level of significance.*

Zeatin treatment combined with cytokinin's produced more shoot regeneration. Our results are in agreement with Dimitrova and Nacheva (2018).

3.1.3. Rooting from explants

Analysis of variance (ANOVA) showed that effects of medium and explant length on rooting percentages were highly significant (Table 3).

The highest rooting percentage was obtained from leaf explants with 1 cm explant length in M3 medium, while, the lowest rooting percentage obtained from root explants with 2 cm explant length in M1 medium. Among the explant lengths, 1 cm (E2) explant lengths were more efficient in formation new roots (Table 3). Moreover, M3 medium treatments demonstrated highest rooting percentages as well as its regeneration effect on shoots (Table 2, Table 3). This effect was thought that efficient shoot regeneration could lead a successful root formation when combined with coherent PGRs concentrations.

Table 3. Effects of 1 mg l^{-1} NAA treatment on rooting rates (%) on different explant parts of *H. pallasii* (Sprengel) Ledeb.

Explant part	Medium	Explant length			
		E1	E2	E3	E4
	M1	4.6 fg	6.2 fg	0.8 g	1.1 g
Leaf	M2	7 fg	18.8 d	23.1 cd	10.3 ef
	M3	28.6 bc	43.8 a	34.1 b	17.9 de
$p<0.1312$	$p<0.0020$**	$p<0.0001$*			
	M1	1.5 f	4.5 ef	1.8 f	2.1 f
Stem	M2	3.4 f	7.4 de	9 cd	7.8 c-e
	M3	17.6 b	21.9 a	17.1 b	11.2 c
$p<0.3292$	$p<0.0009$*	$p<0.0001$*			
	M1	7.9 c	6.1 cd	2.8 cd	0.7 d
Root	M2	3 cd	3.4 cd	5.3 cd	6.4 cd
	M3	27.3 ab	32.3 a	21.1 b	7.4 c
$p<0.3761$	$p<0.0115$*	$p<0.0001$*			

M1: control (MS), M2: 1 mg l^{-1} TDZ, M3: 1 mg l^{-1} TDZ + 0,1 mg l^{-1} ZEA.
E1: 0.5 cm explant length, E2: 1 cm explant length, E3: 1.5 cm explant length, E4: 2 cm explant length.
*** $p < 0.01$ Tukey's at 0.01 level of significance* $p < 0.05$ Tukey's at 0.01 level of significance.*

1 mg l^{-1} NAA treatment found effective in rooting. Giovannini et al. (2003) stated that zeatin treatment alone (0.91 and 4.56 µM) or combined with IAA (10 µM) were ineffective rooting of *Helichrysum italicum*.

4. Conclusion

Based on obtained results, higher kinetin and 2,4-D treatment (C3 medium) was found to be more effective in incuding calli. Also, zeatin combination with thidiazuron enhanced shoot regeneration than thidiazuron treatment alone. Moreover, source of explant and explant size were found to be an important factor in plant regeneration as a result of this study. Tissue culture studies are few in *Helichrysum* species, more research is needed to uncover regeneration possibilities and in vitro protocols of this plant.

References

Balandrin, M.F., Klocke, J.A., 1988. Medicinal, aromatic, and industrial materials from plants. In Medicinal and aromatic plants I. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Boissier, P.E., 1875. Flora Orientalis, 3. Geneve, Basel, Lyon.

Clasquin, S., Henry, M., 2002. Micropropagation d'*Helichrysum arenarium* (L.) Moench. *Acta Botanica Gallica*, 149(2): 189-195.

Davis, P.H., 1970. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press, 3.

Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press.

Dimitrova, N., Nacheva, L., 2018. Micropropagation of *Helichrysum italicum* (ROTH) G. Don – a medicinal plant with ornamental value. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 7(2): 97-101.

Fowler, M.W., 1985. Problems in commercial exploitation of plant tissue cultures, In: K.H. Neumann, W. Barz, E. Reinhardt (Eds.), *Primary and Secondary Metabolism of Plant Cell Cultures*, Springer, Berlin, pp. 362-378.

Giovannini, A., Amoretti, M., Savona, M., Di Guardo, A., Ruffoni, B., 2001. Tissue culture in *Helichrysum* spp. *I International Symposium on Acclimatization and Establishment of Micropropagated Plants*, pp. 339-342.

Kieran, P.M., MacLoughlin, P.F., Malone, D.M., 1997. Plant suspension cultures: some engineering considerations. *Journal of Biotechnology*, 59: 39-52.

Morone-Fortunato, I., Montemurro, C., Ruta, C., Perrini, R., Sabetta, W., Blanco, A., Lorusso, E., Avato, P., 2010. Essential oils, genetic relationships and in vitro establishment of *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don ssp. *italicum* from wild Mediterranean germplasm. *Industrial Crops and Products*, 32(3): 639-649.

Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3): 473-497.

Perrini, R., Morone-Fortunato, I., Lorusso, E., Avato, P., 2009b. Glands, essential oils and in vitro establishment of *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don ssp. *italicum*. *Industrial Crops and Products*, 29: 395-403.

Phillipson, J.D., 1990. Plants as source of valuable products. In: B.V. Charlwood, M.J.C. Rhodes (Eds.). *Secondary Products From Plant Tissue Culture*, Oxford: Clarendon Press, pp. 1-21.

Rao, S.R., Ravishankar, G.A., 2002. Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 20: 101-153.

Raquel Pretto, F., Romanato Santarém, E., 2000. Callus formation and plant regeneration from *Hypericum perforatum* leaves. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 62: 107-113.

Sajc, L., Grubisic, D., Vunjak-Novakovic, G., 2000. Bioreactors for plant engineering: An outlook for further research. *Biochemical Engineering Journal*, 4: 89-99.

Shuler, M.L., 1981. Production of secondary metabolites from plant tissue culture-problems and prospects. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 369: 65-79.

Yurteri, E., Seyis, F., Küplemez, H., 2021. The essential oil components of *Helichrysum pallasii* flowers. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9: 2591-2593.

To Cite	Yurteri, E., 2024. Effect of Plant Growth Regulators on Different Explants and Explant Size of Yellow Everlasting (*Helichrysum pallasii* Sprengel Ledeb.) Under *in Vitro* Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 266-272. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10874612.